



Les Journées d'Électrochimie

Livret des résumés

Book of Abstracts



Nancy
29/06 – 03/07
2026



Les comités d'organisation, scientifique et les participants des JE 2026 remercient les organismes et entreprises suivants pour leur soutien :

The organizing and scientific committees and the participants of JE 2026 thank the following organizations and companies for their support:



Contents

Programme détaillé	
Detailed program.....	4
Mardi 30 Juin – Amphi 8	5
Mardi 30 Juin – Amphi 5	6
Mardi 30 Juin – Amphi 7	7
Mercredi 1 Juillet – Amphi 8	8
Mercredi 1 Juillet – Amphi 5	9
Mercredi 1 Juillet – Amphi 7	9
Jeudi 2 Juillet – Amphi 8	10
Jeudi 2 Juillet – Amphi 5	11
Jeudi 2 Juillet – Amphi 7	12
Vendredi 3 Juillet – Amphi 8.....	13
Vendredi 3 Juillet – Amphi 5.....	14
Vendredi 3 Juillet – Amphi 7.....	14
Session Poster N°1 (Thèmes 1, 2, 3 & 5)	15
Session Poster N°2 (Thèmes 4, 6 & 7)	16
Conférences plénières	
Plenary Lectures.....	18
Conférences thématiques	
Keynote Lectures.....	22
Communications Orales	
Oral Communications.....	32
Th1 Thématique 1 : Photo et spectro-électrochimie	
Photo and spectro-electrochemistry	33
Th2 Thématique 2 : Électrochimie moléculaire, électrosynthèse et électrocatalyse	
Molecular electrochemistry, electrosynthesis and electrocatalysis	45
Th3 Thématique 3 : Électroanalyse, capteurs et laboratoires sur puce	
Electroanalysis, sensors and lab on a chip	66
Th4 Thématique 4 : Énergie: batteries, supercondensateurs, électrolyseurs et piles à combustible	
Energy : batteries, supercapacitors, electrolyzers and fuel cells	80
Th5 Thématique 5 : Bioélectrochimie, biocapteurs et biopiles	
Bioelectrochemistry, biosensors and bio-fuel cells	110
Th6 Thématique 6 : Génie électrochimique : électrolytes, recyclage, procédés électrométallurgiques	
Electrochemical engineering : electrolytes, recycling, electrometallurgical processes.....	118
Th7 Thématique 7 : Corrosion, revêtements et traitements des surfaces	
Corrosion, coatings and surface treatments	125
Communications par Affiches	
Posters.....	138
Liste des Participants	
List of Participants.....	209

Programme détaillé

Detailed program

MARDI 30 JUIN – AMPHI 8

08h00 – 08h30 **Accueil et inscription** (remise des badges, programme, etc.)

Ouverture des JE 2026

08h30 – 09h00 **Chair : Mathieu ETIENNE**

Session plénière **Modérateur : Alain WALCARIUS**

09h00 – 10h00 **CP-1 – Philippe HAPIOT**
Electrochemistry in neoteric solvents

10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants

Session 1 – A8 **Modérateur : Emmanuel MOUSSET**

10h30 – 11h10 **CT-1 – Philippe POIZOT**
Matériaux d'insertion organiques pour le stockage électrochimique de l'énergie : cas du (2,5-dilithium-oxy)-téréphtalate comme centre électroactif

11h10 – 11h30 **CO-1 (T6) – François LAPICQUE**
Distribution of relaxation times (DRT) for interpretation of EIS data of two electrochemical systems

11h30 – 11h50 **CO-2 (T4) – Mariela BRITES HELU**
Microscale screening of redox flow battery electrolytes using electrochemical impedance spectroscopy

11h50 – 12h10 **CO-3 (T4) – Steven LE VOT**
High-potential nitroxide polysolutes for aqueous organic redox flow batteries: Electrochemical performance and stability limitations

12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l'Atrium

Session 2 – A8 **Modérateurs : Assma EL KADDOURI & Alexander OLEINICK**

14h00 – 14h20 **CO-4 (T4) – Olivier HENROTTE**
Scanning electrochemical microscopy as a quantitative probe of light-driven interfacial charge transfer in metal-semiconductor materials

14h20 – 14h40 **CO-5 (T4) – Louis GODEFFROY**
Understanding the enhanced hydrogen evolution activity of Pt/Ni(OH)₂ heterostructures: a microscopist's journey

14h40 – 15h00 **CO-6 (T4) – Wissam EL HARRATI**
Catalytic enhancement of aerobic oxidation of redox mediator for chemically regenerative redox fuel cells

15h00 – 15h20 **CO-7 (T4) – Joïc PARISOT**
Membrane-electrode interface effects on PEMFC performance and durability

15h20 – 15h40 **CO-8 (T4) – Donghun KIM**
Machine learning-driven design of electrocatalyst for fuel cells and electrolyzers

15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants

- 16h10 – 16h50 [CT-3 – Sara CAVALIERE](#)
Stratégies pour la diminution de la quantité de métaux nobles dans la conversion et le stockage électrochimique de l'énergie via l'hydrogène
- 16h50 – 17h10 [CO-9 \(T4\) – Gwénaëlle KERANGUEVEN](#)
Composite d'oxyde de cobalt et de fer pour la réaction électrochimique de l'évolution de l'oxygène
- 17h10 – 17h30 [CO-10– Dodzi ZIGAH](#)
Electrochimie en direct : transmettre un héritage et inspirer une génération par la francophonie

17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T1, T2, T3, T5), EXPOSANTS

MARDI 30 JUIN – AMPHI 5

- Session 1 – A5** **Modératrice : Manon GUILLE-COLLIGNON**
- 10h30 – 10h50 [CO-11 \(T2\) – Éric SIBERT](#)
Étude de l'interface électrochimique par diffraction X résonnante de surface
- 10h50 – 11h10 [CO-12 \(T2\) – Laura MARCHAL](#)
Intérêt et limitation des films de silice mésoporeuse orientée et fonctionnalisée par des complexes $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ pour l'électroanalyse
- 11h10 – 11h30 [CO-13 \(T2\) – Sara HELIS](#)
Unlocking Water Oxidation Reactivity through Surface-Confined Ru(bisterpyridine) centers in a Polyaryl Network
- 11h30 – 11h50 [CO-14 \(T2\) – Saverio SANTI](#)
Redox potential fine-tuning of ferrocene-peptide conjugates with potential antitumor activity
- 11h50 – 12h10 [CO-15 \(T2\) – Aude SALAME](#)
Real-time monitoring of molecular electrocatalysis in acetonitrile by differential electrochemical mass spectrometry

12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l'Atrium

- Session 2 – A5** **Modérateurs : Christine CACHET-VIVIER & Steven LE VOT**
- 14h00 – 14h20 [CO-16 \(T2\) – Arsène CHEMIN](#)
The role of the Helmholtz potential on electrocatalytic activity
- 14h20 – 14h40 [CO-17 \(T2\) – Clément SPADETTO](#)
Electrolyte engineering enables the selective electrocatalytic hydrogenation of furfural to 2-methylfuran
- 14h40 – 15h00 [CO-18 \(T2\) – Zahra HAGHEH-KAVOUSI](#)
Interfacial engineering of Pd-Ni catalysts for energy-efficient biomass electrolysis
- 15h00 – 15h20 [CO-19 \(T2\) – Chahine CHIRINE](#)
Pincer-type molecular catalysts for renewable electrochemical CO₂ valorization
- 15h20 – 15h40 [CO-20 \(T2\) – Muhammad SOHAIL](#)
Immobilized cobalt quaterpyridine complexes for selective CO₂ to CO electroreduction in acidic aqueous medium

15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants

- 16h10 – 16h30 [CO-21 \(T2\) – Sarra KNANI](#)
Fluorinated graphene oxides as electrode materials for energy conversion and storage systems
- 16h30 – 16h50 [CO-22 \(T2\) – Tatiana YAAKOUB](#)
Transition metal sulfides (TMS) as promising catalysts for HER in an anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE)
- 16h50 – 17h10 [CO-23 \(T2\) – Florian MOREAUX](#)
Bridging laboratory catalysis and scalable PEC device: Engineering a-MoS_x cathode for neutral-pH HER
- 17h10 – 17h30 [CO-24 \(T2\) – Mohammad SLIM](#)
High entropy tungsten-based oxides : Electrocatalysts for the oxygen evolution reaction

17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T1, T2, T3, T5), EXPOSANTS

MARDI 30 JUIN – AMPHI 7

Session 1 – A7

Modérateur : Laurent ARURAUULT

10h30 – 10h50

[CO-25 \(T7\) – Nelson ACEVEDO](#)

Plateforme intégrée AESEC-QCM pour la corrélation quantitative entre charge électrochimique, variations de masse et dissolution élémentaire

10h50 – 11h10

[CO-26 \(T7\) – Quentin LEGRAND](#)

Etude électrochimique de l'acier 316L hydrophobe texturé par laser femtoseconde : Caractérisation du film passif et de la résistance à la corrosion

11h10 – 11h30

[CO-27 \(T7\) – Jinyi YUAN](#)

In situ gas measurement coupled with element-resolved electrochemistry: Transpassive dissolution of Fe, Cr, Mn and Ni at pH = 3

11h30 – 11h50

[CO-28 \(T7\) – Mathilde DOMAISON](#)

Influence de courants pulsés sur la morphologie de dépôts d'étain obtenus avec un électrolyte sans tensioactif

11h50 – 12h10

[CO-29 \(T7\) – Omar SOLH](#)

Electrodeposition of ZnFe coatings from an alkaline electrolyte containing vanillin: occurrence of spontaneous potential oscillations

12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l'Atrium

Session 2 – A7

Modérateurs : Sabrina MARCELIN & Nicolas STEIN

14h00 – 14h40

[CT-2 – Delphine RENAUX](#)

L'apport de l'électrochimie pour l'élaboration et la caractérisation de revêtements anodiques

14h40 – 15h00

[CO-30 \(T7\) – Emma STEPHAN](#)

Electrodeposited ZnO antibacterial coating on 3D alloy scaffolds for orthopaedic implants

15h00 – 15h20

[CO-31 \(T7\) – Rafael DABAN](#)

Utilisation d'un mélange de molybdate et de phosphates comme inhibiteur de corrosion aqueux pour l'acier au carbone

15h20 – 15h40

[CO-32 \(T7\) – Najoua EL ASSALI](#)

Design and synthesis of a newly synthesized organic salt inhibitor: Synergistic corrosion protection of mild steel explored by electrochemical, DFT, and molecular simulation studies

15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants

16h10 – 16h30

[CO-33 \(T7\) – Laurent ARURAUULT](#)

Dépôt électrolytique galvanostatique de nickel métal après amincissement de la couche barrière de films anodiques élaborés sur des alliages d'aluminium commerciaux

16h30 – 16h50

[CO-34 \(T7\) – Dorian LEPESANT](#)

Marquage électrochimique des défauts actifs dans les couches anodisées d'alliages d'aluminium : développement et utilisation

16h50 – 17h10

[CO-35 \(T7\) – Marie GUERRIER](#)

Etude de l'électropolissage de l'alliage CuSn10 en milieu DES sur une électrode à cylindre tournant

17h10 – 17h30

[CO-36 \(T7\) – Lucile FERREIRA TAVARES GONCALVES](#)

Développement et mise au point d'un dispositif pour l'étude simultanée de l'entartrage et de la corrosion sur des électrodes métalliques

17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T1, T2, T3, T5), EXPOSANTS

MERCREDI 1 JUILLET – AMPHI 8

Session plénière

Modérateur : Hubert PERROT

09h00 – 10h00

[CP-2 – Fannie ALLOIN](#)

Electrolyte transport properties: impact on limiting battery performance

10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants

Session 3 – A8

Modérateur : Olivier HENROTTE

10h30 – 10h50

[CO-37 \(T4\) – Arno VILLALBI](#)

Investigation of novel reaction mechanisms in water-in-salt electrolytes

10h50 – 11h10

[CO-38 \(T4\) – Charlotte BURMEISTER](#)

Tailoring PEDOT-PEO OMIEC architectures for enhanced interfacial stability in lithium-ion batteries

11h10 – 11h30

[CO-39 \(T4\) – Antoine PESESSE](#)

An effective Li_3PO_4 based artificial solid electrolyte interphase for lithium metal polymer battery

11h30 – 11h50

[CO-40 \(T4\) – Julia LEVY](#)

Impact of impurities on the electrochemical performance of recycled graphite

11h50 – 12h10

[CO-41 \(T4\) – Mickaël BOLMONT](#)

Quels sont les mécanismes de conversion du soufre dans une batterie Li-S tout solide ?

12h10 – 14h00 DEJEUNER au jardin botanique

14h00 – 18h00 PROGRAMME SOCIAL (départ du jardin botanique)

19h00 – 23h00 SOIREE DE GALA

MERCREDI 1 JUILLET – AMPHI 5

Session 3 – A5

Modératrice : Clotilde BOULANGER

10h30 – 11h10

[CT-4 – Christelle GAUTIER](#)

Influence of the molecular structure of aryldiazonium derivatives on mixed grafted layer architecture

11h10 – 11h30

[CO-42 \(T2\) – Cédric TARD](#)

Electrochemical depolymerization of propionaldehyde-stabilized lignin on nickel-based electrodes enhancing monomer yield recovery

11h30 – 11h50

[CO-43 \(T2\) – Alexander OLEINICK](#)

Unexpected voltammetric behaviour of oxygen adspecies at gold nanoelectrodes caused by spillover

11h50 – 12h10

[CO-44 \(T2\) – Lena FRANCOMME](#)

Electrodéposition de l'or aux interfaces liquide-liquide

12h10 – 14h00 DEJEUNER au jardin botanique

14h00 – 18h00 PROGRAMME SOCIAL (départ du jardin botanique)

19h00 – 23h00 SOIREE DE GALA

MERCREDI 1 JUILLET – AMPHI 7

Session 3 – A7

Modérateur : Didier HAUCHARD

10h30 – 10h50

[CO-45 \(T6\) – Emmanuel MOUSSET](#)

Optimisation des paramètres opératoires pour la valorisation des bicarbonates issus des eaux usées traitées par électroréduction du CO₂

10h50 – 11h10

[CO-46 \(T6\) – Sophie PEULON-PAGE](#)

Valorisation de déchets obtenus par un procédé innovant de dépollution d'eaux chargées en métaux toxiques : Application à l'électro-dégradation du glyphosate

11h10 – 11h30

[CO-47 \(T6\) – Axel LEGRIS](#)

Using oxide and carbonate ions to investigate Ce(III) ions precipitation in molten chlorides

11h30 – 11h50

[CO-48 \(T6\) – Clara ROY](#)

Synthèse de mousses métalliques par plasma électrolytique : Une nouvelle classe de matériaux

11h50 – 12h10

[CO-49 \(T6\) – Achille OUEDRAOGO](#)

Etude du comportement électrochimique du cobalt en milieu solvant eutectique profond

12h10 – 14h00 DEJEUNER au jardin botanique

14h00 – 18h00 PROGRAMME SOCIAL (départ du jardin botanique)

19h00 – 23h00 SOIREE DE GALA

JEUDI 2 JUILLET – AMPHI 8

Session 4 – A8	Modérateur : François LAPICQUE
09h00 – 09h40	<u>CT-5 – Tristan PETIT</u> Electrochemistry on single MXene flakes
09h40 – 10h00	CO-50 (T4) – Hubert PERROT FeOOH/MnO ₂ /MWCNTs films deeply explored through advanced electrogravimetric methods
10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants	
10h30 – 11h10	<u>CT-6 – Yaovi HOLADE</u> Salsa électrochimique : Dynamique des réactions de remplacement galvanique
11h10 – 11h30	<u>CO-51 (T4) – Thuan Nguyen PHAM TRUONG</u> Covalent and porous organic polymers for energy storage applications
11h30 – 12h10 ASSEMBLEE GENERALE (+ intervention exposant)	
12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l’Atrium	
Session 5 – A8	Modérateurs : Mickaël BOLMONT & Antoine PESESSE
14h00 – 14h20	<u>CO-52 (T4) – Hanane EL MARSI</u> Electrolytes à base d'ionogel pour des batteries lithium et sodium-ion haute performance
14h20 – 14h40	<u>CO-53 (T4) – Zoé DECKERS</u> Composites carbone-carbone pour batteries sodium-ion : étude de la composition de surface des xérogels de carbone
14h40 – 15h00	<u>CO-54 (T4) – Stane VIAUD</u> Electrodes composites carbone dur-Sn pour batteries sodium-ion : élaboration et performances électrochimiques
15h00 – 15h20	<u>CO-55 (T4) – Nolwenn BOUVIER</u> Niobium oxides as negative electrodes for high power solid state batteries
15h20 – 15h40	<u>CO-56 (T4) – Aliasghar SABBAGHI</u> Design of materials for rechargeable aqueous Zn/air batterie
15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants	
16h10 – 17h30	<u>CO-57 (T4) – Oumaima HATIM</u> Comment contrôler la porosité des carbones durs utilisés comme anode dans les batteries Na-ion
16h30 – 16h50	<u>CO-58 (T4) – Yann LEROUX</u> Insight into molecular grafting of carbon aerogels for electrochemical capacitors applications
16h50 – 17h10	<u>CO-59 (T4) – Céline YAZBECK</u> Donor-Acceptor Conducting Polymers for Type III Supercapacitors
17h10 – 17h30	<u>CO-60 (T4) – Piyanan PRANEE</u> Self-healing solid-state supercapacitors enabled by CANs-based ionogel electrolytes
17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T4, T6, T7), EXPOSANTS	

JEUDI 2 JUILLET – AMPHI 5

Session 4 – A5

Modératrice : Nicole JAFFREZIC-RENAULT

09h00 – 09h20

[CO-61 \(T3\) – Grzegorz KOWALSKI](#)

Electrochemical platforms for codeine detection utilizing carbon-based electrodes and electrified liquid-liquid interface

09h20 – 09h40

[CO-62 \(T3\) – Erwann GINOUX](#)

Détection ampérométrique du cadmium sur polymère à empreinte ionique fluorescent

09h40 – 10h00

[CO-63 \(T3\) – Thinhinane HAMADACHI](#)

Corrélation méthode d'électropolymérisation - nanostructuration - propriétés dans les polymères à empreintes moléculaires

10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants

10h30 – 10h50

[CO-64 \(T3\) – Guilhem PIGNOL](#)

Influence de l'effet de confinement dans des nanopores d'oxydes d'aluminium anodisés sur la nucléation d'hydrogène : une étude nanométrique via SECCM

10h50 – 11h10

[CO-65 \(T3\) – Jean SCHOCH](#)

Développement d'un réseau d'ultramicroélectrodes à faible impact environnemental pour la mesure de polluants dans l'eau

11h10 – 11h30

[CO-66 \(T3\) – Amira M. CHAKROUN](#)

Interdigitated microelectrode arrays fabricated by dry film photoresist lithography for heavy metal sensing

12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l'Atrium

Session 5 – A5

Modérateurs : Guilhem PIGNOL & Elise ROTUREAU

14h00 – 14h40

[CT-7 – Laurent THOUIN](#)

Electrochimie en microfluidique: Principes fondamentaux et perspectives issus du couplage

14h40 – 15h00

[CO-67 \(T3\) – Hassiba SMIDA](#)

Development of microsensors for phosphate detection in aquatic environments using a gold electrode in microfluidic system

15h00 – 15h20

[CO-68 \(T3\) – Alessandra PENSIERI](#)

Combination of electrochemiluminescence and microfluidics to analyze molecular fluxes induced by membrane disruption of giant liposomes in real time

15h20 – 15h40

[CO-69 \(T3\) – José-Paulo PINHEIRO](#)

Developing an electroanalytical methodology to characterize Cd(II) and Pb(II) interaction with plant exudates

15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants

16h10 – 16h30

[CO-70 \(T3\) – Si-Min LU](#)

Surprising spatiotemporal capacitance dynamics of single hydrogels at the nanoelectrochemical interface

16h30 – 16h50

[CO-71 \(T3\) – Christelle VIROLLE](#)

Détection électrochimique des pesticides organophosphorés : du récepteur redox au capteur

- 16h50 – 17h10 [CO-72 \(T3\) – Adil AIT-YAZZA](#)
 Capteurs électrochimiques fonctionnalisés pour l'analyse voltammétrique multicapteurs de la bentazone, du propamocarbe et du bisphénol A en lixiviat de décharge
- 17h10 – 17h30 [CO-73 \(T3\) – Flamur SOPAJ](#)
 Comportement électrochimique de l'erythromycine (ERT), de la clarithromycine (CLA) et de l'azithromycine (AZT) sur des électrodes à base de carbone et de platine

17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T4, T6, T7), EXPOSANTS

JEUDI 2 JUILLET – AMPHI 7

Session 4 – A7

Modérateur : Jean-François LEMINEUR

09h00 – 09h20

[CO-74 \(T1\) – Fabien MIOMANDRE](#)

Mechanistic analysis of electrochemical reactions under plasmonic activation by combined SECM and fluorescence microscopy

09h20 – 09h40

[CO-75 \(T1\) – Chen SUN](#)

Local photoactivity analysis of water-splitting photoanodes by scanning photoelectrochemical microscopy

09h40 – 10h00

[CO-76 \(T1\) – Thomas COTTINEAU](#)

Local photoelectrochemistry and data modeling for properties Extraction of photoelectrodes

10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants

10h30 – 10h50

[CO-77 \(T1\) – Anne DE POULPIQUET](#)

Bioelectrodes under illumination: Operando characterization of (enzymatic) electrodes by electrochemistry and (super resolution) fluorescence microscopy

10h50 – 11h10

[CO-78 \(T1\) – Bixente CARRE](#)

Synthesis and physico-chemical study of switchable fluorescent probes sensitive to redox state

11h10 – 11h30

[CO-79 \(T1\) – Madjid TARABET](#)

Excitation wavelength tuning during in-situ Raman spectroscopy of oxyhydroxide formation in Ni-LDHs under alkaline OER conditions

12h10 – 14h00 DEJEUNER dans l'Atrium

Session 5 – A7

Modérateurs : Stéphane ARBAULT & Thomas COTTINEAU

14h00 – 14h20

[CO-80 \(T1\) – Manuel ANTUCH](#)

Reactive intermediates formed at the interface of La-based ferrites during methanol electrooxidation

14h20 – 14h40

[CO-81 \(T1\) – Marine LAVAINNE](#)

Optical readout of magnetic separation of iron nanoparticles via light emitting chemo-electromagnets

14h40 – 15h00

[CO-82 \(T1\) – Samer DAWOUD](#)

Photoelectroactive covalent hybrids materials based on (iso)porphyrin-polyoxometalate and silver foam assemblies for nitrite reduction

15h00 – 15h20 [CO-83 \(T1\) – Claire HUGON](#)
Optical imaging of the reactivity through an electrochromic counter electrode

15h20 – 15h40 [CO-84 \(T1\) – Elie BOU RAHHAL](#)
Towards electrochemical plasmonic sensors: gold nanobipyramids-based device for heavy metal ion detection

15h40 – 16h10 PAUSE en salle des exposants

16h10 – 16h50 [CT-8 – Vincent FOURMOND](#)
Electrochemical studies of CO₂-reducing enzymes: focus on CO dehydrogenase

16h50 – 17h10 [CO-85 \(T5\) – Ambre CHABBERT](#)
Influence de la matrice sur le développement électrochimique de bioanodes en piles microbiennes sédimentaires

17h10 – 17h30 [CO-86 \(T5\) – Harpreet SINGH](#)
Engineering living biocathodes through 3D printing of bioelectrochemical interfaces

17h30 – 19h00 SESSION POSTER (T4, T6, T7), EXPOSANTS

VENDREDI 3 JUILLET – AMPHI 8

Session plénière Modératrice : Corinne LAGROST

09h00 – 10h00 [CP-3 – Marc ROBERT](#)
From CO₂ and N₂ to fuels and complex molecules: Catalysis driven by electron, proton, and bond activation

10h00 – 10h30 PAUSE en salle des exposants

Session 6 – A8 Modératrice : Sylvie CHARDON

10h30 – 10h50 [CO-87 \(T4\) – Pascale CHENEVIER](#)
Unraveling the electrocatalytic performance and structural stability of Ag nanowire gas diffusion electrodes for CO₂ reduction

10h50 – 11h10 [CO-88 \(T4\) – Kaisse HAMADA](#)
Etude de la stabilité de matériaux cathodiques à base de ferrite de lanthane pour l'électrolyse du CO₂ à haute température

11h10 – 11h30 [CO-89 \(T4\) – Emma EL BEAINE](#)
Cobalt Phthalocyanine Integrated in Membrane Electrode Assembly for the Electrochemical Reduction of CO₂ to Methanol

11h30 – 11h50 [CO-90 \(T4\) – Vaibhav KUMBHAR](#)
Optimization of bipolar membrane electro dialysis for CO₂ capture from seawater

11h50 – 12h10 [CO-91 \(T4\) – Milo JOUAN](#)
Understanding enhanced lithium-ion transport in smart hybrid electrospun separators for Li-ion batteries

12h10 – 12h40 CEREMONIE de CLOTURE des JE

VENDREDI 3 JUILLET – AMPHI 5

Session 6 – A5

Modérateur : Fabien MIOMANDRE

10h30 – 11h10

[CT-9 – Jean-Marc NOËL](#)

How radical scavengers can control the oxygen reduction reaction at polycrystalline platinum

11h10 – 11h30

[CO-92 \(T2\) – Christine CACHET-VIVIER](#)

Oxydation électrochimique de l'ammoniaque provenant d'effluents de station d'épuration

11h30 – 11h50

[CO-93 \(T2\) – Fatima AKHSSAS](#)

Mechanistic investigation of electrochemical N₂ splitting by a molybdenum complex

11h50 – 12h10

[CO-94 \(T2\) – Gaétan RAMONA](#)

Novel mechanistic approach to electrochemical reduction of nitrogen to ammonia with a molybdenum complex

VENDREDI 3 JUILLET – AMPHI 7

Session 6 – A7

Modératrice : Anne DE POULPIQUET

10h30 – 10h50

[CO-95 \(T5\) – Stéphane ARBAULT](#)

Development and electrochemical monitoring of bioenergetic artificial cells

10h50 – 11h10

[CO-96 \(T5\) – Ievgen MAZURENKO](#)

Quantifying local pH gradients in enzymatic microelectrodes via coupled FEM modeling and confocal fluorescence microscopy

11h10 – 11h30

[CO-97 \(T5\) – Maosheng LIU](#)

Kinetics of electron transfer in redox DNA layers: Effects of electrostatics and solvent dynamics

11h30 – 11h50

[CO-98 \(T5\) – Andrew GROSS](#)

Redox-active biomineralised zeolitic imidazolate frameworks for enzymatic bioelectrocatalysis with protection

11h50 – 12h10

[CO-99 \(T5\) – Nicola BOGDAN](#)

Development of hydrogenase-based biosensor for hydrogen

LISTE des AFFICHES – LIST of POSTERS

SESSION POSTER N°1 (Thèmes 1, 2, 3 & 5)

MARDI 30 JUIN – 17h30 -19h00

N°	Titre	Présentateur(trice)
Thème 1 (Th1) – Photo et Spectro-électrochimie		
Th1-P1	In situ low frequency Raman spectroscopy of caffeine : 1-hydroxy-2-naphthoic acid co-crystallization at the polarized liquid-liquid interface	Romald YAVO YECHI
Th1-P2	Etude d'un procédé d'électrochimie bipolaire par microscopie de fluorescence	Guillaume LONGATTE
Thème 2 (Th2) – Électrochimie Moléculaire, Électrosynthèse et Électrocatalyse		
Th2-P1	Iron tetraphenylporphyrin complex for CO ₂ electrochemical reduction and C-C bond formation	Ulysse GARNIER-VIAROUGE
Th2-P2	Chirality related effects in helicene grafted electrodes	Gabrielle LEDOUSSAL
Th2-P3	Molecular electrocatalysis for the semihydrogenation of alkynes	Nesrine CHOUIHED-MAHJOUR
Th2-P4	Elaboration and scale-up of Ni-based anode nanomaterials towards the OER in an AEMWE	Arno STEIMLÉ
Th2-P5	Etude électrochimique de l'électrodéposition du cuivre dans le carbonate de propylène : stabilité du complexe cuivré et échange de ligand	Elise HEBRARD
Th2-P6	Fundamental study of the electrochemical activity of transition metal nitride nanomaterials for oxygen evolution reaction (OER)	Rania Narimene OUADDOUR
Th2-P7	Transition metal phosphide nanocatalysts for green production of hydrogen	Anais COACOLO
Th2-P8	Tailored free-standing nanoelectrocatalysts for nitrate-to-ammonia	Mila MOREAU
Th2-P9	Mouvements de glissement contrôlés par le pH dans les navettes moléculaires contenant du pillar[5]arène : Apport de l'électrochimie	Alix SAQUET
Th2-P10	Du transfert monoélectronique à la fonctionnalisation électrochimique des surfaces carbonées : étude des complexes électroactifs du silicium bipy·RnSiCl _{4-n} (n = 0–3 ; R = Me, Et, Pr, Ph, vinyl) par voltamétrie cyclique, RPE, DFT et MEB	Ioana FECHETE
Th2-P11	Elaboration de jonctions moléculaires à effet memristif	Ouaras FAIROUZ
Thème 3 (Th3) – Electroanalyse, Capteurs et Laboratoires sur puce		
Th3-P1	GEMMA: a gel-based electrochemical sensor for the measurement of metal availability in solution	Elise ROTUREAU
Th3-P2	In situ electrochemical pH modulation: effects of ionic strength and buffer species and optimization towards electrochemical sensing	Léa TISSIER
Th3-P3	Microcapteurs conductimétriques à base de chitosane imprimé pour la détection des bactéries	Nicole JAFFREZIC-RENAULT
Th3-P4	Studying the redox state of wines under oxidative processes with a multi-parametric analysis	Stéphane ARBAULT
Th3-P5	Développement d'un capteur à base de graphène fonctionnalisé avec CTAB et polyCTAB pour l'analyse des nitrites en eau de mer côtière	Ilhem RASSAS
Th3-P6	Etude des matériaux graphite/graphène pour l'analyse électrochimique de catécholamines : cas de la noradrénaline (NA)	Ahmad BEN FAKHRI
Th3-P7	Confinement of a polyoxometalate-based polymer within vertically oriented mesoporous silica films: effect on the electrocatalytic sensing of Nitrite	Odilon WAMBA-TCHIO
Th3-P8	Microscale multiplexed electrochemical sensors for real-time monitoring of biomarkers in (multi)organ-on-chip systems	Ana CASANOVA
Th3-P9	Correlating nanoparticle structure and local electrochemical activity through advanced analytical methodology	Marine CHENG

Th3-P10	Capteur électrochimique à base de microaiguilles poreuses pour la détection in vitro des métaux dans la sève	Nicole JAFFREZIC-RENAULT
Th3-P11	Voltammetric multi-analyte detection of pharmaceuticals in water using reusable surface activated carbon electrodes	Serah NJOROGÉ
Th3-P12	Rapid kinetic screening of mediator-catalyst pairs for redox-mediated decoupled water splitting	Wei GUO
Th3-P13	Local electrochemical heterogeneity in drop-cast MoS ₂ coffee-ring revealed by scanning gel electrochemical microscopy (SGECM)	Liuying XIONG
Th3-P14	Potentialité des graphènes comme matériaux d'électrodes pour les applications capteurs électrochimiques	Christine VAUTRIN-UL
Th3-P15	Development of a polypyrrole/activated carbon-based electrochemical sensor for Pb ²⁺ detection in water	Juan Adrill RAMIREZ AMARINGO
Th3-P16	Electrochemical detection of Diclofenac in environmental and pharmaceutical samples using a glassy carbon electrode modified with organosmectite/MWCNTs composite material	Guy Bertrand NGASSA PIEGANG
Thème 5 (Th5) – Bioélectrochimie, Biocapteurs et Biopiles		
Th5-P1	Biocapteur électrochimique à base d'une cuproxydase : application à la détection d'ions cuivriques	Beaufils NGANA NGATCHOU
Th5-P2	Electro-assisted in situ metalation of multicopper oxidases	Elisabeth LOJOU
Th5-P3	Investigating bioenergetic activities of single mitochondria by AFM-SECM functional nanoscopy	Stéphane ARBAULT
Th5-P4	Testing different electrochemical treatments of surface for bacterial biofilms removal	Timothé PHILIPPON
Th5-P5	Fonctionnalisation d'anodes en feutre de carbone par graphène induit au laser : gain électrochimique et limites en systèmes bioélectrochimiques	Abdelghani GHANAM
Th5-P6	Electrochemical role of biochars in bioprocesses	Nour ABOU-SALEH

SESSION POSTER N°2 (Thèmes 4, 6 & 7)

JEUDI 2 JULLIET - 17h30 – 19h00

N°	Titre	Présentateur(trice)
Thème 4 (Th4) – Énergie : batteries, supercondensateurs, électrolyseurs et piles à combustible		
Th4-P1	Conception d'électrodes hybrides g C ₃ N ₄ /oxydes métalliques à architectures tridimensionnelles optimisées pour des supercondensateurs haute performance	Ibtissem BEN ASSAKER
Th4-P2	Carbures et nitrures de molybdène pour la production de H ₂ vert par électrolyse de l'eau	Marie MAS
Th4-P3	Mixed ion-electron-conducting polymers for battery applications	Sarah COUPPOUSSAMY
Th4-P4	Spectroscopie d'impédance électrochimique à 4 électrodes pour l'étude des interfaces entre électrolytes solides, défis et opportunités	Niki HALTTUNEN
Th4-P5	Scalable fabrication of porous CuO-Cu ₂ O/graphene oxide electrodes via anodization and microwave plasma functionalization for high-performance supercapacitors	Sarra AOUN
Th4-P6	Conception of electroactive films for desalination device	Zhen MENG
Th4-P7	Optimizing porous electrodes for redox flow batteries using 3D printing and multiphysics modeling	Coline LESPINASSE
Th4-P8	Local and global performance and degradation of PEMFC membrane and active layers at 95°C	Aouatef OUHAMMI
Th4-P9	Boosting the performance of alkaline aluminum-air batteries: corrosion protection of aluminum anodes for enhanced efficiency and longevity	Mouhsine GALAI
Th4-P10	Platinum (IV) nanocomplex for energy storage application	Didier HAUCHARD
Th4-P11	Development of mixed ionic/electronic organic component based coatings to prevent side reactions on nickel-rich cathode materials for Lithium-ion batteries	Mélanie GUYOT

Th4-P12	Electrodépôt de cuivre pour la synthèse électrochimique in situ de réseaux organo-métalliques (MOF) pour une adaptation à des microsupercondensateurs	Benoit DOVERGNE
Th4-P13	Conception et optimisation d'une pile à combustible réversible à électrolyte composite pour un fonctionnement sous hydrogène et ammoniac	Adib AMRANI SABI
Th4-P14	Stabilization of the iron anode for long-duration energy storage	Abdoul Rachid OUEDRAOGO
Th4-P15	Synthesis and electrochemical performance of $\text{La}_{1.5}\text{Nd}_{0.3}\text{Pr}_{0.2}\text{NiO}_4$ and $\text{La}_{1.5}\text{Pr}_{0.5}\text{NiO}_4$ Cathodes for solid oxide fuel cells	Mosbah FERKHI
Th4-P16	Méthodologie de caractérisation in situ des MEA à base de Nafion®115 et d'Aquivion® en électrolyse PEM entre 60°C et 140°C	Wissem ABDERRAHMANE
Th4-P17	Poly(naphtalene diimide hexathiophene): Toward porous redox-conducting polymers for organic batteries	Yoann DESCHAMPS
Thème 6 (Th6) – Génie Electrochimique : électrolytes, recyclage, procédés électrométallurgiques		
Th6-P1	Gold "self-leaching" in chloride-rich media	Oussama DJORF
Th6-P2	Développement d'un banc de dépôt électrochimique automatisé pour des dépôts de faible épaisseur	Aurelie ZENTZ
Th6-P3	Etude de la solubilité de MgO dans des sels de chlorures	Anouck ANGLADE
Th6-P4	Silver and gold recovery from electronic wastes by combined electroleaching-electrodeposition	Francois LAPICQUE
Th6-P5	Electrochemical characterization of antimony redox behavior in photovoltaic glass	Sarah CHESNEAU
Th6-P6	Sequential electrocoagulation and UV-assisted electro-Fenton treatment of real tannery wastewater	Didier HAUCHARD
Th6-P7	Synergistic UVB photo-assisted electro-Fenton treatment for the removal of E102 from wastewater with a Fixed-Bed 3D-Cathode	Didier HAUCHARD
Thème 7 (Th7) – Corrosion, Revêtements et Traitements des Surfaces		
Th7-P1	SIE pour l'étude des revêtements organiques : Une approche réactionnelle	Nicolas MURER
Th7-P2	Electrochemical evaluation of phenolic acids as corrosion inhibitors for carbon steel in acidic and basic environments	Malek IBBARI
Th7-P3	Anodisation blanche de l'aluminium par des cycles anodique/cathodique : étude de paramètres du procédé	Charlotte BEAUDOUIN
Th7-P4	Study of the protective efficiency of novel materials against mild steel corrosion	Oumaima CHENTIR
Th7-P5	In-situ field measurement of the thermodynamic and kinetic of API 5L X65 conducted in cement-based grout material using 70 m of cables over a three-year period	Maxime VALAY
Th7-P6	Electrochemical and theoretical insight into the corrosion inhibition of brass by water-soluble organic compounds in 3% NaCl solution	Mohamed RBAA
Th7-P7	Sustainable aryl-himachalene benzylamine compounds as high-performance corrosion inhibitors for brass (62/38) in neutral media	Hamza HAILOU
Th7-P8	Evaluation and comparison of the biocorrosion resistance of two ferritic stainless steel grades covered by a <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1 biofilm	Christelle DESPAS
Th7-P9	Ultrafast electrochemical wear of boron-doped diamond electrodes induced by pulsed bipolar activation	Sirine BEN KHEMIS
Th7-P10	Application of solid iron in the Fenton and electro-Fenton process. Chemical and electrochemical studies on the possible iron surface blockage	Granit KASTRATI
Hors thème		
Th0-P1	Forage d'exploration d'hydrogène dans le Carbonifère : Réduction de l'eau et diffusion de l'hydrogène	Mathieu LAZERGES

Conférences plénières

Plenary Lectures



Electrochemistry in Neoteric Solvents

Philippe Hapiot

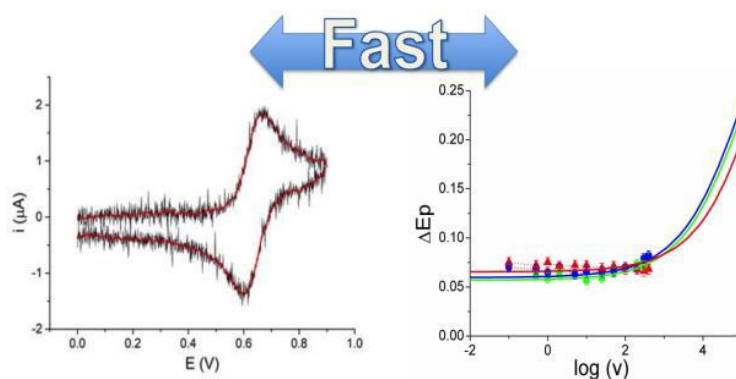
Institut des Sciences Chimiques de Rennes, CNRS, Univ Rennes, 35000 Rennes, France

philippe.hapiot@univ-rennes1.fr

Neoteric solvents meaning “new” or “recent” solvents are a class of media that were first developed as alternatives to the traditional volatile molecular solvents. Among them, room temperature ionic liquids (RTIL)¹ or more recently, the deep eutectic solvents (DES)²⁻⁵ were largely considered for their use in modern molecular electrochemistry. Indeed, they display some attractive properties for their use in electrochemistry as a negligible vapor pressure, an intrinsic ionic conductivity and large electrochemical windows. Additionally, they often present sort of local structuration due to the occurrence of strong coulombic interactions or hydrogen bonding. Literature has highlighted the rational design of tailor-made reaction environments with controlled properties. Such nanostructured nature of the neoteric solvents could affect their basic properties as solvation in solution or the structure of the electrode-solution interface, charge-transfer kinetics or the thermodynamic parameters that all govern the redox processes.

In this presentation, we will focus on electrochemical reactivity studies arising from our work in ionic liquids and several examples of deep eutectic solvents (DES), with particular emphasis on the methodology employed. Different classes of reactions will be selected as case studies to highlight the main differences in the observed reactivity, beginning with the description of fundamental properties such as transport phenomena, solvation, and homogeneous or heterogeneous electron transfer, and progressing toward examples of more complex chemical reactions.

Beyond some fundamental considerations, the interests of some RTILs and DES for electro-organic synthesis, molecular electrocatalysis or energy conversion will be discussed notably arising from the observation of unusual fast charge transfer kinetics.¹⁻⁵



References

1. P. Hapiot, C. Lagrost *Chem. Rev.* **2008**, 108, 7, 2238.
2. F. Zhen, L. Percevault, L. Paquin, E. Limanton, C. Lagrost, P. Hapiot. *J. Phys. Chem. B* **2020**, 124, 1025.
3. F. Zhen, P. Hapiot. *ChemElectroChem* **2022**, 9, e202200351
4. F. Zhen, P. Hapiot. *ChemElectroChem* **2023**, 10, e202300172.
5. S. Liu, G. Pignol, C. Lagrost, B. Mao, J. Yan, P. Hapiot. *ACS Electrochemistry* **2025**, 1, 1044.



Electrolyte transport properties: impact on limiting battery performance

Fannie Alloin*, Sajad Rahimi, Claire Villevieille, Corentin Renais

Laboratoire Electrochimie et Physicochimie des Matériaux et des Interfaces, CNRS, Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, LEPMI, 38000 Grenoble, France

fannie.alloin@grenoble-inp.fr

The urgent need for an ecological transition at the global scale demands efficient solutions for clean energy storage. While Li-ion technology offers a mature and reliable energy storage solution, with high energy density, its insufficient power density remains a critical limitation. This trade-off between power and energy density is challenging in conventional Li-ion batteries (LiBs) and next-generation systems such as Li-sulfur (Li-S) batteries.

Several parameters can be optimized to enhance both power and energy density, including electrode loading, morphology, composition, and electrolyte transport properties. Among these, Li⁺ transport in the electrolyte is a key limiting factor affecting C-rate performance. This study examines two battery systems, classical Li-ion and Li-S, to highlight this limitation and propose mitigation strategies.

In commercial Li-ion batteries, the kinetics of graphite electrodes, particularly under high charging rates, remain a critical bottleneck. To address this, we investigate the influence of graphite electrode porosity and electrolyte properties on power performance using comprehensive rate capability tests. To quantify the limitations imposed by ionic transport, we conducted operando X-ray diffraction (XRD) with z-profiling across electrodes of varying porosities. Our quantitative analyses reveal the intensity of lithiation gradients, providing key insights into the relationship between electrode structure and fast-charging capabilities [1].

Li-Sulfur (Li-S) batteries represent a highly promising next-generation energy storage system, yet their performance is constrained by the reversibility of sulfur to Li₂S conversion and the polysulfide shuttle effect. In this study, we evaluate a range of sulfur host materials, examining how their structure, morphology, and doping elements influence electrochemical performance. Special attention is given to the role of the electrolyte, a critical active component in Li/S batteries, highlighting its impact on overall cell performance [2-4].

Acknowledgment

These works were financed by the Region Auvergne Rhône-Alpes (Pack Ambition Recherche 2021 – Projet IsoBATT) as part of Corentin Renais's thesis and by the Centre of Excellence of Multifunctional Architected Materials "CEMAM" (grant ANR-10-LABX-44-01) as part of Sajad Rahimi's thesis.

References

1. C. Renais, M. Mirolo, M. Servajon, J. Drneeb, F. Alloin, C. Villevieille, *Chemistry of Materials*, 2025, 37, 15, 5647-5657
2. S. Rahimi, L. Stievano, L. Dubau, C. Iojoiu, L. Lecarme, F. Alloin, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2023, 15, 38, 44932-44941
3. S. Rahimi, N. Bibent, F. Jaouen, C. Iojoiu, L. Lecarme, F. Alloin, *Electrochimica Acta*, 2024, 482, 144004
4. S. Rahimi, L. Lecarme, N. Job, F. Alloin, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2025, 17, 26, 38031–38040



From CO₂ and N₂ to Fuels and Complex Molecules: Catalysis Driven by Electron, Proton, and Bond Activation

Marc Robert

Sorbonne Université, Institut Parisien de Chimie Moléculaire, CNRS, F-75005, Paris (France), Institut Universitaire de France, F-75005, Paris (France)

marc.robert@sorbonne-universite.fr

Reduction of carbon dioxide and dinitrogen has as main objective the production of useful chemicals and fuels - renewable fuels - in which solar energy would be stored. Molecular catalysts can be employed to reach this goal, either in photochemical or electrochemical (or combined) contexts. They may in particular provide excellent selectivity thanks to easy tuning of the electronic properties at the metal and of the ligand second and third coordination sphere. Based on thorough mechanistic studies, we have shown that such molecular catalysts may be tuned for converting CO₂ all C₁ products, including formaldehyde, methanol and methane, 1-5 but also C₂+ products⁶ and more complex molecules, including sugars (!).⁷ N₂ can also be activated⁸ and reduced all the way to ammonia, even if examples remain scarce. Our recent results will be discussed.

References

1. J. Bonin, M. Robert et al. *Nature* **2017**, 548, 74
2. C. Berlinguette, M. Robert et al. *Science* **2019**, 365, 367
3. T. F. Jaramillo, M. Robert et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, 58, 16172
4. M. Robert, B. Liu et al. *Nat. Commun.* **2023**, 14, 3401
5. M. Robert et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2024**, 146, 22129
6. M. Robert, M. Abdinejad, T. Burdyny et al., *Nat. Catal.* **2024**, 7, 1109
7. S. Bontemps, J. Bonin, M. Robert et al. *Chem. Sci.* **2025**, 16, 22996
8. L. Merakeb, N. Mezailles, M. Robert et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2022**, e202209899

Conférences thématiques

Keynote Lectures



Matériaux d'insertion organiques pour le stockage électrochimique de l'énergie : cas du (2,5-dilithium-oxy)-téréphtalate comme centre électroactif

Philippe Poizot

Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, IMN, Nantes F-44000, France

philippe.poizot@cnsr-imn.fr

Alors que le monde évolue vers une mobilité électrique accrue et la production d'électricité décarbonée, nous assistons également à une explosion du marché des équipements électroniques et des technologies digitales. En conséquence, la demande en batteries – en particulier de type Li-ion – s'intensifie et des questionnements sont apparus quant à leurs impacts au plan environnemental et à l'accessibilité des ressources.¹

Pour promouvoir des accumulateurs moins polluants, une piste alternative consiste à développer des matériaux d'électrode organiques. Constitués d'éléments chimiques naturellement abondants (C, H, O, N, voire S), les composés organiques peuvent être préparés au moyen d'une chimie de synthèse faiblement énergivore intégrant potentiellement des réactifs biosourcés. Leur schéma de recyclage peut être aussi grandement simplifié et ne consister qu'en une simple destruction par combustion.

À ce jour, de nombreux matériaux organiques ont été explorés pour différentes architectures de cellules². Toutefois, le développement de cellules Li-ion entièrement organiques reste limité, principalement en raison la difficulté intrinsèque à concevoir des matériaux organiques lithiés (pour application en tant qu'électrode positive) à la fois performants et stables, capables de rivaliser avec leurs homologues inorganiques de référence comme LiFePO₄.

Depuis plus de 15 ans, notre groupe développe notamment des travaux sur cette problématique. Cette présentation montrera comment l'ingénierie moléculaire peut être combinée aux principes de

la chimie du solide pour concevoir des matériaux d'insertion organiques et lithiés capables de fonctionner électrochimiquement par désinsertion réversible de Li⁺ sur une gamme de potentiel ajustable et en particulier à près de 3.5 V vs Li⁺/Li pour le matériau (2,5-dilithium-oxy)-téréphtalate de magnésium (Mg(Li₂)-p-DHT) à l'instar de du composé LiFePO₄.³

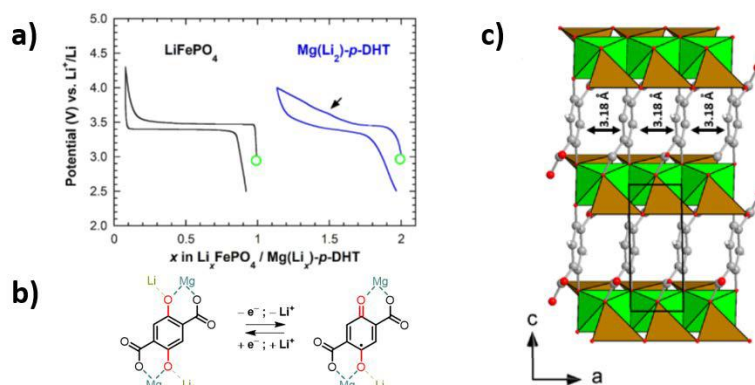


Figure 1. a) Comparaison des profils électrochimiques (1er cycle, mode galvanostatique) en demi-cellule Li pour LiFePO₄ et Mg(Li₂)-p-DHT, montrant des potentiels moyens de fonctionnement similaires. b) (Dé)insertion électrochimique de Li⁺ dans le matériau Mg(Li₂)-p-DHT représentée à l'échelle moléculaire. c) Structure cristallographique du matériau Mg(Li₂)-p-DHT montrant un empilement lamellaire.

References

1. P. Poizot, F. Dolhem, *Energy Environ. Sci.* **2011**, *4*, 2003.
 P. Poizot, J. Gaubicher, S. Renault, L. Dubois, Y. Liang, Y. Yao, *Chem. Rev.* **2020**, *120*, 6490.
 A. Jouhara, E. Quarez, N. Gautier, F. Boucher, E. Janod, N. Dupré, J. Gaubicher, P. Poizot, *Energy Storage Mater.* **2025**, *81*, 104456.



L'apport de l'électrochimie pour l'élaboration et la caractérisation de revêtements anodiques

Delphine Veys-Renaux^{1,*}, Emmanuel Rocca¹

¹*Institut Jean Lamour, CNRS-Université de Lorraine, 54000 Nancy*

delphine.veys-renaux@univ-lorraine.fr

Le traitement par anodisation est très largement répandu pour répondre aux besoins de protection et de fonctionnalisation de substrats métalliques. Si l'aluminium et ses alliages constituent l'essentiel des substrats anodisés, d'autres métaux et alliages sont également concernés. Concernant l'élaboration des revêtements anodiques, la mise en oeuvre de techniques et mesures électrochimiques in-operando, sur de larges gammes de potentiels, permet d'élucider les mécanismes mis en jeux. Les conditions électriques et chimiques de traitement de surface peuvent ainsi être judicieusement choisies, en fonction du substrat, de ses éléments d'alliages, afin de de minimiser la dépense énergétique du procédé ou moduler les propriétés fonctionnelles de la couche anodique relatives à sa composition ou sa morphologie.



Stratégies pour la diminution de la quantité de métaux nobles dans la conversion et le stockage électrochimique de l'énergie via l'hydrogène

L. Lehembre, I. Jiménez-Morales, C.A. Campos-Roldán, J. Rozière, D.J. Jones, **Sara Cavaliere***

Institut Charles Gerhardt Montpellier (ICGM), Univ. Montpellier, CNRS, ENSCM, 34095 Montpellier cedex 5, France

sara.cavaliere@umontpellier.fr

L'une des principales limitations à la diffusion des piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) et de l'électrolyse de l'eau à membrane échangeuse de protons (PEMWE) réside dans l'utilisation de métaux rares et coûteux, tels que le platine et l'iridium, comme catalyseurs pour les réactions de réduction et d'évolution de l'oxygène (ORR et OER) [1]. Pour surmonter cet obstacle, il est essentiel de développer de nouveaux matériaux capables de réduire la teneur en métaux nobles sans compromettre les performances ni la durabilité des dispositifs. Parmi les stratégies prometteuses figurent le développement de matériaux de nouvelles compositions, la nanostructuration et l'utilisation de supports capables d'induire des effets électroniques favorables.

Dans ce contexte, les nanoalliages de platine avec des métaux non nobles Pt-M (M = métal de transition ou terre rare) supportés sur carbone constituent des candidats particulièrement intéressants pour l'ORR [2, 3]. Dans cette étude, nous présentons la synthèse et la caractérisation de nanoparticules intermétalliques Pt-Cr présentant deux structures cristallines différentes. Les deux systèmes montrent une activité électrochimique et une stabilité supérieures à celles du catalyseur commercial Pt/C, comme le confirment des études de dissolution métallique *in situ* par ICP-MS ainsi que des calculs théoriques [4].

Parallèlement, notre groupe développe des supports nanostructurés résistant à la corrosion. En particulier, des oxydes métalliques dopés (TiO₂, SnO₂) ont été utilisés comme supports pour des catalyseurs à base d'iridium, présentant une conductivité élevée et une stabilité jusqu'à 2 V [5]. Les catalyseurs obtenus affichent une activité et une stabilité pour l'OER comparables à celles des matériaux commerciaux, tout en réduisant la quantité d'iridium d'un facteur sept [6]. Enfin, ces catalyseurs ont été intégrés dans des assemblages membrane-électrode et caractérisés en cellules PEMWE afin d'évaluer leur activité et leur stabilité dans différentes conditions opératoires.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du plan d'investissement gouvernemental « France 2030 » géré par l'Agence nationale de la recherche, sous la référence « ANR-22-PEHY-0011 », dans le cadre du projet MATHYLDE.

References

1. D. Ferreira da Silva, F. Claudel, V. Martin, R. Chattot, S. Abbou, K. Kumar, I. Jiménez-Morales, S. Cavaliere, D. Jones, J. Rozière, L. Solà-Hernandez, C. Beauger, M. Faustini, J. Peron, B. Gilles, T. Encinas, L. Piccolo, F. H. Barros de Lima, L. Dubau, F. Maillard, *ACS Catal.* **2021**, *11*, 4107.
2. F. Lin, M. Li, L. Zeng, M. Luo, S. Guo, *Chem. Rev.* **2023**, *123*, 12507.
3. C. A. Campos-Roldán, R. Chattot, J.-S. Filhol, H. Guesmi, N. Romero, R. Bacabe, P.-Y. Blanchard, V. Vinci, J. Drnec, J. Rozière, D. J. Jones, S. Cavaliere, *ACS Catal.* **2024**, *14*, 11941-11948.
4. C. A. Campos-Roldán, R. Alalam, H. Guesmi, J.-S. Filhol, R. Chattot, P.-Y. Blanchard, J. Rozière, D. J. Jones, S. Cavaliere, *ACS Catal.* **2025**, *15*, 14180.
5. I. Jiménez-Morales, F. Haidar, S. Cavaliere, D. Jones, J. Rozière, *ACS Catal.* **2020**, *10*, 10399.
6. I. Jiménez-Morales, J. Rozière, D. Jones, S. Cavaliere, *RSC Appl. Interfaces* **2025**, *2*, 965



Influence of the molecular structure of aryldiazonium derivatives on mixed grafted layer architecture

Christelle Gautier,^{1*} Yanis Ntalagana,¹ Olivier Alévêque,¹ Eric Levillain,¹ Marylène Dias¹

¹ *Univ Angers, CNRS, MOLTECH-Anjou, SFR MATRIX, F-49000 Angers, France*

christelle.gautier@univ-angers.fr

The controlled functionalization of conducting surfaces with ultrathin organic layers represents a strategic approach for tailoring interfacial properties, a key requirement for the development of advanced systems in sensing, catalysis, and molecular electronics. Among the available methods, the electrografting of aryldiazonium salts holds a distinctive position owing to the robustness of the covalent bonds formed with the substrate and its broad compatibility with conductive materials. However, the high reactivity of the aryl radicals generated during the process can lead to uncontrolled film growth or cross-reactions, while the stability of the resulting bonds prevents any post-grafting reorganization. These features make it particularly challenging to simultaneously control the thickness, composition, and arrangement of the grafted layers. This difficulty becomes critical when multiple species are co-immobilized,¹ as tuning their relative proportions enables adjustment of the density of active functionalities or the emergence of cooperative effects.

In this context, we investigated the formation of ultrathin mixed films, derived from perylene diimide (PDI) derivatives, generated by electrochemical reduction of diazonium precursors. Two contrasting derivatives were designed to modulate intermolecular interactions: a tetrachlorinated PDI featuring a twisted core,² expected to weaken π - π interactions, and an unsubstituted planar analogue, conversely prone to forming more extended stacking arrangements. (Spectro)electrochemical characterization of the resulting films enabled to determine the extent to which the structure of these precursors governs the architecture of the grafted layer.

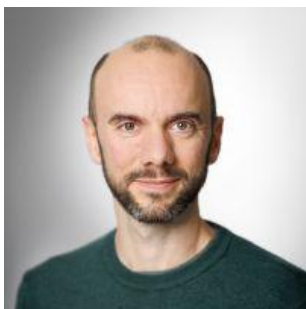
This approach opens the way to the design of stable organic interfaces whose functional density can be predictively tuned, thereby providing new avenues for the rational engineering of functional surfaces.

Acknowledgment

This research was funded by the ANR JCJC program (ANR-20-CE09-0009 DIAZO) and received financial support as part of the EUR LUMOMAT project and the “Programme d’Investissements d’Avenir” ANR-18-EURE-0012.

References

1. J. Billon, E. Bou Rahhal, T. Breton, C. Gautier, *Chem. Mater.* 2024, 36, 2220.
2. V. Shkirskiy, J. Billon, E. Levillain, C. Gautier, *Langmuir* 2021, 37, 12834.



Electrochemistry on single MXene flakes

Tristan Petit,^{1,2*} Namrata Sharma,¹ Louis Godeffroy,¹ Faidra Amargianou,¹ Zoé Dessoliers,¹ Markus Weigand¹

¹ Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Albert-Einstein Str. 15, 12489 Berlin, Germany, ² Université de Haute-Alsace, Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M), CNRS UMR 7361, Mulhouse F-68100, France

tristan.petit@uha.fr

Two-dimensional transition metal carbides, called MXenes, are an ideal platform to explore fundamental electrochemical processes under 2D confinement due to their tunable interlayer spacing and hydrophilic surface. Especially, MXenes exhibit a pseudocapacitive behavior upon cycling in aqueous electrolyte, which origin remains under discussion. Investigating MXene electrodes composed of assembly of individual MXene micro-sized flakes limits the understanding of intrinsic MXene properties that may be screened by extrinsic properties from the thick MXene film.

Furthermore, confined water, protons and ions may have fundamentally different properties in terms of hydration, diffusion and reactivity while being confined in sub-nm interlayer spacing of MXenes. These properties will have a major impact on applications for electrochemical energy storage and electrocatalysis among other applications. However, the nature of the confined species and their interaction with the MXene surface remains largely unexplored.

In this lecture, I will present the nanoscale chemical imaging of individual $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene flakes during (electro)chemical reactions. To this aim, synchrotron-based in situ scanning X-ray microscopy (SXM) will be introduced, enabling X-ray absorption spectroscopy characterization with sub-50 nm spatial resolution.¹ The intercalated species can be imaged at the single MXene flake level using an in situ holder enabling imaging in liquid.² In situ X-ray imaging during an electrochemical reaction is also possible to monitor faradaic reactions at the MXene surface.³ We will compare spontaneous and electrochemical intercalation of protons and Li^+ ions in MXene flakes and discuss related chemical changes of the Ti chemical bonding. Chemical imaging of few-layered $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene flakes will be compared to monolayered MXene flakes to discuss the effect of confinement. Finally, electrochemical reaction occurring at the sub-flake level will be imaged using SXM.

Overall, this presentation will highlight that the characterization of single entities, using MXene as model system, with chemical imaging methods brings new insights into electrochemical reactions occurring at the nanoscale.

Acknowledgment

This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 947852).

References

1. Amargianou, F. et al. Nanoscale Surface and Bulk Electronic Properties of $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene Unraveled by Multimodal X-Ray Spectromicroscopy. *Small Methods* 8, 2400190 (2024).
2. Amargianou, F. et al. Water-Induced Local Redox Reactions on Individual $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene Flakes in Aqueous Environment. *Angew. Chemie Int. Ed.* 65, e20508 (2026).
3. Sharma, N. et al. Nanoscale chemical imaging of pseudocapacitive charge storage in MXenes. *Energy Environ. Sci.* 19, 680–690 (2026).



Salsa électrochimique : Dynamique des réactions de remplacement galvanique

Yaovi Holade^{1,2}

¹Institut Européen des Membranes, IEM, UMR 5635, Univ Montpellier, ENSCM, CNRS, Montpellier, France, ²Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France.

yaovi.holade@umontpellier.fr

La réaction de remplacement galvanique (GRR) est un phénomène chimique concerté impliquant des espèces métalliques, déclenché par une différence de potentiel électrochimique entre deux couples (redox !).¹ Cela crée un mouvement d'électrons, d'atomes et d'ions à différentes échelles temporelles et spatiales, permettant de remplacer des atomes d'un métal par ceux d'un autre métal. Une telle salsa peut être habilement exploitée pour obtenir différentes structures métalliques et tirer parti des effets synergiques pour diverses applications en électrochimie, en plasmonique, etc.

L'une des questions en suspens est de pouvoir connaître en temps réel la force motrice afin de mieux guider la GRR vers des structures et/ou des propriétés sur mesure. Ainsi, nous avons introduit un marqueur, le potentiel en circuit ouvert (OCP).² Cela a permis de révéler la nature auto-catalytique du fascinant système argent-or.³ C'est un échange « 3 pour 1 » : les rayons des atomes d'argent et d'or étant presque identiques, enlever 3 pour mettre 1 crée donc des matériaux poreux.

Nous avons postulé des modèles mathématiques pour accéder aux paramètres cinétiques de la GRR, à savoir la constante de vitesse et le temps nécessaire à l'achèvement du phénomène.⁴ Cela nous a permis d'explorer des systèmes plus complexes impliquant des couples en compétition.⁵

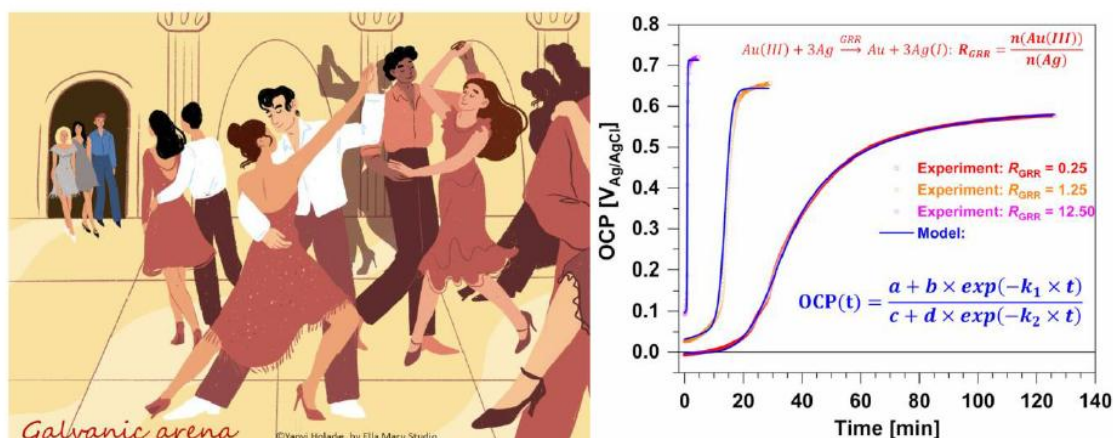


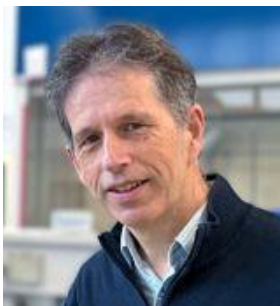
Figure 1. À gauche : Scène artistique entre couples (redox) lors d'un processus de remplacement galvanique. À droite : Modèle mathématique qui rend compte des observations expérimentales.

Remerciements

Travaux financés par l'Agence Nationale de la Recherche (projet MASTERS, ANR-22-CE43-0004), I-SITE UM (Projet NANOGATE, 'Tremplin vers l'ERC') et Institut Universitaire de France.

References

1. H. Cheng, C. Wang, D. Qin, Y. Xia *Acc. Chem. Res.* **2023**, *56*, 900.
2. R. Boukil, N. Tuleushova, D. Cot, B. Rebiere, V. Bonniol, J. Cambedouzou, S. Tingry, D. Cornu, Y. Holade *J. Mater. Chem. A.* **2020**, *8*, 8848.
3. B. A. Karamoko, E. Oliviero, Y. Holade *Chemistry-Methods.* **2025**, *5*, 2500030.
4. B. A. Karamoko, Y. Holade *ChemElectroChem.* **2025**, *12*, e202500338.
5. E. Zakharia, Z. Hagheh Kavousi, B. A. Karamoko, E. Oliviero, V. Bonniol, E. Petit, V. Flaud, D. Cornu, M. Bechelany, Y. Holade *Chem. Commun.* **2025**, *61*, 18798.



Electrochimie en microfluidique : Principes fondamentaux et perspectives issus du couplage

Laurent Thouin,* Catherine Sella

Laboratoire Chimie Physique et Chimie du Vivant - CPCV, UMR 8228, Département de Chimie, École Normale Supérieure, PSL University, Sorbonne Université, CNRS, Paris 75005, France.

laurent.thouin@ens.psl.eu

Les propriétés exceptionnelles des ultramicroélectrodes tiennent à leurs dimensions réduites, à leurs géométries spécifiques, mais surtout à l'environnement dans lequel elles sont employées. En milieu confiné, le transport de matière devient un paramètre déterminant : il gouverne la réponse de ces électrodes, à l'échelle micrométrique et sur des temps caractéristiques très courts. L'ensemble de ces éléments contribue ainsi à poser les bases de nouveaux paradigmes en électrochimie (bio)analytique.

Dans ce contexte, notre équipe s'attache, depuis plusieurs années, à exploiter les propriétés de ces outils afin d'initier des processus électrochimiques performants au sein de dispositifs microfluidiques. Il est essentiel d'identifier, de comprendre et d'intégrer l'ensemble des contraintes susceptibles d'influencer la réponse des électrodes : régimes hydrodynamiques locaux, nature des flux (continus ou segmentés), géométries de confinement, ainsi que réactivités chimiques et électrochimiques. Dans cette perspective, une série d'études, à la fois théorique et expérimentale, a été menée autour de trois objectifs principaux :

- (i) décrire, au moyen d'approches complémentaires, les propriétés spécifiques des ultramicroélectrodes en milieu confiné¹ et sous conditions d'écoulement²
- (ii) établir, à partir de ces propriétés, de nouveaux modes de fonctionnement et concepts³⁻⁵
- (iii) proposer des applications innovantes fondées sur des microsystèmes intégrés.⁶⁻⁷

Une sélection d'exemples sera présentée et discutée pour illustrer ces trois axes et mettre en lumière les opportunités offertes par le couplage de l'électrochimie et de la microfluidique.

References

1. C. Sella, L. Thouin, *Electrochimica Acta* **2023**, 469,
2. Y. Ma, C. Sella, L. Thouin, *Anal. Chem.* **2024**, 96, 14650.
3. R. Oliveira, C. Sella, C. Souprayen, E. Ait-Yahiatene, C. Slim, S. Griveau, L. Thouin, F. Bedioui, *Electrochimica Acta* **2018**, 286, 365.
4. P. Perrodin, C. Sella, L. Thouin, *Anal. Chem.* **2020**, 92, 7699.
5. B. Carre, Y. Ma, N. Sojic, L. Thouin, *ACS Sens* **2025**, 10, 8061.
6. Y. Li, C. Sella, F. Lemaitre, M. Guille-Collignon, C. Amatore, L. Thouin, *Anal. Chem.* **2018**, 90, 9386.
7. T. Delahaye, T. Lombardo, C. Sella, L. Thouin, *Anal. Chim. Acta* **2021**, 1155, 338344



Electrochemical studies of CO₂-reducing enzymes: focus on CO dehydrogenase

Vincent Fourmond^{1*}

¹Aix Marseille Université, CNRS, Laboratoire de Bioénergétique et Ingénierie des Protéines, 13009 Marseille, France

vincent.fourmond@imm.cnrs.fr

Only two metalloenzymes are able to reduce directly CO₂: the NiFe CO dehydrogenase (CODH), which reduces CO₂ to CO, and the Mo/W formate dehydrogenase, which produces formate. These enzymes are fast, energy efficient and highly specific in terms of product, hence the interest to understand their catalytic mechanism and the origin of their catalytic performances. They can readily be connected to electrodes, so we have used Protein Film Electrochemistry¹ to learn about various aspects of their reactivity. In this technique, the enzymatic activity is monitored with great precision and good time resolution via the catalytic current; this makes it possible to study fine details of the catalytic properties of the enzymes, like their reactivity with their substrates, or with inhibitors. We were able to show that for both enzymes, CO₂ is the substrate for the reductive reaction² (and not bicarbonate).

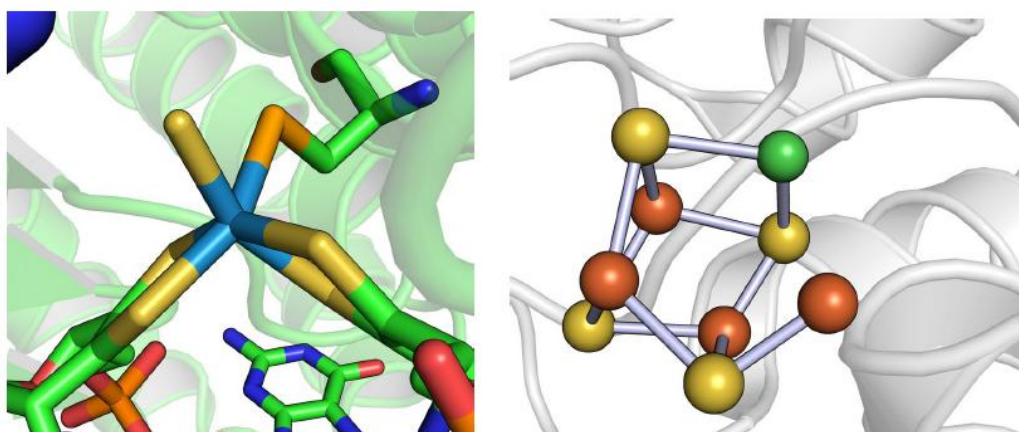


Figure: active sites of the formate dehydrogenase (left) and CO dehydrogenase (right).

The active site of CODH is buried, so that CO and CO₂ have to diffuse through the protein matrix to reach it, likely via gas diffusion channels. Running a mutagenesis campaign, we were able to identify several residues lining the gas channel, and show that it is possible to slow down significantly the access of the inhibitor O₂ to the active site. However, this is only possible at the cost of an increase in the rate of intramolecular diffusion of both CO and CO₂, contrary to other claims in the literature^{3,4}. We also studied in depth the reaction of CODH with the inhibitor O₂, showing that all the major CODHs behave the same way, and shedding some light on the origin of the differences in their reactivity with O₂.

References

1. Fourmond et al, *Chem Rev*, **2026** (in press)
2. Meneghello et al, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **2021**, 60, 9964-9967
3. Kim et al, *Nature Catalysis*, **2022**, 5, 807-817
4. Kim et al, *Angew Chem Int Ed Engl*, **2025**, 64, e202508565

Identification and control of reaction intermediates for mechanistic understanding and optimization of the oxygen reduction reaction



Jean-Marc Noël,¹ Yuhuan Wang,¹ Laurianne Wojcik,² Jean-Francois Lemineur,¹ Viacheslav Shkirkiy,¹ Frédéric Kanoufi,¹ Nicolas Le Poul²

¹ ITODYS, Université Paris Cité, 5 rue Jean-Antoine de Baïf, Paris Cedex 13, France : ² CEMCA, Faculté des Sciences et Techniques, 6 Ave Victor le Gorgeu, 29238 Brest, France

jean-marc.noel@cnrs.fr

The oxygen reduction reaction (ORR) plays a pivotal role in electrochemical systems, significantly influencing energy conversion technologies such as electrolysis, fuel cells, and metal-air batteries. Historically, platinum (Pt) electrocatalysts have been favored due to their relatively high activity, but the ORR mechanism involves multiple complex pathways,¹ encompassing intricate surface interactions and various reactive intermediates that still need to be elucidated.

In this study, we employed radical scavengers, to identify and control the production of reactive oxygen species (ROS) at a polycrystalline Pt surface during the ORR. As shown in the Figure, our approach combines multiple techniques: the scanning electrochemical microscope (SECM) in a generation-collection mode to probe electroactive intermediates arising from the interaction between ORR intermediates and the radical scavengers,² electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy to identify the ROS resulting from their adducts formed with the radical scavengers,³ and optical microscopy to monitor the interaction between the radical scavengers and the Pt surface. Through this approach, we aim to offer a new methodology to tune the reactive oxygen species generated at the Pt surface, thereby enabling control of the ORR.

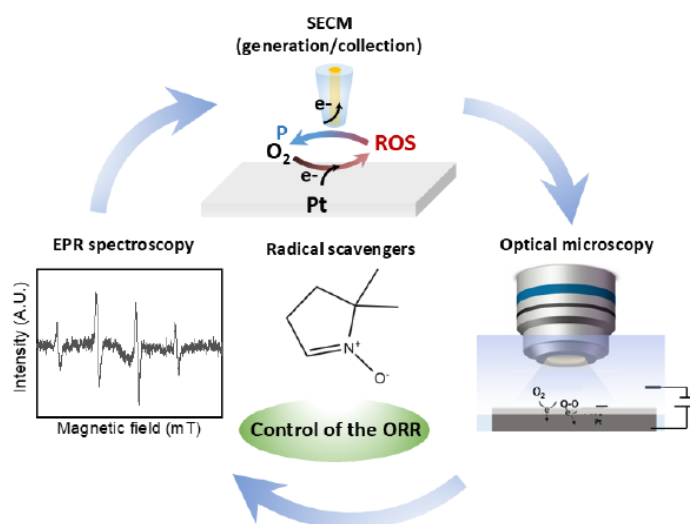


Figure: Strategy explored to understand ORR control at Pt using radical scavengers.

References

1. Gómez-Marín A. M., Feliu J. M., Ticianelli E., ACS Catal. 2019, 9, 2238.
2. J. S. Barroso-Martínez, A. I. B. Romo, S. Pudar, S. T. Putnam, E. Bustos, J. Rodríguez-López, J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 18896.
3. Den Hartog S., Samanipour M. et al., Electrochem. Commun. 2021, 122, 106878.

Communications Orales

Oral Communications

Thématique 1 :

Photo et spectro-électrochimie

Photo and spectro-electrochemistry

Mechanistic analysis of electrochemical reactions under plasmonic activation by combined SECM and fluorescence microscopy

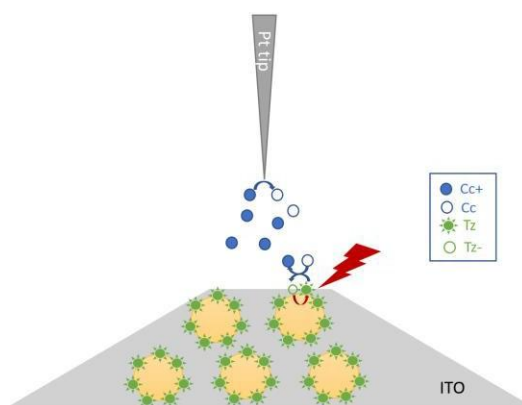
Fabien Miomandre, Baptiste Maillot, Ali Dabbous, Jean-Frédéric Audibert, Vitor Brasiliense

ENS Paris-Saclay, CNRS, PPSM, 91190 Gif sur Yvette, France

*Corresponding Author: mioman@ens-paris-saclay.fr

Plasmon induced electrochemistry is an emerging research field with high applicative interests, as it allows to use visible light as the energy source to trigger redox reactions. While several proofs of concept already exist of such effects, in particular in electrocatalysis or water splitting, the underlying mechanisms are still not fully elucidated. It is acknowledged that charge and energy transfer are often highly intricate, as well as possible additional thermal effects^[1]. Therefore, experimental methods able to discriminate their relative contributions are still on demand.

SECM and fluorescence microscopy are now well recognized as complementary tools allowing among others a dual detection and imaging of redox events with high spatial resolution.^[2-4] Applied to plasmon induced reactions occurring on a transparent substrate, they offer the advantage of a fully remote detection with a high sensitivity, especially for the optical response. Therefore, we implemented this combination of techniques to investigate redox reactions occurring at the surface of functionalized plasmonic nanoparticles coated on an ITO electrode and reported through a redox probe in solution (see scheme 1). To achieve that, electrodeposited gold nanoparticles have been decorated by electrofluorochromic species (having their emission properties controlled by the redox state) and submitted to plasmon excitation.^[5]



Scheme 1. Plasmon induced charge transfer on functionalized gold nanoparticles reported by SECM.

The experimental results bring a clear evidence that plasmon activation results in a hole transfer leading to the oxidation of the chemisorbed electrofluorochromic species, detected simultaneously by the electrochemical current on the tip and by luminescence. The effect of the plasmon resonance wavelength on one hand, and the nanoparticle density on the other hand were also investigated as additional proofs of the actual mechanism. Finally, a significant enhancement of electrochemical current due to the presence of redox moieties on the nanoparticle surface was also observed and analyzed.

References

1. Y. Yu, V. Sundaresan, K.A. Willets, *J. Phys. Chem. C*, **2018**, *122*, 5040.
2. R. Mukhopadhyay, *Anal. Chem.*, **2004**, *76*, 224A.
3. S.E. Salamifar, R.Y. Lai, *Anal. Chem.*, **2013**, *85*, 9417.
4. L. Legras, J.F. Audibert, G.V. Dubacheva, F. Miomandre, *Chem. Sci.*, **2018**, *9*, 5897.
5. B. Maillot, A. Dabbous, J.F. Audibert, V. Brasiliense, F. Miomandre, *J. Phys. Chem. C* **2024**, *128*, 19829 & *Chem. Eur. J.*, **2025**, *31*, e02037.

Local photoactivity analysis of water-splitting photoanodes by scanning photoelectrochemical microscopy

Chen Sun,^{1*} Dodzi Zigah,¹ Claudia Gomes de Morais¹

¹IC2MP UMR-CNRS 7285, Université de Poitiers, 4 rue Michel Brunet, TSA 51106, 86073 Poitiers Cedex 9, France

*Corresponding Author: chen.sun@univ-poitiers.fr

In the past decades, a variety of photoanodes have been developed for efficient solar-driven hydrogen production in photoelectrochemical cells (PEC). As the most common semiconductor material, TiO₂ photoanode has attracted considerable attention because it is capable to drive the water oxidation under illumination. It is noted that thickness of photoanode is an essential factor affecting its photoelectroactivity¹. Thus, there is always a need for fast identification on the thickness bringing the best photoactivity. In this work, instead of conducting PEC tests separately on TiO₂ photoanodes with varied thicknesses, one-time analysis on TiO₂ film with thickness gradient is selected. To establish local gradient, time-dependent deposition is proposed as the primary method due to its facile manipulation, in comparison to two other methods, potential- and current-dependent deposition. Moreover, a scanning technique-Scanning Photoelectrochemical Microscopy (SPECM) is employed to map the local photoelectroactivity on the TiO₂ gradient. This technique is based on Scanning Electrochemical Microscopy (SECM) further incorporated with an optical fiber, which allows potential- and photo-driven reactions to be analyzed locally². It leads the way to revealing the direct relationship between thickness and their photoelectroactivity. For time-dependent deposition, photoanodes prepared at increasing withdrawal speeds are investigated featuring stronger effect of hydrodynamic entrainment. In correlation between thickness and photocurrent of the desired gradient, an optimal thickness of 4 ~ 5 μm is obtained, at which charge separation by light absorption and charge collection efficiency would reach a delicate equilibrium.

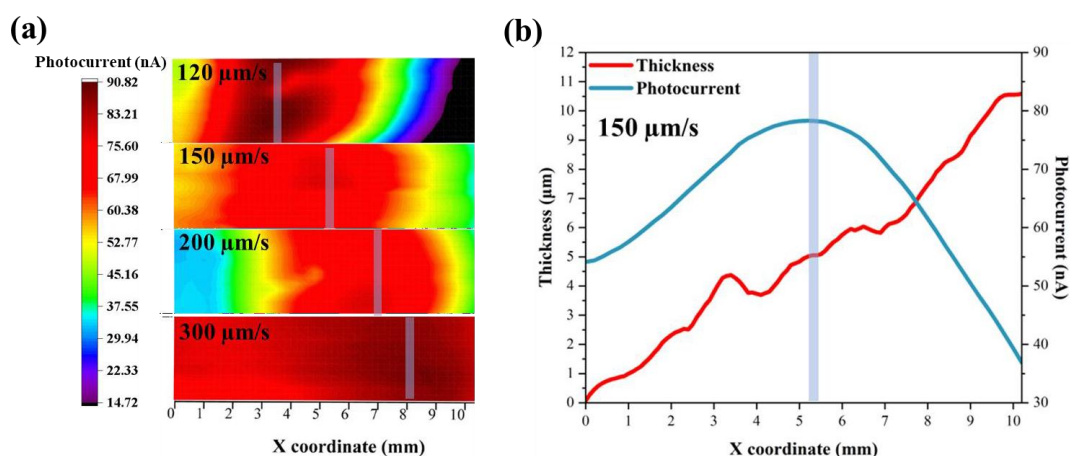


Figure 1. (a) Photocurrent mapping on TiO₂ gradient film prepared at different withdrawal speed. (b) Correlation between film thickness and photocurrent. Light blue bars refer to the position with highest photocurrent in each gradient.

Acknowledgment

The author acknowledges the financial support from Université de Poitiers and Centre national de la recherche scientifique CNRS.

References

1. Xiao, J. et. al, Appl. Phys. Lett., **2022**, 120, 063901.
2. Bae, J. H. et. al, Anal. Chem. **2019**, 91 (20), 12601–12605.

Local photoelectrochemistry and data modeling for properties extraction of photoelectrodes

Florian Gelb,¹ Sébastien Vergne,¹ Valérie Keller,¹ Dodzi Zigah,² Thomas Cottineau^{1*}

¹ ICPEES (UMR 7515) CNRS, Université de Strasbourg, 25 rue Becquerel, 67087 Strasbourg, France

² IC2MP (UMR 7285) CNRS, Université de Poitiers, 4 rue Michel Brunet, 86073 Poitiers, France

*Corresponding Author: cottineau@unistra.fr

Recent advances in materials science have opened up great opportunities for designing heterostructures that integrate two or more components, potentially leading to highly efficient photoelectrodes for solar-to-chemical energy conversion. However, in these heterostructures, any change in morphology or composition impacts all steps of the photoelectrochemical (PEC) reaction,^[1] making the quest for the best structures a difficult process. Therefore, to assist in the rational design of PEC devices, there is an urgent need for methods to rapidly determine the properties of photoelectrode and understand the impact of any structural or physicochemical changes. Until now, the optimization of photoelectrodes is still largely achieved through a trial-and-error approach by synthesizing and analysing a set of different electrodes, which can be time and resource-consuming.^[2]

Here we present a new analytic approach based on local PEC measurements using a small light beam to probe the surface of a photoelectrode with variable properties. We developed a synthesis method that allows the growth of aligned TiO₂ nanotubes (NTs) with length increasing gradually from 0 to 15 μm, on a single electrode.^[3] This method was employed to synthesize TiO₂-NTs with variable length, but also doped TiO₂-NTs with cations (Nb, Ta) and/or nitrogen.^[4] The optimal thickness of TiO₂, M-doped, N-doped, and (M:N) codoped TiO₂-NTs for water splitting was determined, in one step, through local PEC analysis. The results provide the optimal NT layer thickness for each type of doped TiO₂-NTs and demonstrate that if the (M:N) codoped TiO₂-NTs have the best activity under visible light, their optimal thickness is reduced compared to TiO₂-NTs. Additionally, by fitting the data with a model that incorporates charge carrier transfer and light absorption mechanisms, it becomes possible to evaluate in operando the interfacial charge transfer, absorption coefficient, or majority carrier mean path, which are important properties of semiconducting materials for PEC applications.^[5] The extraction of these parameters was used to correlate the behaviours of M-doped, N-doped, and (M:N) codoped TiO₂-NTs with the changes of electronic conductivity and light absorption depending on the doping species.

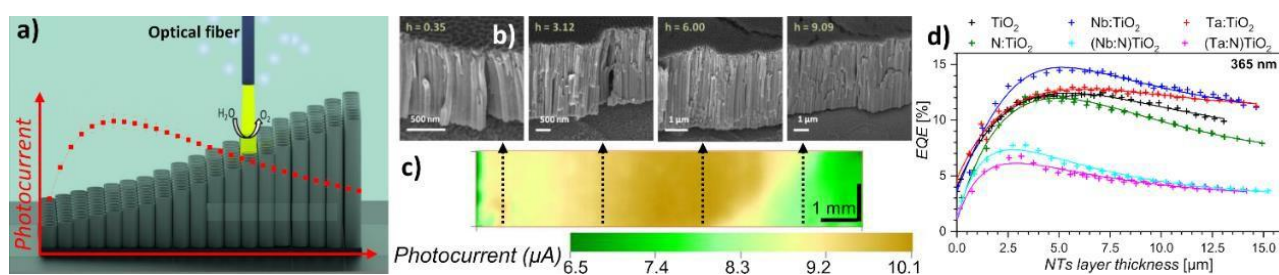


Figure 1: a) Principle of SPCM on NTs gradient. b) SEM images of TiO₂-NTs with variable lengths. c) 2*10 mm SPCM photocurrent mapping.^[3] d) experimental EQE vs NTs length for doped TiO₂-NTs and fitted curves.^[5]

Acknowledgements

ITI HiFunMat is acknowledged for S.V. scholarship. This research and the Ph.D. of F.G. were funded by the ANR through the ANR BAGETE (ANR-16-CE05-0001-01) project.

References

1. K. Takanabe, *ACS Catalysis*. **2017**, *7*, 8006.
2. W. Yang, R.R. Prabhakar, J. Tan, S.D. Tilley, J. Moon, *Chem. Soc. Rev.* **2019**, *48*, 4979.
3. F. Gelb, Y. Chueh, N. Sojic, V. Keller, D. Zigah, T. Cottineau, *Sust. Energy & Fuel* **2020**, *4*, 1099.
4. T. Favet, V. Keller, M. A. El Khakani, T. Cottineau, *Material Today Energy*, **2023**, *37*, 101376.
5. S. Vergne, F. Gelb, V. Keller, T. Cottineau, *Solar RRL*, **2024**, *8*, 2400156.

Bioelectrodes under illumination: *operando* characterization of (enzymatic) electrodes by electrochemistry and (super resolution) fluorescence microscopy

Assil Guessab,¹⁻² Hiu Mun Man,¹ Ievgen Mazurenko,¹ Elisabeth Lojou,¹ Laurent Bouffier,³ Loïc Le Goff,² Anne de Poulpiquet,^{1*}

¹ Bioenergetics and Protein Engineering, Aix -Marseille Univ, UMR CNRS 7281, Marseille, France.

² Fresnel Institute, Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, UMR CNRS 7249, Marseille, France.

³ Institute of Molecular Sciences, UMR CNRS 5255, Univ. Bordeaux, ENSMAC, Pessac, France

*Anne de Poulpiquet: adepoulpiquet@imm.cnrs.fr

Enzymatic electrodes play key roles in biotechnological devices for detection and energy conversion. However, conventional electrochemical methods only provide indirect information about the environment of the electrode, such as the expansion and composition of the diffusion layer. This can be limiting, since enzymes' activity and stability are very sensitive to their microenvironment. To get better insight into the near-surface composition, there is a major interest in coupling electrochemistry to techniques that allow collecting simultaneously spatial information [1-2]. Precious information about mass transport and reactivity can be obtained by investigating the concentration profiles of the different species near the electrode surface, or in the volume of a porous electrode. In this contribution, we show that *operando* coupling electrochemistry and fluorescence confocal laser-scanning microscopy (FCLSM) enables investigating redox enzyme reactivity. The strategy involves the indirect generation of fluorogenic species [3, 4]. FCLSM gives the possibility to record sets of images with a very low depth of field at different coordinates in the axial direction, and thus to reconstruct 3D concentration profiles. Recording fluorescence in the volume adjacent to the electrode under potential control thus enables rebuilding the diffusion layer [1-4]. We show that the method can be implemented to characterize local pH changes in the electrode plane and electrolyte volume during O₂ reduction catalyzed by an immobilized enzyme [3, 4]. Using several fluorophores with different pK_a enables the investigation over a broad pH range. Moreover, to increase the temporal and spatial resolution of the *operando* method, we introduce the development of a new super-resolution setup which combines Random Illumination Microscopy with Extended Depth of Field (RIM-EDF) [5]. We show that it allows faster and better-resolved imaging of the bioelectrode surface and diffusion layer during electrochemical measurements.

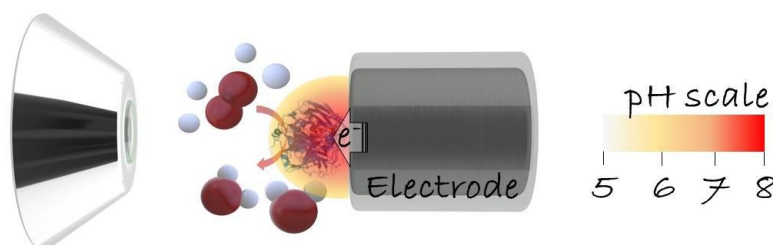


Figure 1. Scheme of pH measurement by *operando* FCLSM at the bioelectrode during catalysis

Acknowledgment

Assil Guessab gratefully acknowledges AMU inter doctoral council for funding his PhD.

References

1. T. Doneux *et al.*, *Anal. Chem.* 88 (2016) 6292-6300.
2. A. de Poulpiquet *et al.*, *Chem. Sci.*, 9 (2018) 6622-6628.
3. Tassy, B., de Poulpiquet, A. *et al.* *Anal. Chem.* 2020, 92 (10), 7249–7256.
4. Man, H. M., de Poulpiquet, A. *et al.* *Anal. Chem.* 2022, 94 (45), 15604–15612.
5. Mazzella, L., Mangeat, T., Giroussens, G., Le Goff L. *et al.* *Light Sci. Appl.* 13 (2024) 285.

Excitation wavelength tuning during *in-situ* raman spectroscopy of oxyhydroxide formation in Ni-LDHs under alkaline OER conditions

Madjid Tarabet^{1*}, Alice Fiocco², Guillaume Ducourthial¹, Sébastien Legendre¹, Luuk Muris³, Alvaro Seijas-Da Silva^{3,4}, Vicente Vert⁴, Gonzalo Abellán^{3,4}

¹ Horiba France SAS, 455 Avenue Eugène Avinée, 59120, Loos, France

² Horiba France SAS, 14, Boulevard Thomas Gobert, Passage Jobin Yvon, 91120 Palaiseau, France

³ Instituto de Ciencia Molecular (ICMol), Universitat de València, Catedrático José Beltrán 2, 46980 Paterna, Valencia, Spain.

⁴ Matteco Team, S.L., Carrer de Les Noves Tecnologies, 6, 46980 Paterna, Valencia, Spain

*Corresponding Author: madjid.tarabet@horiba.com

Nickel-based layered double hydroxides (LDHs) are promising catalysts for the oxygen evolution reaction (OER) in alkaline media due to their low cost and compatibility with alkaline electrolyzers¹. As part of the European SEAL Hydrogen project, a series of binary and ternary LDHs (NiFe, NiCr, NiFeCr) were investigated to correlate composition with electrochemical performance².

To elucidate the catalytic mechanisms, *in situ* and *operando* Raman spectroscopy was employed to monitor structural transformations and the progressive formation of active oxyhydroxide phases under anodic polarization.

The excitation wavelength was selected based on UV-Vis measurements. By choosing a wavelength close to the ligand-to-metal charge transfer (LMCT) electronic transition in the brucite-like structure, a near-resonant Raman enhancement was obtained, leading to increased spectral intensity and improved signal-to-noise ratio. This approach enhances the detection of weak or transient vibrational features and enables more reliable tracking of intermediate species, including the formation of chromate species in alkaline media.

Complementary *Ex-Situ* glow discharge optical emission spectroscopy (GD-OES) was performed to assess elemental redistribution after electrolysis. For chromium-containing materials, electrochemical activation in 1 M KOH resulted in partial chromium leaching into the electrolyte, indicating compositional changes during operation.

Overall, these results provide insight into oxyhydroxide formation mechanisms in LDHs during OER and support the rational design of stable materials for alkaline water electrolysis.

Acknowledgment

This work was supported by the Clean Hydrogen Partnership and the European Commission. The authors gratefully acknowledge the members of the SEAL Hydrogen consortium for their collaboration and contributions to the project.

References

1. Song, F. & Hu, X. Exfoliation of layered double hydroxides for enhanced oxygen evolution catalysis. *Nat. Commun.* 5, 1–9 (2014).
2. Seijas-Da Silva, A., Hartert, A., Oestreicher, V. et al. Scalable synthesis of NiFe-layered double hydroxide for efficient anion exchange membrane electrolysis. *Nat Commun* 16, 6138 (2025).

Reactive intermediates formed at the interface of La-based ferrites during methanol electrooxidation

Manuel Antuch,¹ Madjid Tarabet,² Rubén Parra,¹ Carmen Ciotonea,³ Mukaddar Sk,⁴ Ranjit Thapa,^{4,5} Sébastien Royer³

¹ Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, Univ. Artois, UMR 8181, UCCS, Unité de Catalyse et Chimie du Solide, Lille F-59000, France.

² Horiba France SAS, 455 Avenue Eugène Avinée, 59120, Loos, France.

³ Université du Littoral Côte d'Opale, UCEIV UR 4492, Maison de Recherche en Environnement Industriel 1, 145 Avenue Maurice Schumann 59140 Dunkerque, France.

⁴ Department of Physics, SRM University AP, Amaravati 522240, Andhra Pradesh, India.

⁵ Centre for Computational and Integrative Sciences, SRM University – AP, Amaravati 522240, Andhra Pradesh, India.

*Corresponding Author: manuel.antuch@centralelille.fr

The identification of reactive intermediates is a key issue when attempting to understand complex reaction mechanisms; such an identification is further important to optimize electrocatalytic processes since the determination of rate-determining steps would permit to take action via the chemical modification of interfaces. In this work our attention has been driven to La-based ferrites (LaFeO_3) tailored to introduce La vacancies (La_xFeO_3) and modified via doping ($\text{La}_x\text{Fe}_{1-y-z}\text{Cu}_y\text{Pd}_z\text{O}_3$).¹ The characterization of such materials was achieved via classical characterization techniques, such as X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy, and diverse microscopies, thus confirming the obtention of the perovskite phase. Moreover, these materials were applied as methanol electrooxidation catalysts; the choice of this reaction was due to its importance as anodic process in methanol fuel cells.^{2,3} Interestingly, it was noted that the ratio of metals at the surface was enriched in La and was different to the bulk stoichiometry of the materials; such a characteristic had tremendous impact in the electrocatalytic performance. Indeed, *operando* Raman spectroelectrochemistry was carried out at current densities spanning from 1 mA/cm² up to 10 mA/cm², which permitted to identify the bands typical of perovskites (e.g., A modes associated to La, FeO₆ octahedra tilt modes and B modes related to oxygen octahedral bending).¹ These vibrations were independent of the current density, providing evidence of the stability of the material under *operando* conditions. Concerning the reactive intermediates resulting from methanol oxidation, we observed the presence of CH and CHO vibrations and much interestingly the apparition of CO appeared only in the case of certain samples, thus suggesting a particular structure-related phenomenon that could provide resistance to poisoning caused by CO adsorption. These results would allow the rational design of electrocatalysts based on LaFeO_3 to be applied in methanol fuel cells.

Acknowledgments

The authors thanks National Supercomputing Mission support for the access to PARAM Porul, for carryout the computational work. R.T. thanks the Science and Engineering Research Board (SERB), India, for financial support (Grant No. CRG/2022/005423). The authors would like to thank L. Burylo (XRD), P. Simon (XPS) M. Marinova for (S/TEM) measurements at Chevreul Institute (FR 2638). M.A. acknowledges Centrale Lille Institut, and the Unité de Catalyse et Chimie du Solide (UMR68181), along with financial support from the Agence Nationale de la Recherche ANR-23-CPJ1-0019-01.

References

1. Manuel Antuch, M. Tarabet, R. Parra, C. Ciotonea, A. D. García, L. F. Desdin-Garcia, M. Sk, R. Thapa and S. Royer, *J. Mater. Chem. A.*, **2026**, 14, 6975-6989
2. L. Yue, Q. Jiang, L. Ma, Y. Li, L. Yang, J. Zhang, H. He and H. Huang, *Chem. Mater.*, **2025**, 37, 2125–2135.
3. Y. Qin, K. Yu, G. Wang, Z. Zhuang, Y. Dou, D. Wang and Z. Chen, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2025**, 64, e202420817.

Optical readout of magnetic separation of iron nanoparticles via light emitting chemo-electromagnets

M. Lavainne*, C. Lozon, L. Bouffier, A. Kuhn, N. Sojic, G. Salinas

University of Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ISM UMR 5255, 16 Avenue Pey Berland, Pessac 33607, France

*Corresponding Author: marine.lavainne@u-bordeaux.fr

Environmental remediation remains a critical challenge in our modern society, particularly for water contamination, leading to the emergence of innovative strategies. Among these, magnetic separation of ferromagnetic pollutants, has appeared as a promising treatment method due to its high efficiency, selectivity, and recovery capacity¹. However, such systems require ferromagnetic components or sophisticated electromagnetic equipment, rising issues regarding biocompatibility and material constraints. In this work, we propose a novel approach that combines bipolar electrochemistry with the principles of solenoid-shaped electromagnets. In this system, redox reactions are triggered at each extremity of the coil-shaped bipolar electrode in order to induce a current along the device². Due to the helical pathway, an internal concentrated magnetic field is generated within the solenoid. The dynamic response of the device, in the presence of an external magnetic field, and the magnitude of the current passing through the coil, were used to evidence the magnetic field induction. Controlled electromagnetic rotational motion without the need for ferromagnetic components was obtained. The magnitude of the chemically-induced magnetic field (μT) overlap with the angular speed profile, presenting a proportional dependence with the applied external electric field. Finally, the optical read-out of the magnetic separation was produced by incorporating an electrochemiluminescence process into the system³. This allows the monitoring of the separation capacity of the system in presence of ferromagnetic nanoparticles. A successful magnetic attraction of the nanoparticles onto the surface of the light-emitting chemo-electromagnet was obtained, demonstrating the efficiency of the device for the removal of magnetic contaminants in solution. This study opens up novel pathways for the development of chemo-electromagnetic systems as biocompatible tools for water remediation.

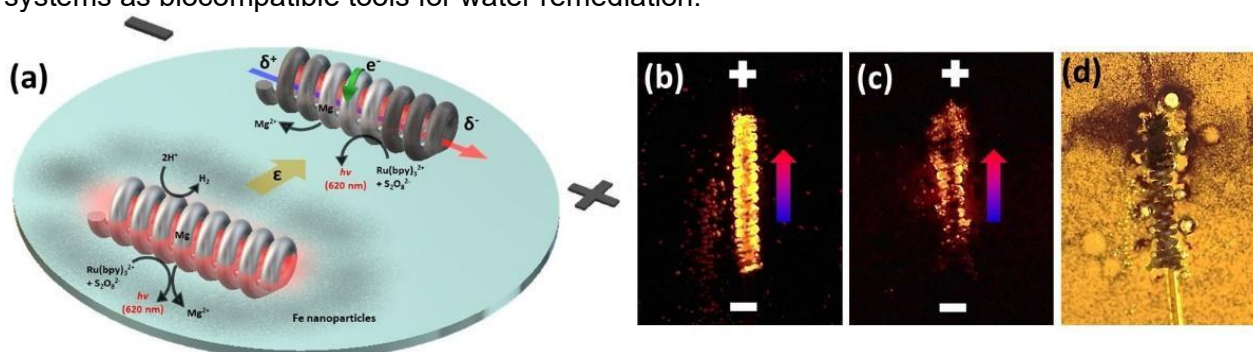


Figure 1: a) Schematic illustration of the light-emitting chemo-electromagnet with the representation of the corresponding redox reactions, light emission, the induced magnetic field and the magnetic separation of iron nanoparticles. Optical pictures (b) before and after the magnetic separation in the (c) dark and (d) bright field.

Acknowledgment

This work was supported by the Grand Research Program "LIGHT" IDEX University of Bordeaux, and the Graduate program "EUR Light S&T" PIA3 ANR-17-EURE-0027.

References

1. K. Stojak Repa, *Phys. Lett.* **2025**, 539, 130341.
2. C. Lozon, A. Cornet, S. Reculosa, P. Garrigue, A. Kuhn, G. Salinas, *Chem. Sci.* **2025**, 16, 13291.
3. A.L. Dauphin, A. Akchach, S. Voci, A. Kuhn, G. Xu, L. Bouffier, N. Sojic, *J. Phys. Chem. Lett.* **2019**, 10, 5318.

Photoelectroactive covalent hybrids materials based on (iso)porphyrin-polyoxometalate and silver foam assemblies for nitrite reduction

S. Dawoud*, X. Shen, Y. Cheng, V. Badets, L. Ruhlmann

Laboratoire d'Electrochimie et de Chimie Physique du Corps Solide Université de Strasbourg, Institut de Chimie, UMR CNRS 7177, 4 Rue Blaise Pascal, CS 90032, 67081, Strasbourg Cedex, France

*Corresponding Author: samer.dawoud@etu.unistra.fr

Polyoxometalates (POMs) are attractive materials for photoelectrochemical applications owing to their redox activity and stability, yet their excitation is mainly restricted to the UV region. To extend their activity into the visible range, we developed covalently linked (iso)porphyrin–polyoxometalate hybrid materials, such as POM–ZnT₂isoP• copolymers (POM = Anderson), synthesized by electropolymerization of 5,15-ditolylyporphyrinato zinc in the presence of hybrid Nu-MIII/IIPOM–Nu precursors (Nu–MIII/IIPOM–Nu; –Nu = Py, –NH₂ or –CH₂OH; M = Fe, Mn, Co, Zn, Cu, Ni). In these systems, the (iso)porphyrin acts as an electron donor and the POM as an electron acceptor, enabling visible-NIR-light-induced charge transfer.

The hybrid films were investigated for the photoelectrocatalytic reduction of nitrite or nitrous acid (NO₂⁻/HNO₂) (Figure 1). When integrated onto a porous metallic silver electrode, chosen for its high surface area and intrinsic catalytic activity (co-catalyst), a significant enhancement of both photo- and electrocatalytic current responses was observed. This synergy between the visible-NIR-light-active POM–(iso)porphyrin framework and the structured silver support promotes improved charge transfer and catalytic efficiency. Further mechanistic insights and product identification are currently being explored using Differential Electrochemical Mass Spectrometry (DEMS).

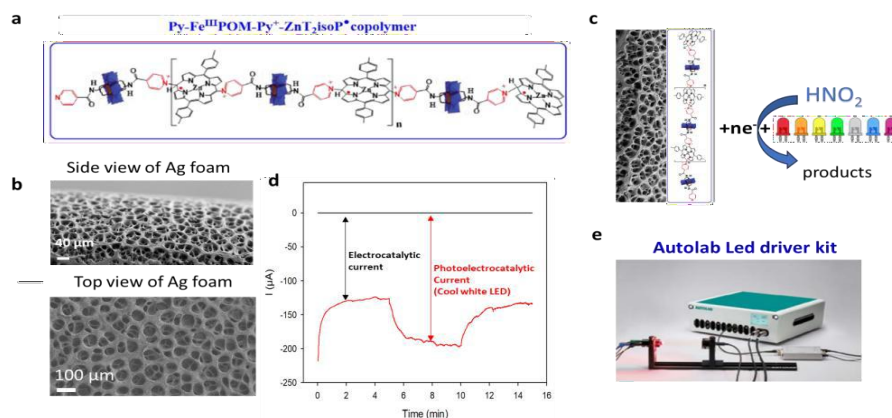


Figure 1. (a) Chemical structure of the Py–Fe^{III}–POM–Py⁺–ZnT₂isoP• copolymer, (b) porous silver electrode morphology obtained by electrodeposition with Dynamic Hydrogen Bubble Template (DHBT), (c) photoelectrocatalytic scheme of HNO₂ reduction catalyzed by the silver foam – (iso)porphyrin framework tandem system (d) electro- and photoelectrocatalytic current response during nitrite reduction and (e) picture of the setup.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge financial support from the Jean-Marie Foundation and the CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique).

References

1. S. Wang, G. Yang. *Chem. Rev.*, **2015**, 115, 4893- 4962.
2. C. Allain, S. Favette, L. Chamoreau, J. Vaissermann, L. Ruhlmann, B. Hasenknopf. *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2008**, 2008, 3433- 3441.
3. Y. Liang, M. N. Sokolov, M. A. Mikhaylov, C. Boudon, V. Badets, A. Bonnefont, L., Ruhlmann, *Electrochimica Acta*, **2021**, 338, 138493.

Optical imaging of the reactivity through an electrochromic counter electrode

Claire Hugon,^{*1} Emilie Mourey,¹ Neus Vilà,² Liang Liu¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

² Universitat Autònoma de Barcelona, Spain

*Corresponding Author: claire.hugon@univ-lorraine.fr

Optical imaging has a long history for looking at surfaces at microscale. In the electrochemistry community, enormous effort has been made to visualize electrochemical reactions, usually by focusing on the optical change of the working electrode induced by e.g., surface plasmon resonance, electrochemiluminescence and fluorescence. This allows studying the heterogeneity of electrochemical reactivity of electrodes, which may offer better understanding of ca. electrocatalysis. However, this is limited to specific materials and reactions, as not all the reactions can be directly “seen” or labeled.

This presentation aims to present a new approach based on projecting the heterogeneity of working electrode (WE, the sample) to the color map of an electrochromic counter electrode (CE, the cover glass). By setting up the quantitative link between the optical change of CE with the potential and current, we may analyze the reactivity of WE from the experimentally measured optical signals from CE. The qualitative proof-of-concept was realized at millimeter scale by Owen *et al.*¹ and at microscale by us², both using WO₃ as the electrochromic film.

Here, we push forward the concept by developing poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) based electrochromic counter electrode, for the sake of improving the color switching speed, thus improving the time resolution of the imaging. The preparation and calibration protocols for PEDOT films are established, and the feasibility was demonstrated at millimeter scale. For improving the spatial resolution, some strategies are studied like the polymerization of PEDOT inside oriented silica films to have an array-like of conductive polymer for limiting the lateral propagation of electrons and anions in the electrochromic film. We also explored the derivation of the working electrode reactivity from counter electrode optical changes by physical modelling.

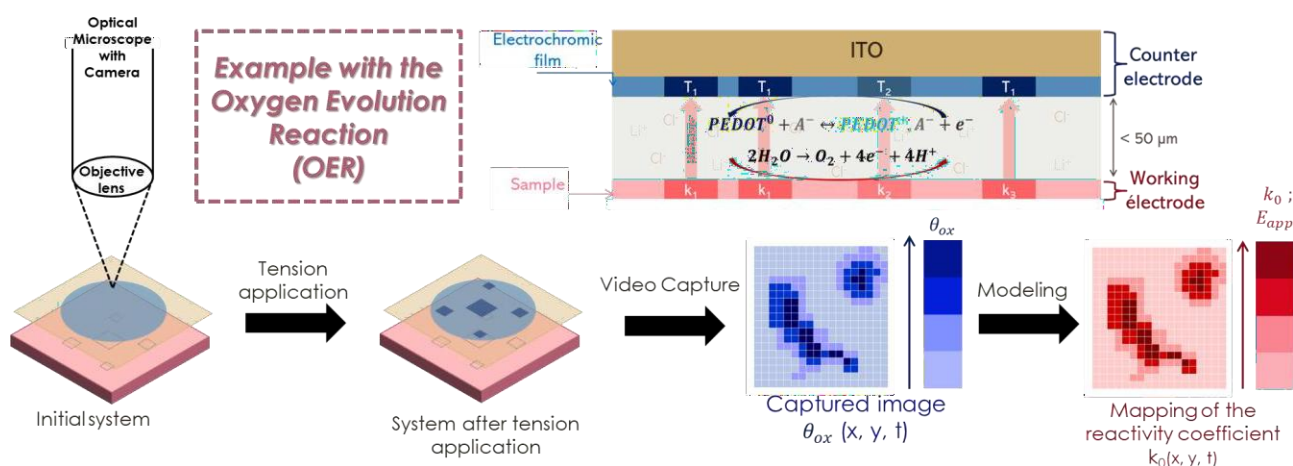


Figure 1. Schematic diagram of the project.

Acknowledgment

The authors acknowledge the financial support from LCPME, ANR (ECVIDEO, ANR-23-CE50-0020) and C2MP Doctoral school.

References

1. K. M. Brace, B. E. Hatden, A. E. Russell, J.R. Owen. *Advanced Materials*, **2006**, Vol. 18, 24, pp 3253-3257
2. Q. Liu, M.A. Brites Helú, A. Walcarius, L. Liu. *Electrochimica Acta*, **2023**, 444, pp. 142010

Towards electrochemical plasmonic sensors: Gold nanobipyramids-based device for heavy metal ion detection

Elie Bou Rahhal,¹ Youn Noh,² Emmanuel Cottancin,² Christophe Bonnet,² Christophe Bucher,^{1*} Frédéric Lerouge.^{1*}

¹ ENS de Lyon, Université de Lyon, Laboratoire de Chimie (LCH), CNRS, UMR 5182

² Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), Institute of Light and Matter (ILM), CNRS, UMR5306

*Christophe BUCHER: bucher.christophe@ens-lyon.fr

*Frédéric LEROUGE: lerouge.frederic@ens-lyon.fr

Environmental pollution from heavy metals in water represents a major threat to ecosystems and human health. In response, we have developed an electrochemical plasmonic sensor for the real-time detection of heavy metal ions in aqueous media. Gold nanobipyramids (AuBPs) were selected as promising sensing probes owing to their exceptional optical properties.¹ The sensing platform consists of AuBPs immobilized on transparent, silanized ITO substrates,² enabling the implementation of a coupled spectro-electrochemical characterization approach. This dual strategy enables electrochemical monitoring of subtle plasmonic decays arising from changes in the surrounding environment, while also allows the activation of photo-electrochemical processes through hot-hole contributions. As a result, controlled reduction–release mechanisms of metal ions at the AuBPs surface can be triggered under applied potentials and/or plasmonic excitation.

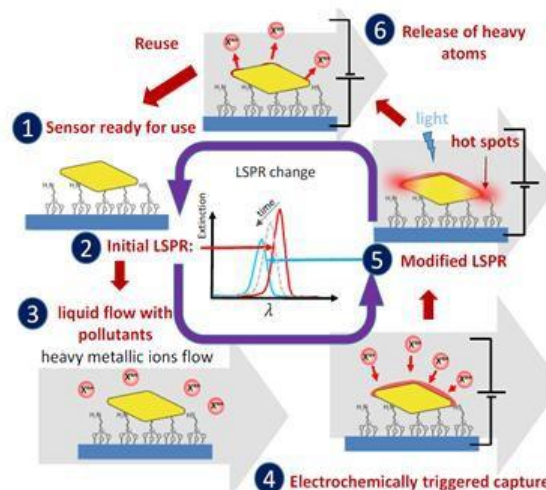


Figure 1. General description of the targeted detection technology

Furthermore, this coupled methodology is extended to single-nanoparticle resolution using spatial modulation spectroscopy (SMS), which eliminates ensemble-averaging effects.³ This enables precise tracking of optical changes at the single-nanoparticle level simultaneously with electrochemical measurements. Ultimately, this work paves the way toward a prototype of an ultra-sensitive, selective, and regenerable device for heavy-metal detection in water sources.

Acknowledgment

This work was supported by the French National Research Agency (Agence Nationale de la Recherche, ANR) under Grant ANR-REAPPLICATION.

References

1. A. Lombardi *et al.*, *Langmuir*, **2012**, vol. 28, no 24, p. 9027-9033.
2. J.-M. Rye *et al.*, *Nanoscale*, **2018**, vol. 10, no 34, p. 16094-16101.
3. S. M. E. Peters *et al.*, *Nanotechnology*, **2016**, vol. 27, no 2, p. 024001.

Thématique 2 :
Électrochimie moléculaire,
électrosynthèse et électrocatalyse
Molecular electrochemistry, electrosynthesis and
electrocatalysis

Étude de l'interface électrochimique par diffraction X résonnante de surface

Éric Sibert,^{1*} Maurizio De Santis,² Yves Joly,² Yvonne Soldo-Olivier²

¹ Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, LEPMI, 38000 Grenoble, France

² CNRS, Université Grenoble Alpes, Institut Néel, BP166 Grenoble cedex, France

*Auteur de correspondance : eric.sibert@grenoble-inp.fr

L'interface électrochimique est le lieu de rencontre entre conducteur électronique et conducteur ionique. Son épaisseur est de seulement quelques Angströms mais peut grandement influencer la réactivité aux électrodes. Pour mieux appréhender l'interface, nous réalisons des expériences sur des surfaces bien définies à l'échelle atomique obtenues par la taille de monocristaux suivant des orientations cristallographiques bien précises.

Nous avons procédé à des mesures de diffraction X résonnantes sur la surface (111) du platine -Pt(111)- *in situ* en milieu électrochimique et sous contrôle de potentiel, sur la ligne de lumière française CRG-D2AM du synchrotron européen ESRF. Ces mesures consistent à se placer dans des conditions de diffraction où la sensibilité à la surface du cristal est maximale puis à faire varier l'énergie des rayons X pour obtenir un spectre (XAS) qui va être sensible à l'environnement chimique de la surface. Les mesures couplées avec des simulations DFT (logiciel FDMNES) ont permis d'établir la structure moléculaire et électronique de la couche ionique faisant face à l'électrode. [1]

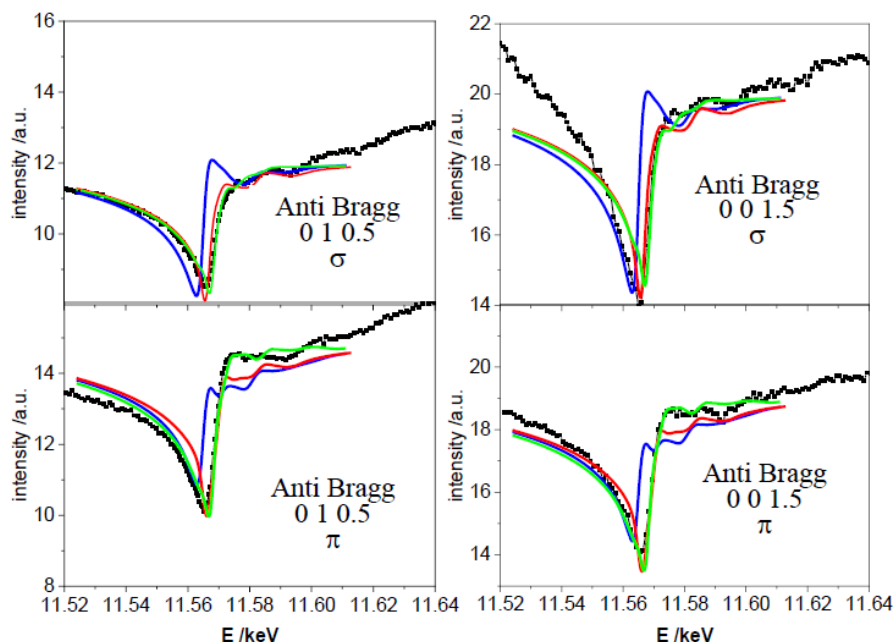


Figure 1. Spectres d'absorption X à deux points de l'espace réciproque et pour deux polarisations sur Pt(111) dans H₂SO₄ 0,1 M à +0,35 V[RHE]. Noir : expérience ; bleu : Pt(111) seul ; rouge : avec couche de Helmholtz non chargée ; vert : avec couche de Helmholtz chargée positivement.

Remerciements

Nous remercions le comité de programme de la ligne CRG D2AM pour nous avoir accordé du temps de mesure.

Référence

1. Y. Soldo-Olivier, Y. Joly, M. De Santis, Y. Gründer, N. Blanc, et E. Sibert, *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 5106. <https://doi.org/10.1021/jacs.4c15282>.

Intérêt et limitation des films de silice mésoporeuse orientée et fonctionnalisée par des complexes $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ pour l'électroanalyse

Laura Marchal,^{1*} Christelle Despas,¹ Neus Vilà,^{1,2} Alain Walcarius¹

¹ Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement (LCPME), UMR 7564, CNRS – Université de Lorraine, Villers-lès-Nancy 54600, France

² Departament de Química, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra 08193, Spain

*Corresponding Author: laura.marchal@univ-lorraine.fr

L'électrocatalyse et l'électrochimiluminescence (ECL) constituent des approches efficaces pour la détection d'analytes. L'ECL repose sur les propriétés redox et optiques de luminophores électroactifs tels que le complexe de tris(2,2'-bipyridine)ruthénium(II) $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ [1]. Classiquement, ce luminophore est adsorbé sur des supports solides afin de développer des plateformes analytiques sensibles et sélectives, mais ces stratégies présentent souvent des limitations en termes de stabilité à long terme [2]. Dans ce travail, nous proposons une approche fondée sur l'immobilisation durable du complexe au sein des films minces de silice mésoporeuse orientée déposés sur une électrode d'ITO (*indium-tin oxide*) par la méthode EASA (*Electrochemically Assisted Self-Assembly* [3]). Ces films présentent une structure hexagonale à pores orientés perpendiculairement à la surface, favorisant la diffusion des analytes et améliorant significativement la sensibilité. L'immobilisation covalente du luminophore par chimie click sur les parois de silice (Figure 1) assure sa stabilité au sein des mésocanaux, empêchant ainsi sa libération en solution [4]. Après caractérisation du système, ses performances ont été évaluées à l'aide du glyphosate, un analyte faiblement électroactif, pertinent en électrocatalyse et en ECL. Une imprégnation simple du complexe dans les mésopores d'un film de silice non modifiée permet d'obtenir une forte teneur en luminophore et une sensibilité élevée, mais conduit à une stabilité limitée en raison d'une désorption progressive. En comparaison, un système monocouche obtenu par électrogreffage direct du complexe sur l'électrode présente une bonne stabilité, comparable à celle du film mésoporeux proposé. En électrocatalyse, une meilleure sensibilité est observée pour le système monocouche, probablement liée à l'absence de confinement imposé par le film de silice. En revanche, en ECL, le film mésoporeux montre de meilleures performances, en raison de la plus grande quantité de luminophore immobilisée.

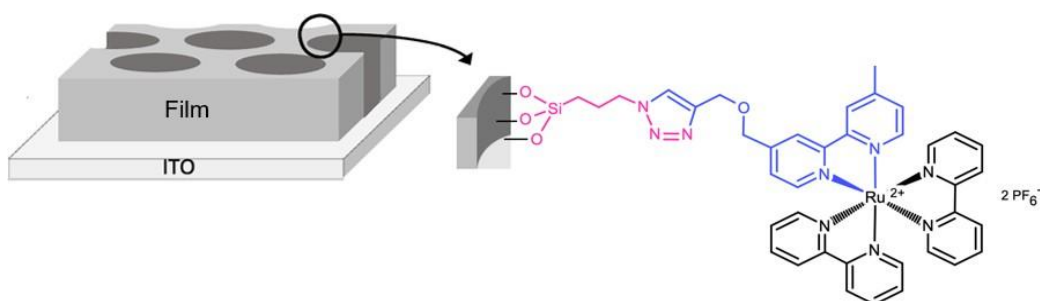


Figure 1. Représentation schématique du film de silice fonctionnalisé par le complexe de ruthénium(II).

Remerciements

Les auteurs remercient Sandrine Adach (L2CM, UMR 7053, CNRS–Université de Lorraine) pour son aide à la synthèse du précurseur organo-silylé.

References

1. R. D. Gerardi, N. W. Barnett, S. W. Lewis, *Anal. Chim. Acta* **1999**, 378, 1–41.
2. C. V. Raju, M. Sornambigai, S. S. Kumar, *IntechOpen* **2021**, Chapter 75769.
3. A. Walcarius, *Acc. Chem. Res.* **2021**, 54, 3563–3575.
4. M. Rahal, C. Karman, N. Vilà, C. Despas, M. A. Brites Helu, J. Ghanbaja, M. Sebbat, A. Silswal, G. Jonusauskas, N. McClenaghan, E. Oheix, B. Lebeau, M. Cormier, J.-P. Goddard, A. Walcarius, *Microporous Mesoporous Mater.* **2025**, 387, 113524.

Unlocking water oxidation reactivity through surface-confined ru(bisterpyridine) centers in a polyaryl network

Sara Helis^{*1}, Piérick Hudhomme¹, Jean-Marc Noël² and Tony Breton¹

¹MOLTECH-Anjou – UMR 6200 CNRS, Université d'Angers, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex, France

²ITODYS – UMR 7086 CNRS, – Université Paris Cité, 15 Rue Jean Antoine de Baïf, 75013 Paris

*Corresponding Author: sara.helis@univ-angers.fr

Electrocatalysis offers promising routes for sustainable energy conversion and chemical transformations. However, in most cases, the catalyst is in homogeneous phase (solution), limiting its recyclability, stability, and integration into devices. Developing robust, surface-bound alternatives is essential for enabling more durable and scalable voltage-driven systems.[1] In this context, constructing well-defined electrocatalytic interfaces remains a major challenge, particularly when precise control over film structure and composition is required to maximize the catalyst efficiency (increasing TurnOver and minimizing overvoltage).

Polypyridine Ruthenium complexes exhibit remarkable redox properties, making them prime candidates for voltage-driven applications.[2] In this work, we demonstrate an innovative approach to design electrocatalytic interfaces through the electrografting of polypyridine ruthenium complexes onto carbon surfaces. Through mono- or co-grafting of diazonium salts, we achieved fine-tuning of the film's thickness, composition, and chemical architecture at the molecular level.[3] This approach offers a powerful means to tailor the electronic, steric, and conformational properties of the resulting films.

To achieve a more comprehensive picture of the film organization and to understand the precise structure-property relationships, we employed a multi-technique investigation. The dynamic of the layer grafting was investigated by Electrochemical quartz crystal microbalance (EQCM) whereas Atomic Force Microscopy (AFM) revealed its morphology (roughness and thickness). The electrografted ruthenium films exhibit pronounced electrocatalytic activity toward water oxidation, with a significant lowering of the catalytic onset potential. This study advances molecular-level engineering of electrocatalytic interfaces and opens new perspectives for durable and efficient systems in sustainable catalysis.

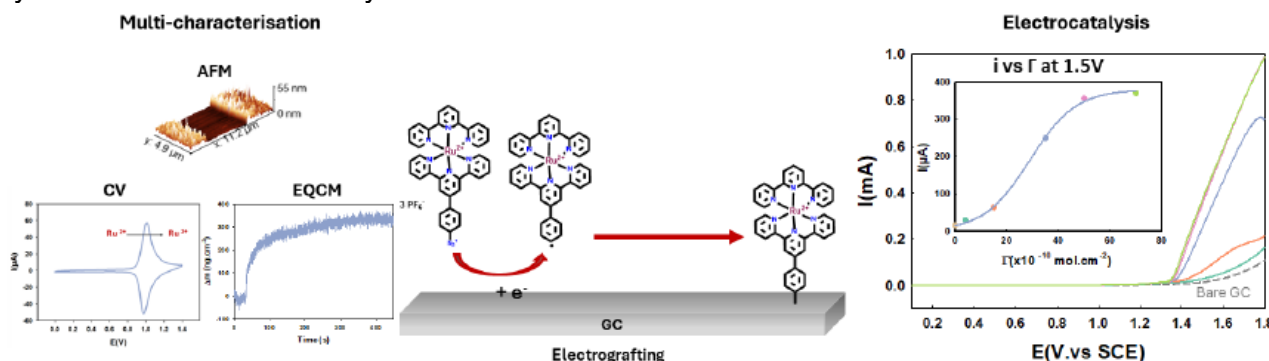


Figure 1: Overview of the multi-technique approach used to investigate the electrocatalytic behavior of the organic nanofilms

References

1. S. Lin, Y. Pineda-Galvan, W. A. Maza, C. C. Epley, J. Zhu, M.C. Kessinger, Y. Pushkar, and A.J. Morris, *ChemSusChem*, 2017, 10, 514-522.
2. J. J. Concepcion, M.-K. Tsai, J. T. Muckerman, and T. J. Meyer, *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132, 1545-1557.
3. S. Helis, J. Pinson, P. Decorse, J. Hamon, J.-M. Noël, and T. Breton, *Chemistry – A European Journal*, 2026, 32:e03001.

Redox potential fine-tuning of ferrocene-peptide conjugates with potential antitumor activity

Saverio Santi,¹ Alessia Difino,¹ Barbara Biondi,² Annalisa Bisello,¹ Roberta Cardena,² Luana Lastella,² Marzio Rancan,³ Fernando Formaggio^{1,2}

¹ Department of Chemistry, University of Padova, Padova, Italy

² Institute of Biomolecular Chemistry (ICB), National Research Council (CNR), Padova, Italy

³ Institute of Condensed Matter Chemistry and Technologies for Energy (ICMATE), National Research Council (CNR), Padova, Italy

*Corresponding Author: saverio.santi@unipd.it

We report the study of new ferrocene (Fc)-peptide conjugates, namely, N-Fc-succinamide-Gly-Ala-OEt (**2**), N-Fc-glutaramide-Gly-Ala-OEt (**4**), N-Fc-pimelamide-Gly-Ala-OEt (**5**), N-Fc-glutaramide-Gly-Gly-Ala-OEt (**6**), precursors N-Fc-succinic monoamide acid (**1**) and N-Fc-glutaric monoamide acid (**3**),¹ and Fc derivatives Arg-Gly-Asp (RGD). They were designed on the base of four components: (i) a Fc unit as an electroactive element; (ii) the linker -NH-CO- to adjust the oxidation potential of Fc towards the physiological conditions; (iii) spacers of different lengths between Fc and the peptide; (iv) di- and tripeptide units to drive Fc selecting biological targets. Fc displays anti-proliferative activity through the production of reactive oxygen species (ROS) as its redox potential (0.40 V vs. SCE) is compatible with the intracellular potential which varies from +0.40 V to -0.44 V. The electrochemical investigation carried out on our newly synthesized Fc-conjugates reveals that the way Fc is connected to the peptide (Fc-NH-CO-) plays the major role in bringing the Fc oxidation potential closer to that of physiological environments.

We also investigated the stability of the synthetic peptides when exposed to human serum. We concluded that the Fc moiety exerts a protective effect on the peptides including the well-known RGD, capable of interacting with over-expressed receptors of the cancer cells, depending on the distance between the Fc moiety and the peptide. A notably resistance to degradation was observed for Gly-Gly-Ala (**6**), revealing the presence of a β -turn structure, and RGD sequences. These features led us to interpret the observed resistance to proteolysis as an effect of conformational stability in addition to the protective role of the Fc moiety.

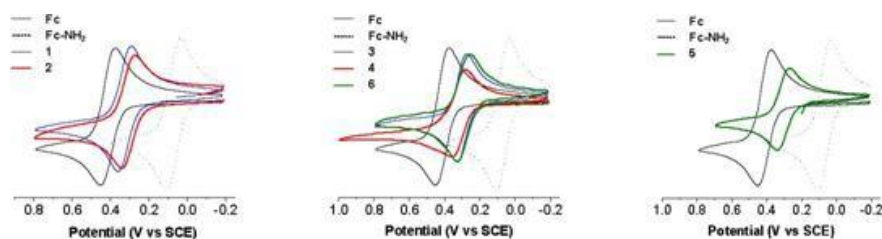


Figure 1. Cyclic voltammetry of **1-6**, **Fc** and **Fc-NH₂** in CH₂Cl₂.

Acknowledgment

We are grateful to the Italian Ministry of Research for the financial support through PRIN 2020 2020833Y75.

References

1. A. Difino, B. Biondi, A. Bisello, R. Cardena, L. Lastella, F. Formaggio, M. Rancan, S. Santi, *Front. Chem. Biol.* **2026**.

Real-time monitoring of molecular electrocatalysis in acetonitrile by differential electrochemical mass spectrometry

Aude Salamé,¹ Marc Koper^{1*}

¹ Leiden Institute of Chemistry, Leiden University Leiden, 2300 RA, The Netherlands

*Corresponding Author: m.koper@lic.leidenuniv.nl

Accessing real-time information on catalytic activity is essential to elucidate the mechanisms of molecular electrocatalytic reactions. Differential Electrochemical Mass Spectrometry (DEMS) enables direct, time-resolved detection of volatile reaction products during electrocatalysis, providing quantitative insight into catalytic activity.¹

In this contribution, we describe the challenges associated with extending DEMS from aqueous systems to organic solvents, and how these limitations can be overcome. Particular emphasis is placed on the adaptation of the setup to acetonitrile, a key solvent in molecular electrocatalysis, addressing critical issues related to membrane wetting, solvent permeability, and signal stability.²

Under optimized experimental conditions, this approach enables reliable monitoring of gaseous products under homogeneous electrocatalytic conditions. As a case study, we demonstrate the application of DEMS in acetonitrile to follow hydrogen evolution during homogeneous molecular electrocatalytic proton reduction in real time. These results highlight the potential of DEMS in organic media for mechanistic investigations and quantitative benchmarking of molecular electrocatalysts.

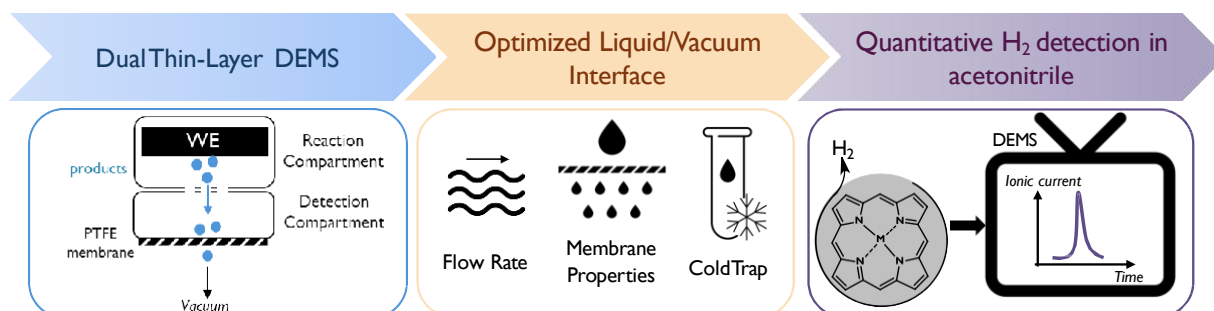


Figure 1. Adaptation of Dual Thin-Layer DEMS for quantitative H₂ (hydrogen) monitoring of molecular electrocatalysis in acetonitrile.

Acknowledgment

This work was supported by the Materials innovation institute (M2i), Tata Steel Nederland Technology BV, the Dutch Research Council (NWO), and the Advanced Research Center for Chemical Building Blocks (ARC CBBC).

References

1. O. Wolter, J. Heitbaum, Ber. Bunsenges. Phys. Chem. **1984**, 88, 2-6.
2. A. Salamé, B. Koo, M.T.M. Koper, Electroanalysis **2026**, in press.

The role of the Helmholtz potential on electrocatalytic activity

Arsène Chemin,^{1*} Louis Godeffroy,² David Amans,¹ Tristan Petit,²

¹ Université Claude Bernard Lyon1, UMR5306, CNRS, Institut Lumière Matière, Villeurbanne, France

² Helmholtz-Zentrum Berlin GmbH, Albert-Einstein-Str. 15, 12489 Berlin, Germany

*Corresponding Author: arsene.chemin@univ-lyon1.fr

The electrification of the chemical industry is required for a rapid reduction of its carbon footprint and necessitates sustainable and highly active electrocatalysts. A pivotal breakthrough came in 2011, when Markovic and co-workers discovered that decorating Pt surfaces with Ni(OH)₂ nanoclusters significantly enhanced HER activity in alkaline media [1], a concept later extended across a wide range of metals [2]. New descriptors of electrocatalytic activity, such as the entropy of the electrolyte at the interface, are now emerging [3]. However, a theoretical understanding of the electrochemical interface is still lacking, and even the linear relationship between the overpotential and the work function (WF) of metal electrodes, first observed by Trasatti in 1972 [4], remains largely unexplained. Recently, we introduce a new framework based on the equilibrium between the Fermi level of the electrode and the chemical potential of the electrolyte [5]. This equilibrium drives charge exchange at the interface, which we evidenced by modifying the occupation state of dye molecules on nanodiamonds, probed via in situ X-ray absorption spectroscopy and transient absorption [6]. For metal electrodes, it leads to formation of the Helmholtz double layer, creating an electric field that affects the entropy of the electrolyte and introduces an energy barrier for ions in solution. Incorporating this effect into the Butler-Volmer formalism allows us to rationalize Trasatti's historical observation and demonstrates that electrochemical kinetics are governed not only by the Sabatier principle but also by the Helmholtz potential [5].

For semiconductor electrodes, the same equilibrium generates a charge depletion layer within the electrode, rather than in the electrolyte, producing surface band bending while reducing potential variation in the solution [6]. This insight explains why adding a thin semiconductor layer (1–10 nm) on metal electrodes can enhance electrocatalytic activity [5], rationalizing Markovic's observations and providing a framework for designing novel thin-film catalysts.

Acknowledgment

This work was supported by the European Research Council (ERC, Horizon 2020, grant 947 852) and the German Federal Ministry of Education and Research (CatLab, 03EW0015A/B).

References

1. Subbaraman, R. et al. Enhancing hydrogen evolution activity in water splitting by tailoring Li⁺-Ni(OH)₂-Pt interfaces. *Science* 334, 1256–1260 (2011).
2. Danilovic, N. et al. Enhancing the alkaline hydrogen evolution reaction activity through the bifunctionality of Ni(OH)₂/metal catalysts. *Angewandte Chemie - International Edition* 51, 12495–12498 (2012).
3. Ledezma-Yanez, I. et al. Interfacial water reorganization as a pH-dependent descriptor of the hydrogen evolution rate on platinum electrodes. *Nature Energy* 2, 1–7 (2017).
4. Trasatti, S. Work function, electronegativity, and electrochemical behaviour of metals: III. Electrolytic hydrogen evolution in acid solutions. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry* 39, 163–184 (1972).
5. Chemin, A., et al. The role of the Helmholtz potential on electrocatalytic activity. *Nature Communications* (just accepted) (2025). preprint: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7628389/v1>
6. Kiendl, B.; Chemin, A.; Day, Adam, et al. Intrabandgap States Engineering in Functionalized Nanodiamond to Generate Solvated Electrons for Photocatalysis Under Solar Illumination. *Advanced Functional Materials*, e23545. (2026).
7. Chemin, A., et al. Modulating Surface Redox Reactions and Solvated Electron Emission on Boron-Doped Diamond by (Photo) electrochemistry. *PRX Energy*, 4(3), 033011. (2025).

Electrolyte engineering enables the selective electrocatalytic hydrogenation of furfural to 2-methylfuran

Clément Spadetto,^{1*} Jim de Ruiter,¹ Stephan Steinmann,² Essyllt Louarn,¹ Mathieu Prévot^{1*}

¹ Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, IRCELYON, UMR 5256, Villeurbanne, 69100, France

² CNRS, ENS de Lyon, LCH, UMR 5182, Lyon cedex 07, 69342, France

*Corresponding Author: clement.spadetto@ircelyon.univ-lyon1.fr, mathieu.prevot@ircelyon.univ-lyon1.fr

Lignocellulose, the non-edible part of biomass, is considered an attractive source of renewable carbon.[1] Its breakdown can produce a range of platform compounds, including furfural. Two of the main valorisation products of furfural are furfuryl alcohol (FOH; a binder for the foundry industry) and, to a smaller extent, 2-methylfuran (2MF), which has been proposed as a drop-in biofuel and high-density biofuel precursor.[2,3] Electrocatalytic hydrogenation appears to be a promising synthesis route for 2MF. Through preliminary techno-economic analysis, we recently demonstrated the beneficial aspects of this approach compared to other decarbonization pathways.[4] Still, there are challenges to this approach, including (i) achieving sufficient faradaic efficiency (FE) toward furfural conversion (vs the competing Hydrogen Evolution Reaction) and (ii) reaching high selectivity toward 2MF at high current densities.

To address these challenges, we investigated the performance of well-dispersed copper nanoparticles (62.5±39.2 nm) for the electrocatalytic hydrogenation of furfural toward 2MF. In various electrocatalytic systems, an effective strategy to steer the selectivity of a reaction is through electrolyte engineering. From this perspective, we conducted an evaluation of the effects of cations (Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺) and anions (SO²⁻, PO³⁻) in acidic conditions (pH 2). At a fixed potential of -0.5 V vs RHE, in 0.5 M KH₂PO₄ (pH 2) and 40 mM furfural, a selectivity toward 2MF (S_{2MF}) of 72.1±3.4% (FE_{2MF}: 82.3±3.3%) was measured as opposed to a lower selectivity of 54.8±4.5% in 0.5 M K₂SO₄ (FE_{2MF}: 65.1±5.4%). In addition to a favourable selectivity toward 2MF in phosphate, we found a limited influence of cations on selectivity in both electrolytes.

To examine the interplay between anions and the observed selectivity change, we utilized time-resolved in-situ surface-enhanced Raman spectroscopy (TR-SERS). In 0.5 M KH₂PO₄ + 40 mM furfural (pH 2) we were able to identify the formation of a beneficial H-bond between phosphate and adsorbed furfural, and the deprotonation of H₃PO₄ to H₂PO⁻ under operating potentials, sign of a proton relay behaviour. Identification of the Raman bands through density functional theory allowed to identify an intermediate in phosphate revealing a PCET mechanism is preferred in phosphate. By taking full profit of the PCET mechanism enabled by phosphate, we tuned the electrolyte to obtain an all-time high FE of 98% (S_{2MF}: 93%) at -0.5 V vs RHE (j = 22 mA.cm⁻²).

Acknowledgment

The authors thank the French National Agency for Research (ANR) for their financial support through project MEGOPE (ANR-22-CE29-0015) and TERS_NORMAL (ANR-22-CE29-0027).

References

1. Arts, W., Storms, I., Van Aelst, J., Lagrain, B., Verbist, B., Van Orshoven, J., Verkerk, P.J., Vermeiren, W., Lange, J.-P., Muys, B. and Sels, B.F. Feasibility of wood as a renewable carbon feedstock for the production of chemicals in Europe. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* **2024**, 18, 365-377.
2. Lopez Pintor, D., Cho, S. Effects of the stability of 2-methylfuran and 2,5-dimethylfuran on the autoignition and combustion characteristics of a gasoline-like fuel. *Fuel.* **2022**, 312, 122990.
3. Corma, A., de la Torre, O., Renz, M. Production of high-quality diesel from cellulose and hemicellulose by the Sylvan process: catalysts and process variables. *Energy Environ. Sci.* **2012**, 5, 6328-6344.
4. Spadetto, C., Hachemi, C., Prévot, M. S. Powering lignocellulose biorefineries with solar energy – a critical review with furfural as a case study. *Green Chem.* **2025**, 27, 13529-13557.

Interfacial engineering of pd–ni catalysts for energy-efficient biomass electrolysis

Zahra Hagheh Kavousi,^{1*} Clemence Badie,² Vyshnav Kannampalli,² Qing Wang,³ Hazar Guesmi,³ Lionel Santinacci,² Yaovi Holade,¹ Mikhael Bechelany¹

¹ IEM Montpellier, UMR 5635, Univ Montpellier, ENSCM, CNRS, 34090 Montpellier, France

² Aix Marseille Univ, CNRS, CINaM, Marseille 13009, France

³ Institut Charles Gerhardt Montpellier (ICGM), UMR 5253, University of Montpellier, CNRS, 34090 Montpellier, France

*Corresponding Author: zahra.hagheh-kavousi@umontpellier.fr

In the context of low-temperature hydrogen production by water electrolysis, replacing the anodic oxygen evolution reaction with the electro-oxidation of biomass-derived molecules has emerged as a promising strategy to reduce energy consumption while simultaneously generating value-added chemicals. [1] However, achieving efficient and stable electrocatalysis under practical conditions remains challenging, particularly when low noble metal loadings and scalable electrode architectures are required.

Herein, we explore the atomic-scale engineering of Pd–Ni interfaces on free-standing carbon microfiber gas diffusion electrodes using atomic layer deposition (ALD). [2] By combining controlled deposition with reductive thermal treatment, we induce strong interfacial interactions between Pd and Ni species, leading to electronic modulation of the active sites. Spectroscopic analysis and theoretical calculations suggest a redistribution of electronic density at the Pd–Ni interface, which alters adsorption energetics and promotes reaction kinetics in alkaline media.

The resulting electrodes exhibit multifunctional activity toward the hydrogen evolution reaction as well as the electro-oxidation of ethanol and glycerol, two relevant biomass-derived substrates. The improved catalytic behavior is attributed to a bifunctional mechanism in which Ni-derived oxyhydroxide species facilitate intermediate removal while electronically tuned Pd sites enhance reaction pathways. Beyond half-cell evaluation, integration into an anion exchange membrane electrolyzer demonstrates the relevance of interfacial engineering at the device level (figure 1). This work highlights ALD as a powerful platform for designing atomically controlled catalytic interfaces for energy-efficient hydrogen production coupled with biomass valorization.

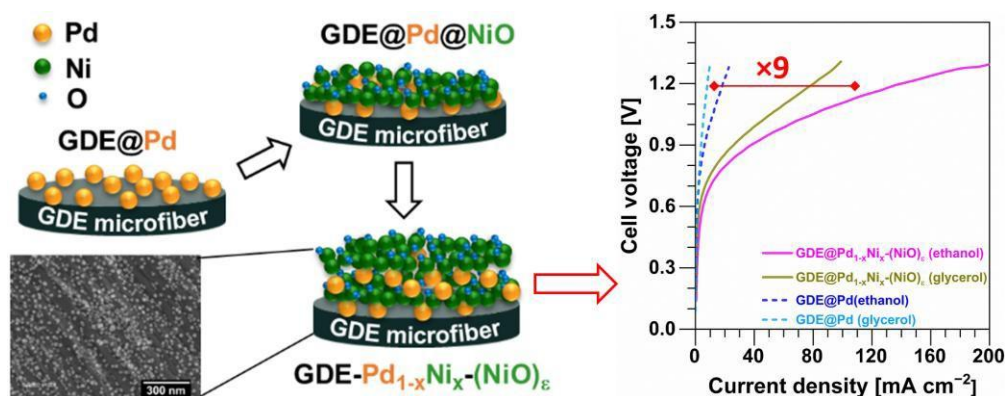


Figure 1. schematic of Pd–NiO electrode structure and electrolyzer performance. [3]

References

1. Y. Holade et al., *Catalysis Science & Technology* **2020**, 10, 3071-3112.
2. M. Weber et al., *Applied Catalysis B: Environmental* **2019**, 257, 117917.
3. Z. Hagheh Kavousi et al., *Journal of Materials Chemistry A* **2025**, 13, 34231-34248.

Pincer-type molecular catalysts for renewable electrochemical CO₂ valorization

C. Chahine*, A. Lebon, F. Gloaguen, N. Cabon.

Univ Brest, CNRS, CEMCA, UMR 6521, 6 Avenue Victor Le Gorgeu, 29238 Brest, France.

*Corresponding Author: chirine.chahine@univ-brest.fr

The electrochemical reduction of carbon dioxide (CO₂) represents a promising approach for renewable production of value-added chemicals and energy storage. Molecular electrocatalysts based on earth-abundant transition metals are attractive in this context due to the possibility to fine-tune their redox and catalytic properties through ligand design.¹

In this work, pyridine-based PNP pincer ligands were obtained via multistep synthetic routes² and further used to coordinate Co²⁺ and Ni²⁺ ions affording a series of transition metal complexes. All compounds were fully characterized using standard spectroscopic and analytical techniques, including NMR spectroscopy, mass spectrometry, elemental analysis, and single-crystal X-ray diffraction, when suitable crystals were obtained.

Electrochemical investigations were carried out by cyclic voltammetry (CV) and controlled-potential electrolysis. Under CO₂-saturated conditions, both Co- and Ni-based complexes exhibited enhanced catalytic currents, indicating electrocatalytic activity toward CO₂ reduction (Fig. 1). Catalytic activity, selectivity and CO₂ reduction mechanism will be presented and discussed in terms of pincer ligand effect on the reactivity of Co and Ni active sites.

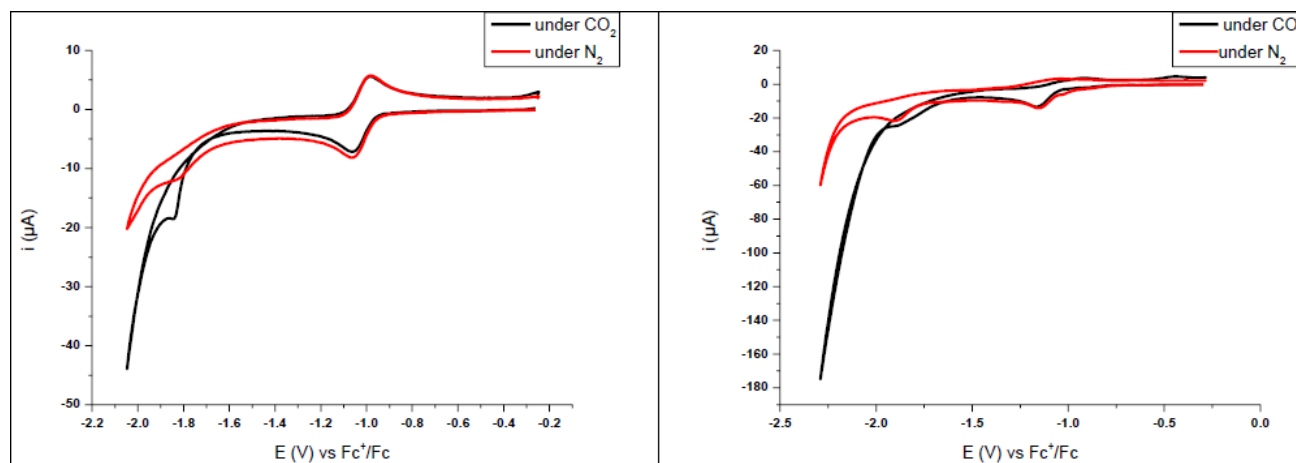


Figure 1. CVs ($v = 0.1 \text{ V s}^{-1}$) of Co- (left) and Ni- (right) PNP complexes recorded at a GC electrode in $\text{Bu}_4\text{NPF}_6/\text{CH}_3\text{CN}:\text{H}_2\text{O}$ solution (4:1 in vol)

Acknowledgment

The authors acknowledge financial support from UBO and CNRS. CC thanks region Bretagne (ARED) and UBO for PhD funding.

References

- (a) Garcia Bellido, C.; Álvarez-Miguel, L.; Miguel, D.; Lalaoui, N.; Cabon, N.; Gloaguen, F.; Le Poul, N. *ChemElectroChem* **2021**, *8*, 1899. (b) Younus, H. A.; Ahmad, N.; Ni, W.; Wang, X.; Al-Abri, M.; Zhang, Y.; Verpoort, F.; Zhang, S. *Coord. Chem. Rev.* **2023**, *493*, 215318.
- Cope, J. D.; Liyanage, N. P.; Kelley, P. J.; Denny, J. A.; Valente, E. J.; Webster, C. E.; Delcamp, J. H.; Hollis, T. K. *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 9442.

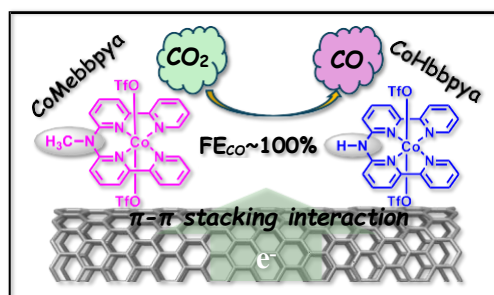
Immobilized Cobalt Quaterpyridine Complexes for Selective CO₂ to CO electroreduction in acidic aqueous medium

Muhammad Sohail,¹ Ayan Bera,² Kallol Ray,² Carole Duboc¹ & Noémie Lalaoui¹

¹ Department of Molecular Chemistry, UMR 5250, University of Grenoble Alpes, France
² Institut für Chemie, Humboldt-Universität zu Berlin, Brook-Taylor-Str. 2, 12489, Germany

*Corresponding Author: muhammad.sohail@univ-grenoble-alpes.fr

The electrochemical reduction of CO₂ is a promising strategy to mitigate excessive carbon emissions by converting CO₂ into valuable fuels and chemicals using renewable energy source.^[1] Among the various materials developed for the CO₂ reduction reaction (CO₂RR) to CO, transition metal complexes have gained significant attention.^[2] To enable industrial-scale application of molecular catalysts, immobilization on solid supports is a key strategy that combines the tuneable selectivity of homogeneous systems with the durability and recyclability of heterogeneous materials.^[3] In this work, we report the immobilization of two cobalt quaterpyridine complexes bearing N-H or N-Me moiety^[4] on carbon nanotubes, to study the effect of secondary coordination sphere on the electrocatalytic CO₂RR in aqueous media. Upon immobilization, both CoHbbpya and CoMebbpya exhibit near-unity selectivity toward CO, achieving approximately 100% Faradaic efficiency (FE) under aqueous conditions (0.5 M KHCO₃, pH 7.3). This behavior contrasts remarkably with their performance under homogeneous conditions, where CoHbbpya retains high CO selectivity (~95% FE), while CoMebbpya displays significantly lower selectivity, producing CO with only ~40% FE. CoHbbpya, featuring an –NH– linker, consistently exhibits slightly higher TOF and current densities than the methylated (–NMe–) CoMebbpya. Notably in 0.1 M K₂SO₄ acidified to pH 3, CoHbbpya affords ~98% FE for CO and remains active over a 5-hour electrolysis. In contrast, CoMebbpya quickly loses CO selectivity under the same conditions, likely due to catalyst degradation or leaching of catalyst. To the best of our knowledge, CoHbbpya is the first quaterpyridine type catalyst reported to achieve such high CO selectivity in strongly acidic aqueous media.^[5]



Acknowledgment

This work was supported by the French National Agency for Research in the framework of the “Investissements d’avenir” program (ANR-15-IDEX-02 and ANR-21-CE50-0011), the Labex ARCANE, the CDP-DefiCO₂, CBH-EUR-GS (ANR-17-EURE-0003).

References

1. P. De Luna, C. Hahn, D. Higgins, S. A. Jaffer, T. F. Jaramillo, E. H. Sargent, *Science* **2019**, *364*, eaav3506.
2. P. Saha, S. Amanullah, A. Dey, *Accounts of chemical research* **2022**, *55*, 134-144.
3. D. Grammatico, A. J. Bagnall, L. Riccardi, M. Fontecave, B. L. Su, L. Billon, *Angewandte Chemie* **2022**, *134*, e202206399.
4. A. Bera, S. Bimmermann, P. Gerschel, D. J. Barman, L. Gerndt, T. Lohmiller, K. Abdiaziz, A. Schnegg, M. Orio, D. G. Hettterscheid, K. L. Bren, M. Roemelt,* U.P. Apfel,* K.Ray,* *Angewandte Chemie* **2025**, *137*, e202503705.
5. L. Chen, G. Chen, C.-F. Leung, C. Cometto, M. Robert, T.-C. Lau, *Chemical Society Reviews* **2020**, *49*, 7271-7283.

Fluorinated graphene oxides as electrode materials for energy conversion and storage systems

Sarra Knani,^{1*} Frédéric Barriere¹, James A. Behan¹

¹ *Université de Rennes, CNRS, Institut des Sciences Chimiques de Rennes, UMR 6226, F-35000, Rennes, France*

*Corresponding Author: sarra.knani@univ-rennes.fr

The electrochemical oxygen reduction reaction (ORR) is widely regarded as a key reaction in the development of energy conversion and storage systems, such as metal-air batteries and fuel cells. However, the ORR is also regarded as the bottleneck for these systems due to its sluggish kinetics, significantly lowering their overall efficiency. Pt and its alloys have long been considered as the benchmark electrocatalysts for the ORR. Nevertheless, their high cost and scarcity necessitates the development of new materials that are cheaper, abundant and have comparable efficiencies to facilitate the energy transition. Recently, the strategy of using metal-free carbon based electrocatalyst instead of platinum group-metals has attracted great attention. There is a lot interest in fluorinated graphite materials owing to their distinctive properties, such as thermal and chemical stability. Recently we have shown that these materials can serve as precursors for mild; one-pot and aqueous synthesis of diverse nanocarbons.¹ Moreover, fluorinated graphite can be used as versatile precursors for nanocarbon synthesis and surface functionalization with heteroatoms.² Carbon-based catalysts doped with heteroatoms (N, P, and S) have demonstrated remarkable ORR performance particularly in alkaline medium. Co-doping carbon with one or more heteroatoms can alter its electronic properties and generate abundant active sites; thereby promoting the ORR process and favoring selectivity towards the four electron pathway.^{3,4}

In this work we present a one-step synthesis method to prepare F-graphene oxide based electrocatalysts. The synthetic route was aligned with green-chemistry principles to dope the material with nitrogen. Several physico-chemical characterization techniques such as SEM and XPS revealed the successful formation of N;F co-doped carbon nanomaterials. The ORR was found to proceed with a predominant 4-electron reaction pathway on these materials with onset potentials shifted to more positive values compared to only N- and only F-doped nanocarbons. The inclusion of F sites was found to correlate to higher stability catalysts under stress testing. Overall, this work highlights the non-negligible contribution of nitrogen co-doping for enhancing the electrocatalytic activity of graphene oxide towards the ORR, providing a sustainable and cost-effective approach for the development of new cathodic electrode materials for Alkaline Membrane Fuel Cells and metal-air batteries.

References

1. Knani, S et al, *Carbon* 247, (2026), 121053.
2. Chronopoulos, D. et al, *Applied Material Today* 9, (2017) 60.
3. Cheng, J et al. *Appl. Catal. B Environ.* 327, (2023), 122470.
4. Bai, P et al. *Appl. Catal. B Environ. Energy* 365, (2025), 124908.

Transition metal sulfides (TMS) as promising catalysts for HER in an anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE)

Tatiana Yaakoub¹, Boniface Kokoh¹, Têko Napporn¹

¹IC2MP UMR CNRS 7285 Université de Poitiers, 86073 Poitiers, France

*Corresponding Author: tatiana.yaakoub@univ-poitiers.fr

The rapid growth in global energy consumption, coupled with increasing environmental challenges, requires the development of sustainable and carbon-neutral energy technologies. ¹ To address these concerns, hydrogen is emerging as a promising energy carrier, particularly due to its potential for sustainable energy storage. Among the available technologies, water electrolysis is considered the most promising method for the production of clean and green hydrogen with zero net CO₂ emissions when powered by renewable electricity. ² In particular, anion exchange membrane (AEM) electrolyzers enable the use of earth-abundant metals such as nickel, molybdenum, and iron as non-noble metal catalysts that are thermodynamically stable in alkaline media. The electrochemical process is based on the application of an external voltage that splits water into hydrogen and oxygen at the cathode and anode, respectively. ³ In this work, transition metal sulfides (NiS_x, MoS_x, NiMoS_x, and FeNiMoS_x) were synthesized via a hydrothermal approach and evaluated in a three-electrode cell configuration using linear sweep voltammetry (LSV) in 1 M KOH. The results provide evidence of a synergistic effect, whereby nickel oxide and iron–nickel oxide species formed on the surface of NiMoS_x and FeNiMoS_x, respectively, promote water dissociation, while molybdenum facilitates the reduction of adsorbed hydrogen intermediates. Among the investigated catalysts, FeNiMoS_x exhibited the highest electrocatalytic activity toward the hydrogen evolution reaction (HER), which is attributed to the synergistic interaction between nickel–iron oxide species at the catalyst surface.

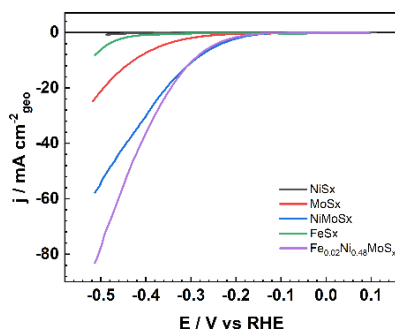


Figure 1. LSV of TMS cathode catalyst for HER recorded at 5 mV/s in 1 M KOH and 1600 rpm.

Acknowledgments

The authors thank the French National Research Agency (ANR) for funding through ANGELIC project funded by the “France 2030” government investment plan (ANR-24-PEHY-0001 grant). The authors also thank the financial support from the European Union (ERDF) and Région Nouvelle Aquitaine. This work pertains to the French government program “Investissements d’Avenir” (EUR INTREE, reference ANR-18-EURE-0010).

References

1. M. Awad, A. Said, M. H. Saad, A. Farouk, M. M. Mahmoud, M. S. Alshammari, M. L. Alghaythi, S. H.
2. E. Abdel Aleem, A. Y. Abdelaziz and A. I. Omar, *Alex. Eng. J.*, **2024**, 87, 213.
3. B. Amini Horri and H. Ozcan, *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, **2024**, 47, 100932.
4. A. S. Emam, M. O. Hamdan, B. A. Abu-Nabah and E. Elnajjar, *Int. J. Hydrogen Energy*, **2024**, 64,599.

Bridging laboratory catalysis and scalable PEC device: Engineering a-MoS_x cathode for neutral-ph HER

Florian Moreaux^{1*}, Beatriz Silva-Gaspar¹, Sriram Katipamula¹, Lucas Laisne^{2,3}, Bertrand Reuillard¹, Adina Moroza¹, Estelle Le Baron³, Adeline Miquelot², Laurent Baraton², Vincent Artero¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, IRIG, LCBM, 38000 Grenoble, France

²ENGIE Lab CRIGEN, 93240 Stains, France

³Univ. Grenoble Alpes, CEA, Liten, DTCH, 38000 Grenoble, France

*Corresponding Author: florian.moreaux@cea.fr

Producing hydrogen from water under sunlight remains one of the most compelling routes toward a carbon-neutral energy system.[1] Yet one persistent barrier limits the deployment of photoelectrochemical (PEC) devices: the need for cathode catalysts that are both efficient and durable, without relying on platinum-group metals.[2]

In this work, we investigate amorphous molybdenum sulfide (a-MoS_x)[3], a promising earth-abundant candidate and investigate its capacity to operate at pH 7. We explore how deposition method, catalyst loading, and catalyst–substrate interface, shape the hydrogen evolution reaction (HER) performance. By tailoring the morphology, anchoring and deposition strategies of the catalyst, we uncovered how design governs catalytic activity and can enhance its long-term stability. The integration of this catalyst on different supports will be discussed with presentation of electrochemical and stability tests, including long-term chronopotentiometry measurements coupled with gas chromatography, confirming sustained H₂ production and near-quantitative faradaic efficiency. Post-operando analyses, such as SEM-EDX or ICP, allow to attest the robustness of the catalyst under turnover.

Finally, the integration of such an electrode in a scalable PV-biased PEC cell with a TiO₂-based photoanode, as well as ongoing efforts toward alternative HER catalysts, catalyst modifications and integration in a photocathode, are explored. This work aims to pave the way toward a safe, durable, and efficient catalyst platform for a transportable solar-to-hydrogen demonstrator in the context of the PROSPER-H2 ANR industrial chair.

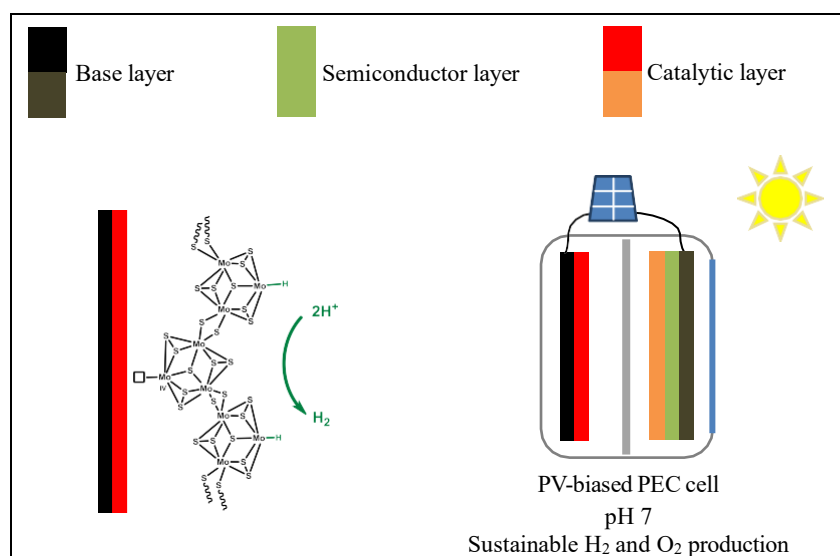


Figure 1. Design and implementation of a cathode catalyst in a PV-biased PEC cell

References

1. G. Sergev; et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **2022**, 55, 323003.
2. R.B. Gordon; M. Bertram; T.E. Graedel, PNAS **2006**, 103, 1209-1214.
3. P. Tran; V. Artero; et al., Nature Mat. **2016**, 15, 640-646.

High entropy tungsten-based oxides: Electrocatalysts for the oxygen evolution reaction

Mohammad Slim,¹ Magan Himanshu,² Adrien MOLL,² Nita Dragoe,² David Berardan,² Têko Napporn,¹ Alexander Kuhn,³ Emmanuel Maisonhaute,⁴ Dodzi Zigah,¹

¹ IC2MP, Université de Poitiers, CNRS, 86073, Poitiers, France.

² SP2M, ICMMO, Univ Paris Saclay, CNRS, Orsay, France.

³ Université de Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, 33607, Pessac, France.

⁴ Institut Parisien de Chimie Moléculaire, Sorbonne University, CNRS, Paris, France.

*Corresponding Author: mohammad.slim@univ-poitiers.fr

High-Entropy Materials (HEMs) have emerged over the past decade as a new class of compounds offering unprecedented compositional flexibility and tunable physicochemical properties. Their interest arises from their unique structural and electronic properties associated with a single-phase crystal structure, their high configurational entropy that enhances thermal and chemical stability, and their high concentration of oxygen vacancies induced by lattice distortion and electronic mismatches. These features promote defect tolerance and charge carrier mobility, which are key factors for superior electrocatalytic performance [1, 2].

In this study, we investigate the high-entropy tungstate $(\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.2}\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.2}\text{Zn}_{0.2})\text{WO}_4$, synthesized via a solid-state reaction synthesis. Structural and optical characterizations confirmed the formation of a single-phase material. Its electrocatalytic performance for the oxygen evolution reaction (OER) was evaluated by cyclic voltammetry (CV) and linear sweep voltammetry (LSV), while Tafel analysis provided insight into the reaction kinetics. Long-term stability was assessed by chronopotentiometry. The high-entropy oxide exhibited enhanced OER activity compared to the corresponding individual metal tungstates (Figure a). These combined features make this high-entropy metal-based oxide a promising anode material for water electrolysis which can contribute to a cleaner and a more efficient energy conversion process.

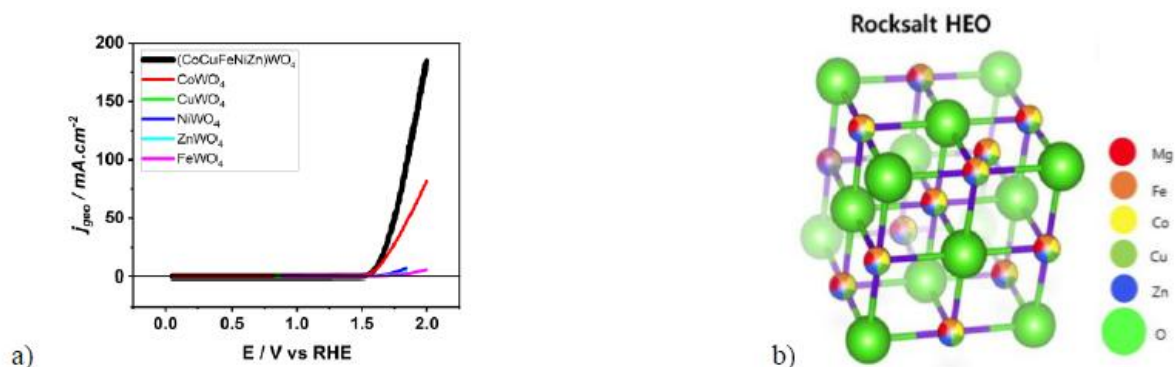


Figure (a) LSV of the HEO compared to bimetallic and individual tungsten oxides, and (b) Scheme of a HEO.

Acknowledgment

The authors acknowledge support from the French national research agency (ANR) under France 2030 program (ANR ref. 22, PEHY 0012 and PEPRH₂ project HYDRO).

References

1. Sun, Y. and S. Dai, *High-entropy materials for catalysis: A new frontier*. Science Advances, 2021. **7**(20): p. eabg1600.
2. Musicó, B.L., et al., *The emergent field of high entropy oxides: Design, prospects, challenges, and opportunities for tailoring material properties*. APL Materials, 2020. **8**(4).

Electrochemical depolymerization of propionaldehyde-stabilized lignin on nickel-based electrodes enhancing monomer yield recovery

Syed Noman,¹ Cyrille Santerre,² Covadonga Lucas-Torres,¹ Edith Nicol,¹ David Touboul,¹ Maxime Bridoux,³ Cédric Tard^{1*}

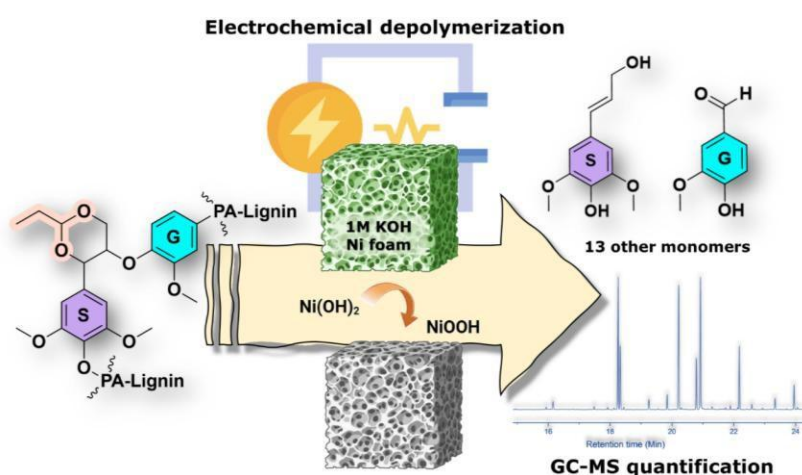
¹ *Laboratoire de Chimie Moléculaire (LCM), CNRS, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, F-91120 Palaiseau, France.*

² *Institut Supérieur International du Parfum, de la Cosmétique et de l'Aromatique Alimentaire (ISIPCA), 34-36 rue du Parc de Clagny, F-78000 Versailles, France.*

³ *CEA, DAM, DIF, F-91297, Arpajon, France.*

*Corresponding Author: cedric.tard@polytechnique.edu

Lignin valorization is hindered by its heterogeneous and recalcitrant nature, making conversion into value-added chemicals challenging.¹ Conventional thermochemical methods rely on harsh conditions, compromising biorefinery economics.² We introduce a one-pot electrooxidative depolymerization strategy for propionaldehyde-stabilized lignin (PA-lignin) using nickel electrodes in alkaline media. This approach selectively cleaves 24% of lignin into aromatic monomers, primarily syringyl and guaiacyl derivatives, under mild conditions and without redox mediators. Compared to unmodified lignin, PA-lignin yields 28% ethyl acetate-extractable products, nearly fourfold higher, demonstrating that propionaldehyde capping suppresses condensation reactions and increases monomer release.³ The simplicity and scalability of this electrochemical process make it a promising, sustainable solution for future lignocellulosic biorefineries, transforming lignin waste into high-value aromatic chemicals.



Acknowledgment

This work has been carried out at the Energy4Climate Interdisciplinary Center (E4C) of IP Paris and Ecole des Ponts ParisTech, which is in part supported by 3rd Programme d'Investissements d'Avenir [ANR-18-EUR-0006-02], by the Foundation of Ecole Polytechnique, and with the support of the Higher Education Commission of Pakistan (HEC). Financial support from the IR INFRANALYTICS FR2054 for conducting the research is gratefully acknowledged.

References

1. L. Shuai, M. T. Amiri, Y. M. Questell-Santiago, F. Héroguel, Y. Li, H. Kim, R. Meilan, C. Chapple, J. Ralph, J. S. Luterbacher, *Science* **2016**, 354 329.
2. W. Lan, J. S. Luterbacher, *ACS Cent. Sci.* **2019**, 5, 1642
3. S. Noman, C. Santerre, C. Lucas-Torres, E. Nicol, D. Touboul, M. Bridoux, C. Tard, *submitted for publication*.

Unexpected voltammetric behaviour of oxygen adspecies at gold nanoelectrodes caused by spillover

Wei Wang,¹ Cheng Liu,¹ Lianhuan Han,¹ Matthew M. Sartin,¹ Irina Svir,² Alexander Oleinick,^{2*}
Christian Amatore,^{1,2} Dongping Zhan,¹ Zhong-Qun Tian¹

¹ State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces, Collaborative Innovation Center of Chemistry for Energy Materials, Engineering Research Center of Electrochemical Technologies of Ministry of Education, Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, and Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Aerospace Engineering, Xiamen University, China

² UMR 8228 CPCV, CNRS, Ecole Normale Supérieure – PSL University, Sorbonne University, Departement de Chimie, 24 rue Lhomond, Paris, France

*Corresponding Author: oleksandr.olivnyk@ens.psl.eu

Oxygen adspecies often serve as the crucial intermediates in numerous catalytic reactions, such as the carbon monoxide oxidation, water dissociation, oxygen reduction reaction, etc. Understanding their behaviour at the nanoscale is crucial for fundamental reasons, but also for the development of the next generation catalysts. In this work we studied behaviour of oxygen adspecies at gold nanoelectrodes during water oxidation in the potential range preceding oxygen evolution. Interestingly, the shape of cyclic voltammogram (CV) was neither reflecting surface saturation process nor typical steady state behaviour of the nanoelectrodes and overall was similar to stripping CV at macroelectrode. Furthermore, the adsorbed/desorbed charge during the experiment was much larger than expected for nanodisk surface, as well as variations in the amplitude of CV peaks with the scan rate were proportional to $v^{1/2}$. This unusual behaviour was rationalized invoking spillover of the adspecies from electrode/electrolyte interface to the electrode/glass interface (i.e. the interface between the electrode and its insulating shaft).

Spillover is a transfer of adspecies initially adsorbed at one material to another material on which they cannot adsorb directly [1]. Yet, in the present case the definition was generalized to the situation when transfer occurs to the same material, but experiencing different environment than the surface where adsorption took place initially [2-4]. This phenomenon is known in the field of heterogeneous catalysis for decades [1], but it is rarely considered in electrochemical systems.

The simulations showed that considering spillover of the adspecies and their further surface diffusion along electrode/glass interface well describes system behaviour at various scan rates. At the same time peak shapes indicate asymmetry of the loading and unloading processes of the electrode/glass interface. This concerns thermodynamic, kinetic as well as mass transport properties of the system emphasizing effect of the microenvironment at the nanoscale.

The process is expected to take place at electrodes of all sizes, while quantitative effect can be observed only when radii of electrodes are less than few hundreds of nanometers.

Acknowledgment

In China, the work was supported by National Natural Science Foundation. In France, partial support from CNRS, ENS – PSL University and Sorbonne University (UMR 8228 CPCV) is acknowledged.

References

1. W.C. Conner Jr, J.L. Falconer, *Chem. Rev.* **1995**, 95, 759.
2. D.P. Zhan, J. Velmurugan, M.V. Mirkin, *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, 131, 14756.
3. W. Wang, J. Zhang, F.F. Wang, B.W. Mao, D.P. Zhan, Z.Q. Tian, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, 138, 9057.
4. B.D. Zhang, W. Wang, C. Liu, L. Han, J. Peng, A. Oleinick, I. Svir, C. Amatore, Z.Q. Tian, D.P. Zhan, *ChemElectroChem* **2021**, 8, 2282.

Electrodéposition de l'or aux interfaces liquide-liquide

Léna Francomme,^{1*} Manuel Dossot,¹ Micheál Scanlon,² Grégoire Herzog¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

² The Bernal Institute and Department of Chemical Sciences, School of Natural Sciences, University of Limerick (UL), Limerick V94 T9PX, Ireland

*Auteur de correspondance : lena.francomme@univ-lorraine.fr

L'électrochimie entre deux solutions immiscibles aqueuse et organique (ITIES) est utilisée pour la synthèse et l'assemblage de nanomatériaux¹, par exemple la formation de films d'or². Cette technique favorise la nucléation et la croissance du dépôt, et évite les défauts surfaciques qu'occasionne une électrode de travail. Le transfert d'électrons aux ITIES se réalise non pas à la surface d'une électrode mais à l'aide d'un agent réducteur présent en phase organique, le DéCaméthylFerrocène (DcFc). Ce dernier réagit avec les ions AuCl_4^- dissouts dans la phase aqueuse. L'application d'un potentiel à l'ITIES favorise la rencontre des deux réactifs à l'interface où se forme le dépôt d'or (Figure 1). Différentes procédures électrochimiques comme la voltampérométrie cyclique et la chronoampérométrie ont permis l'obtention du film d'or. Cependant, le mécanisme de réaction reste encore peu connu. L'objet de ce travail est d'étudier l'impact des conditions de synthèses sur la structure du film d'or obtenu. Pour cela, un ensemble de techniques analytiques a été employé (spectroscopie UV-visible in situ, microscopie électronique à balayage, spectroscopie X à dispersion d'énergie et spectroscopie de diffusion Raman). Les analyses de caractérisation ont révélé une dégradation accélérée des réactifs organiques lors de la synthèse et des changements morphologiques du film selon les conditions de synthèse électrochimique retenues. Par ailleurs des propriétés d'exaltation de diffusion Raman à la surface du film d'or obtenu (effet SERS) ont été observées grâce à l'utilisation d'une solution de 1 μM de bleu de méthylène. Cependant, un usage réel de substrat SERS pour le dépôt d'or nécessite une procédure de lavage afin d'éliminer les résidus organiques issus de l'électrosynthèse du film (sels de fond, produits de dégradation du DcFc).

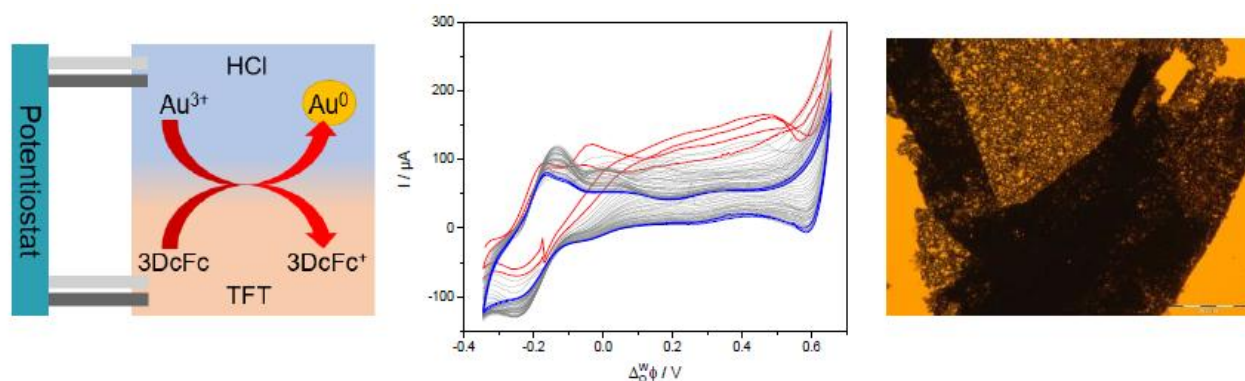


Figure 1. À gauche, schéma de réaction entre AuCl_4^- et le DcFc à l'interface liquide-liquide dans la cellule d'électrochimie. Au centre, les courbes de voltampérométrie cyclique correspondantes. À droite, le dépôt d'or obtenu observé par microscopie optique.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Initiative d'Excellence Lorraine au titre du programme France 2030 (ANR-15-IDEX-04-LUE) et de la plateforme SMI du LCPME.

References

1. R. A. Lehane, A. Gamero-Quijano, S. Malijauskaite, A. Holzinger, M. Conroy, F. Laffir, A. Kumar, U. Bangert, K. McGourty, and M. D. Scanlon, *J. Am. Chem. Soc.*, **2022**, *144*, 4853.
2. R. Moshrefi, A. Suryawanshi, and T. J. Stockmann, *Electrochemistry Communications*, **2021**, *122*, 106894.

Oxydation électrochimique de l'ammoniaque provenant d'effluents de station d'épuration

Christine Cachet-Vivier^{1*}, Kadiatou Bah¹, Wissem Hammoutène¹, Khadija Ouazadi¹, Encarnacion Torralba¹, Amar Naji², Sabrina Guérin-Rechdaoui², Vincent Rocher², Stéphane Bastide¹

¹ Univ Paris Est Créteil, ICMPE (UMR7182), CNRS, UPEC, F-94320 Thiais, France

² Département Innovation du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP), Colombes, France

*Auteur de correspondance : christine.cachet-vivier@cnrs.fr

L'électrolyse de l'eau à l'aide d'électricité renouvelable pour la production d'hydrogène est une solution préférable au reformage des hydrocarbures, car elle émet beaucoup moins de CO₂. Un autre procédé électrochimique est la réduction de l'eau associée à l'oxydation de l'ammoniaque, qui nécessite moins d'énergie (-30% vs. électrolyse de l'eau).

Les ions ammonium sont des déchets issus de l'urine humaine, présents dans les eaux usées collectées par les stations d'épuration (STEP). Ils sont convertis en diazote N₂ grâce à un traitement biologique qui est le poste principal de consommation d'énergie des STEP (en raison de l'aération du procédé). De plus, ce traitement a un rendement de ~70 % et entraîne l'émission de N₂O (~5 %), un gaz à effet de serre 240 fois plus puissant que CO₂. Dans ce contexte, nous envisageons une alternative électrochimique permettant de coupler conversion des ammoniums en N₂ et production d'hydrogène, tout en réduisant les coûts énergétiques et chimiques, ainsi que les intermédiaires nocifs pour l'environnement dans le cycle de l'azote (nitrates, nitrites, N₂O...).

Ainsi, notre objectif est d'examiner la faisabilité de l'oxydation électrochimique de l'ammoniaque contenu dans un jus de boue de déshydratation riche en ammonium (64 mmol L⁻¹) alcalinisé provenant d'une STEP du SIAAP, le principal opérateur de STEP de la région parisienne. L'étape d'alcalinisation a été étudiée (DRX et MEB-EDX du précipité). Des études voltampérométriques sur platine platinisé avec des solutions modèles ont été mise en œuvre afin d'examiner l'influence de la concentration en NaOH (Figure 1a). Les jus de boue présentent une réponse comparable aux solutions modèles malgré une composition complexe (Figure 1b). Des électrolyses ont été réalisées afin de doser les produits d'oxydation. Les dosages indiquent un rendement élevé de N₂ produit (~70%) ce qui est très encourageant compte-tenu des quantités importantes d'ammonium disponibles en STEP.

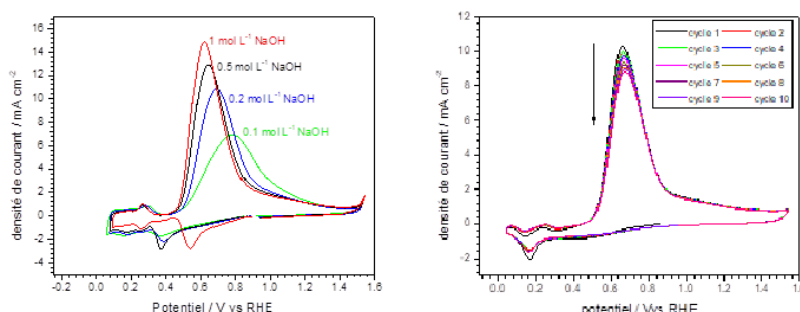


Figure 1. (a) Voltampérométrie cyclique à une électrode de platine platinisé dans des solutions modèles à 60 mM en NH₃ pour différentes [NaOH] et (b) dans un jus de boues de STEP alcalinisé à 1 mol L⁻¹ de NaOH.

Remerciements

L'ICMPE remercie le SIAAP pour la fourniture et l'analyse des échantillons de jus de station et pour son soutien financier dans le cadre du programme de recherche MOCOPEE.

References

1. F. Vitse, M. Cooper, G. G. Botte, *Journal of Power Sources* **2005**, *142*, 18.
2. J. Bollon, A. Filali, Y. Fayolle, S. Guerin, V. Rocher, S. Gillot, *Water Research* **2016**, *102*, 41.

Novel mechanistic approach to electrochemical reduction of nitrogen to ammonia with a molybdenum complex

Gaétan Ramona,¹ Jérémy De Freitas,¹ Luca Antonini,² Barbara Rialland,² Lydia Merakeb,¹ Marie Boutignon,² Nicolas Mézailles,² Marc Robert.^{1*}

¹ Sorbonne Université, Institut Parisien de Chimie Moléculaire UMR 8232, CNRS, 75005 Paris, France

² Université Toulouse III Paul Sabatier, Laboratoire Hétérochimie fondamentale et appliquée UMR 5069, CNRS, 31062 Toulouse, France

*Corresponding Author: marc.robert@sorbonne-universite.fr

Nitrogen reduction to ammonia (NRR) is a key reaction for a greener future¹. In natural environments, enzymes containing Fe and Mo perform NRR². These fascinating systems have inspired the development of Mo complexes with pincer type ligands as catalysts^{3,4}. It is now assessed that some of these systems are able to form ammonia using a Brønsted acid and a strong reductant, or using a pair of reagents that enable proton coupled electron transfers (PCET), such as Sml₂ and ethylene glycol. However, there are only very few examples of electrochemical reduction of nitrogen using metallic complexes⁵. One of the key intermediates in NRR process is a nitrido (M≡N) complex, obtained after cleavage of the nitrogen-nitrogen bond. This intermediate has been isolated in some cases^{4,6}. In recent studies, it has been shown that a pincer type Mo complex with three phosphorous atoms (as first coordination sphere) can be used for the electrochemical cleavage of the N≡N bond, leading to a nitrido species. The later was isolated and characterized⁷, and has been further used to generate borylamines⁸.

Next step is to use this nitrido complex as a starting electrocatalyst. Using cyclic voltammetry and constant potential electrolysis, we have investigated the addition of different acids to the nitrido species in the presence of halogenides, with the aim of forming N-containing products and exploring the possible closing of a reaction cycle with ammonia formation.

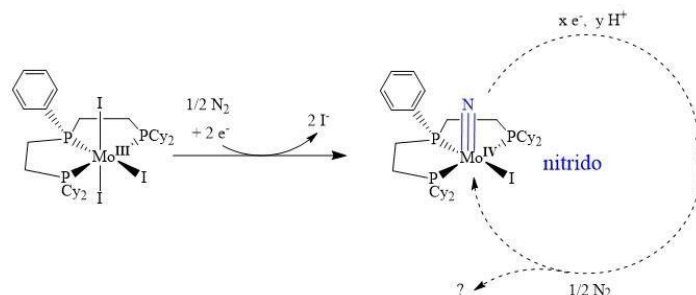


Figure 1. Reaction scheme including electrochemical reductive cleavage of the N≡N bond and explored reactivity.

Acknowledgment

This project was funded by ANR and a grant from the French Ministry of Research.

References

1. Green ammonia synthesis, editorial. *Nat. Synth* **2023**, 2, 581–582.
2. Burgess, B. K. & Lowe, D. J. *Chemical Review* **1996**, 96 (7), 2983–3012
3. Yandulov, D. V., Schrock, J. *Am. Chem. Soc.* **2002**, 124, 6252–6253, J. S. Anderson, J. Rittle and J. C. Peters, *Nature*, **2013**, 501, 84–87, Hegg, A. S., Mercado, B. Q., Miller, A. J. M. & Holland, P. L. *Faraday Discuss.* **2023**, 243, 429–449.
4. Ashida, Y., Arashiba, K., Nakajima, K. & Nishibayashi, Y. *Nature* **2019**, 568, 536–540.
5. Ibrahim, A. F., Garrido-Barros, P. & Peters, J. C. *ACS Catal.* **2023**, 13, 72–78.
6. Bruch, Q. J., Malakar, S., Goldman, A. S. & Miller, A. J. M. *Inorg. Chem.* **2022**, 61, 2307–2318.
7. Merakeb, L. *et al. Angew. Chem. Int. Ed.* **2022**, 61, e202209899.
8. Bennaamane, S. *et al. Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, 60, 20210–20214.

Thématique 3 :
Électroanalyse, capteurs et
laboratoires sur puce
Electroanalysis, sensors and lab on a chip

Electrochemical platforms for codeine detection utilizing carbon-based electrodes and electrified liquid-liquid interface

Grzegorz Kowalski,^{1,2} Olga Szymaniec,^{1,2} Aleksandra Mikołajczyk,¹ Bartłomiej Hurny,^{1,3} Katarzyna Szwabińska,¹ Lukasz Poltorak,¹ Karolina Kwaczyński,¹

¹ *BioMedChem Doctoral School of University of Lodz and Lodz Institutes of Polish Academy of Sciences, University of Lodz, Poland*

² *Department of Inorganic and Analytical Chemistry, University of Lodz, Poland*

³ *Doctoral School of Exact and Natural Sciences, University of Lodz, Poland*

*Corresponding Author: grzegorz.kowalski@edu.uni.lodz.pl

Codeine (COD, Fig. 1) is an opioid drug widely known for its anti-tussive and anti-diarrheal effects [1]. In the human body, it is partially converted into morphine and can also act as a precursor in the synthesis of heroin. To tackle the increasing problem of COD misuse, there is a need to develop straightforward and reliable platforms capable of its rapid and sensitive detection [2].

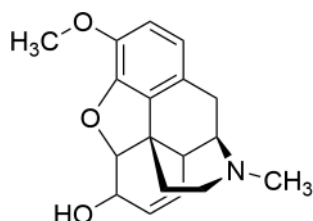


Figure 1. Chemical structure of COD.

This presentation introduces four electrochemical strategies for COD detection. The first approach involves graphite-silicone electrodes fabricated via direct ink writing and further modified with polyelectrolytes multilayers. The second methodology addresses COD electroanalysis using carbon black-poly(lactic acid) electrodes that were modified in situ with boron doped diamond particles, while another methodology involves implementation of conventional glassy carbon electrode. The final section explores electrochemistry at the electrified liquid-liquid interface, enabling investigation of COD transfer across the water/1,2-dichloroethane interface. For each system, key analytical parameters such as linear dynamic range, sensitivity, and limits of detection and quantification were determined, compared, and discussed together with the advantages and limitations of the proposed configurations.

Acknowledgment

The authors are grateful to National Science Centre in Krakow, Poland for financing this work: projects 2022/47/D/ST5/02523 and 2022/47/O/ST4/02557.

References

1. J.M.P.J Garrido, C. Delerue-Matos, F. Borges, T.R.A. Macedo, A.M. Oliveira-Brett, *Electroanalysis*, 2004, 17, 1427-1433.
2. R. Pratiwi, E. Noviana, R. Fauziati, D.B. Carrao, F.A. Gandhi, M.A. Majid, F.A Saputri, *Molecules*, 2021, 26, 800

Détection ampérométrique du cadmium sur polymère à empreinte ionique fluorescent

Erwann Ginoux,^{1*} Mélina Chebaiki,² Farah Ibrahim,² Olivier Reynes,¹ David Evrard,¹ Pierre Gros,¹ Ouassim Boukaroum,³ Fabien Robert-Peillard,³ Bruno Coulomb,³ Jean-Luc Boudenne,³ Véronique Lenoble,⁴ Catherine Branger²

¹Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France ²Laboratoire Matériaux Polymères Interfaces Environnement Marin, Université de Toulon, Toulon, France ³Laboratoire Chimie Environnement, Aix-Marseille Université, CNRS, Marseille, France

⁴Institut Méditerranéen d'Océanologie, Université de Toulon, Toulon, France

*Auteur de correspondance : erwann.ginoux@utoulouse.fr

La contamination des eaux naturelles par des éléments traces métalliques¹, et notamment le cadmium, constitue un enjeu environnemental et sanitaire majeur. La surveillance de ce polluant nécessite des méthodes de détection sensibles, sélectives et adaptées à des analyses sur le terrain. Dans ce contexte, la détection électrochimique du Cd(II) représente une approche pertinente. Elle repose ici sur un polymère à empreinte ionique (IIP) fluorescent. Ce polymère, conçu pour reconnaître spécifiquement le cadmium, assure une préconcentration sélective de l'ion dans le polymère immobilisé à la surface de l'électrode². De plus, le caractère fluorescent de l'IIP permet de convertir également la complexation du Cd(II) en un signal optique, offrant ainsi une possibilité de double détection, qui renforce la fiabilité et la sélectivité de l'analyse.

Dans les résultats qui suivent, plusieurs aspects clés d'un capteur basé sur un IIP dédié à la détection du cadmium seront évalués. Après avoir brièvement décrit la synthèse du polymère et la fonctionnalisation de l'électrode, la présence d'ions Cd(II) dans l'IIP sera mise en évidence par voltammétrie à impulsions différentielle (DPV). La possibilité d'extraire le Cd(II) de l'IIP ainsi que de recharger ce dernier en ions cibles sera également démontrée. La répétabilité de la réponse électrochimique sera ensuite analysée, avant l'établissement d'une courbe d'étalonnage en DPV visant à quantifier la réponse du dispositif et à déterminer sa sensibilité et sa limite de détection. Enfin, l'influence d'ions potentiellement interférents sera étudiée afin d'évaluer la sélectivité du capteur.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet IDEALWATER, financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR, projet ANR-22-CE04-0003). Les auteurs remercient l'ANR pour son soutien financier.

References

1. Guidelines for Drinking Water Quality, WHO library Cataloguing-in-Publication Data, 4th Edition; 2011.
2. Sala, A., Brisset, H., Margaillan, A., Mullot, J.-U. & Branger, C. Electrochemical sensors modified with ion-imprinted polymers for metal ion detection. *TrAC – Trends in Analytical Chemistry* 148, 116536 (2022).

Corrélation méthode d'électropolymérisation - nanostructuration - propriétés dans les polymères à empreinte moléculaire

Thinhinane Hamadachi¹, Jérôme Chancolon¹, Christine Vautrin-UI¹

¹*Interface Confinement Matériaux et Nanostructures-CNRS, 3 avenue de la recherche scientifique, Orléans, France.*

*Auteur de correspondance thinhinane.hamadachi@cnrs-orleans.fr

Le développement de capteurs électrochimiques sélectifs et sensibles pour la détection des pesticides constitue un enjeu majeur pour la surveillance environnementale. Des composés tels que l'isoproturon, l'antracène, l'atrazine sont susceptibles de contaminer les eaux de surface et souterraines, entraînant des risques significatifs pour les écosystèmes et la santé humaine. Les méthodes analytiques conventionnelles, telles que la chromatographie couplée à la spectrométrie de masse, offrent une grande sensibilité mais nécessitent des équipements coûteux, une préparation d'échantillon complexe et des analyses en laboratoire. Dans ce contexte, les capteurs électrochimiques apparaissent comme une alternative prometteuse en raison de leur rapidité d'analyse, de leur faible coût et de leur potentiel d'intégration dans des dispositifs portables. Toutefois, l'obtention d'une sélectivité élevée dans des matrices environnementales complexes demeure un défi majeur. Les polymères à empreintes moléculaires (MIP) constituent une stratégie particulièrement attractive, car ils permettent la création de sites de reconnaissance spécifiques, complémentaires en forme, en taille et en fonctionnalité chimique à la molécule cible, conférant ainsi au matériau des propriétés biomimétiques robustes et stables

Dans ces travaux, des polymères à empreintes moléculaires (MIP) et des polymères non imprimés (NIP), sous forme de film ou de nanofils, ont été électropolymérisés sur des électrodes en carbone vitreux afin d'établir une corrélation entre les paramètres de synthèse du MIP, la nanostructuration de la couche fonctionnelle et les propriétés électrochimiques, appliqués à la détection des micropolluants. L'influence des paramètres de synthèse, ont été étudiée, la morphologie des couches fonctionnelles, leurs propriétés électrochimiques et leur structure chimique ont été caractérisées par microscopie à force atomique (AFM), voltampérométrie cyclique (CV) et spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) respectivement. Par ailleurs, l'influence de la méthode d'électropolymérisation : chronopotentiométrie (CP), chronoampérométrie (CA) ou voltampérométrie cyclique (CV), sur les performances analytiques et aussi sur la robustesse des MIP a été évaluée, mettant en évidence l'influence directe du choix de la méthode d'électropolymérisation et des conditions sur la sensibilité et les performances des capteurs électrochimiques.

Remerciements

This work was funded by the French National Research Agency (ANR) under the MIGRASENS project (ANR-20-CE04-0011) and by the Centre-Val de Loire Region through the ARD JUNON project

Influence de l'effet de confinement dans des nanopores d'oxydes d'aluminium anodisés sur la nucléation d'hydrogène : une étude nanométrique via SECCM

Guilhem Pignol,^{1*} Kristina Tschulik,¹

¹ Ruhr-Universität Bochum

*Auteur de correspondance : guilhem.pignol@rub.de

Les oxydes d'aluminium anodisés (OAA) constituent une plateforme idéale pour la fabrication de réseaux de nano-canaux dont la longueur peut atteindre plusieurs dizaines de micromètres et dont le diamètre varie de quelques nanomètres à plusieurs centaines de nanomètres. Ces architectures offrent une opportunité unique d'explorer de manière systématique et rapide l'influence de la taille des canaux sur les phénomènes physicochimiques.¹ Après dépôt d'une fine couche d'or par pulvérisation sur une face de l'OAA, ces membranes nanostructurées peuvent être utilisées comme électrodes modèles afin d'étudier la diffusion et la nucléation de l'hydrogène au sein de nano-canaux confinés.

L'approche par microscopie électrochimique à cellule confinée à balayage (SECCM) repose sur l'utilisation d'une nanopipette permettant de sonder un nombre contrôlé de nanopores, allant de quelques dizaines à environ un millier, pour la génération d'hydrogène. Cette méthode offre un accès simultané aux réponses individuelles et collectives des nanopores tout en maîtrisant précisément la surtension appliquée à la surface de l'électrode.

L'analyse des signaux électrochimiques par transformée en ondelettes de Morlet (TOM) a permis d'extraire des informations fines relatives aux temps de nucléation des nanobulles d'hydrogène ainsi qu'aux événements transitoires de blocage des pores. Des corrélations ont notamment été établies entre certaines basses fréquences et la hauteur des nano-canaux, tandis que des fréquences plus élevées ont été associées au diamètre des nanopores en accord avec des résultats précédents obtenus sur nanoélectrodes de platine pour la nucléation de nanobulles d'hydrogène.² La fonctionnalisation des OAA met en évidence l'influence déterminante des parois des nano-canaux sur les fréquences caractéristiques liées au blocage des pores et aux processus de nucléation.

Enfin, grâce à des simulations numériques combinées à l'analyse des temps caractéristiques expérimentaux, les mécanismes de transfert de masse ont pu être approfondis. Les résultats montrent que ce transfert est fortement gouverné par des effets convectifs au sein des nanopores, en particulier lorsque les parois sont fonctionnalisées.

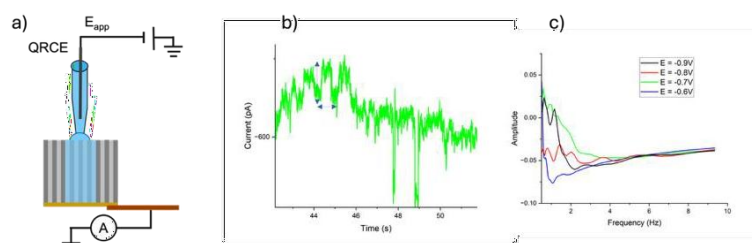


Figure 1 : a) Montage expérimentale utilisée pendant les expériences. b) Chronoampérométrie classique obtenue lors de la production d'hydrogène dans cette configuration. c) Courbe Amplitude vs Fréquence obtenue après TOM.

References

1. M. Jaugstetter, N. Blanc, M. Kratz, K. Tschulik. *Chem. Soc. Rev.*, **2022**, 51, 2491-2543.
2. Q. Chen, L. Luo, H.S. White. *Langmuir*, **2015**, 31, 15, 4573–4581.

Développement d'un réseau d'ultramicroélectrodes à faible impact environnemental pour la mesure de polluants dans l'eau

Jean Schoch^{1,2*}, Teodora Lupoi², Sara Bretin¹, Florence Geneste² et Florence Razan¹

¹ Univ Rennes, ENS Rennes, CNRS, IETR - UMR 6164, Rennes, France

² Univ Rennes, CNRS, ISCR - UMR 6226, Rennes, France

*Auteur de correspondance : jean.schoch@ens-rennes.fr

La pollution des milieux aquatiques par les éléments traces métalliques et les résidus de produits pharmaceutiques constitue aujourd'hui un enjeu environnemental et sanitaire majeur. Même à faible concentration, ces contaminants menacent les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Dans ce contexte, un réseau d'ultramicroélectrodes (UMEs) fonctionnant à l'aide de la voltampérométrie à courant échantillonné (EASCV) a été développé.¹ Cette méthode consiste à appliquer un saut de potentiel différent sur chaque électrode afin de renouveler la solution et la surface de l'électrode pendant l'analyse. Cela permet de réduire l'impact de l'encrassement d'électrode sur le signal électrochimique, ce qui est particulièrement intéressant pour l'analyse d'espèces passivantes.² Le dispositif micro-fabriqués par photolithographie comprend 20 électrodes de travail dont chacune est divisée en réseaux d'UMEs avec deux géométries étudiées : 7 UME de 50 μm de diamètre (Figure 1.A) et 19 UME de 20 μm .

Un modèle de simulation d'éléments finis a été développé sur COMSOL Multiphysics afin d'optimiser les géométries d'électrodes existantes et augmenter la sensibilité. Le modèle de simulation de chronoampérométrie a montré qu'il n'y avait pas de superposition des couches de diffusion aux temps d'échantillonnages étudiés (Figure 1.B), contrairement à la voltampérométrie cyclique (CV). Le modèle de CV a donné des résultats très proches des résultats expérimentaux (Figure 1.C) avec un NRMSE de 2,2% et 2,7% pour les réseaux d'UME de respectivement 50 μm et 20 μm de diamètre.

Enfin, une analyse de cycle de vie (ACV) a été menée pour évaluer l'impact environnemental de la fabrication du capteur. Cette démarche d'éco-conception a permis de mettre en évidence les étapes de fabrication les plus impactantes. Les résultats obtenus ont ensuite servi à réorienter les process vers des méthodes et des matériaux plus durables.

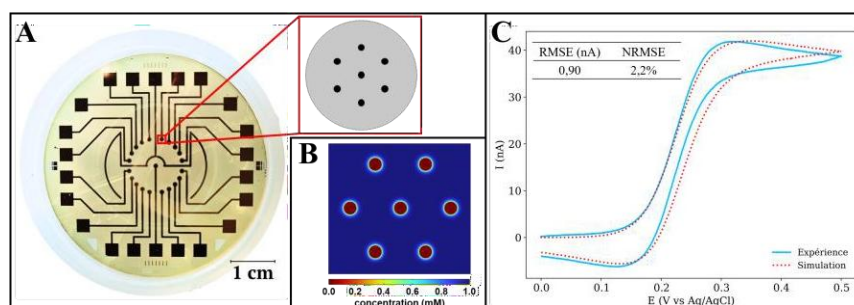


Figure 1. A : Capteur comportant 20 électrodes de travail composées de réseaux de 7 UME de 50 μm de diamètre. B : Gradient de concentration obtenu en chronoampérométrie après 120 ms. C : Comparaison des résultats expérimentaux et de simulation en CV pour le réseau d'UME de 50 μm pour 1 mM $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ dans 0,1 M KCl.

Remerciements

Ce travail a reçu le soutien financier des projets ESOS (ANR-23-CMAS-0007) et Nanosens (ANR-18-EURE-0012).

References

- Mazerie, I.; Didier, P.; Razan, F.; Hapiot, P.; Coulon, N.; Girard, A.; de Sagazan, O.; Floner, D.; Geneste, F. *ChemElectroChem* **2018**, *5* (1), 144–152
- Lupoi, T.; Schoch, J.; Bretin, S.; Levanen, G.; Runcan, I.; Nguyễn Lê, T. N.; Hapiot, P.; Leroux, Y. R.; Feier, B.; Cristea, C.; Razan, F.; Geneste, F. *ACS Electrochem.* **2025**, *1* (12), 2736–2748.

Interdigitated microelectrode arrays fabricated by dry film photoresist lithography for heavy metal sensing

Amira Mahmoud, Irina Terrero-Rodriguez, Mariela Brites Helú, Grégoire Herzog

Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France.

*Corresponding Author: amira.chakroun@univ-lorraine.fr

On-site electrochemical detection in real water samples remains challenging. Waters typically exhibit near-neutral pH and low ionic strength, conditions that are unfavourable for Pb²⁺ electroanalysis and strongly affect mass transport, charge compensation, and interfacial electrochemical processes. In our previous work¹, the pH limitation was addressed through an electrochemical pH modulation strategy based on *in-situ* proton generation, enabling localized acidification without chemical reagents.

To address the limitation related to low ionic strength, we focus on the use of interdigitated microelectrode arrays. Owing to their small dimensions, microelectrodes promote radial or quasi-radial diffusion, leading to enhanced mass transport and steady-state currents. In addition, their intrinsically low current levels reduce ohmic drop and improve potential control. Homemade microelectrode arrays were fabricated using dry film photoresist combined with digital mask exposure. Upon optimization of the photolithography, metallization, and insulation steps, a robust and reproducible fabrication protocol was established. Optical microscopy and profilometry confirmed accurate geometries, while electrochemical characterization demonstrated stable and reproducible responses. Compared with conventional macroelectrodes, the fabricated microelectrodes exhibited reduced ohmic losses, improved signal stability, and reliable Pb²⁺ detection under low-ionic-strength conditions, demonstrating their suitability for reagent-free, *in-situ* monitoring of lead in real environmental waters.

Acknowledgment

The authors are grateful to the Agence Nationale de la Recherche (ANR) for the funding of this research as part of aQualead project (ANR-22-CE42-0028-01).

References

1. A. Mahmoud, J. Gajdár, M. B. Helú, M. Etienne, G. Herzog, *Analyst*, **2024**, *149*, 5101-5109

Development of microsensors for phosphate detection in aquatic environments using a gold electrode in microfluidic system

Hassiba Smida,^{1*} Lylian Challier,² Kada boukerma¹

¹ IFREMER, ZI de la pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

² Université Paris Cité, UMR 7086, 15 rue Jean Antoine de Baïf, Paris 75013, France

*Corresponding Author: hassiba.smida@ifremer.fr

Phosphates play a critical role in aquatic ecosystems, but their excessive presence can lead to serious environmental issues such as eutrophication, which disrupts water quality and aquatic life. Effective monitoring of phosphate concentrations is therefore essential to ensure environmental sustainability and public health. In this context, the development of electrochemical micro-sensors is particularly significant. Integrated into microfluidic systems, these sensors enable rapid and precise detection of contaminants in aquatic environments. Detecting phosphates at low concentrations represents a major challenge in this field. Microfluidic systems combined with microelectrodes (Figure 1), offer a promising solution due to their precision, low cost, and ability to operate in complex environments.

In this work, phosphate detection and quantitation are achieved through voltammetry (cyclic voltammetry (CV), square wave voltammetry (SWV), and differential pulse voltammetry (DPV)). Two distinct strategies are employed. The first approach relies on copper-modified gold electrodes, enabling direct and selective electrochemical interaction with phosphate¹. In this case, detection is based on monitoring the inhibition of the hydrogen evolution reaction (HER) induced by the addition of phosphate to the solution. This method achieves a limit of detection (LOD) of approximately 1 ppm. The second strategy relied on dissolved molybdenum (as molybdate), forming phosphomolybdate complexes that enable colorimetric or electrochemical detection of phosphates^{2,3}. The limit of detection is 1 ppm using cyclic voltammetry (CV) and 0.2 ppm using differential pulse voltammetry (DPV). These complementary approaches maximize the sensitivity and reliability of measurements in microfluidic systems.

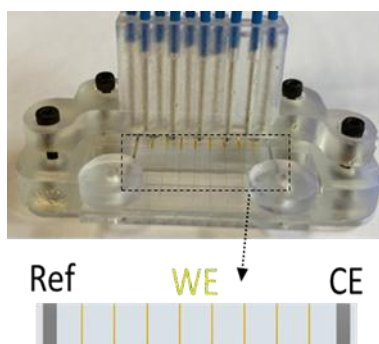


Figure 1. Electrochemical platform image.

Acknowledgment

This research was supported by the IBAIA project.

References

1. J. Davis, M.J. Moorcroft, S.J. Wilkins, R.G. Compton, M.F. Cardoso, *Analyst*. **2000**, 125, 737–742.
2. A.V. Koliopoulos, D.K. Kampouris, C.E. Banks, *Anal. Chem.* **2015**, 87, 4269–4274.
3. Y. Li, T. Jiang, X. Yu, H. Yang, *J. Electrochem. Soc.* **2016**, 163, B479.

Combination of electrochemiluminescence and microfluidics to analyze molecular fluxes induced by membrane disruption of giant liposomes in real time

Alessandra Pensieri^{1*}, Jérôme Delacotte¹, Manon Guille-Collignon¹, Frédéric Lemaître¹, Neso Sojic², Éric Labbé¹, Laurent Thouin¹, Olivier Buriez¹

¹Laboratoire Chimie Physique et Chimie du Vivant—CPCV, UMR8228, Département de Chimie, École Normale Supérieure, PSL University, Sorbonne Université, CNRS, Paris 75005, France.

²Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ISM, UMR 5255 CNRS, 33400 Talence, France

*Corresponding Author: alessandra.pensieri@ens.psl.eu

Liposomes are artificial vesicles composed of a phospholipid bilayer which attract increasing interest due to their great potential in fields as diverse as targeted drug delivery, bioreactors, membrane protein science, and artificial cells [1]. Within this context, the characterization of release events from giant liposomes loaded with ECL reagents, i.e. $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ and tripropylamine used as luminophore and co-reactant, respectively, has been recently addressed qualitatively by an electrochemiluminescence (ECL) imaging strategy [2]. To make this approach more quantitative, a microfluidic device has been designed to control and guide the disruption of single giant liposome, ($\sim 100\mu\text{m}$), in real time, on a semi-transparent platinum microelectrode. (Figure 1).

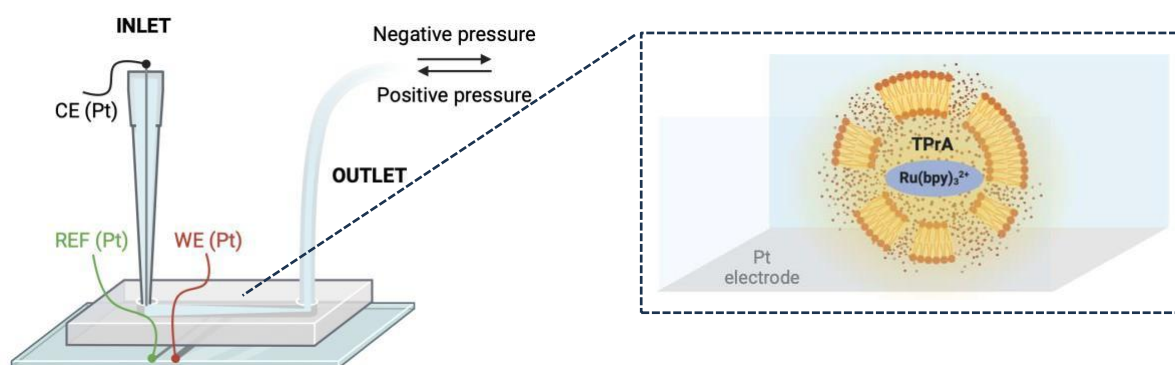


Figure 1. Microfluidic device developed to monitor and image the permeabilization of a single giant liposome ($\sim 100\mu\text{m}$) in real time, at a polarized transparent platinum microelectrode designed in a microchannel.

Under stop-flow conditions, amperometry, photoluminescence, and ECL imaging were combined and synchronized to monitor and visualize the opening and leakage of a single liposome [3]. However, partial blockage of the microelectrode caused by phospholipid deposition revealed a key limitation of stop-flow experiments. This observation motivated a shift toward imaging the disruption of single giant liposomes under controlled flow conditions [4].

References

1. Pattni, B. S.; Chupin, V. V.; Torchilin, V. P. *Chem. Rev.* **2015**, *115*, 10938–10966. (b) Mansy, S. S.; Schrum, J. P.; Krishnamurthy, M.; Tobe, S.; Treco, D. A.; Szostak, J. W. *Nature* **2008**, *454*, 122–125. (c) Früh, V.; IJzerman, A. P.; Siegal, G. *Chem. Rev.* **2011**, *111*, 640–656. (d) Kurihara, K.; Okura, Y.; Matsuo, M.; Toyota, T.; Suzuki, K.; Sugawara, T. *Nat. Commun.* **2015**, *6*, 8352.
2. Ben Trad, F.; Wieczny, V.; Delacotte, J.; Morel, M.; Guille-Collignon, M.; Arbault, S.; Lemaître, F.; Sojic, N.; Labbé, E.; Buriez, O. *Anal. Chem.* **2022**, *94*, 1686–1696. (b) Ben Trad, F.; Delacotte, J.; Lemaître, F.; Guille-Collignon, M.; Arbault, S.; Sojic, N.; Labbé, E.; Buriez, O. *Analyst*, **2024**, *149*, 3317–3324. (c) Ben Trad, F.; Carré, B.; Delacotte, J.; Lemaître, F.; Guille-Collignon, M.; Arbault, S.; Sojic, N.; Labbé, E.; Buriez, O. *Anal. Bioanal. Chem.* **2024**, *416*, 7385–7394.
3. Pensieri, A.; Delacotte, J.; Lemaître, F.; Guille-Collignon, M.; Yamada, A.; Sojic, N.; Labbé, E.; Thouin, L.; Buriez, O. *to be submitted*.
4. Pensieri, A.; Sojic, N.; Labbé, E.; Thouin, L.; Buriez, O. under writing.

Developing an electroanalytical methodology to characterize Cd(II) and Pb(II) interaction with plant exudates

José-Paulo Pinheiro^{1*}, Sekou Yatara¹, Elise Rotureau¹, Thibault Sterckeman²

¹ Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-54000 Nancy, France.

² Université de Lorraine, INRAE, LSE, F-54000 Nancy, France.

*Corresponding Author: jose-paulo.pinheiro@univ-lorraine.fr

The uptake of trace metals by plant roots depends on their speciation in the rhizosphere solution. It is generally accepted that only free ionic forms (M^{2+}) can cross the cytoplasmic membrane of root cells¹. Complexes formed by metal ions with various inorganic and, above all, organic ligands (ML) are not directly internalized, nevertheless they can dissociate in the vicinity of the root surface, providing absorbable free ions².

Our study focuses on plant exudates that can present relatively high concentrations near the root surface, and some of them react quite strongly with trace metals³. The nature and reactivity of the plant exudates are poorly understood, nevertheless, in order to model trace metal root uptake, it is necessary to know the nature of these ligands, its exudation flow through the root, its stability constant with the metal in question, and its association and dissociation rates. In the case of a heterogeneous mixture of various ligands that cannot be characterized individually, it is also possible to use average parameters for the mixture.

The objective of this project is to evaluate the impact of various factors on the quantity of plant exudates, their nature and their reactivity with regard to trace metal. Two hydroponic cultivated plant species will be studied: *Arabidopsis thaliana* (a general vegetal model) and *Noccaea caerulescens* (a metal hyperaccumulator), submitted to normal and deficient Fe nutritional status. The two levels of Fe supply aim to test the hypothesis that deficiency in this nutrient causes root exudation of compounds capable of chelating it and in turn, plant exudates from Fe-deficient plants may have a higher capacity to complex trace metals.

To achieve this goal, we need to measure the trace metal/plant exudate interactions at very low total trace metal concentration. Thus in this work we present the development of a metal titration methodology to characterize Cd(II) and Pb(II) interaction with plant exudates based on the recent advances for measuring the free metal concentration by Absence of gradients in Nernstian equilibrium (AGNES) at nanomolar concentrations⁴ and the determination of stability constants by scanning stripping chronopotentiometry (SSCP)⁵. The detection limits of these techniques will be discussed in detail as well as the ability to investigate the chemical heterogeneity of the ligands as function of the metal-to-ligand ratio from the Cd(II) and Pb(II) metal titrations in plant exudate solutions.

Acknowledgment

We acknowledge the financial support of the project OTELo Rupture 2025 “Reactivity of rhizodeposits towards trace metals” which includes the master grant Sekou Yatara.

References

1. Clemens, S., *Planta*, **2001**, 212, 475-486.
2. Degryse F, Smolders E, Merckx R, *Environmental Science & Technology*, **2006**, 40: 830.
3. Moyne C, Sterckeman T, *BioMetals*, **2023**, 36, 1013.
4. Pinheiro, JP; Rotureau, E., *Molecules*, **2023**, 28(6), 2831.
5. Rotureau, E.; Rocha, L.S.; Alves, N.G.; Goveia, D.; Pinheiro, J.P.; *Frontiers in Chemistry*, **2020**, 8, 614574.

Surprising spatiotemporal capacitance dynamics of single hydrogels at the nanoelectrochemical interface

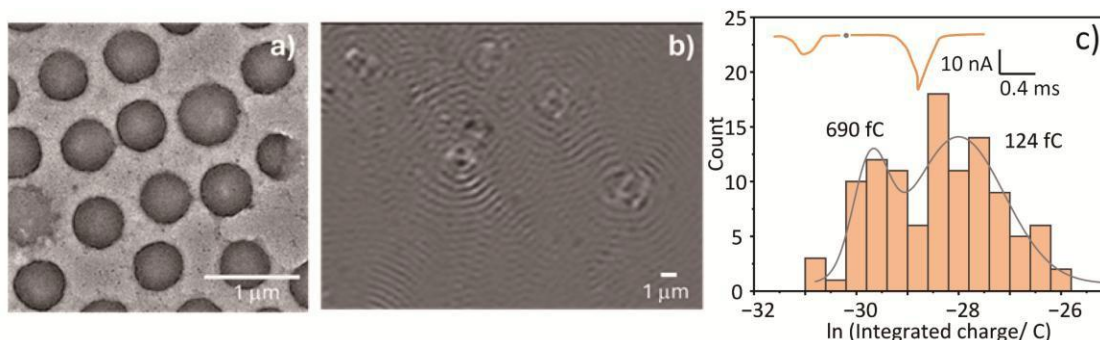
Si-Min Lu,^{1,*} Zhu Zhang,¹ Silvia Voci,¹ Aleksei Makogon,¹ Neso Sojic,² Jean-François Lemineur,¹ Jean-Marc Noël,¹ Valérie Ravaine,² Frédéric Kanoufi¹

¹ Université Paris Cité, ITODYS, CNRS, 75013 Paris, France

² Université de Bordeaux, ISM, UMR 5255, ENSCBP, 33607 Pessac, France

*Presenting Author: simin.lu@u-paris.fr

Hydrogels pose a significant challenge in nanoelectrochemistry due to their unique structural dynamics. With high water content and a polymer cross-linked network, they undergo swelling or collapse in response to external stimuli, altering their dimensions and properties. This adaptability enables them to exhibit dual electrochemical identities: as non-draining hard-sphere colloids with localized surface charges or as spherical draining polyelectrolytes, where charges distributed throughout the network influence electrochemical processes. Consequently, the dynamic charge distribution and interfacial behavior of hydrogels at electrodes remain subjects of intense scientific debate.¹ Given their intriguing electrochemical nature, hydrogels represent promising candidates for investigation through single-entity electrochemical strategies.² In this study, we unveil the complex spatiotemporal dynamics of poly(N-isopropylacrylamide)-based hydrogels (Fig. 1a) during their collision and adsorption at an electrified interface. These dynamic interactions were analyzed by integrating high-temporal-resolution nanoimpact electrochemistry³ and custom interference reflection microscopy (Fig. 1b), an advanced optical imaging technique characterized by its nanoscale resolution and high sensitivity to refractive index variations.⁴ Our findings reveal that, under electrochemical interrogation, hydrogels exhibit remarkably heterogeneous dynamic behaviors compared to other soft matter nanoobjects (e.g., nanodroplets) and solid nanoparticles, both in solution and at electrified interfaces. As shown in the integrated charge histograms of collision electrochemistry (Fig. 1c), the influence of electromigration causes individual hydrogels to settle at different positions on the electrode, leading to various discharging dynamics. The electro-optical readouts obtained from our approach provide unprecedented insights into the three-dimensional transport and nano-electrochemical interfacial interactions of individual hydrogels. This deeper understanding of their heterogeneity and microscopic charge transfer kinetics holds significant potential for advancing energy storage and conversion technologies.



Acknowledgment

This work was supported by ANR (ELISE - ANR-21-CE42 and EC-VIDEO ANR-23-CE50 projects).

References

1. I. Varga, A. Kardos, A. Borsos, T. Gilányi, *J. Mol. Liq.* **2020**, *302*, 111979.
2. X. Xu, D. Valavanis, P. Ciocci, S. Confedrat, F. Marcuccio, J.-F. Lemineur, P. Actis, F. Kanoufi, P.R. Unwin, *Anal. Chem.* **2023**, *95*, 319.
3. S.-M. Lu, J.-M. Noël, J.-F. Lemineur, *Curr. Opin. Electrochem.* **2024**, *45*, 101518.
4. N. Afsahi, Z. Zhang, S. Faez, Jean-Marc Noël, M.R. Panda, M. Majumder, N. Naseri, J.-F. Lemineur, F. Kanoufi, et al, *Faraday Discuss.* **2025**, *257*, 107.

Détection électrochimique des pesticides organophosphorés : du récepteur redox au capteur

Christelle Virolle,^{1*} David Evrard,¹ Olivier Reynes¹

¹ Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

*Auteur de correspondance : christelle.virolle@utoulouse.fr

L'augmentation démographique mondiale a entraîné une utilisation massive de pesticides dans le but d'accroître les productions agricoles. Les pesticides organophosphorés (OP) posent un problème majeur en raison de leur forte toxicité pour l'environnement et la santé¹. Bien que des méthodes analytiques comme la chromatographie existent pour détecter les OP et leurs produits de dégradation (notamment le *p*-nitrophénol (*p*NP))², elles restent complexes et coûteuses. Les méthodes électrochimiques apparaissent alors comme une alternative prometteuse, permettant des mesures *in situ*, en temps réel et à moindre coût.

Dans ces travaux, nous proposons un nouveau type de fonctionnalisation d'électrode permettant de détecter avec sensibilité le *p*NP et le phosphate de *p*-nitrophényle (*p*NPP), choisi comme molécule modèle des OP. Cette stratégie consiste à exploiter différents récepteurs redox organiques et organométalliques comportant un motif bis-bipyridinium capable d'établir des interactions favorables avec la cible analytique via l'établissement de liaisons hydrogène ou d'interactions π - π , auquel est éventuellement associé un groupement ferrocène. Ce type de récepteur a déjà montré une bonne affinité envers les groupements phosphatés, caractéristiques de notre famille de molécules cibles³.

Les interactions entre les différents récepteurs synthétisés (Figure 1) et les deux espèces cibles dérivées des OP ont été étudiées par voltampérométrie cyclique dans différents milieux aqueux (NaNO₃, tampon phosphate, ...). Les résultats obtenus ont mis en évidence l'établissement de mécanismes électrocatalytiques de type EC', dont les caractéristiques sont à la fois dépendantes de la structure du récepteur et de la nature du milieu électrolytique utilisé. Des stratégies de fonctionnalisation diverses sont actuellement en cours d'étude afin d'immobiliser les récepteurs à l'électrode et ainsi permettre l'élaboration d'un capteur électrochimique sensible et spécifique aux OP.

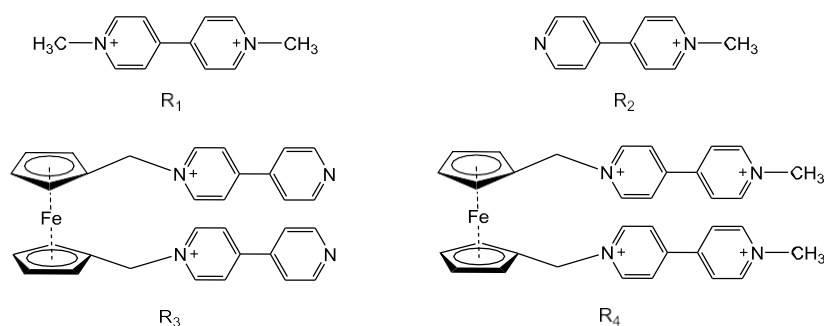


Figure 1. Structures chimiques des récepteurs étudiés.

References

1. Tudi, M.; Ruan, H. D.; Wang, L.; Lyu, J.; Sadler, R.; Connell, D.; Chu, C.; Phung, D. T. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18* (3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>.
2. Tchieno, F. M. M.; Tonle, I. K. *Rev. Anal. Chem.* **2018**, *37* (2), 20170019. <https://doi.org/10.1515/revac-2017-0019>.
3. Reynes, O.; Bucher, C.; Moutet, J.-C.; Royal, G.; Saint-Aman, E. *Chem Commun* **2004**, No. 4, 428–429. <https://doi.org/10.1039/B314236A>.

Capteurs électrochimiques fonctionnalisés pour l'analyse voltammétrique multicapteurs de la bentazone, du propamocarbe et du bisphénol A en lixiviat de décharge

Adil Ait Yazza,^{1*} Serge Mbokou,^{1,2} Maxime Pontié,^{1*}

¹ Groupe Analyses et Procédés (GA&P), Dép. Chimie, Université d'Angers, 49045 Angers

² ESAIP, Campus Ouest, 49180 St-Barthélemy d'Anjou

*Auteurs de correspondance : adil.aityazza@univ-angers.fr / maxime.pontie@univ-angers.fr

Cette étude présente le développement et l'application de capteurs électrochimiques pour l'analyse de 3 micropolluants organiques, la bentazone, le propamocarbe et le bisphénol A (BPA) en lixiviat de décharge d'ordures ménagères. Les capteurs développés sont basés sur la technologie des électrodes sérigraphiées (SPE) modifiées par des nanoparticules métalliques (par ex. Or, Ru) mais aussi des complexes plans carrés de type phtalocyanine de Ni et d'un film MIP (*molecular imprinted polymer*), tous électrodéposés, pris séparément ou associés selon les objectifs analytiques visés.

Les propriétés synergiques des différents matériaux élaborés visent à améliorer l'activité électrocatalytique, la résistance de transfert de charge, la surface active et la sélectivité des capteurs mis au point. Les techniques électrochimiques impulsionnelles (par ex. VDI et VOC) ont aussi été mobilisées. Les capteurs optimisés (en termes de nature des matériaux développés, de leurs conditions d'élaboration et des paramètres des techniques impulsionnelles) ont démontré des performances analytiques adaptées aux molécules visées et à leur concentration (du mg/L au µg/L) et cela dans une matrice très complexe que constitue le lixiviat.

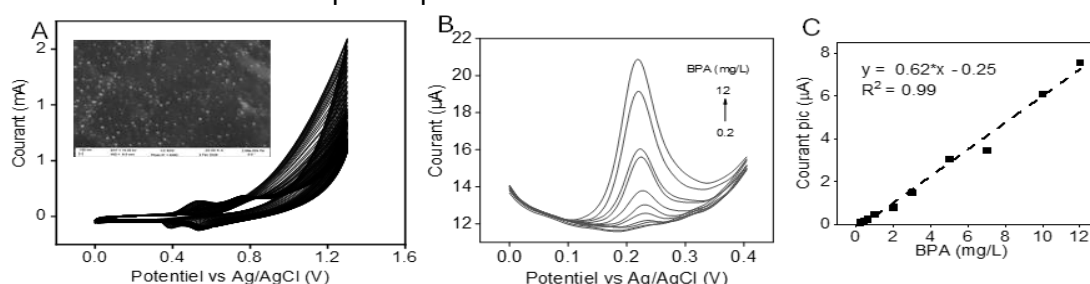


Figure 1 : A- Exemple d'électrodéposition de la phtalocyanine de Ni et de nanoparticules d'or ; B- Voltammogrammes du BPA, C- Courbe de calibration du BPA

Le premier capteur élaboré concerne l'analyse du BPA pour lequel notre capteur a permis d'analyser des échantillons de lixiviats issus d'une décharge d'ordures ménagères en Crète. La concentration du BPA mesurée dans l'effluent était de 29,7 mg L⁻¹. Pour comparaison une analyse réalisée par un laboratoire accrédité par GC-MS a fourni une valeur de 29,6 mg/L. Cette même électrode a également servi à analyser un échantillon du lixiviat traité sur l'usine avec à la fin une étape d'osmose inverse. Nous avons trouvé 6,4 µg L⁻¹ et le laboratoire accrédité 6,0 µg L⁻¹ (Mbokou, Ait-Yazza 2025). En suivant la même méthodologie les capteurs à bentazone et propamocarbe, deux pesticides présents dans le lixiviat, ont été mis au point, avec des concentrations de l'ordre de 10-30 µg/L. Enfin les 3 capteurs élaborés dans le cadre du projet européen iMERMAID (www.imermaid.eu) ont servis comme outils de « monitoring » au cours d'une étude de faisabilité de la « remédiation » de ces molécules par un procédé de photodégradation afin de tenter de limiter la dissémination de ces molécules dans l'environnement via des procédés innovants. Remerciements

Les auteurs remercient le projet iMERMAID au titre de la convention GA n° 101112824 pour le financement des postdoctorants A. Ait-Yazza et S. Mbokou. Nous remercions également Mme Kalliopi Borboudaki, de l'ESDAK, association gouvernementale pour la gestion des déchets solides en Crète, pour la fourniture des échantillons du lixiviat de l'usine de Pera Galini.

References

Mbokou S., Ait-Yazza A., Pontié M., Dia M. *et al.*, *Chemosensors* 2025, 13, 317

Comportement électrochimique de l'erythromycine (ERT), de la clarithromycine (CLA) et de l'azithromycine (AZT) sur des électrodes à base de carbone et de platine

Flamur Sopaj,^{1,2*} Albana Veseli^{1,2}

¹ Département de Chimie, Faculté des Sciences Naturelles et Mathématiques, Université de Prishtina « Hasan Prishtina » St. « Nëna Tereze » nr. 5, 10 000 Prishtina, Kosovo

² Académie des Sciences d'Albanie, Unité de Nanoscience et de Nanotechnologie Albanaise - NanoAlb, 1000 Tirana, Albanie

*Corresponding Author: flamur.sopaj@uni-pr.edu

Les antibiotiques macrolides sont très couramment utilisés pour le traitement de nombreuses infections, ce qui les rend particulièrement susceptibles de contaminer l'environnement. Il est donc essentiel de les étudier et surveiller. Les méthodes électrochimiques constituent un moyen très pratique d'étudier les substances, qu'elles proviennent d'échantillons biologiques, industriels ou environnementaux. Pour les études électrochimiques de composés chimiques, le matériau de l'électrode de travail est le principal paramètre. Dans ce travail, le comportement de l'ERT, du CLA et de l'AZT a été étudié sur une électrode de carbone sérigraphiée (ECS), une électrode de pâte de carbone (EPC), une électrode de carbone vitreux (ECV) et une électrode de platine (Pt). La voltamétrie cyclique a révélé différentes caractéristiques d'oxydation électrochimique pour les trois macrolides. Le pic de courant le plus marqué a été obtenu pour les trois composés sur l'électrode SPCE. Une oxydation à deux électrons a été observée sur les électrodes EPC et Pt, alors qu'elle n'était pas évidente avec les deux autres électrodes^{1,2}. D'autres expériences comparatives, réalisées sur des molécules plus simples présentant des groupements fonctionnels similaires, ont montré que l'activité électrochimique provient de l'azote du groupe méthylamine². Il a également été observé que l'oxydation à la surface de l'électrode était précédée d'une adsorption, mais aussi partiellement contrôlée par la diffusion. Le courant de pic maximal pour les trois macrolides a été obtenu à pH 10 sur une électrode sérigraphiée de 6,45 mm² dans un tampon phosphate 0,1 M.

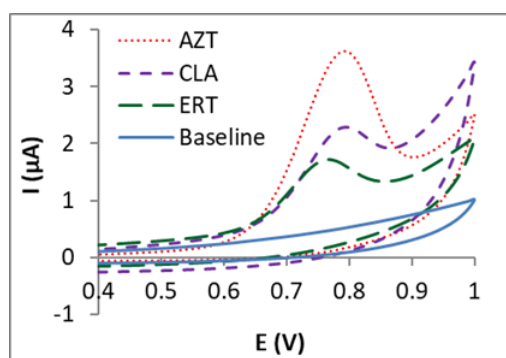


Figure 1. Voltamogramme cyclique de macrolides sur ECS. Tampon phosphate 0,1 M. $A_e = 6,45 \text{ mm}^2$. [ERT]= [AZT] = [CLA] = 30 μM . Vitesse de balayage : 0,05 V s^{-1} .

Remerciements

Les auteurs remercient l'Académie des sciences d'Albanie, l'unité de nanoscience et de nanotechnologie albanaise – NanoAlb – pour son soutien financier (acronyme du projet: NCMES).

References

1. Z. Mandić, Z. Weitner, M. Ilijaš, J. Pharm. Biomed. Anal. **2003**, 33, 647–654.
2. A. Veseli, L. Švorc, F. Sopaj, Electroanalysis **2021**, 33, 2196-2203.

Thématique 4 :
Énergie: batteries,
supercondensateurs, électrolyseurs et
piles à combustible

Energy : batteries, supercapacitors, electrolyzers
and fuel cells

Microscale Screening of Redox Flow Battery Electrolytes using Electrochemical Impedance Spectroscopy

Mariela Brites Helu^{1*}, Liang Liu¹, Mathieu Etienne¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France.

*Corresponding Author: mariela.brites-helu@univ-lorraine.fr

The rapid identification of stable and high-performance electrolytes is a main challenge in advancing redox flow battery (RFB) technology. Conventional electrochemical characterization methods typically require milliliter-scale electrolyte volumes and complex cell geometries, limiting throughput and material efficiency during the early stage of synthesis. Here, we present a microvolume electrochemical screening methodology to evaluate highly concentrated redox-active electrolytes using <20 μL of solution. Cyclic voltammetry (CV) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) were employed to extract redox potentials (E_o , E_r , $E_{1/2}$), kinetic (k^o) and charge-transfer resistance (R_{ct}), among other parameters, from several inorganic and organic electrolyte systems ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, FeCl_2 , DHPS, etc.). The electrode material consisted in single fibers (9 μm diam., 2-3 mm length) extracted directly from commercial graphite felts. Nyquist and Bode plots were analyzed through a custom MATLAB® routine implementing complex nonlinear least-squares fitting to a Landon–Lane-based model that accounts for radial diffusion, finite electron-transfer kinetics, and non-ideal capacitive behavior at the cylindrical ultramicroelectrode interface [1]. This microvolume platform offers a rapid, low-cost, and material-efficient tool for screening redox-active electrolytes, enabling high-throughput electrochemical analysis while providing a reliable framework for assessing electrolyte stability and kinetic performance in RFB systems.

Acknowledgment

This work was supported by a French government grant from the Agence Nationale de la Recherche (ANR) under the France 2030 program (reference ANR-23-PEBA-0005). The authors also acknowledge financial support from the REDHY project. This project has received funding from Clean Hydrogen Partnership Joint Undertaking under Grant Agreement No 101137893. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme, Hydrogen Europe and Hydrogen Europe Research.

References

1. V. Feynerol, R. El Hage, M. Brites Helú, V. Fierro, A. Celzard, L. Liu, M., *Electrochim. Acta*, **2022**, *421*, 140373.

High-Potential nitroxide posolytes for aqueous organic redox flow batteries: electrochemical performance and stability limitations

Karime Boutamine^{1,2,3}, Patricia Bassil^{2,3}, Sébastien Gauden^{1,3}, Gilles Casano^{1,3}, Frederic Favier^{2,3}, Olivier Ouari^{1,3} and Steven Le Vot^{2,3}

¹ Aix-Marseille Univ., CNRS, ICR UMR7273, Marseille, France

² ICGM, CNRS, Univ. Montpellier, ENSCM, Montpellier, France

³ Réseau sur le Stockage Electrochimique de l'énergie (RS2E), FR CNRS 3459, France

*Auteur de correspondance : steven.le-vot@umontpellier.fr

The increasing penetration of intermittent renewable energy sources requires the development of safe and durable stationary storage technologies. Aqueous organic redox flow batteries (AORFBs) constitute a promising alternative to vanadium systems, provided that redox-active molecules combine high potential, solubility and long-term stability. Nitroxide radicals are among the most investigated posolytes at near-neutral pH, with 4-TMA-TEMPO as a current benchmark. However, the stability of the oxidized oxoammonium form remains a major limitation, and structural exploration beyond the TEMPO scaffold is still limited.

In this presentation, I will discuss our recent investigations on a five-membered ring nitroxide (3-TMA PROXYL)¹ and a fused isoindoline-based derivative (PPO)². Both compounds exhibit quasi-reversible behavior and high formal potentials of 1.06 V and 1.16 V vs SHE, respectively, together with solubilities exceeding 3 M. When paired with methyl viologen in flow cells, cell voltages up to 1.56 V were achieved, representing gains of 8 - 16 % compared to 4-TMA-TEMPO under identical conditions. Cycling experiments and post-mortem analyses (CV, UV-visible and ¹H NMR) reveal contrasted stability behaviors. For 3-TMA PROXYL, capacity fade is mainly associated with self-discharge and crossover, with limited evidence of irreversible chemical degradation. In contrast, PPO shows a more pronounced capacity decay attributed to the intrinsic instability of its oxidized form.



Figure 1. Schematic representation of a nitroxide-based aqueous organic redox flow battery (AORFB) and its envisioned application for grid-scale storage coupled to renewable energy sources.

References

1. K. Boutamine, P. Bassil, S. Gauden, G. Casano, F. Favier, O. Ouari, S. Le Vot, *Energy Storage Materials* 80, **2025** 104379. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2025.104379>
2. K. Boutamine, G. Casano, P. Bassil, S. Gauden, C. Poderi, E. Pepe, F. Favier, S. Le Vot, O. Ouari, *ChemSusChem* 19 **2026** e202502461. <https://doi.org/10.1002/cssc.202502461>.

Scanning electrochemical microscopy as a quantitative probe of light-driven interfacial charge transfer in metal–semiconductor materials

Olivier Henrotte^{1*}

¹ *Nanoinstitute Munich, Ludwig-Maximilians-Universität München, 80539 München, Germany*

*Corresponding Author: o.henrotte@lmu.de

Electrochemical methods provide a direct, operando route to quantify which photogenerated charge carriers in hybrid photoactive materials actually reach the solid–liquid interface and participate in chemical transformation — information that is often inaccessible from optical observables alone. Here, I show that light-coupled scanning electrochemical microscopy (photo-SECM/SPECM), combined with correlative structural/optical characterization and diffusion analysis, enables the mapping of interfacial charge transfer and unlocks interfacial charge-use metrics (external/internal quantum efficiency) under working conditions.¹

Across a hierarchy of architectures, we show how electrochemical readout resolves both spatial heterogeneity and pathway selectivity. For a 2D MoS₂ monolayer, operando mapping reveals a spatial decoupling of oxidation and reduction activity and an excitation-channel dependence of internal quantum efficiency (A exciton vs C transition), highlighting the roles of carrier transport and extraction geometry rather than absorption alone.²

Extending the methodology to semiconductor–metal hybrids, Au nanoisland arrays on planar TiO₂ exhibit peak interfacial efficiency at the plasmon resonance and a systematic dependence on nanoisland statistics: wavelength-dependent behavior supported by theory indicates a transition from interband-dominated to plasmonic hot-hole-dominated pathways, explaining why absorption does not uniquely predict photochemical reactivity.¹ Finally, nanoscale SPECM applied to Au-tip-decorated TiO₂ nanotube junctions demonstrates nanodiode-like, spatially separated oxidation and reduction zones driven by hot-hole chemistry at Au and hot-electron injection/transport through TiO₂, illustrating how junction geometry can program interfacial redox chemistry.

These results position electrochemistry — notably spatially resolved operando SECM — as a quantitative bridge between photophysics and catalytic function in light-to-energy conversion, enabling architecture-aware design rules based on measurable interfacial charge-transfer efficiency.

Acknowledgment

This work was supported by the EU Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie grant agreement No. 101205585.

References

1. O. Henrotte, E. Y. Santiago, A. Movsesyan, L. Mascaretti, M. Afshar, A. Minguzzi, A. Vertova, Z.M. Wang, R. Zboril, S. Kment, A.O. Govorov, A. Naldoni, *ACS Nano* **2023**, 17, 12, 11427–11438.
2. O. Henrotte, S. Saris, F. Gröbmeyer, C.G. Gruber, I. Bilgin, A. Högele, N.J. Halas, P. Nordlander, E. Cortés, A. Naldoni, *Nat. Commun.* **2025**, 16, 1, 6904.

Understanding the enhanced hydrogen evolution activity of Pt/Ni(OH)₂ heterostructures: a microscopist's journey

Louis Godeffroy,^{1*} Nathaly Ortiz Peña,² Damien Alloyeau,² Stefan Stanescu,³ Arsène Chemin,⁴ Tristan Petit,⁵ Enrico Daviddi,⁶ Jean-François Lemineur,⁶ Jean-Marc Noël,⁶ Frédéric Kanoufi⁶

¹ Laboratoire de Physique de l'École normale supérieure, ENS, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Université Paris Cité, 75005 Paris, France

² Université Paris Cité, CNRS, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, 75013 Paris, France
³ Synchrotron SOLEIL, 91190 Saint-Aubin, France

⁴ Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Institut Lumière Matière, 69100 Villeurbanne, France

⁵ Université de Haute-Alsace, Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M), CNRS, 68100 Mulhouse, France

⁶ Université Paris Cité, CNRS, ITODYS, 75013 Paris, France

*Corresponding Author: louis.godeffroy@phys.ens.fr

Finding effective strategies to enhance the activity of hydrogen evolution reaction (HER) electrocatalysts in alkaline media, particularly Pt-based systems, is critical for promoting hydrogen as an alternative energy carrier for storage and transportation. The addition of transition metal hydroxide nanoclusters to Pt surfaces has recently emerged as a promising approach.¹ However, since its initial proposal, the origin of the enhanced activity observed in these composite electrocatalysts has remained under debate.²

In this talk, we show how *operando* microscopy has enabled major advances in our understanding of such systems, from lab-based optical microscopy to synchrotron-based scanning transmission X-ray microscopy (STXM).

Rather than aiming to address this debate from the outset, our work originated from an attempt to use the local precipitation of hydroxides as a marker to quantify the HER activity of individual Ni and Pt nanoparticles (NPs) by *operando* label-free optical microscopy.³ Using this approach, we demonstrated once again that Ni(OH)₂, while acting as a proxy for HER activity, also enhances the activity of the probed NPs. Importantly, this effect was found to be specific to Ni(OH)₂: other hydroxides, such as Mg(OH)₂, systematically decreased activity, as expected since they merely block active surface area.

To gain deeper insight into the underlying chemistry, we subsequently employed *operando* STXM to overcome the limited chemical resolution of optical microscopy.⁴ Owing to its combined high spatial and chemical resolution based on X-ray absorption contrast, this technique allowed us to map the oxidation state of Ni under HER conditions. We found that Ni exhibits an increased oxidation state during HER, a counterintuitive result that supports the original hypothesis that Ni(OH)₂ facilitates water dissociation at Pt/Ni(OH)₂ interfaces by providing adsorption sites for HO⁻ species, which might otherwise poison the Pt surface.

Beyond providing new insights into a long-standing mechanistic debate, this journey across multiple microscopy techniques underscores the central role of microscopy in unraveling complex nanoscale electrochemical mechanisms.

References

1. R. Subbaraman, D. Tripkovic, D. Strmcnik, K.-C. Chang, M. Uchimura, A. P. Paulikas, V. Stamenkovic, N., M. Markovic, *Science* **2011**, *334*, 1256-1260.
2. F. J. Sarabia, P. Sebastián-Pascual, M. T. M. Koper, V. Climent, J. M. Feliu, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2019**, *11*, 613–623.
3. L. Godeffroy, P. Ciocci, N. Ortiz Peña, D. Alloyeau, J.-M. Noël, J.-F. Lemineur, F. Kanoufi, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62*, e202304950.
4. L. Godeffroy, N. Ortiz Peña, E. Daviddi, Y. Wang, A. Chemin, N. Afsahi, Z. Zhang, J.-F. Lemineur, D. Alloyeau, S. Stanescu, T. Petit, J.-M. Noël, submitted.

Catalytic enhancement of aerobic oxidation of redox mediator for chemically regenerative redox fuel cells

Wissam El Harrati,^{1*} Marc Dupont,¹ Frédéric Lecoer,¹ Sara Cavaliere,¹ Julien Thuilliez,² Pierre-Yves Blanchard,¹

¹ ICGM, Univ. Montpellier, CNRS, ENSCM, 34095 Montpellier France

² Manufacture Française des Pneumatiques Michelin, 23 Place des Carmes Déchaux, 63000 Clermont-Ferrand, France

*Corresponding Author: wissam.el-harrati@umontpellier.fr

Proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) are promising devices for efficient energy conversion; however, their widespread deployment remains limited by the reliance on platinum-based cathode catalysts. Chemically regenerative redox fuel cells (CRRFCs) offer an alternative architecture in which the oxygen reduction reaction is decoupled from the electrode by using soluble redox mediators that are electrochemically reduced at the cathode and chemically regenerated by dioxygen in an external reactor.¹

In this work, we investigate iron-based redox mediators combined with heterogeneous Fe–N–C cocatalysts for application in CRRFC systems operating in acidic media. At the anode, hydrogen is oxidized conventionally, while the cathode reaction is mediated by soluble iron complexes exhibiting high redox potentials and fast electron-transfer kinetics. The reduced mediators are subsequently reoxidized by O₂ in a separate regenerator, enabling platinum-free cathode operation and improved membrane durability. A study is carried out to evaluate the influence of key physicochemical parameters on mediator performance and regeneration efficiency. Iron complexes with different chelating ligands are synthesized to tune redox potential, reversibility, solubility, and chemical stability. Fe–N–C cocatalysts are introduced in the regenerator to enhance the chemical oxidation kinetics of the reduced mediators. This work highlights the strong coupling between molecular design, operating conditions, and regeneration kinetics in CRRFC systems. The combined optimization of iron-based redox mediators and Fe–N–C cocatalysts provides valuable insights toward the development of efficient, platinum-free fuel cells for sustainable energy conversion.²

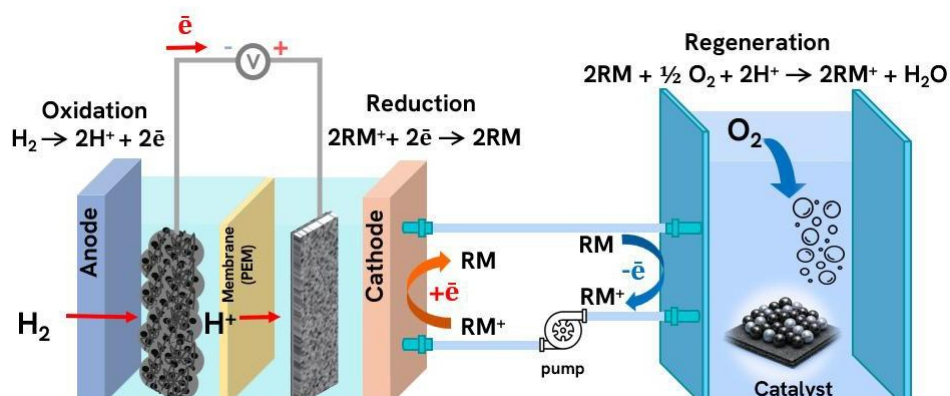


Figure 1. Schematic of the principle of a CRRFC.

Acknowledgment

This work was carried within the framework of the collaboration between MFP Michelin (Manufacture Française des Pneumatiques Michelin), région Occitanie, the CNRS (Centre National de Recherche Scientifique), University of Montpellier and ENSCM within the HydrogenLab.

References

1. R. Bacabe; International Journal of Hydrogen Energy. **2024**, 657-665.
2. S-B. Han; ACS Catalysis, **2016**, 6, 5302-5306

Membrane-electrode interface effects on PEMFC performance and durability

Joïc Parisot^{1*}, Assma El Kaddouri¹, Jérôme Dillet¹, Jérémie Chatelain², Christophe Carral², Julien Giboz², Patrice Mele², Bruno Previdello², Marian Chatenet², Olivier Lottin¹

¹Université de Lorraine, CNRS, LEMTA, F-54000 Nancy, France

²Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, LEPMI, 38000 Grenoble, France

*Corresponding Author: joic.parisot@univ-lorraine.fr

Despite significant R&D efforts and substantial investment, the large-scale deployment of proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) remains limited. One of the main limiting factors is the durability of the membrane-electrode assembly (MEA), in which the membrane-electrode interface (MEI) plays a crucial role. The quality of the interface affects MEA degradation phenomena, such as delamination between the membrane and electrodes or crack formation in the membrane, which can sometimes lead to microperforations¹.

To deepen our understanding of this, the first part of this study focuses on the impact of the membrane-electrode interface (MEI) on fuel cell performance by preparing different types of membrane-electrode assemblies (MEAs) using hot pressing. Secondly, the study will focus on the influence of these assembly configurations on durability. Conventional assemblies², referred to here as 'symmetrical', are compared with so-called 'asymmetrical' assemblies (Figure 1). The asymmetrical pressing process developed in this study enables different assembly conditions (pressure, temperature, duration) to be induced at the membrane/cathode and membrane/anode interfaces.

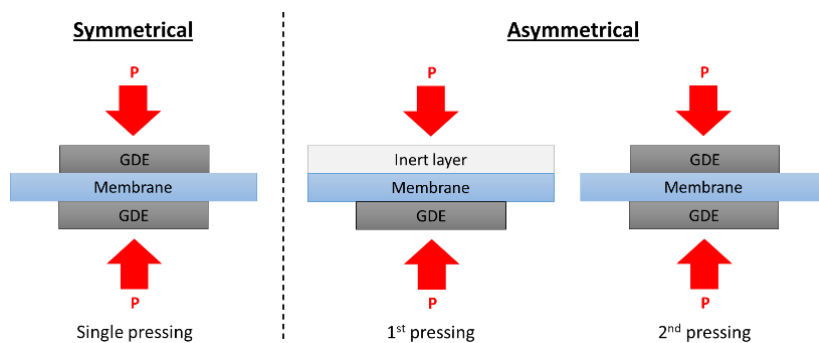


Figure 1. Hot pressing process for the assembly of a symmetric MEA (single step) and asymmetric MEA (two steps)

Performance mapping was used to characterise these different MEAs by varying the absolute operating pressure (1, 2 and 3 bar) and the relative humidity of the inlet gas (30%, 50% and 70%). Through this performance mapping approach, the optimal hot-pressing conditions were determined to be a pressure of 4.44 MPa, a temperature of 135 °C and a duration of 3 minutes. Based on these performance results, specific assembly conditions were carefully selected to assess durability using an accelerated stress test (AST) protocol combining chemical and mechanical stresses. The results show that hot pressing influences durability, as evidenced by changes in MEIs during accelerated stress testing (AST) of hot pressed or non-hot-pressed MEAs³.

Acknowledgment

The authors acknowledge the ANR – FRANCE (French National Research Agency) for its financial support of the DURACELL project n°ANR-23-CE05-0010.

References

1. Dafalla, A. M.; Wei, L.; Habte, B. T.; Guo, J.; Jiang, F. *Energies* **2022**, *15* (23), 9247.
2. Deng, X.; Ma, L.; Wang, C.; Ye, H.; Cao, L.; Zhan, X.; Tian, J.; Tong, X. *Catalysts* **2025**, *15* (1), 74.
3. Hack, J.; Heenan, T. M. M.; Iacoviello, F.; Mansor, N.; Meyer, Q.; Shearing, P.; Brandon, N.; Brett, D. J. L. A. *J. Electrochem. Soc.* **2018**, *165* (6), F3045–F3052.

Machine learning-driven design of electrocatalyst for fuel cells and electrolyzers

Donghun Kim ^{1*}

¹ Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)

*Corresponding Author: donghun.kim@kaist.ac.kr

The traditional Edisonian approach to material development is notoriously slow and costly, often requiring over 20 years and billions of dollars to bring a single material from discovery to commercialization. In contrast, data science and machine learning (ML) have the potential to exponentially accelerate this process, which has attracted significant attention in materials science for the last decade.

This talk will be divided into two chapters, both of which demonstrating ML-enabled accelerations of catalyst developments. In the first chapter, I will explore how graph neural networks can accelerate the discovery of novel catalysts, with a particular focus on fuel cell catalysts as a case study. Additionally, I will present ML-enabled investigations into the stability of real-scale nanoparticles in electrochemical environments, a challenge previously unattainable through conventional methods. The second chapter will focus on autonomous material synthesis based on ML optimization methods, such as Bayesian active learning. I will demonstrate the development of water splitting catalysts designed to simultaneously meet both activity and stability criteria using this approach.

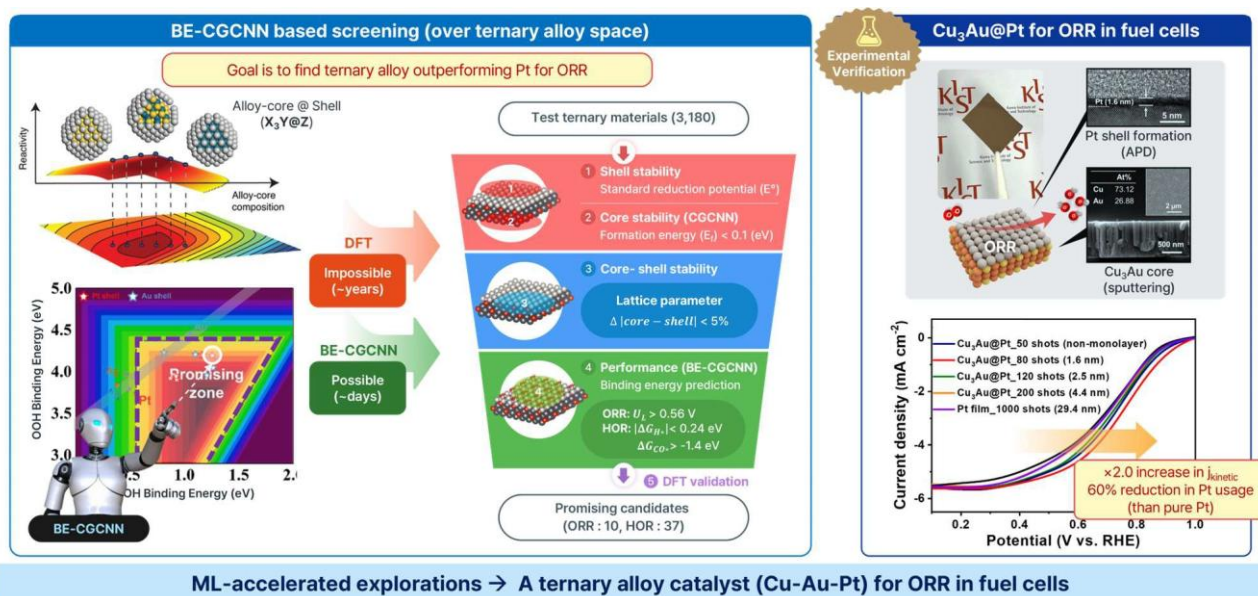


Figure 1. ML accelerates catalyst development via GNN-enabled discovery/stability analysis.

Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science and ICT (RS-2024-00450102), the InnoCORE program through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science and ICT (1.260022.01).

References

1. D Kim* et al. *Nature Communications*, **2023**, 14:3004
2. D Kim* et al. *Applied Catalysis B: Environmental*, **2023**, 339, 123128
3. D Kim* et al. *Advanced Functional Materials*, **2024**, 34, 2312561

Composite d'oxyde de cobalt et de fer pour la réaction électrochimique de l'évolution de l'oxygène

J. M. Vaz Ramos¹, T. Dintzer¹, V. Zafeiratos¹, S. Begin¹, G. Kéranguéven^{1,*}

¹ ICPEES UMR 7515 Université de Strasbourg

*Auteur de correspondance : kerangueven@unistra.fr

La décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène est un bon moyen de convertir et de stocker l'électricité d'origine solaire ou éolienne. Les oxydes de métaux de transition dont les propriétés catalytiques sont intéressantes pour la réaction d'évolution de l'oxygène (OER) sont des candidats prometteurs. Cette étude vise à développer un électrocatalyseur permettant d'abaisser le potentiel d'activation de l'OER en milieu alcalin, tout en remplaçant les métaux nobles utilisés communément en milieu acide par des oxydes de métaux de transition et en éliminant l'utilisation d'un support carboné, sujet à l'oxydation aux potentiels élevés de l'OER. Cet électrocatalyseur combine les propriétés conductrices de la magnétite (Fe_3O_4) à l'activité électrocatalytique du spinelle Co_3O_4 dans une structure composite $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$. Les propriétés électrochimiques de ces nanoparticules ont été étudiées et ont montré une activité supérieure à celle de l'oxyde d'iridium (IrO_2) lors de l'OER, et ce, de manière stable, après plus de 2 heures à 1,58 V vs ERH.

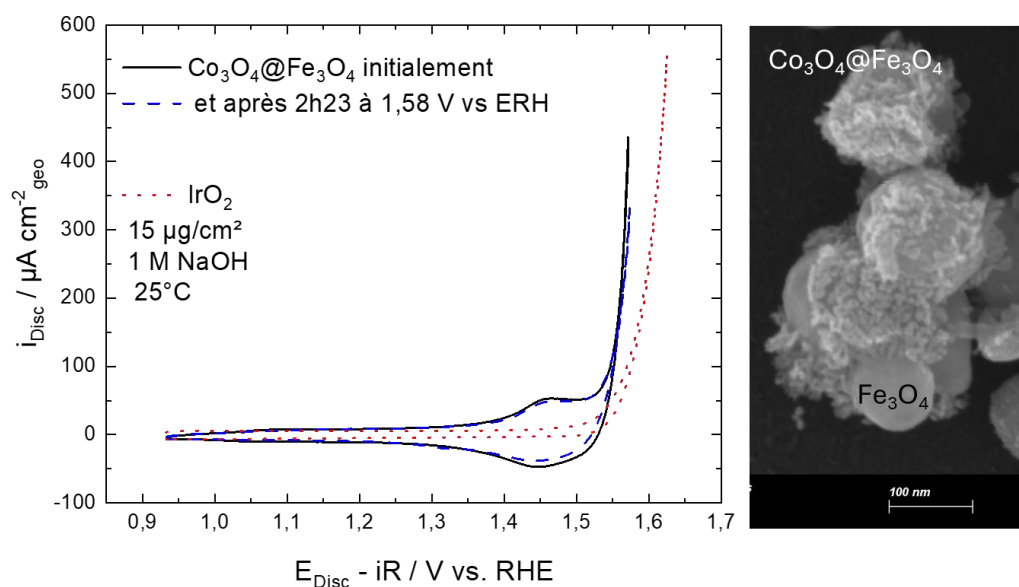


Figure 1. A gauche, les voltamogrammes cycliques de $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$ avant et après chronoampérométrie à 1,58 V vs. ERH et IrO_2 sous N_2 , 1600 rpm dans 1M NaOH à 25°C. A droite, photo MEB de $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{Fe}_3\text{O}_4$.

Remerciements

Les auteurs remercient C. Mélard, S. Sall, F. Vigneron et A. Rach pour leur soutien technique. Cette recherche a été financée par le projet HYPE-FRCR2020 et le projet DAEMONHYC H2 PEPR soutenu par le plan d'investissement gouvernemental « France 2030 » géré par l'agence nationale de la recherche française sous la référence « ANR-22-PEHY-0010 ».

Investigation of novel reaction mechanisms in water-in-salt electrolytes

Arno Villalbi^{1*}, David Riassetto², Kavita Kumar¹, Claire Villevieille¹

¹ LEPMI, 1130 rue de la piscine, Grenoble, France

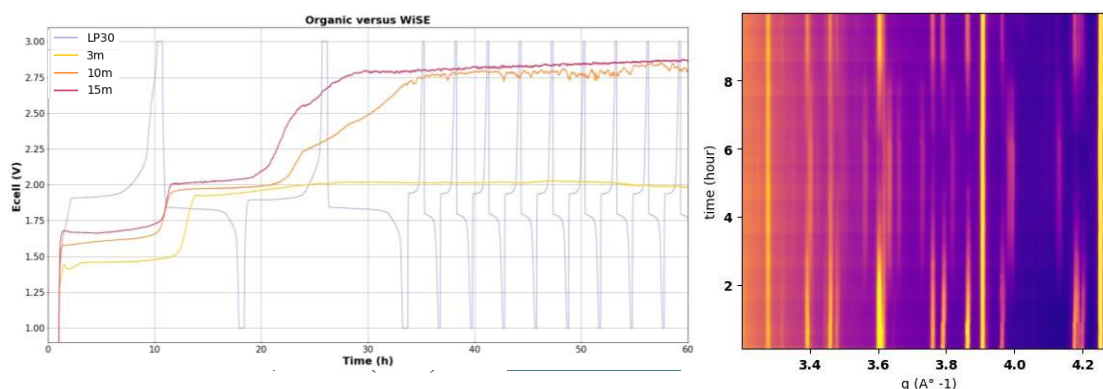
² LMGP, 3 parvis Louis Néel, Grenoble, France

*Corresponding Author: arno.villalbi@grenoble-inp.fr

Li-ion batteries (LIBs) have been extensively studied to fulfil the ecological transition challenge and are one of the best candidates due to lithium's high energy density. Nonetheless, due to its high reactivity toward water and oxygen, using it causes a safety risk and implies the use of environmentally unfriendly organic solvents. Hence, the development of Aqueous Li-ion Batteries (ALIBs), can inhibit the flammable risk of LIBs while allowing the use of more eco-friendly solvents. The drawback though is the narrow Electrochemical Stability Window (ESW) of water, leading to Hydrogen Evolution Reaction (HER) and/or Oxygen Evolution Reaction (OER), meaning gas evolution, catalyst degradation, reduced Faradaic efficiency and poor energy density. In 2015, the Water-in-Salt Electrolytes (WiSEs) were introduced^[1] as a novel-type of ALIBs, allowing an extended ESW and so an increased energy density. However, despite enhancing the electrochemical stability window, multiple degradation reactions and pH fluctuations were noticed, calling for better investigations of the reaction mechanisms.

By cycling $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ as negative electrode against LiFePO_4 as positive electrode, a peculiar behavior emerged. Indeed, in organic solvent, reaction mechanisms are well established due to the biphasic nature of both electrode materials, which translate into a single potential plateau reaction (Figure 1a). However, in the case of WiSEs batteries, an additional potential plateau can be seen during the charge, calling for in depth investigation of the reaction mechanisms in WiSEs. The specific capacity is doubled during charge while discharge seems to be impossible using conventional cycling protocol.

To determine this new reaction mechanism, an operando X-ray diffraction investigation was carried out during charge and discharge at the BM02 beamline at the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF). A pouch bag of LFP vs. LTO was cycled at different salt concentration revealing new electrochemical processes (Figure 1b). The extent of this new reaction mechanism will be presented.



Tailoring PEDOT–PEO OMIEC architectures for enhanced interfacial stability in lithium-ion batteries

Charlotte Burmeister,^{1*} Mélanie Guyot,¹ Milo Jouan,¹ Guillaume Freychet,² Bruna Canu,³ Rana Abdel-Samad,⁴ Rémi Dedryvere,³ Pierre-Louis Taberna,⁴ Manuel Maréchal,¹ Saïd Sadki¹

¹ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, Grenoble-INP, IRIG, UMR 5819-SyMMES, 38000 Grenoble, France ²

Univ. Grenoble Alpes, CEA, LETI, DFPFT, SMCP, 38000 Grenoble, France

³ Univ. de Pau, CNRS, ECP Technopole Helioparc, IPREM-UMR 5254, 64053 Pau

⁴ Univ. Toulouse 3 Paul-Sabatier, CNRS, Toulouse INP, UMR 5085-CIRIMAT, 31062 Toulouse, France

*Corresponding Author: Charlotte.burmeister@cea.fr

Organic mixed ionic–electronic conductors (OMIECs) are emerging as promising interfacial coatings for next-generation lithium-ion batteries (LiBs), yet the relationship between their molecular architecture, interfacial organization, and ion-transport mechanisms remains unclear. In this work, we investigate two PEDOT–PEO block copolymers with distinct architectures—a diblock (P2) and a lauryl-terminated triblock (P3)—as multifunctional interfacial layers for LiB cathodes.^[1] A combined electrochemical (including CV, EIS, GCD and operando EQCM) and structural (SEM, XPS, GIWAXS, and SAXS) analysis reveals pronounced structure–transport–performance correlations. Both oligomers exhibit wide electrochemical stability windows up to 4.4 V vs. Li/Li⁺ compatible with cathode operating potentials. P2 forms a porous, homogeneous morphology enabling diffusion-controlled ion transport and enhanced pseudocapacitive charge storage, whereas P3 adopts a more ordered and stratified architecture with PEDOT domains oriented toward the electrode and PEO segments segregated at the electrolyte interface, resulting in confined ion transport and improved rate capability (Figure 1).^[2]

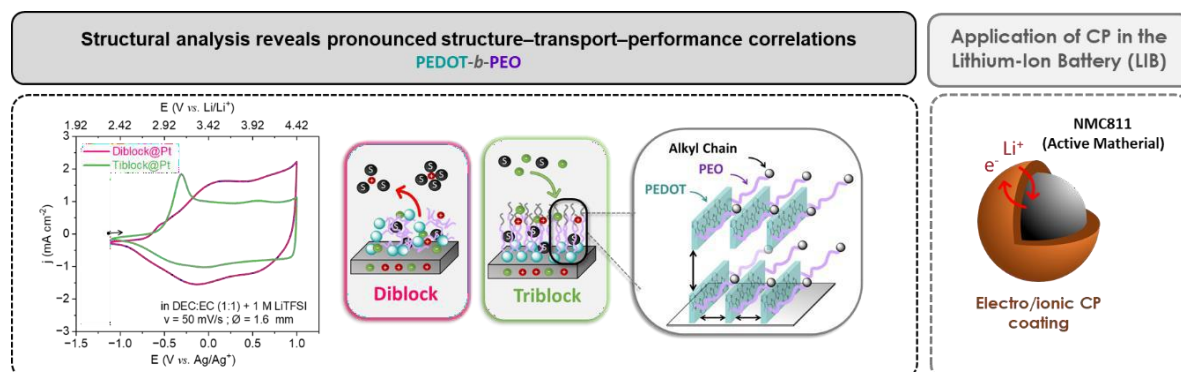


Figure 1. Electrochemical response and structuration of the oligomeric Organic Mixed Ionic Electronic conductors (OMIECs) P2 and P3 (left), and schematic representation of their potential application as smart interfacial coatings on LiB cathode (right).

These key results demonstrate that OMIEC molecular architecture critically controls interfacial structure and electrochemical response,^[3] providing design guidelines for optimizing conductive polymer coatings in advanced lithium-ion battery systems.

Acknowledgements

We acknowledge support from the French National Research Agency (PEPR HEAL B&B, Grant ANR-23-PEBA-0003), Université Grenoble Alpes – Grenoble INP through the “allocation doctorale” fellowship to C. Burmeister, the European Union via the HORIZON-CL5-2021-D2-01-05 SOLID project (Grant Agreement No. 101069505).

References

1. C. McNulty, R.; Hampson, E.; N. Cutler, L.; P. Grey, C, *J. Mater. Chem. A* **2023**, *11* (34), 18302–18312.
2. Wang, X.; Yang, X.; Mei, J.; Zhao, K. *Appl. Mech. Rev.* **2025**, 1–108.
3. Paulsen, B. D.; Tybrandt, K.; Stavrinidou, E.; Rivnay, *Nat. Mater.* **2020**, *19* (1), 13–26.

An effective Li_3PO_4 based artificial solid electrolyte interphase for lithium metal polymer battery

Antoine Pesesse, Marie-Eve Yvenat*, Eric de Vito, Benoit Chavillon

Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, Grenoble F-38000, France

*Corresponding Author: Marie-Eve Yvenat: marie-eve.yvenat@cea.fr

The lithium metal battery technology promises high gravimetric and volumetric energy densities compared to standard Gen 3 Li-ion technology. However, it is currently limited by its poor cyclability, namely due to heterogeneous lithium deposition. In this work, two strategies studied in the literature were combined to circumvent this limitation.¹ First, a polymer separator was used instead of a liquid electrolyte and a separator. Second, the formation of an artificial solid electrolyte interphase (ASEI) on the lithium metal electrode was carried out. To ensure homogeneous deposition of lithium during cycling, the layer must be namely homogenous and have a high ionic conductivity. This work focuses on the addition of a Li_3PO_4 based layer. It was targeted as it has shown a significative effect on liquid electrolyte-based lithium metal battery lifetime.² Its effect on a lithium metal polymer battery cycling performance was assessed and surface characterization was achieved to analyze its properties. A two-step process was used for the inorganic layer addition. First, a roll-pressing step was applied to the lithium metal strip. It was then reacted with polyphosphoric acid (PPA) in dimethylsulfoxide (Figure 1a). The efficiency of the layer obtained was tested using cycling in a PEO based Li/Li symmetric cell with 10 h pulses of $0.15 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ at 60°C . The lifetime of the cell is increased by 4 compared to pristine Li (Figure 1b). To understand the origin of this performance and the reaction mechanism, several characterization techniques were performed: scanning electron microscopy (SEM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) on the PPA protected sample, and ^{31}P liquid NMR on the reacted PPA solution. XPS and SEM analyses show that the PPA-reacted lithium strip presents a heterogeneous layer composed of Li_3PO_4 and Li_2CO_3 (Figure 1c). Interestingly, Li_2CO_3 XPS surface contribution is decreased compared to pristine lithium (Figure 1d). This could explain the decrease in ionic interfacial resistance detected by EIS, which could in turn account for the cell lifetime increase. As a perspective, to lengthen cell lifetime, process improvement to get better surface homogeneity and further decrease in Li_2CO_3 quantity will be considered. The mechanistic study presented here suggests that roll pressing to get a thinner thickness and longer reaction time with PPA are promising routes for optimization.

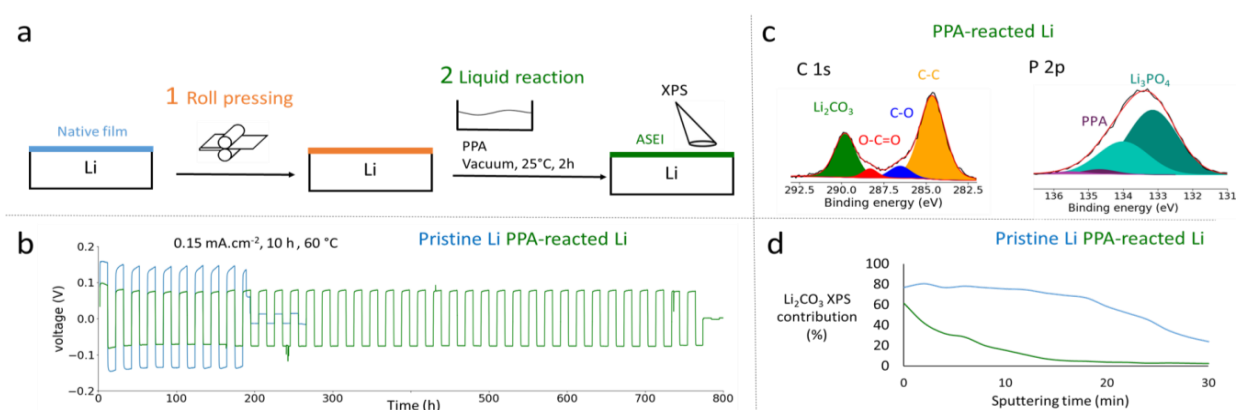


Figure 1 : (a) Schematic representation of the experimental process for ASEI formation, (b) Lithium stripping/plating in symmetric cells at a current density of $0.15 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ for 10 h at 60°C for pristine Li (blue) and PPA-reacted Li (green), (c) High resolution C 1s and P 2 orbital XPS spectrum for PPA-reacted Li (d) Li_2CO_3 XPS contribution in the depth of Li pristine (blue) and PPA-reacted Li (green)

References

1. Kang, J. et al.. *Energy Storage Mater.* **52**, 130–160 (2022).
2. Li, N. W., Yin, Y. X., Yang, C. P. & Guo, Y. G. . *Adv. Mater.* **28**, 1853–1858 (2016).

Impact of impurities on the electrochemical performance of recycled graphite

Julia Levy^{1*}, Gwenaëlle Radenac², Franck Ulm², Julien Leclaire², Didier Devaux¹, Lenka Svecova¹

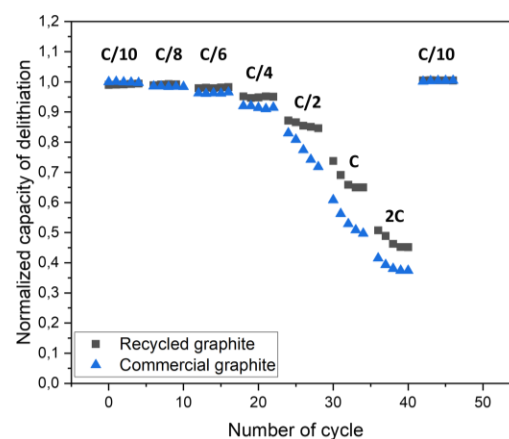
¹ LEPMI

² LCH

*Corresponding Author: julia.levy@grenoble-inp.fr

Currently, production scraps accounts for more than half of the generated lithium-ion batteries [1], their recycling and potential reuse has thus become a priority. Among the battery materials, graphite that accounts for 15–17 wt.% of LIBs represent a key target for recycling [2]. In this context, this work investigates the recycling of graphite by an eco-efficient hydrometallurgical process [3],[4] from LIB manufacturing scraps. The study focuses on the in-depth characterization of recovered scrap graphite and determines the nature and the impact of residual impurities on its physico-chemical properties and electrochemical performance. A comprehensive characterization of the recycled graphite is first carried out using complementary techniques, including SEM/EDX, XPS, Raman spectroscopy, particle size distribution, ICP-OES and XRD to establish a detailed material “fingerprint”. Electrochemical performance (durability and C-rate tests) is then evaluated in lithium-graphite electrochemical coin cells followed by post-mortem analyses. The recycled graphite exhibits a slightly lower specific delithiation capacity compared to commercial graphite, namely due to the presence of residual impurities. However, it demonstrates superior capacity retention at elevated cycling rate (see Figure 1). Finally, post-mortem surface (XPS) and morphological (SEM-EDX) analyses are used to investigate the fate of the main impurities, primarily composed of PVDF, Al₂O₃, and nickel. The results suggest that the transport and final location of the impurities during cycling play a key role in the resulting electrochemical performances.

Figure 1. Electrochemical performances of the commercial graphite and of the recycled graphite. The cycling was made from C/10 to 2C and back to C/10. The coin cells were cycled at 25 °C.



Acknowledgment

This project was funded by the French State as part of France 2030 operated by ADEME (grant agreement number 2282D0525).

References

1. “Lithium-ion battery demand forecast for 2030 | McKinsey.” Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>
2. E. Mossali, N. Picone, L. Gentilini, O. Rodriguez, J. M. Pérez, and M. Colledani, *J. Environ. Manage.*, vol. 264, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110500.
3. Radenac, G., Leclaire, J., Ulm, F., Tissier, A., & Ginot, L. (2025). *Procédé de séparation du lithium et du manganèse contenus dans un échantillon polymétallique* (Patent WO2026008851A1).
4. Leclaire, J., & Ducreux, M. (2025). *Process for selectively capturing chemical elements from a polymetallic sample* (Patent EP4536865A1).

Quels sont les mécanismes de conversion du soufre dans une batterie Li-S tout solide ?

Mickaël Bolmont,^{1*} Wissem Hammoutene,¹ Karl Wrobel,¹ Niki Halttunen,¹ David Pasquier¹.

¹ IFP Energies Nouvelles - Etablissement de Lyon Rond-point de l'échangeur de Solaize, 69360 SOLAIZE

*Auteur de correspondance : mickael.bolmont@ifpen.fr

L'électrification de la mobilité s'appuie sur le développement des batteries avec la recherche constante d'amélioration de leurs performances et de leur durabilité. Actuellement les batteries Li-ion sont omniprésentes sur le marché et présentent des capacités massiques théorique de 160 à 220 mAh/g. Alternativement, la technologie lithium soufre montre des capacités massiques théoriques de 1675mAh/g_(s) ce qui permettrait d'augmenter l'autonomie des véhicules tout en utilisant une matière active plus abondante et abordable, diminuant ainsi le coût des batteries. Néanmoins, avec des électrolytes liquides (Figure 1 (A)), lors du cyclage, la formation de polysulfures qui sont solubles dans l'électrolyte conduit à de l'auto-décharge et à une perte rapide de la capacité de la batterie. Les batteries à électrolytes solides inorganiques (Figure 1 (B)) représente une perspective intéressante. Ces électrolytes sont sélectifs dans le transport des ions lithium et par conséquent l'effet de « navette rédox » n'est pas présent.

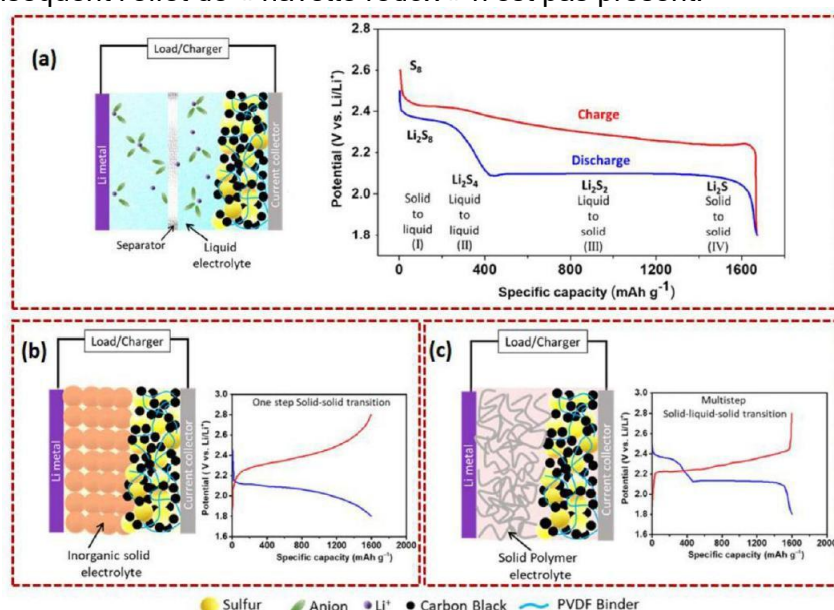


Figure 1. Les différents types de batteries Li-S et les courbes potentiel-capacité correspondantes selon la nature de l'électrolyte : liquide (A), solide inorganique (B) ou solide polymère (C) [1].

Cependant, le développement des batteries Li-S à électrolyte solide inorganique est freiné par des défis techniques liés à la conductivité ionique, à la gestion des interfaces et à la réversibilité des mécanismes de conversion du soufre en phase solide.

Comprendre en profondeur ce système devient alors une nécessité. Grâce à une étude novatrice sur la réversibilité électrochimique, nous mettons en lumière pourquoi la diffusion électronique et ionique du soufre, ainsi que de ses produits de réduction, limite les cyclages sur de grandes particules. Cette découverte révèle tout l'intérêt d'explorer de nouveaux matériaux, plus petits et/ou mieux intégrés au réseau percolant électronique et ionique de la cathode.

References

1. S. Bandyopadhyay, B. Nandan, *Materials Today Energy*, **2023**, 31, 101201

FeOOH/MnO₂/MWCNTs films deeply explored through advanced electrogravimetric methods

Juan Su¹, Catherine Debiemme-Chouvy¹, Laure Fillaud¹, Alain Pailleret¹ and Hubert Perrot¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimique, LISE, F-75005 Paris, France

*Corresponding Author: hubert.perrot@sorbonne-universite.fr

The charge storage mechanism of transition metal-based composites plays a critical role in enhancing the electrochemical performance of energy storage devices. There are already some research work

investigated the electrochemical performance of FeOOH/MnO₂/MWCNTs ternary composites in various electrolyte [1]. In this study, we provide a new insight to explore the charge storage dynamics of FeOOH/MnO₂/MWCNTs ternary composites by using a combination of electrochemical quartz crystal microbalance with dissipation (EQCM-D) and ac-electrogravimetric analysis.

EQCM-D, an in situ gravimetric technique, allows the simultaneous measurement in real-time of the mass variations and viscoelastic changes during an electrochemical process [2]. Two key parameters are monitored here, including resonant frequency shift and dissipation shift. The interpretation of these two parameters enable to investigate the mass of the film, the porosity of the film and a global identification of the ionic species involved in the electrochemical process. The mechanical characteristics can be determined under various polarizations values as the degradation of the material. Nevertheless, this approach does not permit to discriminate the various ionic contributions involved here either related to electroadsorption or connected to Faradic reactions. For that, a non-conventional and powerful technique was performed.

Ac-electrogravimetry, is a coupling between a fast QCM and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). This powerful analytical technique allows the identification of species (ions and solvent) that are exchanged at the electrode/electrolyte interface to be performed [3]. Ac-electrogravimetric measurements were carried out at various stationary potentials with a small potential perturbation. Three transfer functions (TF) were obtained in real time, including classical electrochemical impedance, the charge/potential (calculated from the latter) and the mass/potential transfer function. Those transfer functions enable to identify each species and their transfer dynamic during the charge compensation process at the electrode/electrolyte interface.

These advanced techniques enable real-time monitoring of mass changes, ion transfer kinetics, and solvation effects during electrochemical processes, providing deeper insights into the electrode/electrolyte interactions.

References

1. Y. Zhou, B. Tynan, L. Dai, A. N. Rider, and C. H. Wang, *Adv. Energy Mater.* **2024**, *14*, 2303335.
1. W. Gao, C. Debiemme-Chouvy, M. Lahcini, H. Perrot, and O. Sel, *Anal. Chem.* **2019**, *91*, 2885–2893.
2. A. Bouzina, H. Perrot, C. Debiemme-Chouvy, and O. Sel, *ACS Appl. Energy Mater.* **2022**, *5*, 14934–14944.

Covalent and porous organic polymers for energy storage applications

Thuan-Nguyen Pham-Truong,^{1*} Hugo Lavillunière,¹ Wittawat Punyaarthansakun,² Natthawat Semakul,² Cedric Vancaeyzeele,¹ Pierre-Henri Aubert¹

¹ *CY Cergy Paris Université, LPPI, 5 mail Gay Lussac, 95000 Neuville sur Oise*

² *Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, 7 8 Thailand*

*Corresponding Author: thuan-nguyen.pham-truong@cyu.fr

Covalent organic polymers, including covalent organic frameworks (COFs) and porous organic polymer (POPs), have garnered wide attention for their superior specific surface areas as well as a significant tuneability in their chemical structure. These characteristics are highly promising for energy storage systems, especially supercapacitors and batteries^{1,2}. Nevertheless, their low electrical conductivity and complex synthesis conditions limit their use in the mentioned applications. To tackle these problems, we propose different approaches to simplify the synthesis and to improve the conductivity of the prepared materials while achieving high specific surface areas and electrochemical activities. In this work, we will present two distinct strategies to obtain: (1) High electrically conductive covalent organic frameworks coated multi walled carbon nanotubes in a core-shell architecture (COF@MWCNT) by microwave assisted synthesis for supercapacitor applications³ and (2) Dual redox-active disulfide polymers (DS-POP) via versatile azo-coupling polymerization for lithium – sulfur batteries⁴.

In the first strategy, COF-5, a boronate ester based material with pristine capacitance about 20 – 40 F g⁻¹ and specific capacitance reaching 2600 m² g⁻¹,⁵ was chosen as candidate to confirm our approach. COF@MWCNT composites displayed lamellar structure which was obtained by SAXS. COF-shell thicknesses can be controlled from few nanometers to about 50 nm with electrical conductivity above 100 S cm⁻¹, and a specific surface area of ca. 1113 m² g⁻¹. Leveraging these characteristics, the composite exhibited a specific capacitance of 406 F g⁻¹ at 2 mV s⁻¹ with a superior stability over 200 000 CV cycles in aqueous conditions without performance deterioration.

In the second strategy, the resulting DS-POP, obtained from the azo coupling between commercially available 4-aminophenyl disulfide and phloroglucinol, exhibits high surface area (> 230 m² g⁻¹) and porosity and features dual redox-active sites from tris α -hydrazoketo and disulfide units. These unique structural attributes enable high reversible lithium-ion storage capacity (185 mAh g⁻¹ at 50 mA g⁻¹), exceptional cycling stability with unique activation behavior (298 mAh g⁻¹ after 1000 cycles at 100 mA g⁻¹). Experimental mechanistic studies (CV and ex situ spectroscopy) reveal that the cooperative action of both functional groups enhances multi-electron transfer.

Overall, these strategies provide a robust framework for designing the new families of high-conductivity, organic-based energy storage materials with exceptional cyclic stability.

Acknowledgment

We acknowledge the doctoral school Sciences et Ingénierie (ED417) for funding H. Lavillunière PhD studentship (COF based composites), and SIAM ROCOFED Franco Thai mobility project (DS-POP, project grant: #53191SF)

References

1. P. Dubey, V. Shrivastav, T. Boruah, G. Zoppellaro, R. Zbořil, A. Bakandritsos, S. Sundriyal, *Adv. Energy Mater.* **2024**, 14, 2400521
2. H. Sun, J. Li, W. Liang, X. Gong, A. Jing, W. Yang, H. Liu, S. Ren, *Small Methods* **2024**, 8, 2301335.
3. H. Lavillunière, T-N. Pham-Truong, T-K-L. Nguyen, F. Cousin, M. Mallouki, C. Vancaeyzeele, P-H. Aubert, *Energy Storage Mater* **2026**, pre-proof (10.1016/j.ensm.2026.105006)
4. W. Punyaarthansakun, T-N. Pham-Truong, T-T. Bui, P-H. Aubert, M. Haruta, T. Sarakonsri, N. Semakul, *Chemical Engineering Journal*, **2026**, submitted
5. H. Lavillunière, T-N. Pham-Truong, T-K-L. Nguyen, C. Vancaeyzeele, P-H. Aubert, *ACS Appl. Energy Mater.* **2024**, 7, 1723–1734

Électrolytes à base d'ionogel pour des batteries lithium et sodium-ion haute performance

Hanane El Marsi,^{1,2*} Marcelo Amaro-De-Andrade,^{1,2} Camille Douard,^{1,2} Olivier Cronier,^{1,2} Thierry Brousse,^{1,2} Jean Le Bideau^{1,2}

¹Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux Jean Rouxel, IMN, F-44000, Nantes, France

²Réseau sur le Stockage Electrochimique de l'Energie (RS2E), FR CNRS 3459, Hub de l'Energie, 15 Rue Baudelocque, 80039 Amiens, France

*Auteur de correspondance : hanane.elmars@cnrs-imn.fr

Les batteries électrochimiques jouent aujourd'hui un rôle central dans le stockage de l'énergie, alimentant des dispositifs allant de l'électronique portable aux véhicules électriques et aux réseaux d'énergie renouvelable. L'amélioration simultanée de la densité énergétique, de la puissance délivrée et de la sécurité constitue un enjeu majeur pour le développement de ces technologies. Dans ce contexte, la conception de nouveaux électrolytes plus sûrs, stables et performants est devenue une priorité. Les électrolytes solides ou quasi solides attirent particulièrement l'attention en raison de leur potentiel à réduire les risques de fuite et d'inflammabilité tout en maintenant de bonnes propriétés de transport ionique.

Parmi ces matériaux émergents, les ionogels, des liquides ioniques confinés dans une matrice polymère ou inorganique, représentent une classe prometteuse d'électrolytes hybrides. Ils combinent la forte conductivité ionique et la large fenêtre électrochimique des liquides ioniques avec la stabilité mécanique et la flexibilité des matrices solides. Cette synergie permet d'obtenir des électrolytes présentant à la fois une bonne conductivité, une stabilité thermique élevée et une meilleure sécurité d'utilisation^{1,2}.

Dans cette étude, nous avons étudié un ionogel à base de N-méthyl-N-propylpyrrolidinium bis(fluorosulfonyl)imide (Pyr₁₃FSI), associé au bis(fluorosulfonyl)imide de sodium (NaFSI) ou au bis(fluorosulfonyl)imide de lithium (LiFSI), confiné dans une matrice polymère composée d'éthoxylated triméthylolpropane triacrylate (ETPTA) et de 1,6-hexanediol diacrylate (HDDA). Les ionogels obtenus présentent des conductivités ioniques supérieures à 4 mS·cm⁻¹ à 20 °C ainsi que de bonnes propriétés mécaniques. L'étude des mécanismes de diffusion ionique et des interactions entre les ions et la matrice hôte dans les ionogels est essentielle pour optimiser leurs performances et favoriser leur intégration dans les batteries de nouvelle génération.

Par ailleurs, le comportement électrochimique de ces ionogels a été évalué dans des demi-cellules. Un nouveau design consistant à polymériser in situ l'ionogel directement à la surface d'électrodes, telles que le NMC, a également été exploré afin d'améliorer l'interface électrode/électrolyte et les performances électrochimiques globales.

References

1. Asbani, B.; Douard, C.; Brousse, T.; Le Bideau, J. *Energy Storage Materials*, 21, 439–445, 2019.
2. Demarthe, N.; O'Dell, L. A.; Humbert, B.; Arrua, R. D.; Evans, D.; Brousse, T.; Le Bideau, J. *Adv. Energy Mater.*, 14,18, 2024.

Composites carbone-carbone pour batteries sodium-ion : étude de la composition de surface des xérogels de carbone

Zoé Deckers,^{1*} Berke Karaman,¹ Hélène Tonnoir,² Bryan Carré,¹ Alexandre Léonard,¹ Jimena Castro-Gutiérrez,³ Driëlle Müller,¹ Alain Celzard,^{3,4} Vanessa Fierro,³ Da Huo,² Raphaël Janot,² Nathalie Job¹

¹ Department of Chemical Engineering - University of Liège, 4000 Liège, Belgique

² Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides - LRCS, UMR7314 CNRS, UPJV, Amiens, France

³ Université de Lorraine, CNRS, Institut Jean Lamour - IJL, 88000, Épinal, France

⁴ Institut Universitaire de France - IUF, 75231, Paris, France

*Auteur de correspondance : Z.Deckers@uliege.be

Les batteries sodium-ion pourraient répondre à la demande accrue de stockage d'énergie grâce à la grande disponibilité du sodium partout dans le monde.¹ L'électrode négative de la batterie sodium-ion reste un sujet délicat car le graphite, matériau classique des systèmes lithium-ion, n'intercale pas efficacement le sodium.² D'autres matériaux carbonés tels que les carbones durs sont prometteurs et ont montré des capacités de 300 mAh/g dans la littérature.¹ Néanmoins, leurs surfaces spécifiques sont souvent élevées, donnant lieu à une formation de Solid Electrolyte Interphase (SEI) importante au 1^{er} cycle.³ Dans des études précédentes^{4,5}, des xérogels de carbone (XC), *i.e.* des carbones durs micro-mésoporeux qui possèdent une texture poreuse contrôlable⁶, ont été produits à partir de la pyrolyse d'une résine phénolique. Une couche de carbone secondaire a ensuite été déposée par dépôt chimique en phase vapeur (CVD), en utilisant de l'éthylène comme précurseur, afin de couvrir les micropores et diminuer la formation de la SEI.⁶ L'étude de ces composites carbone-carbone a montré que la présence de micropores fermés inaccessibles à l'électrolyte est bénéfique au stockage des ions sodium.^{4,5}

Dans ce travail, l'étude des composites a été approfondie en investiguant l'impact de la composition de la surface des XC sur les performances électrochimiques, en particulier sur la formation de la SEI. Plus précisément, l'effet de la présence d'oxygène à la surface des XC a été étudié *via* deux post-traitements : (i) une oxydation sous air (temps variable)⁷ et (ii) une réduction sous hydrogène dilué (température variable). Ces XC traités ont ensuite été couverts par une couche de carbone secondaire par CVD afin de fermer la microporosité. Les différents échantillons ont été caractérisés par des techniques physico-chimiques et utilisés pour produire des électrodes en voie aqueuse.⁸ Des piles boutons ont ensuite été assemblées et soumises à des caractérisations électrochimiques. Les résultats ont montré que l'oxydation augmente la capacité irréversible au 1^{er} cycle tout en maintenant une efficacité coulombique initiale identique tandis que la réduction ne modifie pas les résultats de façon significative. De manière frappante, le traitement par CVD permet d'homogénéiser les performances des XC possédant différentes compositions de surface, ce qui signifie que, en plus de fermer les micropores, la couche de carbone secondaire élimine toute influence des fluctuations de la composition de surface.

Références

1. K. Kubota, S. Komaba., *J. Electrochem. Soc.* **2015**, *162*, A2538.
2. X. Dou *et al.*, *Mater. Today* **2019**, *23*, 87.
3. E. Irisarri, A. Ponrouch, M.R. Palacin., *J. Electrochem. Soc.* **2015**, *162*, A2476.
4. B. Karaman *et al.*, *Carbon* **2024**, *225*, 119077.
5. B. Karaman *et al.*, *Carbon* **2026**, *246*, 120841.
6. M-L.C. Piedboeuf *et al.*, *Micropor. Mesopor. Mater.* **2019**, *275*, 278.
7. M-L.C. Piedboeuf *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2020**, *12*, 36054.
8. A.F. Léonard, N. Job., *Mater. Today Energy* **2019**, *12*, 168.

Électrodes composites carbone dur–Sn pour batteries sodium-ion : élaboration et performances électrochimiques

Stane Viaud,^{1-2*} Nicolas Stein¹, Sébastien Cahen², Clotilde Boulanger¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, IJL, F-57000 Metz, France

² Université de Lorraine, CNRS, IJL, F-54000 Nancy, France

*Auteur de correspondance : stane.viaud@univ-lorraine.fr

La transition énergétique repose sur l'électrification de la société et le stockage électrochimique de l'énergie. Cependant, une dépendance au lithium soulève des préoccupations. 87 % du lithium extrait est utilisé pour la fabrication de batteries rechargeables¹, sa disponibilité est limitée (0,0017 % de la croûte terrestre) et sa répartition géographique inégale, source de tensions géopolitiques. Dans ce contexte, les batteries sodium-ion (SIB) apparaissent comme une alternative prometteuse en substitution ou complément des technologies lithium-ion². Elles se distinguent par l'abondance du sodium (2,27 % de la croûte terrestre) et le coût du carbonate de sodium est 50 fois inférieur à celui de celui du lithium. Néanmoins, plusieurs défis technologiques subsistent. L'objectif est le développement d'une électrode négative haute performance pour les SIB, en combinant le carbone dur, matériau d'anode de référence (capacité spécifique de l'ordre de 300 mAh g⁻¹), avec l'étain métallique (dont la capacité spécifique théorique atteint 847 mAh g⁻¹)³⁻⁴. Cette combinaison vise à tirer parti de la haute capacité de l'étain tout en limitant ses importantes variations de volume (~420 %) lors des processus de sodation/désodation, grâce à l'effet tampon mécanique de la matrice carbonée, améliorant ainsi la stabilité électrochimique et les performances en cyclage. Ce travail se concentre sur la fabrication contrôlée d'électrodes composites par électrodéposition potentiostatique d'étain à partir d'un bain électrolytique aqueux à base d'oxalate de sodium contenant des ions Sn²⁺ sur des électrodes de carbone dur préparées par enduction d'une encre conductrice, composée de carbone dur comme matériau actif, de poly(fluorure de vinylidène) comme liant polymère et de noir de carbone comme additif conducteur. Cette encre est déposée sur un collecteur de courant de Papyex®. L'électrodéposition présente l'avantage de contrôler précisément la quantité, la distribution et la morphologie de l'étain déposé en ajustant les paramètres électrochimiques. Le choix du collecteur de courant (Papyex®) et de la composition de l'encre ont permis de fabriquer des électrodes présentant une bonne stabilité chimique et mécanique dans l'électrolyte, et compatibles avec un assemblage en cellules de type pile-bouton. Ces cellules ont permis d'évaluer séparément et conjointement les performances électrochimiques du Papyex®, de l'électrode de carbone dur et de l'étain électrodéposé. Les résultats de cyclage obtenus pour l'électrode composite encre de carbone dur–étain mettent en évidence un effet synergique entre l'étain et la matrice carbonée, conduisant à une capacité spécifique de 324 mAh g⁻¹ au 20^e cycle, avec une efficacité coulombique d'environ 98 % comparativement à une capacité de 250 mAh.g-1 pour le carbone dur sans étain. L'analyse des courbes électrochimiques révèle la formation de l'alliage Na₃Sn, ainsi que la mise en place, lors des premiers cycles, d'une couche de passivation (SEI) fortement consommatrice d'ions sodium. Bien que ces résultats soient encourageants, ils soulignent la nécessité de poursuivre l'optimisation des matériaux et des paramètres d'élaboration afin d'améliorer la stabilité et les performances électrochimiques à long terme.

References

1. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024
2. Substances | MineralInfo <https://www.mineralinfo.fr/fr/substances> (accessed March 15, 2025).
3. Adv. Sci. 2017, 4, 1700298, H Ying, W-Q Han Metallic Sn-Based Anode Materials: Application in High Performance Lithium-Ion and Sodium-Ion Batteries.
4. Electrochem. Sci. Adv. 2022;2: e2100019, S. Vashishth, D. Kumar Singh, V. C. Prabhakaran, E. Muthusamy Single step strategy for crafting tin/carbon soot composite as highly stable Li-ion battery anode

Niobium oxides as negative electrodes for High Power Solid State Batteries

Nolwenn Bouvier^{1,2}, Hanane El Marsi^{1,2}, Camille Douard^{1,2}, Jean Le Bideau^{1,2}, Olivier Crosnier^{1,2}, Thierry Brousse^{1,2}

¹ Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, IMN, F-44000 Nantes, France

² Affiliation second auteur Réseau sur le Stockage Electrochimique de l'Energie (RS2E), CNRS FR 3459, 80039 Amiens, France

*Corresponding Author : nolwenn.bouvier@cnrs-imn.fr

Solid state electrolytes are explored to improve the safety of the batteries and to minimize the effects of battery damage. However, the ionic contact between the electrolyte and the anode has to be established by creating intimate contacts. Using ionogel electrolytes would make it possible to overcome the problem of electrolyte/electrode interfaces.

This presentation is based on the idea of using an ionogel electrolyte in a solid-state battery. The focus will be on the anode material. The objective will be to find a negative electrode material, wish, when combined with a ionogel electrolyte and a cathode materials, produce a high-power battery.

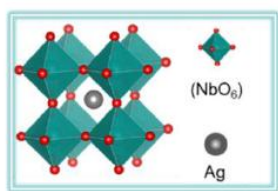


Figure 1. Crystal structure of AgNbO_3

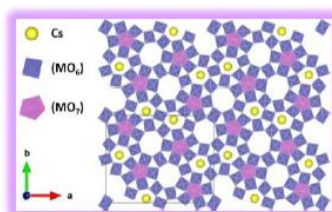


Figure 2. Crystal structure of $\text{H}_{0.25}\text{Cs}_{0.25}\text{Nb}_{2.5}\text{W}_{2.5}\text{O}_{14}$

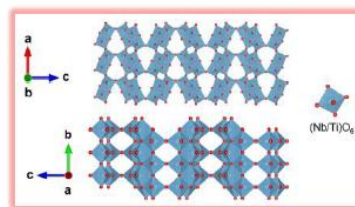


Figure 3. Crystal structure of $\text{Ti}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$

We are concentrating our research on Niobium oxide materials : first, we will carry out the solid-state syntheses of oxide of interest according to the literature, check the agreement with previous work on these materials by SEM and XRD characterisations, and test their electrochemical performances. The measures of capacity over charging/discharging cycles at different rate have been carried out : first with an organic liquid electrolyte, then with an ionic liquid electrolyte and finally with the ionogel electrolyte corresponding to the ionic liquid presenting the higher capacity at the faster possible rate.

Acknowledgment

This work has benefited from State aid managed by the Agence Nationale de la Recherche under the France 2030 programme, under the reference 'ANR-23-PEBA-0008' (HIPOBAT project).

References

1. A. Khan et al., Energy Storage Mater. **2024**, *70*, 103431
2. E. Le Calvez, J. C. Espinosa-Angeles, É. Gautron, É. Quarez, O. Crosnier, et T. Brousse, Chem. Mater. **2023**, *35* n° 8, 3162-3171
3. Y. Zhou et al., Energy Storage Mater. **2022**, *52*, 371-385

Design of materials for rechargeable aqueous Zn/air batterie

Aliasghar Sabbaghi,^{1*} Aurélien Habrioux,¹ Clément Comminges,¹ Claudia Gomes de Morais¹

¹ Université de Poitiers, CNRS, Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers (IC2MP), Poitiers F-86073, France

*Auteur de correspondance : aliasghar.sabbaghi@univ-poitiers.fr

Electrically rechargeable zinc–air batteries (ZABs) are among the most mature metal–air battery technologies, benefiting from decades of development originally aimed at primary cells since the 1960s. However, rechargeable ZABs still face significant challenges that hinder large-scale commercialization. At the anode, hydrogen evolution reaction (HER), dendrite formation, and zinc corrosion are three interconnected problems that must be simultaneously solved (1). Concentrated alkaline electrolyte (KOH) is the most commonly used electrolyte for these systems due to its low cost and environmentally friendly nature. Several strategies are employed, such as adding additives to the electrolyte to suppress HER, Zn corrosion, and dendrite formation. Other approaches include 3D anode surface engineering and anode surface coating, which can also target the mentioned problems (2). Several additives have been tested to address these problems. In our work, it has been shown that DMSO and ethanol suppress HER through water molecule confinement, while SDS and silica improve zinc deposition and surface morphology. Both stationary and flow configurations have been studied in the presence and absence of additives, and it has been shown that the flow system improves performance by enhancing mass transfer to the electrode surface. We used impedance spectroscopy and in situ Raman spectroscopy to study the zinc species dissolution mechanism during discharge. Moreover, we successfully identified replacements for bare metallic zinc as the anode, such as a 3D ink-based anode and a Zn-free anode, which successfully suppressed dendrite formation and dead zinc zones.

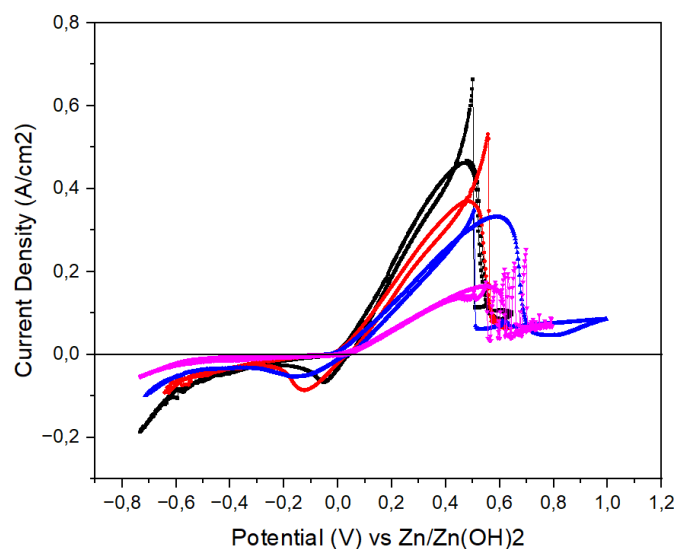


Figure 1. Cyclic voltammograms ($10 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$) recorded with a Zn plate as working electrode in a N_2 purged 6M KOH electrolyte containing 5, 15, 25, and 50% DMSO

Acknowledgment

We are grateful to ANR for the financial support provided through the AMI CMA BATTENA project.

References

1. Yi, Z., Chen, G., Hou, F., Wang, L., & Liang, J. (2021). In *Advanced Energy Materials* (Vol. 11, Issue 1). Wiley-VCH Verlag.
2. Li, B., Ma, Y., Ma, J., Chen, L., Zhao, Y., & Tang, M. C. (2024). In *Energy Materials and Devices* (Vol. 2, Issue 3). Tsinghua University Press.

Comment contrôler la porosité des carbones durs utilisés comme anode dans les batteries Na-ion

Oumaima Hatim¹, Mickaël Bolmont², Sébastien Cahen^{*3}, Sébastien Fontana³, Claire Hérold³, Lucie Speyer³

¹ ICPM Laboratoire LCP-A2MC (adresse actuelle) 1 boulevard Arago, 57070 Metz, France

² IFPEN (adresse actuelle) Rond-point de l'échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France

³ Université de Lorraine, CNRS, IJL, F-54000 Nancy

*Auteur de correspondance : sebastien.cahen@univ-lorraine.fr

Le graphite, couramment utilisé comme matériau d'électrode négative des batteries lithium-ion, ne peut être employé dans les batteries sodium-ion en raison de sa faible capacité spécifique massique (35 mAh/g). Il est remplacé par du carbone dur, classiquement obtenu par simple traitement thermique d'un précurseur organique. Ce matériau présente une structure désordonnée ainsi qu'une texture poreuse spécifique, ce qui offre divers sites de stockage pour les ions sodium, pour une capacité pouvant excéder les 300 mAh/g.

La texture poreuse des carbones durs joue un rôle capital au regard des mécanismes de sodation. Il convient de limiter la porosité ouverte (accessible à l'électrolyte) des matériaux dans le but de réduire la formation de la couche de passivation à l'interface solide/électrolyte (SEI) pour une meilleure efficacité coulombique, tout en développant leur porosité fermée. En effet, cette dernière permet de stocker une quantité importante d'ions sodium à bas potentiel¹. Ces deux caractéristiques sont généralement obtenues par pyrolyse à haute température vers 1400°C².

Nous présentons dans ces travaux une approche différente consistant à contrôler la porosité des carbones durs par pyrolyse sous pression³. Deux précurseurs (saccharose et lignine) ont été pyrolysés dans un four sous flux d'argon à des pressions entre 1 et 9 bar afin de développer la porosité fermée tout en diminuant la surface spécifique des échantillons.

Les performances électrochimiques des carbones durs obtenus ont été déterminées par cyclage galvanostatique. Il est possible de corréliser le développement du plateau à bas potentiel avec l'augmentation de la porosité fermée, et de moduler les performances des carbones durs préparés à température modérée (<1000°C) selon le précurseur et la pression appliquée lors de l'étape de pyrolyse.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche pour son support financier dans le cadre de l'ANR CARAMBAR (ANR-22-CE50-0010)

Références

1. S. Cahen, C. Hérold, L. Speyer, T. Soudant, V. Pralong, *Techniques de l'Ingénieur* (2025) 1.
2. J. R. Dahn, W. Xing, Y. Gao, *Carbon* 35 (1997) 825.
3. L. Raspado, L. Speyer, M. Bolmont, S. Cahen, S. Fontana, C. Hérold, *J. Phys. Chem. Solids* 191 (2024) 112013.

Insight into molecular grafting of carbon aerogels for electrochemical capacitors applications

Célia Clementz,¹ Serge Paofai,¹ Sandrine Berthon-Fabry,² Philippe Hapiot,¹ Corinne Lagrost,^{1,3}
Yann R. Leroux^{*1}

¹ Univ Rennes, CNRS, ISCR, UMR 6226, F-35000, Rennes, France

² Mines Paris, PSL University, PERSEE, CS 10207 Rue Claude Daunesse, Sophia Antipolis Cedex, 06904, France

³ Univ Rennes, CNRS, ScanMAT, UAR 2025, F-35000, Rennes, France

*Corresponding Author: yann.leroux@univ-rennes.fr

Molecular grafting of carbon aerogels, made from the polycondensation of resorcinol and formaldehyde, was studied in order to enhance their specific capacitance in electrochemical capacitors. Grafting of redox entities, anthraquinone, was performed via aryl diazonium reduction. While aryl diazonium salt to carbon aerogel molar ratio does not seem to have an impact on the number of chemisorbed or physisorbed anthraquinone, increasing reaction time, even up to 24 h, leads to an increase of chemisorbed anthraquinone moieties. Anthraquinone physisorption appears to be independent of the aryl diazonium salt to carbon aerogel molar ratio or reaction time (in the tested ranges). At the same time, we observed that the blockage of micropores is also independent of these two parameters. Such similar behaviors lead us to conclude that micropores are mainly blocked by physisorbed anthraquinone molecules, which is consistent given their steric hindrance. While anthraquinone chemisorption is also independent of aryl diazonium salt to carbon aerogel molar ratio, increasing the reaction time leads to a progressive increase of the number of anthraquinone molecules chemisorbed onto the carbon surface. Pristine carbon aerogels exhibit an electrochemical capacity of 120 F/g or 41.1 mAh/g. Upon anthraquinone functionalization, a notable capacity enhancement to 84 mAh/g is observed, demonstrating the direct impact of surface modification on electrochemical performance. Long term stability measurements reveal that the observed initial decrease in capacity is associated with the loss of the electrochemical contribution of physisorbed anthraquinone molecules while the contribution of chemisorbed anthraquinone molecules is remarkably stable. We demonstrate that microporous carbon materials are not well adapted for functionalization as micropores' blockage happened rapidly. On the other hand, a material with micropores and mesopores, such as carbon aerogels are more adapted in this case since, once functionalized, they show high specific surface area retention and higher capacity compared to microporous carbons.¹

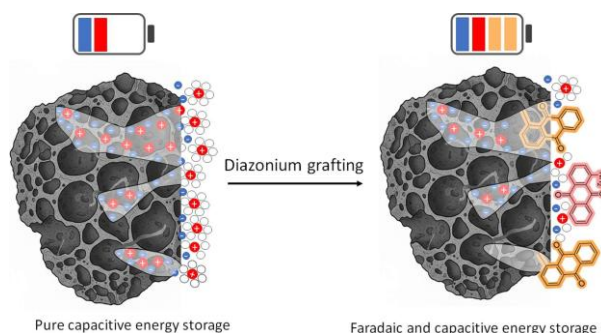


Figure 1. Schematic representation of anthraquinone functionalization of carbon aerogel via aryl diazonium grafting.

Acknowledgment

This work was supported by ANR-22-CE05-0011-03 (HOMERE) and ANR-21-CE08-0025 (INFINE). Financial support from the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) is acknowledged. C.C. thanks Region Bretagne and EUR LUMOMAT for financial support.

References

C. Clementz, S. Paofai, S. Berthon-Fabry, P. Hapiot, C. Lagrost, Y. R. Leroux. *Carbon*. **2026**, 250, 121301

Donor-acceptor conducting polymers for type III supercapacitors

Céline Yazbeck, Frédéric Gohier and Charles Cougnon

Univ Angers, CNRS, MOLTECH-Anjou, SFR MATRIX, F-49000 Angers, France

*Corresponding Author: celine.yazbeck@univ-angers.fr

The use of renewable energy sources for the future depends heavily on the development and improvement of energy storage technologies. They must be robust, energy-efficient, cost-effective, and eco-responsible during their life cycle to minimize their environmental and economic impacts. In this perspective, organic supercapacitors represent a promising approach. They are characterized by their ability to store and deliver energy with a high current rate (high power density) and with an energy density that has the ambition to approach that of batteries.

Our work focuses on the synthesis and study of Donor-Acceptor (DA) Polymers with the donor unit being 3,4-ethylenedioxythiophene (EDOT), an electron-rich unit chosen for its stability. Different monomers were synthesized using various electron-deficient acceptor units to enable precise tuning of material properties.^{1,2} Following electropolymerization, several studies in three- and two-electrode cells were achieved both in potentiostatic and galvanostatic modes of charge-discharge, and particular attention is paid to stability. Impact of the acceptor unit on performance of type III supercapacitors will be discussed in detail.

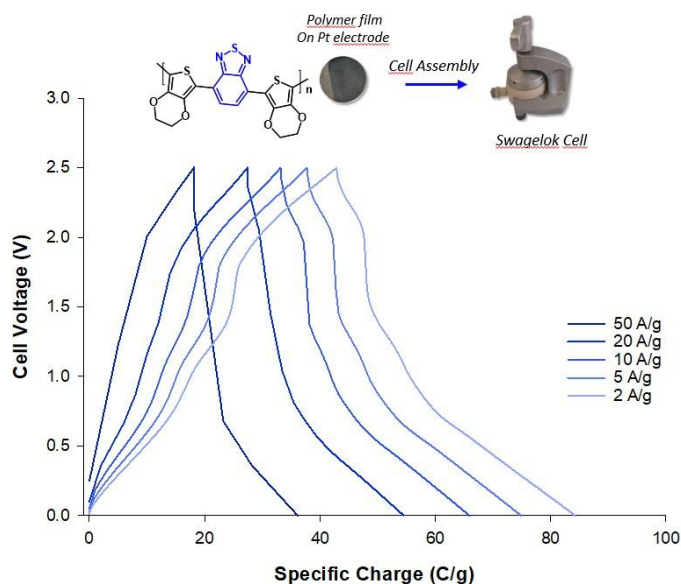


Figure 1. Galvanostatic charge–discharge curves for a full organic storage system at different current densities in ACN + 1 mol L⁻¹ Et₄NPF₆ with a two-electrode setting

Acknowledgment

This research was funded by the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS-France), the Agence Nationale de la Recherche (ANR) through the framework of the project HOMERE (grant number ANR-22-CE05-0011), and the Région des Pays de Loire through the framework of the project PENELOPE.

References

1. C. Yazbeck, F. Gohier, L. Sanguinet, C. Cougnon, *Polym. Int.* **2025**, Online Version, (doi.org/10.1002/pi.70061).
2. P.M. DiCarmino, T.B. Schon, T.M. McCormick, P.P. Klein, D.S. Seferos, *J. Phys. Chem. C* **2014**, 118, 8295.

Self-healing solid-state supercapacitors enabled by cans-based ionogel electrolytes

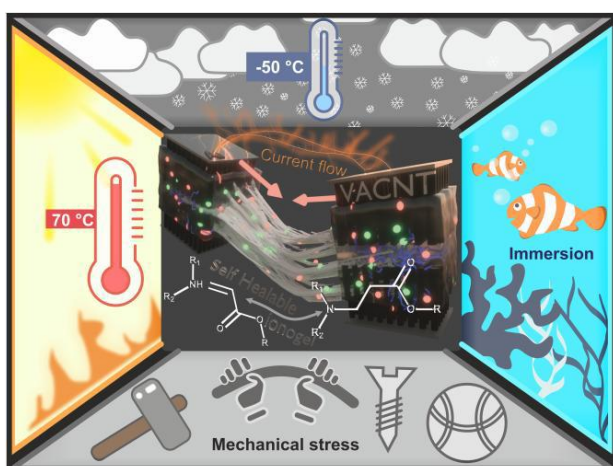
Piyanan Pranee,¹ Thuan Pham-Truong,¹ Charyle Ayingone Mezui,¹ Mathieu Pinault,² Ugo Forestier-Colleoni,² Grégory Pognon,³ Mohamed Mallouki,¹ Philippe Banet,¹ Frederic Vidal,¹ Giao T. M. Nguyen,¹ Pierre-Henri Aubert,¹

¹Laboratory of Physical Chemistry of Polymers and Interfaces (LPPI – EA2528), CY Cergy Paris University, 95000, Neuville-sur-Oise, France

²Université Paris-Saclay, CEA, CNRS UMR 3685, NIMBE, 91191 Gif-sur-Yvette, France

³Thales Research & Technology, 1 avenue Augustin Fresnel, 91767 Palaiseau, France

Corresponding Author: piyanan.pranee@cyu.fr



The advancement of flexible and wearable electronics with intensive outdoor activities necessitates energy storage solutions that maintain electrochemical integrity under severe storage/conservation conditions and mechanical deformations. Conventional storage systems (supercapacitors and batteries) use liquid organic electrolytes, and polymer separators to acquire high performances. However, this configuration is constrained by leakage risks, structural fragility, and questionable security.¹ Herein, we report self-healable supercapacitors using the concept of covalent adaptable network (CAN)^{2,3}. CAN-based ionogel, obtained by Aza-Michael reaction

of poly(ethylene glycol) diacrylate and 4,7,10-trioxa-1,13-tridecanediamine in presence of an ionic liquid (EMITFSI), as both self-healable electrolyte and separator membrane. The resulted ionogel exhibits good mechanical strength (Young's modulus ~ 0.61 MPa) and high ionic conductivity ($\sim 1.3 \times 10^{-4}$ S cm^{-1}). Furthermore, leveraging the dynamic nature of the CANs, the ionogel demonstrates intrinsic self-healing capabilities, even at room temperature. When assembled into a supercapacitor with CNTs-based electrodes, the device, with cell capacitance reaching 11.5 F g^{-1} , achieves in open air conditions a remarkable capacitance retention of 67.4% after 24 hours of healing at 50 °C after being completely cut into separated species. Furthermore, this supercapacitor device demonstrated exceptional durability under extreme operating conditions. Throughout rigorous stress testing, including thermal shock (-50°C/70°C, 175 cycles), bending (180 °), hole-making test (10 holes), repeated mechanical shock (3200 N, 10 times), and tap water immersion (100 min), the device maintained high capacitance retention above 80%. Therefore, these findings confirm that CANs-based ionogels offer a superior, leak-proof alternative to conventional separators, offering a strategy for the development of durable and safe solid-state electrochemical energy storage systems.

Acknowledgment

The authors thank ANR for funding through the SC4OPEX project (ANR ASTRID, project number : ANR-22-ASEN-0004)

References

1. Nguyen, T.K.L., Pham-Truong, T.-N.. *Polymers* 2024, 16, 2506
2. J. Kloxina C., N. Bowman C., *Chem. Soc. Rev.*, 2013,42, 7161-7173
3. Sun M., M. Felsenthal L., Kim S., Choi E., J. Reed L., Elling B., R. Dichtel W., *Chem. Rev.*, 2026, 126 (3), 1829-1948

Unraveling the electrocatalytic performance and structural stability of ag nanowire gas diffusion electrodes for CO₂ reduction

Ola Bajouk^{1,2}, Bhavani Ravi¹, Elhassan Amaterz³, Sophie Depriester^{1,4}, Isabelle Rougeaux³, Bertrand Reuillard², Pascale Chenevier^{1,*}

¹ Univ. Grenoble Alpes, CEA, CNRS, Grenoble-INP, IRIG, SYMMES, 38000, Grenoble, France

² Univ. Grenoble Alpes, CEA, CNRS, IRIG, LCBM, 38000, Grenoble, France

³ Univ Grenoble Alpes, CEA, Liten, DTNM, 38000 Grenoble, France

⁴ Univ Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble-INP, LMGP, 38000 Grenoble, France

*Corresponding Author: pascale.chenevier@cea.fr

The electrochemical reduction reaction of CO₂ (CO₂RR) offers a sustainable route for converting CO₂ into more value-added products, such as carbon monoxide, a key component of syngas and other industrial processes. Among the range of catalysts explored for the selective electrochemical reduction of CO₂ to CO, silver shows promising selectivity.¹ In particular, silver nanowires (AgNWs) stand out due to their high conductivity, tunable morphology, and large electrochemical surface area. In this work, AgNW gas diffusion electrodes (GDEs) synthesized from a modified polyol method, were evaluated for CO₂RR under different reaction environments and cell configurations. Good faradaic efficiency for CO exceeding 90% could be obtained from -1.7 V vs Ag/AgCl in 3-electrode flow cell setup and from a cell voltage of 2.8 V in zero gap electrolyser setup. Long term electrolysis tests showed stable operation for 8 hours, followed by a gradual decline in CO selectivity, primarily attributed to salt precipitation and pore clogging. The CO₂ conversion efficiency attained 34% when lowering the CO₂ flow (Figure 1). Although the overall catalytic activity remained stable for hours, post-electrolysis characterization of the AgNWs surface revealed unexpected morphological alterations in the nanowire network. These structural changes may be correlated with the partial removal of the PVP capping layer around the AgNWs.

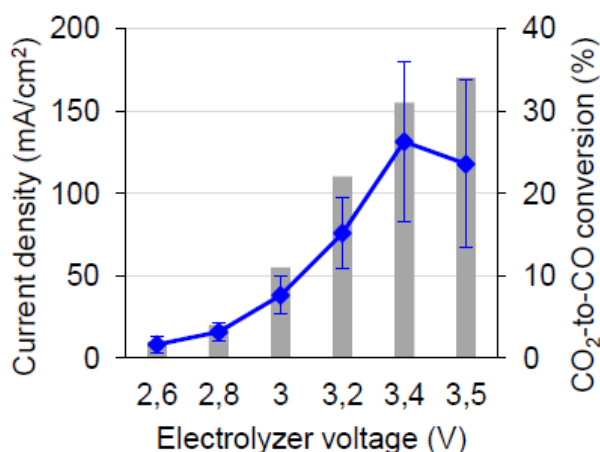


Figure 1. AgNW GDE performance in zero-gap electrolyzer under low CO₂ flow (10-15 mL/min): current density and CO₂ to CO conversion efficiency.

Acknowledgment

This work was funded by Agence Nationale de la Recherche in the program DefiCO2 under reference ANR-15-IDEX-02.

References

1. E. Amaterz, O. Bajouk, B. Ravi, I. Rougeaux, R. Ramos, V. Faucheux and P. Chenevier, *Applied Catalysis A: General*, 2026, 711, 120743.

Etude de la stabilité de matériaux cathodiques à base de ferrite de lanthane pour l'électrolyse du CO₂ à haute température

Kaïsse Hamada, Cécile Rossignol, Nicolas Sergent, Franck Fournet-Fayard, Marlu César Steil et Laurent Dessemond

Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP*, LEPMI, 38000 Grenoble, France

*Institute of Engineering and Management Univ. Grenoble Alpes

*Auteur de correspondance : hamadakaisse05@gmail.com

La concentration en CO₂ dans l'atmosphère ne cesse d'augmenter avec un rythme toujours plus rapide, passant de 0,5 à 2 ppm/an [1] au cours des cinquante dernières années. Il est donc urgent de réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. À l'heure actuelle, plusieurs méthodes ont été mises au point pour remédier à ce problème, dont l'une consiste à capturer puis convertir le CO₂ en produits chimiques à faible teneur en carbone. Parmi les différentes technologies de conversion du CO₂, les SOEC (Solid Oxide Electrolyser Cell) sont identifiées comme l'un des dispositifs les plus prometteurs pour l'électrolyse directe du CO₂ en CO [2-3] avec un rendement élevé [4-5]. Le composant le plus critique de ces systèmes est le matériau cathodique. L'objectif de cette étude est d'améliorer les performances cathodiques des SOEC en utilisant la ferrite de lanthane dopée au strontium (La_{0,8}Sr_{0,2})_{0,95}FeO_{3-δ} (LSF) comme matériau cathodique.

L'activité électrochimique et la stabilité du LSF déposé par sérigraphie sur une membrane électrolytique dense de 1 mm d'épaisseur (ZrO₂)_{0,95}(Y₂O₃)_{0,08} (YSZ, zircone stabilisée à l'oxyde d'yttrium) ont été caractérisées dans une cellule symétrique à trois électrodes. Des diagrammes de spectroscopie d'impédance électrochimique en circuit ouvert (OCP) et sous polarisation cathodique, ainsi que des courbes i-V en régime permanent, ont été enregistrés dans trois atmosphères (air, argon et CO₂) entre 600 et 800 °C. À faible P(O₂) (argon et CO₂), la résistance de polarisation ne peut être déterminée avec précision pour la gamme de fréquences de mesure choisie. Pour une telle détermination, une polarisation cathodique supérieure à 0,6 V doit être appliquée. Des caractérisations similaires ont été réalisées sur une cellule d'électrolyse avec YSZ comme électrolyte support et LSM (La_{0,7}Sr_{0,3}MnO₃) comme matériau d'anode. Le compartiment anodique est alimenté par de l'air synthétique et le compartiment cathodique par du CO₂. À 800°C et pour une tension de cellule de 1,8 V, la résistance de polarisation de la cellule est de 4,88 Ω.cm² et la densité de courant de 65 mA.cm⁻², ce qui correspond à une conversion de CO₂ de 5 %. Il convient de noter que la réduction du CO₂ est susceptible de commencer pour une tension de cellule supérieure à 0,8 V, ce qui correspond aux résultats des mesures à trois électrodes. Afin de vérifier la stabilité de LSF, des caractérisations structurales (DRX, Raman) et morphologiques (MEB) ont été réalisées sur l'ensemble de la cellule LSF//YSZ//LSM après les tests électrochimiques. Les résultats ont montré la décomposition de la phase LSF en plusieurs phases.

References

1. J. G. Canadell, et al., Proc Natl Acad Sci U S A. **2007**, 104(47), 18866.
2. S.B. Liu, et al., J. Mater. Chem. A **2016**, 4, 17521.
3. S. Liu, et al., J. Mater. Chem. A **2017**, 5, 2673.
4. J.T.S. Irvine *et al.*, *Nat. Energy* **2016**, 1, 15014.
5. A. Butler and H. Spliethoff, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2018**, 82, 2440.

Cobalt phthalocyanine integrated in membrane electrode assembly for the electrochemical reduction of CO₂ to methanol

Emma El-Beaine,¹ Marc Robert^{1,2}

¹Sorbonne Université, Institut Parisien de Chimie moléculaire 4 PI Jussieu, 75005 Paris, France

²Institut Universitaire de France, IUF, 75005 Paris, France

*Emma El Beaine : emma.el_beaine@sorbonne-universite.fr

The electrochemical reduction of CO₂ offers a sustainable route to fuels and chemical feedstocks, with methanol (CH₃OH) being particularly attractive.¹ Achieving high selectivity and current density remains challenging. In fact, very few catalysts have shown appreciable activity. A rare molecular catalyst able to produce methanol from CO₂ or CO is Co phthalocyanine (CoPc).³⁻⁴ Membrane electrode assemblies (MEAs), integrating ion exchange membranes, gas diffusion layers, and catalytic electrodes, are central to performance (Figure 1).²

The integration of molecular catalysts such as CoPc has shown promise toward this aim. Building on previous results, we implemented a two-step strategy: CO₂-to-CO followed by CO-to-CH₃OH in MEA cells. A CoPc-based catalytic ink on gas diffusion electrodes allowed high CO conversion and methanol production. I will discuss key parameters optimizing CO₂ and CO electroreduction in MEA cells, highlighting the role of CoPc molecular catalyst and the impact of its loading, the gas flow, and electrolyte pH on activity and selectivity.

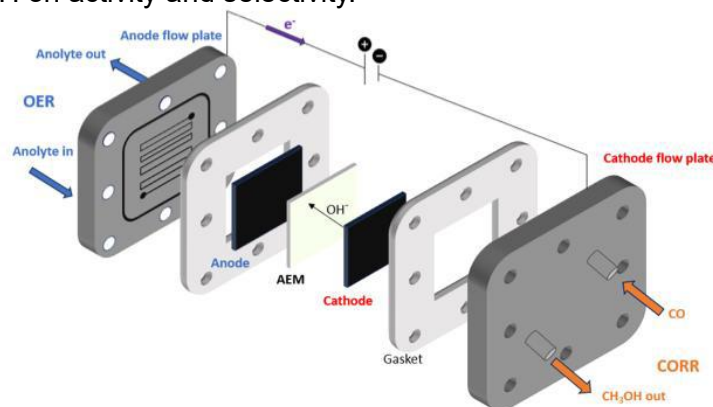


Figure 1. Scheme of membrane electrode assembly for CO-to-methanol conversion

References

1. Birdja, Y. Y.; Pérez-Gallent, E.; Figueiredo, M. C.; Göttle, A. J.; Calle-Vallejo, F.; Koper, M. T. M. Advances and Challenges in Understanding the Electrocatalytic Conversion of Carbon Dioxide to Fuels. *Nat. Energy* **2019**, *4* (9), 732–745.
2. Zhang, Z.; Huang, X.; Chen, Z.; Zhu, J.; Endrődi, B.; Janáky, C.; Deng, D. Membrane Electrode Assembly for Electrocatalytic CO₂ Reduction: Principle and Application. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62* (28).
3. Boutin, E.; Wang, M.; Lin, J. C.; Mesnage, M.; Mendoza, D.; Lassalle-Kaiser, B.; Hahn, C.; Jaramillo, T. F.; Robert, M. Aqueous Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide into Methanol with Cobalt Phthalocyanine. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58* (45), 16172–16176.
4. Boutin, E.; Salamé, A.; Merakeb, L.; Chatterjee, T.; Robert, M. On the Existence and Role of Formaldehyde During Aqueous Electrochemical Reduction of Carbon Monoxide to Methanol by Cobalt Phthalocyanine. *Chem. – Eur. J.* **2022**, *28* (27).

Optimization of bipolar membrane electro dialysis for CO₂ capture from seawater

Vaibhav Kumbhar,^{1*} Joseph Youssef,¹ Cédric Tard¹

¹LCM, École polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, France

*Corresponding Author: vaibhav.kumbhar@polytechnique.edu

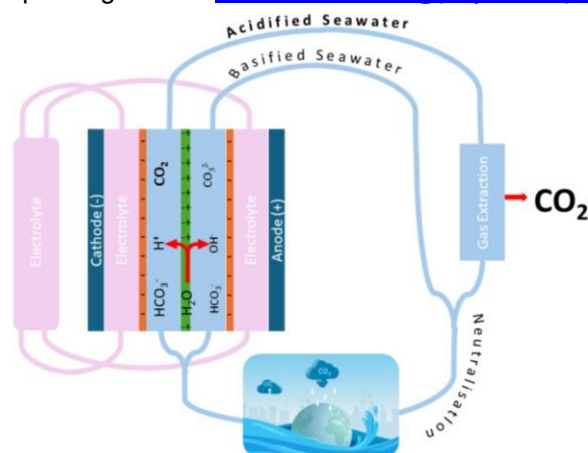


Figure 1. Pathway to achieve circular carbon economy.

Electrochemical CO₂ capture offers a promising way for mitigating CO₂ emissions, addressing ocean acidification and climate change.¹ The extraction of pure CO₂ from seawater using bipolar membrane electro dialysis (BPMED) presents a novel approach that avoids the need to process large volumes of air, capitalizing on the fact that the carbon content in the ocean is approximately 140 times greater by volume than that in the atmosphere.¹ Despite its potential, several challenges, including high energy consumption, salt precipitation, and inefficiencies in flow and gas distribution, hinder the industrial implementation of this technology.¹ BPMED employs a pH swing method to manipulate carbonate equilibrium for CO₂ capture; however, the fundamental mechanism is unexplored.

In this study, we present a systematic optimization of a BPMED system designed to enhance the acidification and basification efficiency of seawater. Our research quantifies the influence of cell geometry, electrolyte concentration, and flow dynamics on overall system performance. A primary focus of our investigation is the "Flow Rate Paradox": while lower flow rates accelerate acidification by increasing the residence time of the electrolyte, they simultaneously induce higher cell voltages due to elevated ionic resistance². Conversely, while higher flow rates mitigate voltage penalties, they compromise the acidification rate. Additionally, alterations in cell geometry primarily influence the pH swing process. Our results also demonstrate that increasing current density enhances the rate of acid/base production, contributing to a more pronounced pH swing at the cost of higher specific energy consumption. Notably, we have shown that utilizing thinner compartments can effectively reduce overall cell voltage and energy consumption, thereby improving the efficiency of the BPMED system. These results provide a critical framework for balancing residence time and electrochemical resistance, offering a clear roadmap for the design of high-efficiency, industrial-scale electrochemical carbon capture systems.

Acknowledgment

We acknowledge funding provided by the Ifker Climate Fund for XSeaO2 Project at Ecole Polytechnique.

References

1. C. Lannoy, M. Eisaman, A. Jose, S. Karnitz, R. Devaul, K. Hannun, J. Rivest, *Int. J. Greenh. Gas Control*. **2018**, *70*, 243-253.
2. Digdaya, I. Sullivan, M. Lin, L. Han, W. Cheng, h. Atwater, C. Xiang, *Nat. Commun.* **2020**, *11*, 4412.

Understanding enhanced lithium-ion transport in smart hybrid electrospun separators for Li-ion batteries

Milo Jouan^{1*}

¹ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, Grenoble-INP, IRIG, SyMMES, 38000 Grenoble

*Corresponding author: milo.jouan@cea.fr

Battery separators are critical components in Gen3a lithium-ion batteries, ensuring reliable operation by providing electronic insulation while enabling efficient ionic conduction¹. However, inert separators commonly used in commercial Li-ion batteries strongly hinder ion transport, thereby limiting overall cell performance. To overcome these limitations, novel hybrid organic-inorganic electrospun separators (HES) made of intermingled PVDF-HFP domains and easy-to-functionalize SiO₂ networks were specifically engineered to enhance ion transport and electrochemical performance. Their unique fractal-like architecture², thoroughly studied across multiple length scales using a combination of X-ray ptychography and small- and wide-angle X-ray scattering experiments, was linked to improved electrochemical performance through a comprehensive description of lithium-ion transport in a LP30 reference electrolyte confined within a HES. Building on the concentrated solutions theory³ developed by J. Newman and N.P. Balsara, three key transport properties were determined electrochemically using a single Li(s)/Li(s) symmetric cell: the ionic conductivity κ , the lithium transport number t_+ , and the diffusion coefficient D . These data were further combined with concentration cell measurements to access the Newman transference number t_+ , N_e , a first in the field of separator characterization. Both pristine and sulfonated HES significantly promote lithium-ion transport compared to commercial Celgard 2325 separator, as evidenced by higher ionic conductivity, faster diffusion, and improved lithium transport numbers measured by PFG-NMR (Table 1).

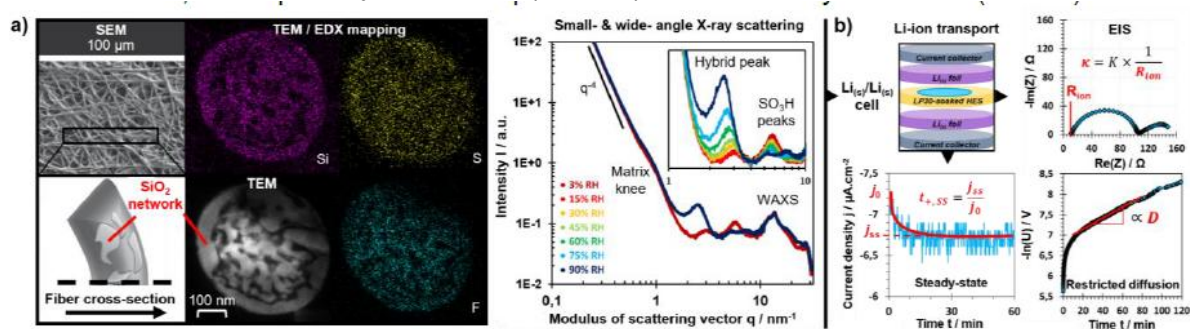


Figure 1. a) Multi-scale structure of sulfonated-HES and b) Li-ion transport characterization procedure

Table 1. Transport properties measured at 25°C of bulk LP30 electrolyte, and LP30 confined in various separators.

Sample	κ (mS·cm ⁻¹)	D (10 ⁻¹⁰ m ² ·s ⁻¹)	t_+ , PFG-NMR (unitless)
Bulk LP30	12.3	3.0	0.39
LP30 in Celgard 2325	0.240	0.72	0.30
LP30 in pristine HES	2.22	4.80	0.86
LP30 in sulfonated-HES	-	-	0.85

Acknowledgment

This work was supported by the PEPR Battery program, project HEAL B&B.

References

- Winter, M.; Barnett, B.; Xu, K., *Chem. Rev.* **2018**, *118* (23), 11433–11456.
- Santos, L. D.; Maréchal, M.; Guillermo, A.; Lyonnard, S.; Moldovan, S.; Ersen, O.; Sel, O.; Perrot, H.; Laberty-Robert, C., *Adv Funct Materials* **2016**, *26* (4), 594–604.
- Balsara, N. P.; Newman, J., *J. Electrochem. Soc.* **2015**, *162* (14), A2720–A2722.

Thématique 5 :

**Bioélectrochimie, biocapteurs et
biopiles**

Bioelectrochemistry, biosensors and bio-fuel cells

Influence de la matrice sur le développement électrochimique de bioanodes en piles microbiennes sédimentaires

Ambre Chabbert,^{1,2*} Elena Driollet,¹ Abdelghani Ghanam,² Arnaud Elger,¹ Laurent Nicolas²

¹ Université de Toulouse, Toulouse INP, CNRS, IRD, CRBE, Toulouse, France

² Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Ampère, UMR5005, 69130, Ecully, France

*Auteur de correspondance : ambre.chabbert@ec-lyon.fr

Contexte

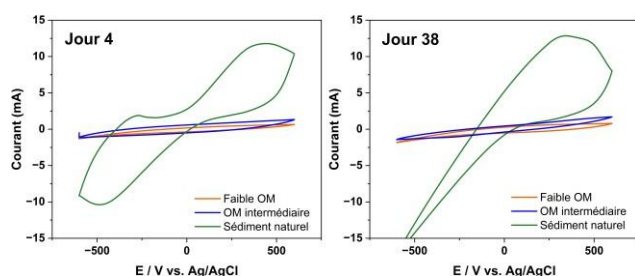
Les biopiles sédimentaires (SMFC) exploitent l'activité des bactéries électroactives pour convertir la matière organique (OM) en courant électrique. Cependant, leurs performances varient fortement selon les propriétés de matrice (structure, inoculum, disponibilité en carbone), compliquant leur caractérisation et la reproductibilité [1]. Si cette variabilité est bien documentée en termes de production de puissance, son impact sur les signatures électrochimiques observées à l'anode reste peu décrit. L'analyse de ces signatures repose notamment sur la voltammétrie cyclique (VC), permettant d'analyser l'interface électrode-biofilm et le transfert d'électrons [2]. Cette étude vise à caractériser le développement de l'activité électrochimique anodique dans des matrices contrastées en termes de disponibilité en carbone et de structure.

Matériels et méthodes

Des SMFC sans membrane ont été construites avec une anode en feutre de carbone et une cathode fonctionnalisée au Pt/carbone. Trois matrices contrastées ont été étudiées : faible OM (99% sable/1% terreau), OM intermédiaire (50/50) et sédiment naturel (SN), sans apport de substrat exogène. Les systèmes sableux ont été inoculés avec des bactéries issues du sédiment naturel. Des caractérisations électrochimiques (VC, courbes de polarisation et de puissance) ont été réalisées aux jours 4 et 38 afin de caractériser l'évolution des signatures électrochimiques. Le voltage a été suivi en continu au cours de l'expérimentation.

Résultats et conclusion

Les matrices sable/terreau présentent des réponses VC de faible amplitude et proches d'un comportement quasi-linéaire aux J4 et J38 (Fig.1). En revanche, le SN montre une augmentation marquée du courant ainsi qu'une hystérésis prononcée, indiquant une contribution faradique plus importante. L'évolution temporelle met en évidence une amplification de ces différences entre J4 et J38. Aucune augmentation proportionnelle du signal n'est observée avec l'augmentation en OM. Ces observations révèlent l'existence de niveaux de développement électrochimique contrastés selon



la nature de la matrice. Ces résultats suggèrent que la quantité de carbone seule ne suffit pas à expliquer les différences observées, mettant en évidence un effet déterminant des propriétés de matrice sur l'établissement de l'activité électrochimique anodique.

Figure 1. Évolution des signatures voltammétriques selon la matrice sédimentaire (J4 vs J38).

Remerciements

Les auteurs remercient le projet CNRS BioPlant pour son soutien et la réalisation de ce travail.

References

1. Zhao, Q., Li, R., Ji, M., & Ren, Z. J. (2016). Organic content influences sediment microbial fuel cell performance and community structure. *Bioresource technology*, 220, 549-556.
2. Yasri, N., Roberts, E. P., & Gunasekaran, S. (2019). The electrochemical perspective of bioelectrocatalytic activities in microbial electrolysis and microbial fuel cells. *Energy Reports*, 5, 1116-1136

Engineering living biocathodes through 3D printing of bioelectrochemical interfaces

Harpreet Singh,* Mariela Brites Helu, Frédéric Jorand, Mathieu Etienne

Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement (LCPME), CNRS-
Université de Lorraine, 54000 Nancy, France

*Corresponding Author: harpreet.singh@univ-lorraine.fr

Despite substantial progress in microbial electrosynthesis and cathodic bioelectrochemical systems, electron transfer at the bacteria–electrode interface remains a major bottleneck. Conventional cathode materials such as carbon felt and carbon cloth offer limited control over microbial attachment and electron transport pathways, often leading to heterogeneous biofilm formation and limited current density. To address these challenges, we developed a conductive bio-ink composed of Ketjen Black, graphene oxide, and sodium alginate, incorporating bacterial cells of *Shewanella oneidensis* MR-1. Electrodes were fabricated using a custom-built extrusion-based 3D printer, enabling the direct printing of bacteria-encapsulated biocathodes (Figure 1a). Three-dimensional printing allows precise control over electrode geometry and microbial spatial distribution, facilitating the design of structured living electrodes with enhanced electrochemical performance. The bacteria activity and performance of the printed electrode is tested by the reduction of sodium fumarate dibasic in three electrode system as shown in Figure 1(b). Further the maximum loading of bacteria to the ink is optimized followed by the optimization of the printed structures for achieving high performance during the reduction process. Bacterial activity and electrode performance were evaluated via sodium fumarate reduction in a three-electrode electrochemical system (Figure 1b). The maximum bacterial loading in the ink was optimized, followed by structural optimization of the printed electrodes to enhance reduction performance. The developed bio-ink platform could be extended to other microbial strains for applications such as carbon dioxide reduction.

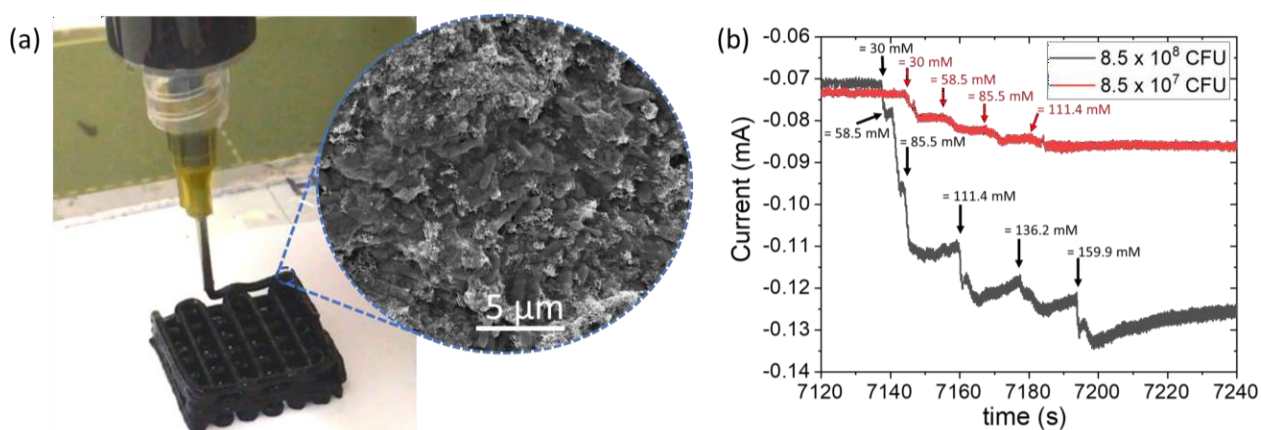


Figure 1. (a) showing the 3D printing of prepared ink encapsulated with *Shewanella oneidensis* MR-1 and (b) the reduction of sodium fumarate dibasic by different concentration of bacteria.

Acknowledgment

This work was supported by a French government grant from the Agence Nationale de la Recherche (ANR) under the France 2030 program (ANR-22-PEBB-0005).

Development and electrochemical monitoring of bioenergetic artificial cells

Léonie Beaupère,^{1,2} Patrick Paumard², Emmanuel Joseph³, Nicolas Martin³, Anne Devin²,
Stéphane Arbault^{1, *}

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, CBMN, UMR 5248, Pessac, France

² Univ. Bordeaux, CNRS, IBGC, UMR 5095, Bordeaux, France

³ CRPP, Univ. Bordeaux, CNRS, UMR 5031, Pessac, France

*Corresponding Author: stephane.arbault@u-bordeaux.fr

There is a rising interest in the development of synthetic-artificial cells, aimed to achieve minimal and specific biological functions to replace or supply living cells. In this context, we are developing hybrid artificial cells by encapsulating intact organelles, mitochondria, in two types of microcompartments -liposome and coacervates - and achieving bioenergetic activities inside.

Giant synthetic liposomes, made up of unilamellar phospholipid membranes can mimic natural cell membranes. Coacervate droplets, produced by liquid-liquid phase separation of biocompatible polymers, are membrane-free compartments providing a crowded cytosol-like chassis [1]. GUVs (Giant Unilamellar Vesicles) and coacervates provide good structures for biological and biochemical reactions to take place in controlled micrometric environments. The main source of energy for biological processes is the hydrolysis of ATP (adenosine triphosphate), and mitochondria are the main producers of cellular ATP, at least in aerobic processes [2].

In this study, we managed to encapsulate mitochondria, isolated from *S. cerevisiae* yeasts, inside giant liposomes and coacervates during the droplet formation process. Mitochondrial activity in micro-compartments was studied by spectrophotometric and electrochemical methods [2, 3]. Epifluorescence microscopy is used to monitor the internal membrane potential, NADH content in mitochondria, while their ATP production is assessed by chemiluminescence and their oxygen consumption and quinone redox state are monitored amperometrically [2, 4]. The mitochondrial activity is modulated in real-time by adding respiratory chain substrates and inhibitors.

Eventually, the control of bioenergy production is essential for driving other biomimetic processes in artificial cells, ultimately enabling the creation of complex systems such as artificial organs.

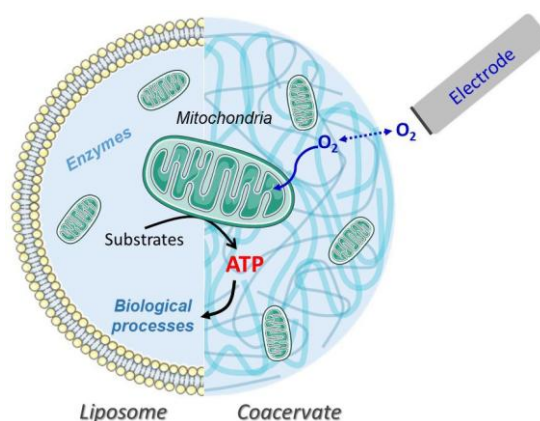


Figure 1. Study of bioenergetics artificial cells based on mitochondria encapsulation in micro-droplets.

References

1. Z. Lin, T. Beneyton, J.-C. Baret, N. Martin, *Small Methods*, **2023**, 7, 2300496.
2. M. Martins Pinto, S. Ransac, J.P. Mazat, M. Rigoulet, S. Arbault, P. Paumard, A Devin, *BBA Bioenergetics*, **2024**, 149033.
3. C. Colin, E. Suraniti, E. Abell, A. Sémont, N. Sojic, P. Diolez, S. Arbault, *Mitochondrial Medicine 3rd edition*, **2021**, 2276, 153-163.
4. P. Lefrançois, J. Santolini, S. Arbault, *Analytical Chemistry*, **2021**, 93, 13143-51.

Quantifying local pH gradients in enzymatic microelectrodes via coupled FEM modeling and confocal fluorescence microscopy

Ruoyi Liu, Elisabeth Lojou, Anne de Poulpiquet, Ievgen Mazurenko*

Bioenergetics and Protein Engineering laboratory (BIP), CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France

*Corresponding Author: imazurenko@imm.cnrs.fr

Redox enzymes offer a sustainable pathway for energy conversion and sensing. However, their integration into real-world applications, such as enzymatic fuel cells, is frequently hindered by stability and efficiency issues. An important yet often overlooked factor is the local environment at the electrode interface. Immobilized systems exhibiting high turnover rates frequently create steep concentration gradients of reactants and products near the electrode surface. In the case of redox enzymes, where protons or hydroxyl ions often participate in the catalytic cycle (e.g., in the oxygen reduction reaction), these high rates generate significant fluxes of these ionic species. This flux leads to substantial local pH gradients that can critically alter the activity and efficiency of pH-sensitive biocatalysts if the electrolyte is not sufficiently buffered. While theoretical models describing interfacial enzyme kinetics exist,¹⁻³ few explicitly account for the dynamic feedback between the reaction rate and local pH changes,⁴ and experimental validation of these gradients remains elusive.

In this work, we present a rigorous approach to quantifying these local environmental changes by coupling numerical modeling with confocal fluorescence microscopy. We developed a detailed 2D-axisymmetric Finite Element Model (FEM) of a microelectrode functionalized with *Myrothecium verrucaria* bilirubin oxidase (MvBOD) performing oxygen reduction in direct electron transfer (DET) mode. Unlike classical models that assume completely buffered conditions, our model explicitly incorporates buffer equilibria via species activities and accounts for enzyme kinetics through pH-dependent turnover rates (K_{cat}) and Michaelis constants (K_m), providing a chemically accurate representation of the interfacial environment.

To validate the model, we performed electrochemical measurements of MvBOD immobilized on a 300 μm graphite microelectrode in a weakly-buffered electrolyte coupled with *operando* Fluorescence Confocal Laser Scanning Microscopy (FCLSM). Leveraging the small electrode size, which enabled visualization of the entire electrode surface, and using fluorescein as a pH-sensitive probe,⁵ we accurately mapped the pH distribution extending from the electrode surface with high spatial resolution. We demonstrate a quantitative agreement between the simulated local pH profiles and the FCLSM observations. Our results reveal that local pH increase can significantly alter the catalytic efficiency of MvBOD, providing a direct link between mass transport limitations of buffer species and the observed electrochemical performance. This combined framework offers a powerful tool for optimizing the design of bioelectrodes by predicting and mitigating local pH variations.

Acknowledgment

This work was supported by National Research Agency (ANR, France) under the grant ANR-22-CE50-0004.

References

1. P. N. Bartlett and K. F. E. Pratt, J. Electroanal. Chem., **1995**, 397, 61.
2. I. Mazurenko, K. Monsalve, P. Infossi, M.-T. Giudici-Orticoni, F. Topin, N. Mano, and E. Lojou, Energy Environ. Sci., **2017**, 10, 1966.
3. L. Rajendran, M. Kirthiga, and E. Laborda, Curr. Opin. Electrochem., **2017**, 1, 121.
4. E. Edwardes Moore, S. J. Cobb, A. M. Coito, A. R. Oliveira, I. A. C. Pereira, and E. Reisner, Proc. Natl. Acad. Sci., **2022**, 119, e2114097119.
5. H. M. Man, I. Mazurenko, H. Le Guenno, L. Bouffier, E. Lojou, and A. de Poulpiquet, Anal. Chem., **2022**, 94, 15604.

Kinetics of electron transfer in redox DNA layers: Effects of electrostatics and solvent dynamics

Maosheng Liu¹, Arnaud Chovin¹, Nicolas Clément^{2*} And Christophe Demaille^{1*}

Université Paris Cité, Laboratoire ITODYS, CNRS UMR 7086, Paris
The University of Tokyo, IIS, LIMMS/CNRS-IIS UMI 2820, Tokyo

*Corresponding Author: maosheng.liu@etu.u-paris.fr

Understanding the electron transfer (ET) rates in surface-confined biomolecules is fundamental to characterizing redox processes at bio-interfaces. The objective of this work is to decipher the mechanisms governing ET in Ferrocene-DNA (Fc-DNA) monolayers, specifically examining the contributions of electrostatics and solvent.

Methodology: We studied the electrochemical behavior of Fc-(3') labeled single-stranded dT₃₅ chains (ssDNA) end (5')-attached to ultra-flat gold surfaces via a 6-carbon thiol-terminated alkyl linker, as depicted in the top of Figure 1. Using high scan rate cyclic voltammetry (CV) and the Marcus–Hush–Levich (MHL) model (refer to Figure 1, bottom), we extracted and analyzed two critical kinetic parameters: the standard electron transfer rate constant (k_0) and the reorganization energy (λ).¹

Results: Our previous kinetic analysis revealed that attachment of Fc to DNA lowers the standard electron transfer rate constant by decreasing the probability of the redox label's proximity to the electrode.^{2,3} Remarkably, the λ for surface-tethered Fc-DNA was found to be significantly lower (~0.1 eV) than that of free ferrocene in solution (~0.85 eV). Moreover, hybridization with the complementary dA₃₅ strand induces a further reduction in k_0 , and even more so in λ , which significantly underpins the sensing mechanism.

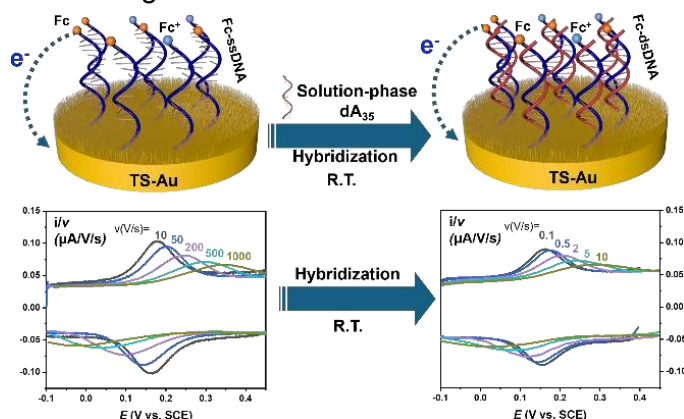


Figure 1. Top: Schematic of ET in single-stranded (left) and hybridized (right) Fc-DNA layers on template stripped (TS)-Au. Bottom: Corresponding CV responses used to extract the kinetic parameters (k_0 , λ) via the MHL model.

We report here the dependencies of these kinetic parameters on electrostatics and solvent dynamics and confront the results to the trends predicted by the MHL model. We notably evidence that ET kinetics of Fc-DNA is largely unaffected by electrostatic effects, as it remained independent of electrolyte concentration. Variable-viscosity measurements demonstrated that while k_0 is largely insensitive to the medium—consistent with non-adiabatic tunneling— λ displays a distinct and unexpected correlation with solvent dynamics. This suggests that the reorganization energy of Fc-DNA layers, and hence their CV response, is tunable through solvent viscosity.

References.

1. J. M. Savéant et al., *J. Phys. Chem. B* **2002**, *106*, 9387–9395.
2. Z. Zheng et al., *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 3652.
3. Z. Zheng et al., *Chem. - A Eur. J.* **2025**, *31*, 1–10.

Redox-active biomineralised zeolitic imidazolate frameworks for enzymatic bioelectrocatalysis with protection

Andrew Gross,^{1*} Monika Joharian,¹ Alexandre Uzel,² Abir Elloumi,^{1,3} Yannig Nedellec,¹ Thierry Encinas,⁴ Serge Gambarelli²

¹ Dept. of Molecular Chemistry, UMR CNRS-UGA 5250, Univ. Grenoble Alpes, 38000 Grenoble, France

² Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, IRIG, SyMMES, Grenoble, 38000, France

³ Faculty of Sciences, Univ. of Monastir, 5019 Monastir, Tunisia

⁴ CMTC, Grenoble Institute of Technology, 38000 Grenoble, France

*Corresponding Author: andrew.gross@univ-grenoble-alpes.fr

Oxidoreductase enzymes are remarkable catalysts that accelerate biochemical reactions with high selectivity and efficiency; however, their fragility and often buried active sites hinder their practical use for bioelectrochemical applications. Strategies are required to address the limited stability of enzyme-electrode interfaces while simultaneously enabling efficient electron transfer and mass transport, particularly under harsh and deactivating conditions. We are exploring the development of materials ranging from polysaccharide hydrogels to metal-organic frameworks (MOF) to overcome stability constraints. In this work, we draw inspiration from natural biomineralisation and explore biomimetic MOFs as protective confinement matrices for enzymatic bioelectrocatalysis. In contrast to previously reported biomimetic MOFs designed for biocatalysis, the frameworks presented here co-encapsulate both the enzyme and redox mediator. This dual incorporation proved essential to enable electron shuttling across the crystalline and insulating zeolitic imidazolate framework (ZIF) matrix. Furthermore, the loadings of both enzyme and redox mediator could be tuned. Using horseradish peroxidase as a model, an enzyme that suffers from substrate inhibition, this strategy resulted in a 3-fold enhancement of bioelectrocatalytic current under classical inhibiting conditions. The protective framework expanded the linear detection range for H₂O₂ biosensing, improved resistance against thermal inactivation, and enhanced 1-week storage stability. Solid-state and solution electron paramagnetic resonance (EPR) experiments confirmed the presence of the intact heme site in the ZIF particles. Limitations were observed in terms of sensor sensitivity and high temperature deactivation. Additional characterisation included pXRD, ATR-FTIR and BET surface area analysis. Finally, we will provide a snapshot into recent bioelectrocatalytic results obtained with (i) conductive MOF-based materials and (ii) amorphous vs. crystalline ZIF architectures.

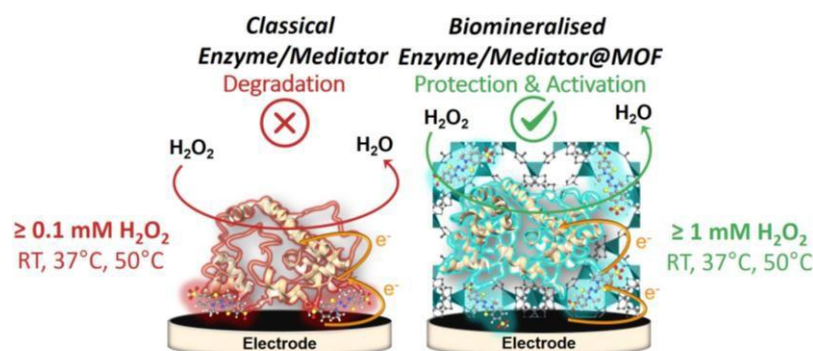


Figure 1. Biomimetic mineralisation protects peroxidase while enabling H₂O₂ bioelectrocatalysis.

Acknowledgment

This work was supported by ANR-20-CE05-0006, PHC Utique 24G1208, and PCN-ICMG.

References

1. M. Joharian, A. Uzel, A. Elloumi, Y. Nedellec, T. Encinas, S. Gambarelli, A. J. Gross*, *J. Mater. Chem. A*, **2025**, *13*, 31699.
2. B. Auer, S. G. Telfer, A. J. Gross*, *Electroanalysis* **2023**, *35*, e202200145
- 3.

Development of hydrogenase-based biosensor for hydrogen

Bogdan Nicola¹, Vita Saska¹, Anne de Poulpiquet¹, Ievgen Mazurenko¹, Elisabeth Lojou¹

¹ Aix-Marseille Université, CNRS, BIP, Bioénergétique et Ingénierie des Protéines UMR 7281 31 chemin Joseph Aiguier 13402 Marseille Cedex 20, France

*Corresponding Author: bnicola@imm.cnrs.fr

The ongoing climate changes make our society orient towards green energy sources in order to reach a climate-neutral economy. In this context, hydrogen gains attention as it can substitute the traditionally used fossil fuels, and has a lot of possible applications in industry, transport, power and buildings sectors. However, the main disadvantage of hydrogen usage in such processes is the requirement for high security conditions, as it is a colourless, odourless, and highly flammable gas, which cannot be perceived without any highly energy-consuming sensing devices. The current H₂ sensors can be categorized based on the transducing principles: catalytic (pellistors), thermoconductive, resistive, electrochemical, optical, mechanical or acoustic. Each type comes with advantages and trade-offs that bring downsides. Mainly, the downsides imply selectivity issues, as they can respond to other gasses as well, response time issues, but the most common of them is the high-power consumption and high cost of production. Thus, developing an electrochemical sensor based on selective enzyme for H₂ detection turns out as an innovative eco-friendly concept for reliable hydrogen leak detection. One hydrogenase suitable for this purpose appears to be the *Aquifex aeolicus* membrane-bound [NiFe]-hydrogenase as it has a series of qualities that allow performing in complex environments: it presents O₂-tolerance, CO-tolerance, and thermostability.^[1] Our group published a proof-of-concept paper showing how this [NiFe]-hydrogenase can be used in building hydrogen sensing device and can serve in a bioreactor containing H₂-producing bacteria. The developed bioelectrode had a sensitivity of 4 $\mu\text{A cm}^{-2}$ per % H₂ and a linear range of detection between 1% and 10. This biosensor's results correlated well with gas chromatography proving its robustness.^[2]

Even though the obtained signal is highly robust, this performance leaves room for improvement in terms of sensitivity, linear range of detection and especially stability. Hereby, we will present the design of the bioelectrode, including the modification of the surface chemistry by different nanomaterials to enhance the catalytic efficiency, as well as different approaches for enzyme immobilization. Moreover, we will compare the kinetics of H₂ oxidation at the electrode to homogeneous conditions looking at the influence of temperature. We will especially outline the influence electrolyte ionic strength has on the stability of the bioelectrode and, finally, we will layout the type of interactions involved in the immobilization.

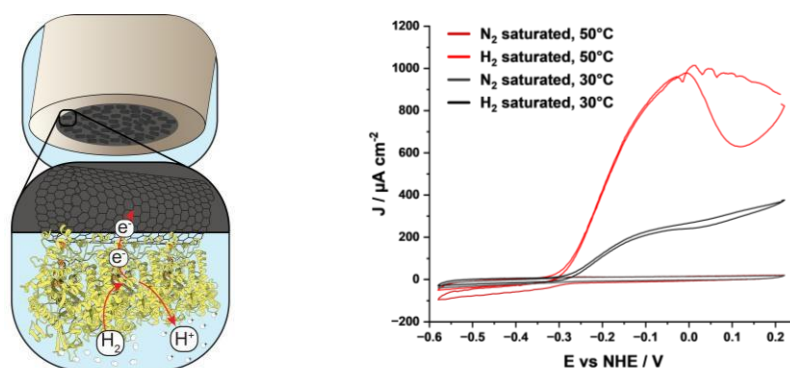


Figure 1. H₂ enzymatic oxidation at electrodes modified with amino-functionalized multiwalled carbon nanotubes and hydrogenase.

References

1. I. Mazurenko, K. Monsalve, P. Infossi, M.-T. Giudici-Orticoni, F. Topin, N. Mano, E. Lojou, *Energy Environ. Sci.* 2017, 10, 1966–1982.
2. T. Kyrpel, V. Saska, A. De Poulpiquet, M. Luglia, A. Soric, M. Roger, O. Tananaiko, M. T. Giudici-Orticoni, E. Lojou, I. Mazurenko, *Biosens. Bioelectron.* 2023, 225, 115106

Thématique 6 :

**Génie électrochimique : électrolytes,
recyclage, procédés
électrométallurgiques**

**Electrochemical engineering : electrolytes, recycling,
electrometallurgical processes**

Distribution of relaxation times (DRT) for interpretation of EIS data of two electrochemical systems

F. Lapique¹, M. Hinaje¹, S. Raël², C. Bonnet¹, M. Wen¹, S. Moubayed¹, A. Woupdounou¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LRGP, 54000 Nancy, France

² Université de Lorraine GREEN, 54500 Vandoeuvre les Nancy, France

*Corresponding Author: francois.lapicque@univ-lorraine.fr

Modelling of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) data has been carried out for decades in view to obtain a logical, reliable representation of the system operated under sustained fluctuations of current or voltage. Beyond the possible physics-based interpretation of these data, engineers may need the characteristic time scales of the various phenomena and their intensity: these can be allowed by determination of their DRT. For instance, when using a fuel cell or a battery under a time profile of current as for urban transport investigated in the group, such determination is of a great interest to identify which phenomena are involved in the considered transient regime of the power train. For DRT modelling, the impedance response is represented by a superimposition of first-order relaxation processes¹: this assumption may not hold for transfer-controlled phenomena, since Warburg elements do not have a single time constant.

DRT-based modelling of EIS data is far from a new domain of investigation, and various methods for DRT determination or estimation have been reported. Most methods rely upon Fourier transform of the impedance imaginary part, later followed by a reverse transform to yield DRT². In addition to the published description of mathematics and signal treatment-based techniques, freewares e.g. DRTtools ®³ have been set available on the web. Contrary to other interpretation techniques of EIS data, DRT determination is far from an easy task and cannot absolutely be carried out blind.

This didactical presentation aims at presenting DRT methods with elements of their potential and their limitations, in particular for moderately-skilled scientists. More precisely, two electrochemical systems, namely a fictitious series of three R-Q circuits and a lithium titanate oxide battery were used. Attempts in DRT modelling were made using either an in-house Matlab programme in steady development, and DRTtools ® freeware. For the two systems, estimated DRTs are discussed in comparison to expected or theoretical distributions as exemplified in Figure 1.

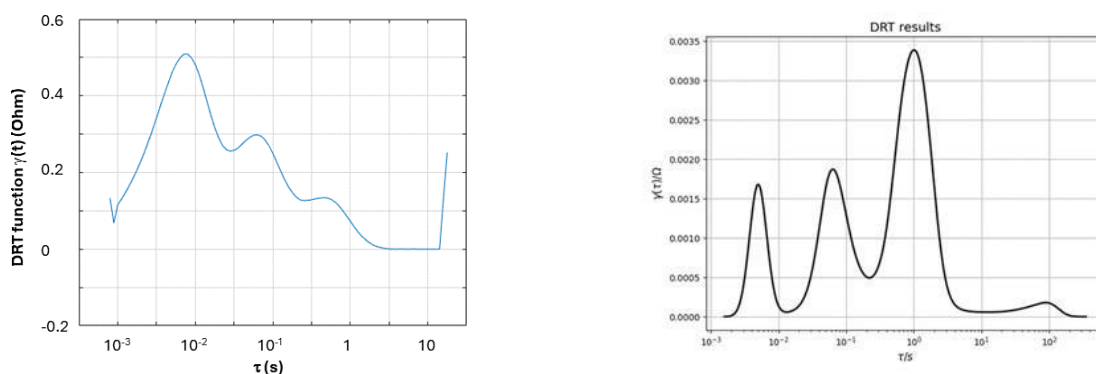


Figure 1: DRT functions of the fictitious circuit of three (R-Q) elements with τ values at 0.005, 0.07 and 1 s. Left, with the in-house programme, right, with DRTtools ©.

References

1. B.A. Boukamp, *Electrochim. Acta* **2015**, *154*, 35-40.
2. H. Schichlein, A.C. Müller, M. Voigts, A. Krügel, E. Ivers-Tiffée, *J. Appl. Electrochem.* **2002**, *32*, 875-882.
3. T.H. Wan, M. Sacoccio, C. Chen, F. Ciucci, *Electrochim. Acta* **2015**, *184*, 583-499

Optimisation des paramètres opératoires pour la valorisation des bicarbonates issus des eaux usées traitées par électroréduction du CO₂

Emmanuel Mousset,^{1*} Saad Diris,^{1,2}

¹ Nantes Université, ONIRIS, CNRS, GEPEA, UMR 6144, F-85000, La Roche-sur-Yon, France

² Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000, Nancy, France

*Auteur de correspondance : emmanuel.mousset@cnrs.fr

L'électroréduction du CO₂ (CO₂ER) représente une voie prometteuse pour la valorisation du carbone dissous dans les effluents de stations d'épuration (STEP), où les concentrations en carbone inorganique total (CIT) sont généralement inférieures à 2 mM. Cependant, la conversion efficace de ces bicarbonates dilués en produits à valeur ajoutée, comme l'acide formique, reste un défi majeur en raison des limitations de transfert de masse et de la compétition avec la réaction de dégagement d'hydrogène (HER).

Ce travail explore l'influence des paramètres opératoires et de l'ingénierie électrochimique sur l'efficacité de CO₂ER à partir de bicarbonates issus d'eaux usées traitées [1]. Une cellule électrochimique de type filtre-pressé, équipée d'une cathode en étain (Sn) — connue pour sa sélectivité envers la formation d'acide formique — a été utilisée. L'étude a porté sur l'optimisation de la distance inter-électrodes (de 250 µm à 3 mm), de la concentration en CIT (15–60 mg-C L⁻¹), et de l'intégration d'une membrane Nafion 115 pour contrôler le transport des protons et limiter la diffusion inverse du formiate.

Les résultats montrent que la réduction de la distance inter-électrodes à l'échelle micrométrique améliore significativement le transfert de masse (jusqu'à $2,06 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$), réduit les pertes ohmiques (0,16 V) et diminue la consommation énergétique (0,034 kWh g⁻¹ d'acide formique) (Tableau 1). Par ailleurs, l'utilisation d'une membrane permet de maintenir un pH acide (pH 4), favorisant la conversion du CO₂ tout en limitant la HER. En conditions optimisées, un rendement de conversion du CO₂ de 50 % a été atteint, malgré la faible concentration en CIT.

Tableau 1. Paramètres optimaux pour favoriser la CO₂ER.

Paramètres	Valeur optimale	Impact principal
Concentration en CIT	20 mg-C L ⁻¹	Maximisation du rendement en acide formique
Distance inter-électrodes	500 µm	Augmentation du transfert de masse, réduction des pertes ohmiques
Présence de membrane	Nafion 115	Contrôle du pH, limitation de la HER

Enfin, des essais menés sur des matrices réelles d'eaux usées traitées ont confirmé la robustesse de l'approche, ouvrant des perspectives pour une intégration directe de la CO₂ER dans les filières de traitement des eaux, combinant dépollution et récupération de ressources.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'ANR REMixSyn (ANR-21-CE04-0006).

References

S. Diris, S. Pontvianne, M. N. Pons, E. Mousset, *Chemosphere*, **2025**, 389, 144697

Valorisation de déchets obtenus par un procédé innovant de dépollution d'eaux chargées en métaux toxiques : Application à l'électro-dégradation du glyphosate

Rana Choumane,¹ Sophie Peulon^{2*}

¹ UMR 3685 NIMBE (CNRS-CEA), CEA Saclay Bâtiment 522, Gif-sur-Yvette, France

² UMR 3685 NIMBE (CNRS-CEA), CEA Saclay Bâtiment 522, Gif-sur-Yvette, France

*Auteure de correspondance : sophie.peulon@cnrs.fr

L'eau, une ressource indispensable à la vie, est en grande tension du fait du changement climatique et d'une pollution croissante liée aux activités anthropiques intenses. Parmi les très nombreux polluants, les métaux sont particulièrement problématiques du fait de leur toxicité, de leur absence de (bio)dégradation et de ce fait leur accumulation dans l'environnement, avec des conséquences importantes pour la santé humaine. C'est dans ce contexte que nous développons des procédés innovants de dépollution d'eaux pour éliminer les métaux toxiques.

L'idée originale de ces procédés est de les éliminer sous forme de films minces adhérents (non métallique) au moyen de réactions électrochimiques classiques (1-5). Cette stratégie brevetée (3-5) est très efficace et ce même pour des mélanges en milieux complexes. Ainsi, le plomb peut être éliminé jusqu'à 99,99%, permettant d'atteindre directement des concentrations acceptables pour l'environnement, et proches de celles fixées pour l'eau potable par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). De plus, les conditions opératoires sont très simples, avec des besoins énergétiques réduits, sans ajout de réactifs toxiques et sans production de déchets, mis à part les films minces facilement récupérés (1-5). Il est important de souligner que ces matériaux possèdent de plus des nanostructures tout à fait originales et potentiellement intéressantes pour des applications variées. C'est donc dans ce contexte que nous avons démontré que des matériaux à base de plomb (Figure 1) présentaient des propriétés d'électro-dégradation extrêmement élevées vis-vis du glyphosate, un des pesticides les plus utilisés au monde, conduisant ainsi à sa minéralisation totale, sans production de son principal produit de dégradation (AMPA), encore plus toxique et plus persistant que le glyphosate (6). Ces résultats sont tout à fait prometteurs pour envisager une économie circulaire optimale.

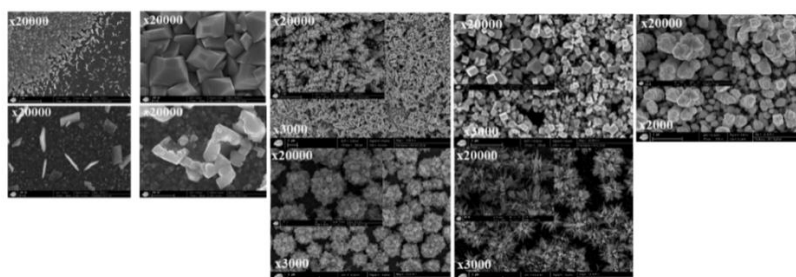


Figure 1. Exemples de nanostructures d'oxydes de plomb obtenues en fonction des conditions d'élimination.

References

1. R. Choumane, S. Peulon, *Chem. Eng. J.* **2021**, 423, 130161.
2. R. Choumane, S. Peulon, *J. Environ. Chem. Eng.* **2022**, 10(06), 108607
3. R. Choumane, S. Peulon, Brevet international, Pays Japon; 21/12/2023
4. R. Choumane, S. Peulon, Brevet international, Pays Corée 13/10/2025
5. R. Choumane, S. Peulon, Brevet international, Pays US 14/01/2025
6. R. Choumane, S. Peulon, *J. Water Process Eng...* **2023**, 54, 1083900

Using oxide and carbonate ions to investigate Ce(III) ions precipitation in molten chlorides

Axel Legris^{1,2}, Olivier Lemoine¹, Pierre Chamelot², Matheiu Gibilaro², Laurent Massot²

¹CEA, DAM, VALDUC, Is-sur-Tille, France

²Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

*Corresponding Author: axel.legris@utoulouse.fr

Pyrochemical processing of plutonium generates spent salts that require treatment to remove actinides from the salt matrix to meet residual activity requirements for disposal as low-level. These salts are NaCl-CaCl₂ at 550°C containing actinide species with oxidation states ranging from (0) to (+IV) (metals, chlorides, oxychlorides, and oxides). To achieve separation, actinides must be converted into oxide forms through the addition of different agents into the molten salt. The formation of actinide (+IV) oxide compounds is essential, as these species are insoluble, enabling a final distillation step [1]. This study investigates the critical parameters influencing this conversion process, mainly by electrochemical studies.

Cerium chloride (CeCl₃) was used as surrogate for plutonium chloride and two reagents (CaO and Na₂CO₃) were used to study the precipitation. Calcium oxide releases oxide ions (O²⁻) into the bath and acts as a precipitant. When dissolved in the molten salt, sodium carbonate may lead to oxide ions (O²⁻) and/or carbonate ions (CO₃²⁻). If stabilized, the carbonate ions may act as an oxidizer. Analytical electrochemical techniques were first used to investigate the behavior of Ce(III) ions in NaCl-CaCl₂ at 550°C. The *in situ* precipitation of Ce(III) was then monitored after successive addition of O²⁻ or CO₃²⁻ to the bath. Under an inert atmosphere, the results demonstrated that CO₃²⁻ ions behave similarly O²⁻ ions, leading to the conversion of most Ce(III) ions into CeOCl. The behavior of this species was discussed in the literature [2-3]. Consequently, the solubility of CeOCl in NaCl-CaCl₂ was directly investigated and found to be low, yet controlled by the concentration of Ce(III) ions.

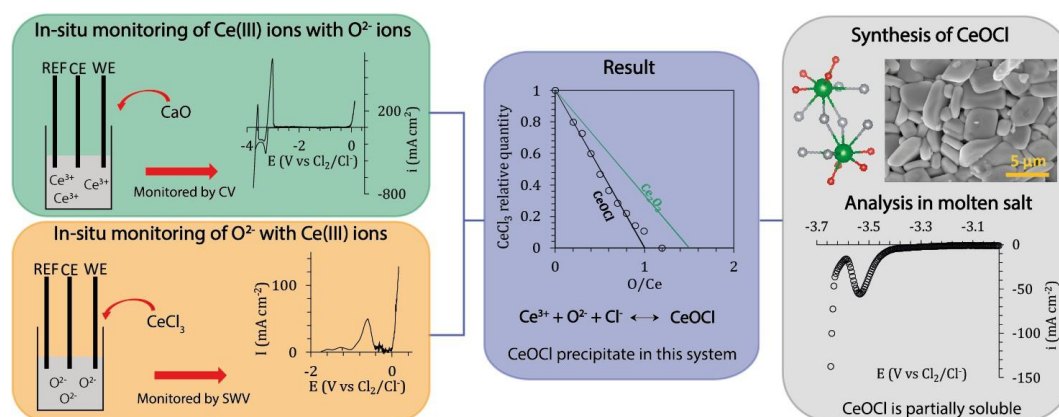


Figure 1. Simplified diagram of the study of Ce(III) and O₂⁻ ions in NaCl-CaCl₂ at 550°C, as well as the study of CeOCl

References

1. Bourgès G, Faure S, Fiers B, et al. Vacuum Distillation of Plutonium Pyrochemical Salts. *Procedia Chem*, 2012; 7: 731–739.
2. Castrillejo Y, Bermejo MR, Pardo R, et al. Use of electrochemical techniques for the study of solubilization processes of cerium-oxide compounds and recovery of the metal from molten chlorides. *J Electroanal Chem* 2002; 522: 124–140.
3. Vandarkuzhali S, Venkatesh P, Ghosh S, et al. Electrochemistry of rare earth oxy ions REO⁺ (RE=Ce, La, Nd) in molten MgCl₂-NaCl-KCl eutectic. *J Electroanal Chem* 2007; 611: 181–191.

Synthèse de mousses métalliques par plasma électrolytique : une nouvelle classe de matériaux

Clara Roy^{1*}, Ronan Botrel¹, Frédéric Durut¹, Aurélie Zentz¹

¹ CEA Valduc, 21120 IS-SUR-TILLE, FRANCE

*Auteur de correspondance : clara.roy@cea.fr

Dans le cadre du programme simulation, le CEA de Valduc a en charge le développement et la fabrication d'objets expérimentaux appelés cibles laser qui sont mis en œuvre sur le laser Mégajoule (LMJ) au CEA du CESTA près de Bordeaux. Sous l'impact des faisceaux laser du LMJ, ces cibles permettent de créer des conditions de température et de pression comparables à celles rencontrées au sein des étoiles.

La fabrication de ces objets très complexes nécessite parfois de développer de nouvelles technologies, à l'image du procédé révolutionnaire dénommé HANETEC™ breveté par le CEA Valduc [1]. Ce procédé permet la synthèse de mousses métalliques de très faible masse volumique (< 1% du massif) par plasma électrolytique. En appliquant une tension entre une anode et une cathode immergées dans un électrolyte, une réduction des ions H⁺ à la cathode engendre un dégagement d'hydrogène intense. La coalescence des bulles d'hydrogène forme alors un film gazeux autour de la cathode, au sein duquel des décharges lumineuses apparaissent. En interagissant avec l'électrolyte, ces décharges cristallisent instantanément sous forme de nanofilaments de métal pur ou allié, créant ainsi un matériau nanostructuré ultra-léger et de faible densité (Fig. 1).

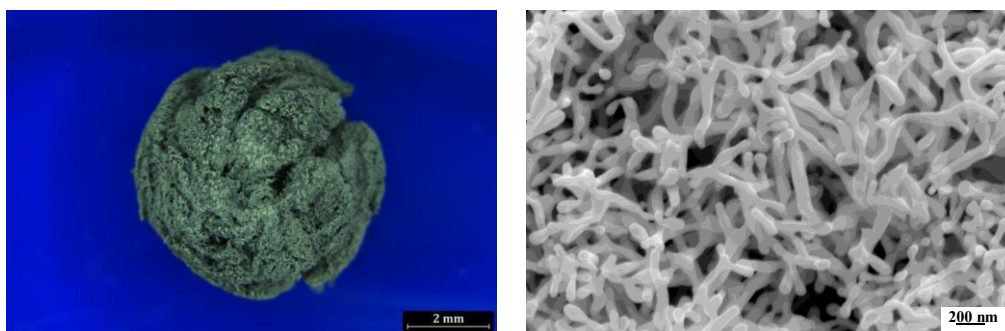


Figure 1: Mousse métallique de platine synthétisée par plasma électrolytique et observation MEB associée.

En donnant accès à cette nouvelle classe de nanomatériaux, ce procédé ouvre des perspectives d'innovation dans des domaines très variés tels que les batteries, les piles à combustible, la catalyse, les capteurs, la médecine ou encore la production et le stockage de l'hydrogène.

Référence

1. R. Botrel, EP 2824219 B, EU patent, **2015**

Etude du comportement électrochimique du cobalt en milieu solvant eutectique profond

Achille Ouédraogo,^{1,2} Fousséni Soma,² Alassane Sorgho,² Moussa Bougouma,² Thomas Doneux^{1*}

¹*Chemistry of Surfaces, Interfaces and Nanomaterials (ChemSIN), Université libre de Bruxelles (ULB), Boulevard du Triomphe, 2, CP 255, B-1050, Bruxelles, Belgium.*

²*Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Energétique (L@CAPSE), UFR/Sciences et Technologies (ST), Avenue Maurice Yameogo, Université Norbert ZONGO, BP 376, Koudougou, Burkina Faso.*

*Auteur de correspondance Thomas.Doneux@ulb.be

Avec l'augmentation constante de l'utilisation des appareils électroniques, des véhicules électriques et des systèmes de stockage d'énergie, les batteries lithium-ion (LIB) occupent aujourd'hui, dans les pays en développement comme le Burkina Faso, une place essentielle. Cependant, cette évolution s'accompagne d'un enjeu majeur : la gestion des batteries usagées. Dans ce contexte, cette étude s'intéresse au comportement électrochimique du cobalt, en vue de sa récupération par voie électrochimique, dans des solvants eutectiques profonds (SEPs) constitués d'un mélange de chlorure de choline (ChCl)-urée ou de (ChCl)-glycérol, considérés comme des solvants verts.

Les mesures voltampérométriques montrent que la réduction du cobalt se fait à des potentiels moins négatifs sur Au comparativement à GC (Figure 1), aussi bien en ChCl-U qu'en ChCl-Gly.

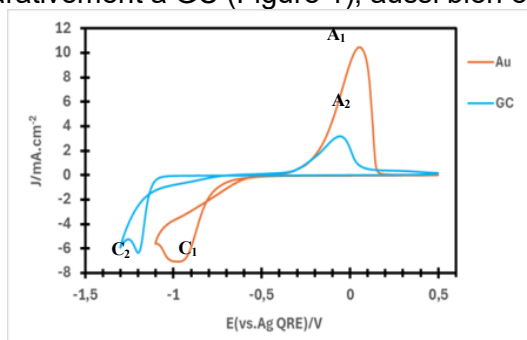


Figure 1. Voltampérogrammes cycliques (premier cycle) en milieu ChCl-U + 100 mmolal de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sur or (Au) et carbone vitreux (GC), $v = 50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$, $T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Le dépôt de cobalt catalyse la réduction du SEP, ce qui limite fortement la fenêtre de potentiel accessible, diminue les rendements faradiques et inhibe le dépôt. Ce problème peut être contourné par l'addition contrôlée de H_2O dans le SEP, qui accélère considérablement la cinétique de dépôt.

La seconde partie du travail évalue les potentialités des SEP en tant que solvants utilisables tant pour la lixiviation du cobalt à partir d'un résidu de batterie que pour sa récupération électrochimique, sans étape de séparation supplémentaire (« one-pot »). Pour ce faire, des expériences de lixiviation ont été menées sur une poudre de LiCoO_2 , dans le ChCl-U et le ChCl-Gly en présence de différents additifs réducteurs (H_2O_2 , acide ascorbique), suivies de mesures électrochimiques d'électrodéposition du cobalt. Bien que les rendements de lixiviation sont modestes et doivent être optimisés, le principe d'une lixiviation-électrodéposition dans un même milieu est démontré.

Thématique 7 :

**Corrosion, revêtements et traitements
des surfaces**

Corrosion, coatings and surface treatments

Plateforme intégrée AESEC-QCM pour la corrélation quantitative entre charge électrochimique, variations de masse et dissolution élémentaire

Nelson Acevedo^{1*}, Borhan Sultan^{1,2}, Hubert Perrot¹, Kevin Ogle², Junsoo Han¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques, LISE, F-75005 Paris, France

² Chimie ParisTech, PSL University, CNRS, Institut de Recherche Chimie Paris (IRCP), F-75005 Paris, France

*Auteur de correspondance : nelson.acevedo@sorbonne-universite.fr

La compréhension des interfaces électrochimiques requiert de relier, en temps réel, le transfert d'électrons, la dissolution élémentaire et l'évolution de la masse interfaciale — des paramètres rarement mesurés simultanément dans des conditions *operando*. Nous présentons ici une plateforme intégrée combinant la spectroélectrochimie à émission atomique et la microbalance à quartz (AESEC-QCM), permettant de corréler directement la charge faradaïque, les vitesses de dissolution résolues par élément et les variations de masse au sein d'une cellule à flux unique, conçue sur mesure par impression 3D¹.

En utilisant une électrode de Cu comme système modèle, la plateforme AESEC-QCM a été validée par des expériences d'électrodéposition et de dissolution anodique pulsée, démontrant une concordance quantitative entre la charge faradaïque, les vitesses de dissolution élémentaire et les variations de masse mesurées par QCM. Les performances du couplage ont ensuite été démontrées lors de l'étude de la formation et de la dissolution d'oxide de Cu dans une eau du robinet synthétique sous conditions galvanostatiques, suivies d'une dissolution spontanée dans une solution tampon au citrate.²

L'approche combinée AESEC-QCM a permis de différencier et de simultanément quantifier les espèces de Cu solubles et insolubles *in situ* et en temps réel. Les résultats fournissent des informations quantitatives auparavant inaccessibles à l'aide d'approches reposant sur une seule technique, telles que le couplage transitoire de surface induit par Cl⁻ pendant la dissolution du Cu ou la formation et l'élimination simultanées de dépôts insolubles de Cu_xO dans l'eau de robinet synthétique. Le couplage AESEC-QCM offre ainsi une plateforme robuste pour élucider les processus électrochimiques et de corrosion complexes impliquant des phénomènes simultanés de dissolution, de dépôt et de transformation de surface.

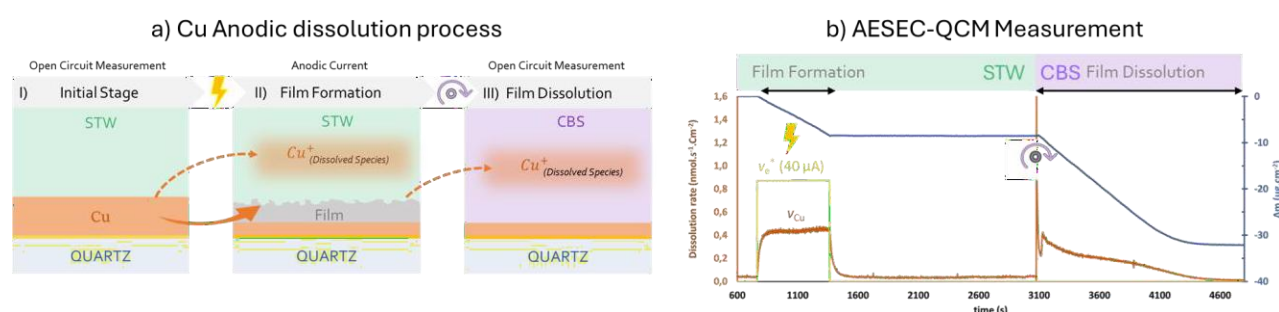


Figure 1. Anodic Copper dissolution in STW-CBS System. a) Cu anodic dissolution Process. b) Dissolution rates and mass changes in STW and CBS.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'ANR dans le cadre de l'appel ANR-JCJC, projet n° ANR-22CE08-0015-01 (QUEENE), ainsi que par l'initiative « France 2030 » du gouvernement français à travers le programme PEPR-DIADEM, piloté par l'ANR, projet n° ANR-23-PEXD-0006.

References

1. B. Sultan et al., *Curr Opi Electrochem* **41**. **2023**. 101350, 10.1016/j.coelec.2023.101350.
2. P. Zhou et al., *Electrochimica Acta* **191**. **2016**. 548-557, 10.1016/j.electacta.2016.01.093.

Etude électrochimique de l'acier 316L hydrophobe texturé par laser femtoseconde : Caractérisation du film passif et de la résistance à la corrosion

Quentin Legrand^{1*}, Sabrina Marcelin¹, Bernard Normand¹, Stéphane Valette²

¹ INSA Lyon, UCBL 1, CNRS, MATEIS, UMR5510, 69621 Villeurbanne, France

² Ecole Centrale de Lyon, CNRS, LTDS, UMR5513, 69130 Ecully, France

*Auteur correspondant : quentin.legrand@insa-lyon.fr

La super-hydrophobie des métaux est recherchée pour des applications diverses telles que l'antigivrage ou l'anti-fouling. Le procédé de texturation laser, notamment femtoseconde, permet de modifier la morphologie et la chimie de surface, permettant ainsi d'atteindre la super-hydrophobie recherchée. Ce traitement de surface modifie à la fois la morphologie et aussi la chimie de surface. Cela se traduit par la transition de la super-hydrophilie (immédiatement après texturation) à l'hydrophobie obtenue après plusieurs jours/semaines. Le temps de transition dépend de l'environnement dans lequel est stocké le matériau texturé [1]. Si le comportement au mouillage est bien maîtrisé, l'origine de cette hydrophobie chimique est mal comprise. Par ailleurs, la robustesse de ces propriétés vis-à-vis de la corrosion reste très marginalement étudiée.

Pour répondre à ces problématiques, les travaux menés se concentrent sur des surfaces à rugosité nanométrique contrôlée (LIPSS : Laser Induced Periodic Surface Structures), dont la transition hydrophile-hydrophobe est bien connue. Une caractérisation par voie électrochimique (mesure de potentiel de corrosion E_{corr} , spectroscopie d'impédance électrochimique et tracé des courbes de polarisation) de ces surfaces en fonction de leur vieillissement est réalisée. Deux solutions électrolytiques ont été choisies : Na_2SO_4 0,1 M et NaCl 0,1 M. Ces caractérisations visent à étudier finement les propriétés du film passif des matériaux texturés et leur résistance à la corrosion, respectivement.

Des mesures électrochimiques locales dans une goutte d'électrolyte, couplées à des mesures de mouillabilité par angles de contact [2] permettent une meilleure compréhension du comportement des surfaces texturées au cours de l'évolution chimique vécue par la surface. Ces caractérisations sont complétées par des analyses de chimie de surface (XPS)

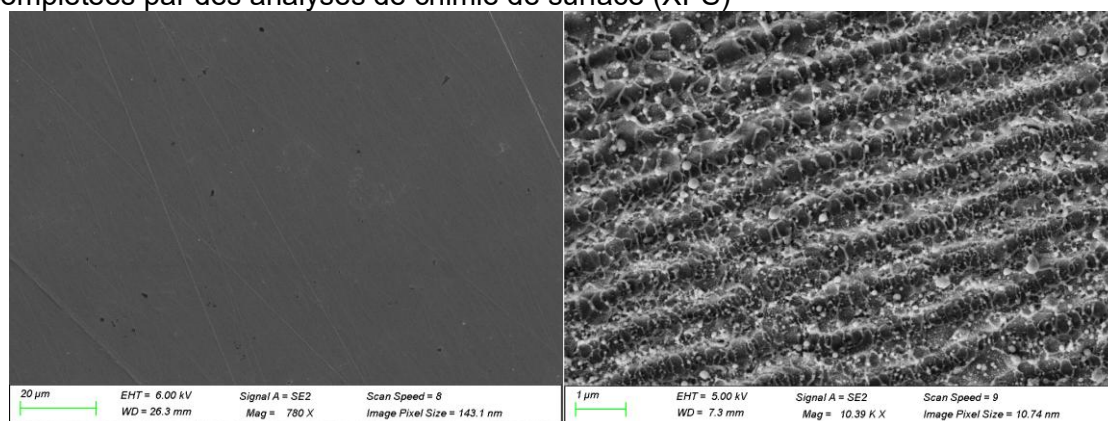


Figure 1. Morphologies des surfaces étudiées (a) 316L poli miroir ; (b) LIPSS sur 316L

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon pour le financement du projet 3DSURF.

References

1. J. Long et al., Applied Surface Science, 2024
2. C. Molena de Assis et al., Anal. Chem., 2016

***In situ* gas measurement coupled with element-resolved electrochemistry: transpassive dissolution of Fe, Cr, Mn and Ni at pH = 3**

Jinyi Yuan^{1*}, Chenyang Xie², Fan Sun², Kevin Ogle², Junsoo Han¹

¹Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques (LISE), F-75005 Paris

²Chimie ParisTech, PSL University, CNRS, Institut de Recherche Chimie Paris (IRCP), F-75005 Paris

*Corresponding Author: jinyi.yuan@sorbonne-universite.fr

Real-time monitoring of dissolved species simultaneously with evolved gases (e.g., oxygen or hydrogen) during electrochemical reactions is crucial for understanding the “hidden” phenomena that cannot be inferred from conventional electrochemical data alone. Atomic emission spectroelectrochemistry (AESEC) enables real-time monitoring of metal ion release into solution by coupling an electrochemical flow cell with inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) or mass spectroscopy (MS), demonstrating its analytical capabilities by decoupling electrochemical signals into elemental information in corrosion and electrocatalyst studies.¹

One of the remaining challenges of this technique is that ICP-based methods detect only dissolved ionic species. Consequently, the electrochemical current originating from gas evolution reactions such as the oxygen evolution reaction (OER) and hydrogen evolution reaction (HER), which are critical for applications in water electrolysis and electrocatalyst development, cannot be directly obtained. To address this limitation, some gas measurement attempts have been tried such as on-line gravimetric hydrogen measurement coupled with AESEC, enabling detailed analysis of reaction stoichiometry and mechanisms. More recently, respirometry technique^{2,3} was integrated with AESEC, providing simultaneous measurement of electron transfer, metal dissolution, and OER as a function of time and potential.

In this work, we apply the coupled AESEC-respirometry approach to transition metals (Fe, Cr, Mn, and Ni) to investigate elemental dissolution and OER kinetics in H₂SO₄ at pH = 3, a condition relevant to proton-exchange membrane fuel cells (PEMFC) and water electrolysis (PEMWE). For Ni in the transpassive domain, AESEC-respirometry enabled decomposition of the total electrochemical current (j_e) into anodic metal dissolution (j_{Ni}), OER rate (j_{O_2}), and oxide formation rate (j_{ox}), *i.e.*, $j_e = j_{Ni} + j_{O_2} + j_{ox}$, allowing determination of the oxidation state of a thermodynamically unstable high-valence Ni oxide/hydroxide species. These findings highlight the potential of AESEC-respirometry to probe reaction stoichiometry and transpassive behavior, offering new insights into the durability of metallic materials under highly oxidizing conditions relevant to emerging technologies.

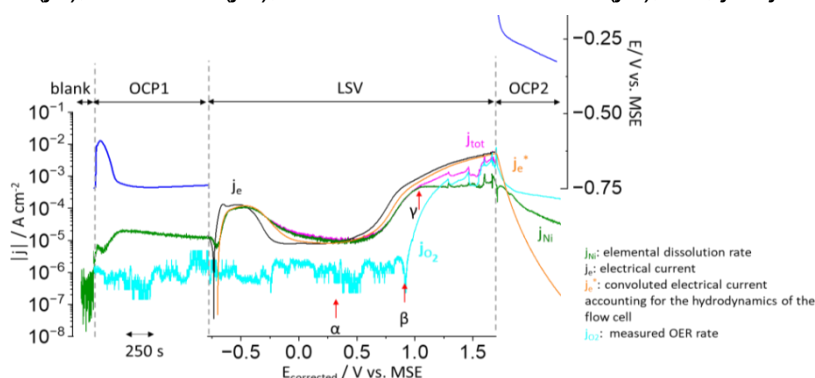


Fig. 1. AESEC-respirometry-LSV of pure Ni in 0.1 M H₂SO₄ (pH = 3, deaerated solution), unpublished.

Acknowledgment

This work was supported by the European Research Council Starting Grant (ERC-STG) under the European Union’s Horizon 2030 research and innovation program (Grant No. 101220159)

References

1. K. Ogle, *Corrosion*, **2019**, 75(12):1398-1419.
2. M. Strebl, M. Bruns, S. Virtanen, *J. Electrochem. Soc.*, **2020**, 167:021510.
3. K. Hariharan, A. Bach, M. Bruns, S. Virtanen, *Electrochim. Acta*, **2025**, 531:146461.

Influence de courants pulsés sur la morphologie de dépôts d'étain obtenus avec un électrolyte sans tensioactif

Mathilde Domaison,^{1,2*} Philippe Gendre,¹ Catherine Debiemme-Chouvy²

¹ PEM-Aalberts Surface Technologies, Siaugues-Saint-Romain, 43300 Siaugues-Sainte-Marie, France

²Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques, 75005 Paris, France

*Auteur de correspondance : mathilde.domaison@aalberts-st.com

Les revêtements d'étain métallique sont utilisés pour de nombreuses applications telles que la connectique. A l'échelle industrielle, l'étamage électrolytique en mode galvanostatique en continu (« reel-to-reel ») est largement déployé. Les formulations industrielles reposent majoritairement sur la chimie de l'étain(II). Les électrolytes se composent généralement d'un acide support, d'un sel d'étain(II), d'un antioxydant ainsi que d'un ou plusieurs tensioactifs. Ces derniers demeurent essentiels pour obtenir des films denses, couvrants et uniformes, mais ils complexifient le procédé et soulèvent des questions environnementales.

Dans l'objectif de réduire, voire d'éliminer, l'utilisation de ces tensioactifs, plusieurs approches peuvent être envisagées telles que l'application de courants pulsés. Leur influence sur la morphologie des dépôts est bien documentée [1], [2], mais principalement pour des bains acides contenant des additifs.[3]

Cette étude porte sur l'effet de courants pulsés simples, lors de l'emploi d'un électrolyte acide dépourvu d'additifs. Comme l'illustre la **Figure 1**, les résultats montrent une amélioration notable du taux de recouvrement du substrat bien qu'il ne soit pas total. Les caractéristiques du signal (t_{on} , t_{off} , charge cathodique) impliquent également une modification significative de la microstructure des dépôts. De plus, il s'avère que le rendement électrochimique observé lors des dépôts est largement impacté par les paramètres de courant imposés.

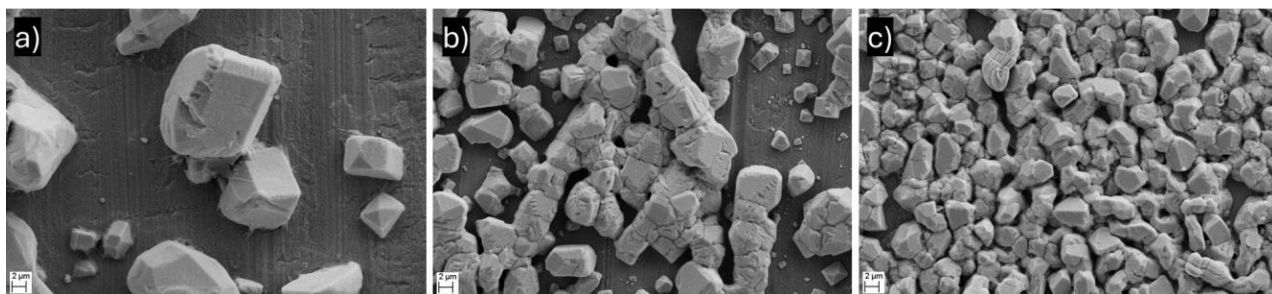


Figure 1 : Micrographies de dépôts d'étain effectués sur laiton, avec un électrolyte acide non additivé, à 10 A.dm⁻² en moyenne. a) courant continu ; b) courant pulsé : $j_{pic} = 100 \text{ A.dm}^{-2}$, $t_{ON} = 10 \text{ ms}$, $t_{OFF} = 90 \text{ ms}$, 600 cycles ; c) courant pulsé : $j_{pic} = 100 \text{ A.dm}^{-2}$, $t_{ON} = 200 \text{ ms}$, $t_{OFF} = 1800 \text{ ms}$, 30 cycles. Charge cathodique : 600 C ; épaisseur théorique : 5 μm .

Remerciements

M. DOMAISON remercie l'ANRT pour le financement de sa thèse (CIFRE).

References

1. B. Nguyen « Électrodéposition par courants pulsés », Techniques de l'Ingénieur, **2016**.
2. E. Mariani, W. Giurlani, M. Bonechi, V. Dell'Aquila, et M. Innocenti, « A systematic study of pulse and pulse reverse plating on acid copper bath for decorative and functional applications », *Sci. Rep.*, **2022**, vol. 12, n^o 1, p. 18175.
3. A. Vincenzo, S. Bonelli, P. L. Cavallotti, « Pulse plating of matt tin: effect on properties », *Trans. IMF*, **2010**, vol. 88, n^o 5, p. 248-255

Electrodeposition of ZnFe coatings from an alkaline electrolyte containing vanillin: occurrence of spontaneous potential oscillations

Omar Solh^{1*}, Jean-Luc Grosseau-Poussard, Juan Creus, Catherine Savall

¹LaSIE UMR 7356 CNRS, La Rochelle Université, La Rochelle, France

*Corresponding Author: omar.solh@univ-lr.fr

Cadmium coatings were historically used for corrosion protection but have been progressively restricted due to their toxicity. Although ZnNi coatings can offer comparable performances, these systems still rely on CMR-classified nickel salts. Concerns related to future restrictions have driven the development of more environmentally friendly alternatives such as ZnFe coatings. This work investigates the elaboration of ZnFe coatings through electrodeposition from a potassium hydroxide based alkaline electrolyte containing zinc oxide, ferrous gluconate and vanillin as an organic additive. The use of p-vanillin (4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhyde) provides the formation of smooth and bright deposits with 15 wt% Fe. Cyclic voltammetry in the electrolyte containing the additive shows some oscillations in current density between -1.7 and -1.8 V/SCE in the forward sweep and even more in the reverse sweep when going from -1.9 to -1.6 V/SCE. Under specific DC galvanostatic conditions, spontaneous and highly periodic potential oscillations occur during ZnFe electrodeposition as shown in figure 1. Previous studies linked this kind of behavior with negative differential resistance (NDR) whose nature may vary with the experimental conditions and the chemical species involved. Such phenomena can be related to modifications in the active electrode surface, adsorption and desorption cycles of additives or metallic complexes^{1,2}, concentration polarization near the electrode, and/or the formation and release of hydrogen bubbles³. The electrodeposits obtained in such conditions exhibit a nanometric, nodular, dense and smooth morphology. In order to better understand the cause of the spontaneous oscillations and the role of the additive, different experimental approaches are used. Characterizations techniques such as GD-OES and hot extraction analyses are used to determine whether the additive is incorporated into the coatings. ZnFe coatings are also characterized by SEM, XRD and XPS to evaluate the effect of both the additive and the current density on their microstructure. A reaction mechanism of the additive is proposed in order to understand its impact during the electrodeposition process.

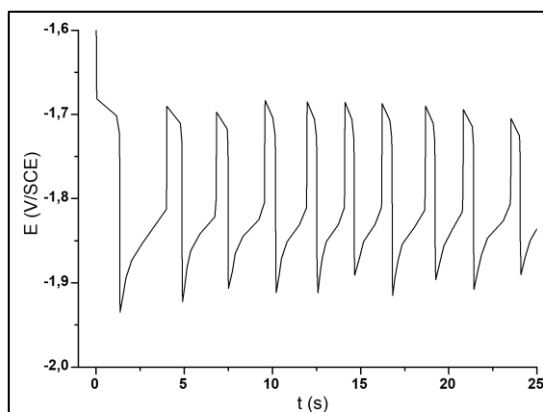


Figure 1. Spontaneous potential oscillations observed during ZnFe galvanostatic electrodeposition.

References

1. Nakanishi, S.; Sakai, S.; Nishimura, K.; Nakato, Y. Layer-by-Layer Electrodeposition of Copper in the Presence of *o*-Phenanthroline, Caused by a New Type of Hidden NDR Oscillation with the Effective Electrode Surface Area as the Key Variable. *J. Phys. Chem. B* **2005**, *109* (40), 18846–18851.
2. Chan, P.-F.; Dow, W.-P. Spontaneous Potential Oscillation Resulting in Copper Deposit with Ultra-Large Grains. *J. Electrochem. Soc.* **2019**, *166* (16), D891–D897.
3. Yi, H.; Cui, Y.; Shang, W. Insight into Potential Oscillation Behaviors during Zn Electrodeposition: Mechanism and Inspiration for Rechargeable Zn Batteries. *Chemical Engineering Journal* **2022**, *438*

Electrodeposited ZnO antibacterial coating on 3D alloy scaffolds for orthopaedic implants

Emma Stéphan¹, Laurent Weiss², Marius Colin³, Liang Liu^{1*}, Samantha Soulé^{1*}

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, 54000 Nancy, France

² Université de Lorraine, CNRS, LEM3 - UMR7239, 57000 Metz, France

³ Université de Reims Champagne-Ardenne, BIOS, Reims, France

*Corresponding Authors: samantha.soule@univ-lorraine.fr, liang.liu@univ-lorraine.fr

Medical-grade titanium alloys, like TA-6Al-4V, are widely used for orthopaedic implants due to their high strength-to-weight ratio, proven biocompatibility and elastic modulus close to the natural bone¹. Additive manufacturing allows patient-specific customization structures that promote bone ingrowth; however, this large specific surface area also increases the risk of bacterial adhesion. Postoperative infections are a major cause of implant failure³, effective surface functionalization is therefore essential to prevent bacterial contamination at each step of the surgery. ZnO nanostructures are well known for their antibacterial activity through several concomitant mechanisms: a mechanical effect, where the nanowires can perforate bacterial membranes, a release effect, associated with the dissolution of Zn²⁺ ions and/or the production of reactive oxygen species (ROS)⁴ and membrane dysfunction associated with ZnO nanostructure interactions. The ICARUS-FALL project therefore explores ZnO electrodeposition to uniformly coat complex TA6V lattice structures, including internal porosities. The coating is made in three steps: (i) chemical surface polishing, (ii) ZnO nanoseed dip-coating, and (iii) electrochemical growth of vertical nanowires.

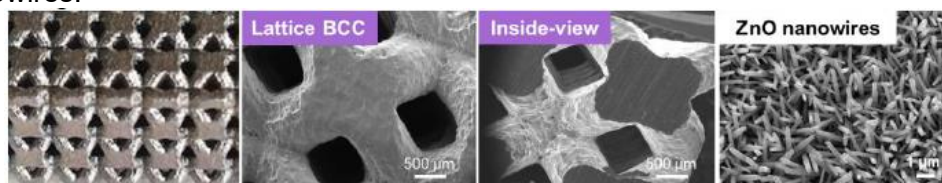


Figure 1: SEM images of outer and inner TA6V lattices and electrodeposited ZnO nanowires.

Different parameters will be investigated to control nanowire morphology and topography, including electrodeposition conditions (applied potential, deposition time, electrolyte concentration), and seed layer properties (thickness and uniformity). These factors influence nanowire features like aspect ratio and density, which will be optimized to maximize antibacterial activity. Cytotoxicity assays will then be conducted to assess the biocompatibility of the coating, complemented by corrosion tests to evaluate its stability.

Acknowledgment

This work is supported by ANR (ANR-24-CE08-0143-02) and conducted in collaboration with LEM3 (University of Lorraine, Metz, France) and BIOS (University of Champagne-Ardenne, Reims, France). We thank the spectroscopy and microscopy Service Facility (SMI) of LCPME (UMR 7564, Université de Lorraine – CNRS, 405 rue de Vandoeuvre 54600, France, <https://www.lcpme.ul.cnrs.fr>)

References

1. W. Wang, T.L. Li, H.M. Wong, P.K. Chu et al., Development of novel implants with self-antibacterial performance through in-situ growth of 1D ZnO nanowire; *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*; 141 (2016) 623–633
2. Y. Wu, X. Shi, J. Wang, Y. Li et al., A surface metal ion-modified 3D-printed Ti-6Al-4V implant with direct and immunoregulatory antibacterial and osteogenic activity; *Frontiers Bioengineering and Biotechnology*; 11 (2023) 1142264
3. C.M. Bhadra, V.K. Truong, V.T.H. Pham, M.A. Kobaisi et al., Antibacterial titanium nano-patterned arrays inspired by dragonfly wings; *Scientific Reports*; 5 (2015) 16817
4. I. Ullah, P. Ou, L. Xie, Q. Liao et al., Diffusion-driven fabrication of calcium and phosphorous-doped zinc oxide heterostructures on titanium to achieve dual functions of osteogenesis and preventing bacterial infections; *Acta Biomaterialia*; 175 (2024) 382-394

Utilisation d'un mélange de molybdate et de phosphates comme inhibiteur de corrosion aqueux pour l'acier au carbone

Rafaël Daban^{1*}, Elise Duquesne¹, Frédéric Miserque¹, Catherine Guerre¹, Nathalie Gruet¹

¹ Université Paris-Saclay, CEA, Service de recherche en Corrosion et Comportement des Matériaux, 91191 Gif-SurYvette, France

*Auteur correspondant : rafael.daban@cea.fr

La corrosion des aciers au carbone en milieu aqueux représente un défi majeur. Bien que ces aciers soient largement utilisés en raison de leurs propriétés mécaniques et leur faible coût, ils sont sensibles aux phénomènes de corrosion uniforme et de corrosion par piqûres. L'ajout d'inhibiteurs est une des méthodes usuelles permettant de limiter leur corrosion. Le molybdate de potassium (K_2MoO_4) [1], [2] ainsi que le phosphate de potassium et l'hydrogénophosphate de potassium (K_3PO_4 et K_2HPO_4) sont connus pour leur effet inhibiteur sur la corrosion [3]. Il est établi dans la littérature que les ions phosphate et molybdate favorisent la formation de couches protectrices à l'interface métal/solution selon des mécanismes d'action distincts. Celui des ions molybdates repose principalement sur leur adsorption à la surface du métal, conduisant à la stabilisation et au renforcement du film d'oxyde. Quant aux ions phosphate, ils jouent un double rôle : en plus de stabiliser l'interface métal/solution, ils augmentent le pH du milieu, renforçant ainsi la protection globale de l'acier. Si leur utilisation individuelle a été largement étudiée, l'emploi combiné de ces inhibiteurs demeure encore insuffisamment exploré, notamment sur l'évaluation d'une éventuelle synergie de leurs effets protecteurs.

L'approche méthodologique adoptée pour l'étude du mélange molybdates/phosphates s'appuie sur l'évaluation de l'effet de paramètres environnementaux tels que la température, la concentration en inhibiteurs, la présence d'oxygène dissous et le pH. Dans un premier temps, des mesures de voltampérométrie et de spectroscopie d'impédance électrochimique ont été réalisées sur des échantillons d'acier au carbone exposés à des solutions contenant différentes concentrations d'inhibiteurs, à différents pH (entre 9 et 11,5), et pour deux températures (25 °C et 80 °C), en milieux aérés et désaérés, une fois le régime quasi-stationnaire de corrosion établi. L'analyse combinée des courbes voltampérométriques, et des spectres d'impédance a permis de quantifier l'effet des inhibiteurs en fonction des paramètres expérimentaux précités, mettant en évidence une amélioration significative de la protection de l'acier à partir d'une concentration seuil du mélange molybdate/phosphates ainsi que l'influence importante du pH sur l'efficacité de cette protection.

L'évolution des caractéristiques électrochimiques de la couche d'oxyde formée à la surface de l'acier a été suivie *in situ* par impédance électrochimique sur une période de 15 jours, afin d'évaluer la stabilité et l'efficacité de l'inhibition sur des temps plus longs. Ces observations ont été complétées par des essais gravimétriques menés pendant 45 jours, permettant un maintien à plus long terme des performances inhibitrices. Par ailleurs, les couches d'oxyde formées à la surface des échantillons ont été caractérisées *ex situ* par spectroscopie de photoélectrons X (XPS), apportant des informations sur la composition chimique et les degrés d'oxydation des éléments composant ces couches. L'analyse de ces différents résultats a permis d'établir une meilleure compréhension du rôle synergique des inhibiteurs et de leurs effets sur la protection de l'acier ouvrant la voie à l'élaboration d'un modèle mécanistique de l'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone par ce mélange spécifique d'inhibiteurs.

References

1. M. Saremi, C. Dehghanian, et M. M. Sabet, « The effect of molybdate concentration and hydrodynamic effect on mild steel corrosion inhibition in simulated cooling water », *Corrosion Science*, vol. 48, n° 6, p. 1404- 1412, juin 2006, doi: 10.1016/j.corsci.2005.06.009.
2. M. S. Vukasovich et J. P. G. Farr, « Molybdate in corrosion inhibition—A review », *Polyhedron*, vol. 5, n° 1- 2, p. 551- 559, janv. 1986, doi: 10.1016/S0277-5387(00)84963-3.
3. A. Mohagheghi et R. Arefinia, « Corrosion inhibition of carbon steel by dipotassium hydrogen phosphate in alkaline solutions with low chloride contamination », *Construction and Building Materials*, vol. 187, p. 760- 772, oct. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.181.

Design and synthesis of a newly synthesized organic salt inhibitor: Synergistic corrosion protection of mild steel explored by electrochemical, DFT, and molecular simulation studies

Najoua ElAssali^{1*}, Hamza Hailou¹, Driss Rair¹, Touria Jermoumi¹, El Hassan El Kafssaoui¹, And Abdelkrim Chahine¹

¹ Laboratory of Advanced Materials and Process Engineering, Faculty of Science, Ibn Tofail University, Kenitra BP.133-14000, Morocco

*Corresponding Author: najoua.elassali@uit.ac.ma

This study focuses on the synthesis and characterization of an organic corrosion inhibitor designed to protect mild steel in hydrochloric acid environments. After optimization of the synthesis, the compound was characterized using various techniques: IR, ¹H NMR and ¹³C NMR, XRD, MS, TGA, DSC, UV (solid and liquid), and SEM-EDX, in order to confirm its structure, thermal stability, and morphology. The corrosion inhibition performance of the inhibitor was first evaluated using electrochemical techniques, including potentiodynamic polarization and electrochemical impedance spectroscopy, in a 1 M HCl solution at different concentrations. The influence of immersion time, kinetic parameters, and the effect of temperature were used to analyze the adsorption mechanism and the formation of the protective film on the metal surface. Subsequently, the synergistic effect of the two reagents (Fig1.) constituting the inhibitor was studied in order to evaluate their interaction and their joint contribution to improving the inhibition efficiency. Finally, calculations based on density functional theory (DFT) and molecular simulations were performed to gain a deeper understanding of the electronic parameters and the mode of interaction between the molecule and the metal surface.¹ This integrated approach demonstrates the potential of this inhibitor for protecting mild steel in corrosive environments.

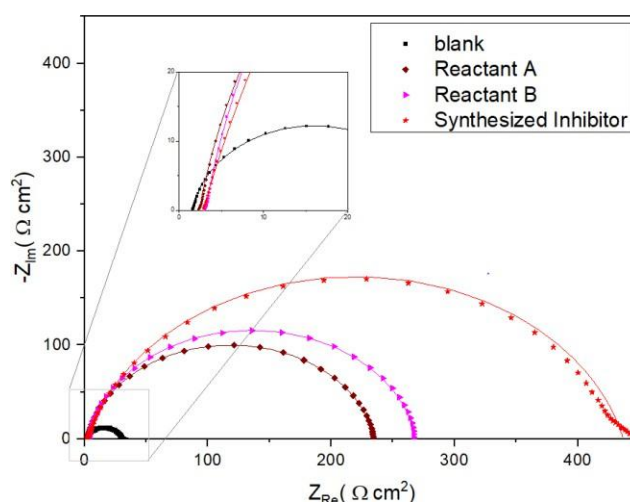


Figure 1: Nyquist plots for MS in 1 M HCl solution in the absence and presence of Reactant A, Reactant B, and the synthesized inhibitor.

References

1. Rbaa, M.; Benhiba, F.; Obot, I. B.; Oudda, H.; Warad, I.; Lakhrissi, B.; Zarrouk, A. Two New 8-Hydroxyquinoline Derivatives as an Efficient Corrosion Inhibitors for Mild Steel in Hydrochloric Acid: Synthesis, Electrochemical, Surface Morphological, UV-Visible and Theoretical Studies. *Journal of Molecular Liquids* **2019**, *276*, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.11.104>.

Dépôt électrolytique galvanostatique de nickel métal après amincissement de la couche barrière de films anodiques élaborés sur des alliages d'aluminium commerciaux

Ana Gasco-Owens¹, Jérôme Roche¹, Laurent Arurault^{1*}

¹ CIRIMAT (UT, CNRS, INPT), Université de Toulouse, Bât. CIRIMAT, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 9, France

*Auteure de correspondance : laurent.arurault@utoulouse.fr

La réduction de l'épaisseur de la couche barrière des films anodiques élaborés sur des substrats d'aluminium raffinés, est usuellement utilisée pour élaborer - par anodisation en deux étapes - des matrices d'oxyde d'aluminium (AAO) hautement ordonnées, permettant la synthèse ultérieure de nano-objets. En revanche, peu d'études portent sur l'amincissement similaire de la couche barrière de films anodiques obtenus par anodisation - en une seule étape - d'alliages d'aluminium (AA) commerciaux, c-à-d. des substrats métalliques multiphasés. Or, ce besoin devient d'actualité, notamment pour les applications futures exigeant une conductivité électrique transverse des films anodiques élaborés sur des alliages d'aluminium commerciaux.

Cette étude vise à développer une méthode simple et économique pour réduire l'épaisseur de la couche barrière de ces films anodiques à la porosité plus complexe, élaborés sur les alliages d'aluminium (AA) 1050, 2024-T3 et 7075-T6. Les résultats montrent qu'il est possible d'obtenir des films anodiques sur des substrats constitués de tels alliages d'aluminium, mais avec des épaisseurs de couche barrière contrôlées à l'échelle nanométrique. Ce procédé permet le dépôt ultérieur de nickel métallique dans toute l'épaisseur du revêtement et, par conséquent possiblement, l'obtention d'une conductivité électrique transversale, allant de la surface jusqu'au substrat métallique.

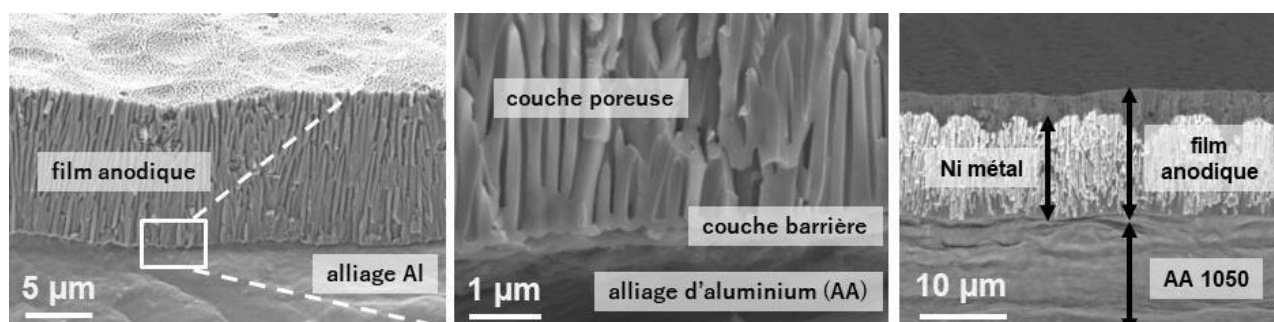


Figure 1 : Vues MEB-FEG en coupes transversales de : (à gauche) un film anodique avant amincissement de la couche barrière, (au centre) la couche barrière correspondante, (à droite) un dépôt de nickel métallique après amincissement de la couche barrière

References

1. A. Gasco-Owens, J. Roche, L. Arurault, Nanocontrolled thinning of the barrier layer thickness of porous anodic films using galvanodynamic polarization of aluminum alloys, *Electrochimica Acta*, **2024**, 479, 143894. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.143894>

Marquage électrochimique des défauts actifs dans les couches anodisées d'alliages d'aluminium : développement et utilisation

Dorian Lepesant¹, Delphine Veys-Renaux¹, Emmanuel Rocca¹, Najat Chahboun²

¹Institut Jean Lamour, Campus Artem, 2 Allée André Guinier, 54011 Nancy, France

²Safran Landing Systems, 5 rue Saint Exupéry, 67120 Molsheim

*Auteur de correspondance : dorian.lepesant@univ-lorraine.fr

Les alliages d'aluminium 2024 sont très utilisés dans l'industrie aéronautique pour leurs propriétés mécaniques. En effet, l'ajout d'éléments d'alliage comme le cuivre permet la précipitation de phases durcissantes, mais en augmentant la sensibilité à la corrosion des alliages considérés. Pour faire face à ce problème, des procédés de traitement de surface sont développés. L'anodisation est un procédé électrochimique qui permet la formation en surface d'une couche d'alumine de plusieurs microns qui est ensuite colmatée pour renforcer davantage la résistance à la corrosion du substrat. Cependant, malgré la protection apportée par ce traitement multi-étapes, certaines pièces aéronautiques présentent de la corrosion par piqûre. Lors de l'anodisation, les phases intermétalliques de l'alliage génèrent différents défauts morphologiques au sein de la couche d'anodisation, notamment des cavités issues de leur dissolution partielle, qui peuvent ensuite constituer des sites d'initiation de la corrosion par piqûre.

L'activité électrochimique de ces phases joue ainsi un rôle essentiel dans la formation et la propagation du phénomène de corrosion par piqûres. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de développer une méthodologie de marquage par électrodéposition de nickel permettant d'identifier et localiser les défauts électroactifs et de quantifier l'aire électrochimiquement active au sein des couches anodisées. Les défauts marqués correspondent aux zones où un échange d'électrons est possible, c'est-à-dire des défauts susceptibles d'initier une corrosion localisée. L'aire active est déterminée à partir du courant de dépôt mesuré, rapporté à une aire de surface de référence obtenue sur alliage 1050 (peu allié).

Dans un premier temps, les conditions optimales de marquage (électrolyte, pH, potentiel et temps de polarisation) ont été définies sur l'alliage 1050 en raison de sa très faible teneur en éléments d'alliage. Ces conditions ont été choisies à partir de mesures de voltamétrie et de polarisation potentiostatique. Les dépôts obtenus ont été caractérisés par MEB-EDX, DRX et ATG. La méthodologie a ensuite été transposée aux alliages 2024 non anodisés puis anodisés.

L'étude électrochimique a permis de définir une plage de potentiel de réduction des sels de nickels dans les défauts micrométriques sans détruire la couche anodisée. Enfin, l'application du marquage sur les alliages 2024 anodisés a permis de valider la méthodologie et d'identifier les défauts les plus électroactifs, ouvrant la voie à une future classification de ces défauts en fonction de leur réactivité.

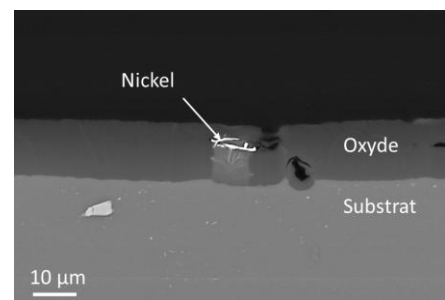


Figure : Micrographie BSE en coupe transversale d'un alliage 2024 anodisé polarisé 5 minutes à -1,2V/ECS

Étude de l'électropolissage de l'alliage CuSn10 en milieu DES sur une électrode à cylindre tournant

Marie Guerrier¹, Jean-Yves Hihn¹, Marie-Laure Doche^{1*}

¹ Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, Institut UTINAM UMR 6213, Besançon, France

*Auteur de correspondance : marie-laure.doche@umlp.fr

Le projet INTERREG ECOPOL, soutenu par les fonds FEDER, vise à développer un procédé d'électropolissage (EP) innovant et performant utilisant des électrolytes écoresponsables pour l'électropolissage d'alliages précieux et semi-précieux. Ce projet s'inscrit dans la suite des travaux de thèse de Julymar Rodriguez [1].

La présente étude se concentre sur le bronze CuSn10, un alliage de cuivre largement utilisé dans l'industrie du luxe et qui servira de modèle pour le développement et l'optimisation du procédé sur les métaux précieux. L'objectif principal est de comparer l'efficacité de solvants eutectiques profonds (DES) avec celle d'un électrolyte conventionnel à base d'acide phosphorique à 66 % — couramment employé pour l'électropolissage des alliages cuivreux, mais présentant des risques significatifs pour les opérateurs.

Il s'agit d'explorer spécifiquement le comportement électrochimique et l'aptitude à l'électropolissage du cuivre pur et du bronze CuSn10 dans l'éthaline, un mélange de chlorure de choline et d'éthylène glycol (en proportion molaire 1:2). L'électropolissage des alliages cuivreux en milieux DES reste peu documenté dans la littérature [2, 3].

L'objectif est de trouver les conditions opératoires optimales (température, courant / potentiel, agitation, temps de traitement). Les expériences sont menées sur une électrode à cylindre tournant (ECT), permettant de modéliser le transport de matière sur des surfaces plus complexes et étendues qu'avec une électrode à disque tournant (EDT). La cellule de géométrie cylindrique offre une base pour transposer les résultats à un dispositif pilote, capable de traiter un plus grand nombre de pièces sur un axe rotatif.

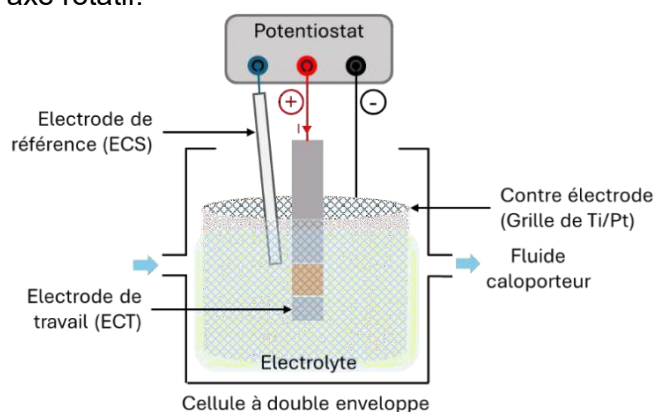


Figure 1. Schéma du dispositif d'électropolissage en configuration cylindrique

Remerciements

Financements : INTERREG France-Suisse cofinancé par l'Union Européenne Partenaires : LOSANGE, UTINAM, RICHEMONT, PX SERVICES, HE ARC

References

- Julymar Rodriguez, « Étude des mécanismes d'électropolissage dédiée aux alliages d'or 18 carats en milieux aqueux et solvants eutectiques profonds ». Thèse de doctorat. Université Bourgogne Franche-Comté, 2024.
- T. M. Abdel-Fattah, J. D. Loftis, Comparison of Electrochemical Polishing Treatments between Phosphoric Acid and a Deep Eutectic Solvent for High-Purity Copper. *Sustainable Chemistry* **2022**, 3(2), 238-247. <https://doi.org/10.3390/suschem3020015>
- A. Kityk, F. Danilov, V. Protsenko, V. Pavlik, M. Boča, Y. Halahovets, Electropolishing of two kinds of bronze in a deep eutectic solvent (Ethaline). *Surface And Coatings Technology* **2020**, 397, 126060. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126060>

Développement et mise au point d'un dispositif pour l'étude simultanée de l'entartrage et de la corrosion sur des électrodes métalliques

Lucile Ferreira Tavares Goncalves¹, Hélène Cheap-Charpentier^{2*}, Hubert Perrot¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimique, LISE, F-75005 Paris, France

² EPF – Graduate School of Engineering, 55 avenue du president Wilson, 94230 Cachan, France

*Auteur de correspondance : helene.cheap-charpentier@epf.fr

Dans les installations industrielles nécessitant des flux d'eau, l'entartrage et la corrosion sont des problèmes majeurs dus aux différences de pression et de température des effluents ainsi qu'à la nature des matériaux utilisés au contact. De plus, les défauts et microporosités réparties aléatoirement dans les dépôts minéraux, ainsi que la différence de potentiel entre les surfaces entartrées et le métal nu, va provoquer une accélération de la corrosion du métal [1-3]. Il existe des dispositifs permettant une investigation simultanée de l'entartrage et de la corrosion mais la plupart ne sont pas adéquats pour des études électrochimiques sous température et hydrodynamique contrôlée de l'électrode, paramètres clés pour ces études [4-5]. L'entartrage et la corrosion, bien que concomitants sont souvent étudiés séparément. De ce fait, il paraît opportun de développer un dispositif innovant permettant l'étude simultanée de ces deux phénomènes, afin de permettre un traitement efficace à l'aide d'inhibiteurs verts.

Une étude par étapes est réalisée. La première étape est d'étudier les phénomènes séparément avec des méthodes connues. Pour l'entartrage, la précipitation contrôlée rapide (PCR), la chronoampérométrie (CA), la microbalance à cristal de quartz couplée à l'électrochimie (EQCM) et la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) ont été utilisées. La SIE est également utilisée pour la corrosion ainsi que la polarisation linéaire. Des tests de traitement de l'eau à base d'inhibiteurs verts pour inhiber à la fois l'entartrage et la corrosion sont également réalisés séparément afin de s'assurer de leur efficacité avant de les utiliser directement avec le nouveau dispositif développé.

Ensuite, l'étude simultanée est réalisée à l'aide de ce dernier. Celui-ci permet l'utilisation de techniques électrochimiques de caractérisation des différents phénomènes mais également la mesure du pH, de la conductimétrie de la solution ainsi que de la température de l'électrode de travail.

L'efficacité d'un inhibiteur, l'acide polyacrylique-co-maléique, agissant à la fois contre le tartre et la corrosion est démontrée à très faible concentration, de l'ordre de 0,1 ppm. Le dispositif développé a permis la formation de tartre thermique et de tester l'efficacité de cet inhibiteur. Les surfaces ont été caractérisées par SEI, EQCM et MEB afin de prouver l'efficacité de l'inhibiteur sélectionné.

References

1. Y. Luo, Z. Chen, W. Xu, Z. Chen, X. Wang, B. Hong and X. Ruan, *International Journal of Electrochemical Science*, **2024**, *19*, 100510.
2. S. He, H. Zhao, P. Tontiwachwuthikul, Y. Qiu, S. Luo and X. Xia, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, **2022**, *121*, 103799.
3. G. R. Osorio-Celestino, M. Hernandez, D. Solis-Ibarra, S. Tehuacanero-Cuapa, A. Rodríguez-Gómez and A. P. Gómora-Figueroa, *ACS Omega*, **2020**, *5*, 17304–17313.
4. Federico Bertin. Impact of mineral scaling on corrosion and stress corrosion cracking of steels in geothermal environment. Other. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2024. English. (NNT : 2024EMSEM008). (tel-05198630)
5. L. Sanders, X. Hu, E. Mavredaki, V. Eroini, R. Barker and A. Neville, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **2014**, *118*, 126–139.

Communications par
Affiches
Posters

In situ low frequency Raman spectroscopy of caffeine : 1-hydroxy-2-naphthoic acid co-crystallization at the polarized liquid-liquid interface

Romald Yavo Yechi *, Magdalena Kaliszczak, Grégoire Herzog, Manuel Dossot

Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

*Corresponding Author: yechi-romald.yavo@univ-lorraine.fr

Controlled cocrystal formation represents a major challenge in pharmaceutical development, as it enables modulation of an active pharmaceutical ingredient's properties without altering its chemical structure. In this study, we investigated the cocrystallization of caffeine and lipophilic 1-hydroxy-2-naphthoic acid at the interface between two immiscible electrolyte solutions (ITIES) using an electrochemical approach, in order to evaluate the influence of interfacial polarization on possible polymorph selection during electro-crystallization process.

The co-crystallization of caffeine :1-hydroxy-2-naphthoic acid was realized at ITIES by changing the electrical polarization of the interface. Crystals were clearly observed and analyzed by low-frequency Raman spectroscopy both in situ (i.e. at the ITIES) and ex situ (i.e. after collecting the crystals on pieces of silicon and drying them under ambient air). This study and also X-ray diffraction analysis of the collected crystals allowed the identification of two cocrystal forms I and II. Low-Frequency Raman Spectra revealed differences in characteristic bands between the Caff:1H2N cocrystals and the starting materials, confirming the absence of residual reactants in the product collected at the interface. These observations suggested that interfacial polarization enabled the electrochemical control of the cocrystallization process.

This approach demonstrates that electrochemical control at ITIES interfaces constitutes an innovative strategy towards targeted polymorph selection, offering promising perspectives for the design and optimization of new pharmaceutical forms.

Acknowledgment

This work was supported partly by the french France 2030 program "Lorraine Initiative of Excellence".

Reference

M. Kaliszczak, P. Durand, E. Wenger, M. Dossot, F. Jones, D. W. M. Arrigan, and G. Herzog, *CrystEngComm* 2021, 24, 48.

Etude d'un procédé d'électrochimie bipolaire par microscopie de fluorescence

Xin Fu,^{1*} Guillaume Longatte¹, Bertrand Goudeau¹, Alexander Kuhn¹, Laurent Bouffier¹

¹ Université de Bordeaux, Bordeaux INP, ISM, UMR CNRS 5255, Pessac 33607, France

*guillaume.longatte@u-bordeaux.fr

HPTS (Acide 8-Hydroxypyrene-1,3,6-trisulfonique)¹ est une sonde de fluorescence dont les propriétés optiques peuvent être commutables électrochimiquement ou par variation de pH. Nous proposons ici d'utiliser ses propriétés acido-basiques pour étudier un procédé électrochimique pour lequel le courant n'est pas directement mesurable : l'électrochimie bipolaire.

Pour ce faire, la réduction d'une benzoquinone sera utilisée pour induire une variation de pH², permettant l'exaltation de la fluorescence de HPTS. L'influence de différents paramètres seront étudiés, tels que la tension appliquée, le temps, ou encore la concentration en benzoquinone introduite. Les résultats seront présentés sous forme de clichés, ou encore de courbes représentant la fluorescence totale, estimée par intégration de la fluorescence sur une région d'intérêt.

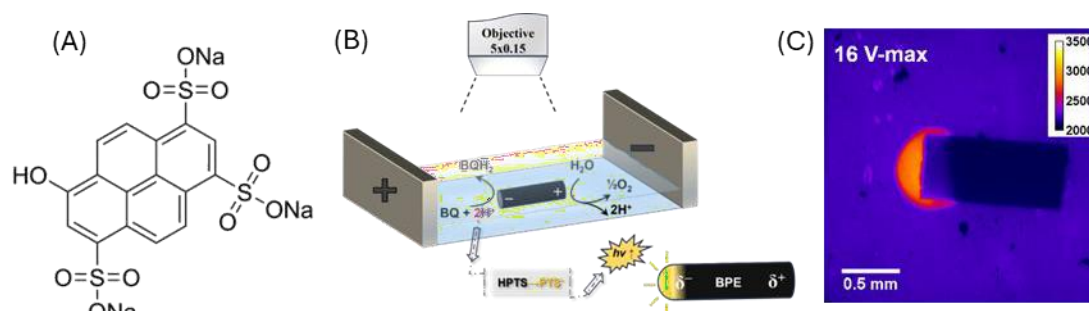


Figure 1. (A) structure de HPTS, (B) schéma de principe de l'expérience réalisée, (C) exemple de résultat typique.

Remerciements

Nous remercions le Chinese Science Council pour son soutien financier.

References

- X. Wu, H. Delval, P. Pompignac, A. Dauphin, A. Papageorgiou, B. Goudeau, T. Doneux, G. Longatte, L. Bouffier, to be submitted n.d.
 X. Wu, B. Goudeau, G. Longatte, L. Bouffier, to be submitted n.d.

Iron Tetraphenylporphyrin complex for CO₂ electrochemical reduction and C-C bond formation

Ulysse Garnier Viarouge,^{1*} Marc Robert^{1,3}, Monica Calatayud^{2,3}

¹ Sorbonne Université, Institut Parisien de Chimie moléculaire, 4 PI Jussieu, 75005 Paris, France

² Sorbonne Université, Monaris, 4 PI Jussieu, 75005 Paris, France

³ Institut Universitaire de France, IUF, 75005 Paris, France

*Corresponding Author: ulyse.garnier@sorbonne-universite.fr

Electrochemistry can contribute to the creation of a sustainable circular economy around CO₂ by reducing it into high value-added products containing one or even two carbon atoms.¹ Although many electrochemical systems for this purpose are emerging, achieving high selectivity and current density remains challenging.

Molecular catalysts, whose geometry as well as electronic and electrostatic properties are easily tunable, are of great interest. Cobalt phthalocyanine deposited on carbon substrates are now able to produce methanol from both CO₂ or CO.²⁻³ Iron porphyrin interacting with a nickel surface shows promising results in ethanol production.⁴

Based on these results, we studied CO₂ electroreduction by iron tetraphenylporphyrin (FeTPP) embedded in nanoporous nickel particles. I will discuss the design of the system based on porous nickel particles, along with its electrochemical and theoretical investigation to elucidate the role of nanoconfinement and the interaction between the molecular catalyst and the metal surface on activity and selectivity.

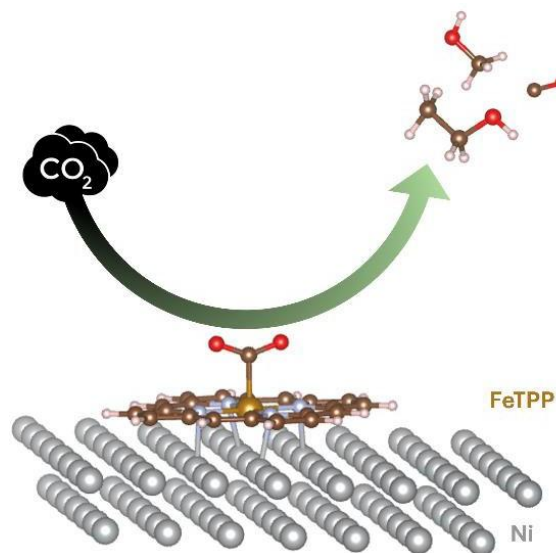


Figure 1. Schematic representation of the reduction of CO₂ to ethanol, methanol or carbon monoxide using iron porphyrin as an organometallic molecular catalyst adsorbed onto a nickel electrode.

References

1. Y. Y. Birdja, E. Pérez-Gallent, M. C. Figueiredo, A. J. Göttle, F. Calle-Vallejo, M. T. M. Koper, *Nat. Energy* **2019**, *4*, 732-745.
2. E. Boutin, M. Wang, J. C. Lin, M. Mesnage, D. Mendoza, B. Lassalle-Kaiser, C. Hahn T. F. Jaramillo, M. Robert, *Angew. Chem. Int.* **2019**, *58*, 16172-16176.
3. E. Boutin, A. Salamé, L. Merakeb, T. Chatterjee, M. Robert, *Chem. Eur.* **2022**, *28*.
4. M. Abdinejad, A. Farzi, R. Möller-Gulland, F. Mulder, C. Liu, J. Shao, J. Biemolt, M. Robert, A. Seifitokaldani, T. Burdyny, *Nat. Catal* **2024**, *7*, 1109-1119.

Chirality related effects in helicene grafted electrodes

Gabrielle Ledoussal*, Tony Breton, Nicolas Zigon

MOLTECH-Anjou –UMR 6200 CNRS, Université d'Angers, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex, France

*Auteur correspondant : gabrielle.ledoussal@univ-angers.fr

Chirality has played an important role in modern chemistry since the 19th century as chiral molecules display synergistic properties with light, magnetism or electronic transport (Chiroptics, spintronics, magnetochiral effects...). The CISS effect (Chirality Induced Spin Selectivity) is a fascinating phenomenon discovered more than 20 years ago.[1] This phenomenon allows a chiral molecule to filter the spin of electrons depending on the molecule's handedness. This is a promising property to consider for spintronics and chiral electrocatalysis. The CISS effect allows e.g. the control of water splitting by eliminating the production of hydrogen peroxide.[2]

Helicenes are spiral shaped molecules whose aromatic cycles are *ortho*-fused, and present helical chirality. They display usually a strong CISS effect as they force the electron to follow a helical path.[3] In this work, we have synthesized diazonium functionalized [4] and [6] helicenes, and electrografted them on diverse electrodes. The molecules are covalently grafted, making it a highly stable material. Protocols are developed to control the thickness of the layers. The surfaces will be characterized by electrochemical, electrocatalytic and physical methods. The CISS effect will be exploited via the Oxygen Reduction Reaction or the Oxygen Evolution Reaction.[4]

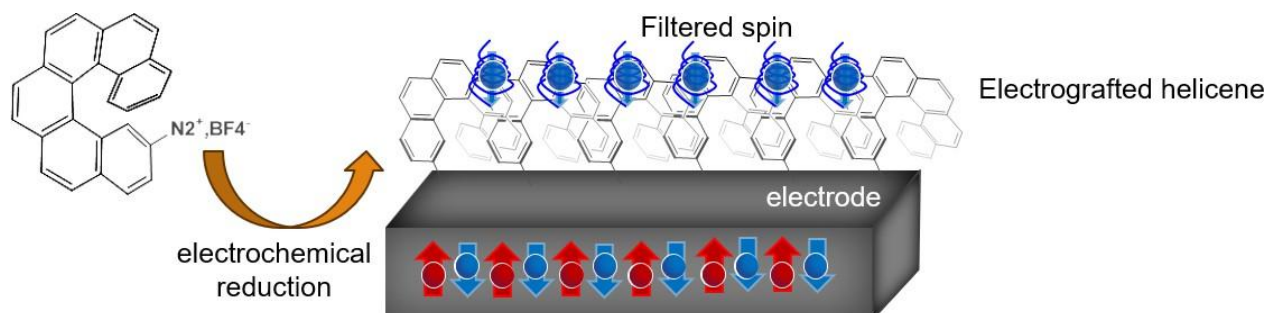


Figure 1. Overview of the CISS effect with covalent-grafted helicenes

References

1. K. Ray, S. P. Ananthavel, D. H. Waldeck and R. Naaman, *Science*, **1999**, 283, 5403
2. W. Mtangi, F. Tassinari, K. Vankayala, A. V. Jentsch, B. Adelizzi, A. R. A. Palmans, C. Fontanesi, E. W. Meijer, and R. Naaman, *J. Am. Chem. Soc.*, **2017**, 139, 7.
3. V. Kiran, S. P. Mathew, S. R. Cohen, I. H. Delgado, J. Lacour, R. Naaman, *Advanced Materials*, **2016**, 28,10.
4. Y. Liang, M. Lihter, M. Lingenfelder, *Isr. J. Chem.*, **2022**, 62, 11-12.

Molecular electrocatalysis for the semihydrogenation of alkynes

Nesrine Chouihed Mahjoub,¹ Nicolas Kaeffer^{1*}

¹ Université de Strasbourg, Université de Haute-Alsace, CNRS, LIMA, UMR 7042, 67000 Strasbourg, France.

*Auteur de correspondance : nkaeffer@unistra.fr

To reduce fossil fuel use, electricity is a key vector for both private and industrial sectors.¹ In synthetic chemistry, electrification of reactions provides a sustainable route toward renewable resources.^{2,3} Redox reactions, such as the hydrogenation of unsaturated organic compounds, are particularly well-suited to this approach. While molecular electrocatalysis is common for small molecules conversion (H^+ , CO_2 , O_2), the approach remains less explored for organic substrates. Our group has shown that alkyne semihydrogenation can be efficiently achieved using nickel-based complexes as electrocatalysts, selectively yielding cis-alkenes.⁴ These systems combine high selectivity for semihydrogenation with suppression of over-hydrogenation to alkanes, a common limitation in traditional methods. Mechanistic studies reveal that the reaction proceeds through alternating electron and proton transfers via a key metallacyclic intermediate, without involving the metal-hydride species typically involved in such transformations.^{5,6} This work established a proof-of-concept for hydride-free alkyne electrocatalytic hydrogenation. Building on these results, we are now exploring the extension of this electrocatalytic methodology with other molecular electrocatalysts and to other organic unsaturations. We are especially investigating complexes based on 3d transition metals in the semihydrogenation of alkynes bearing different functional groups to evaluate how both the catalyst structure and substrate backbone affect reactivity and selectivity. By generalizing the approach across metals and substrates, we aim to develop versatile and sustainable strategies for selective electrocatalytic hydrogenation of organics.

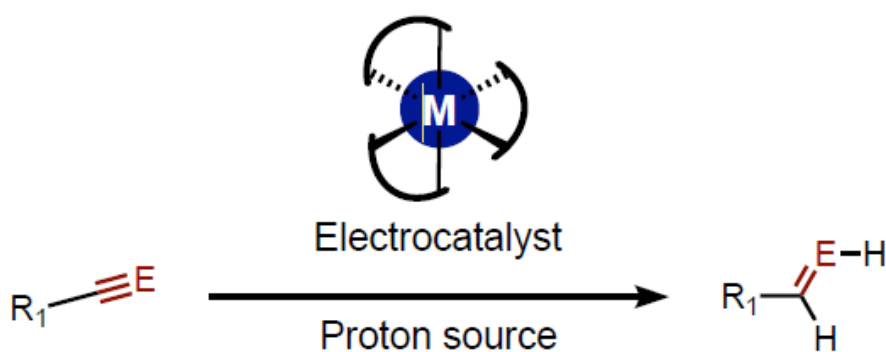


Figure 1. Unsaturated organic bonds hydrogenation with molecular electrocatalysts.

Acknowledgments

We gratefully acknowledge the financial support from CNRSCPJ METHODCHEM.

References

1. <https://www.iea.org/energy-system/electricity/electrification>
2. Pollok, D.; Waldvogel, S. R. *Chem. Sci.* **2020**, *11* (46), 12386–12400.
3. Kusy, R.; Grela, K. *Chem. Rev.* **2025**, *125* (9), 4397–4527.
4. Lee, M.-Y.; Kahl, C.; Kaeffer, N.; Leitner, W. *JACS Au* **2022**, *2* (3), 573–578
5. Durin, G.; Kaeffer, N.; Leitner, W. *Curr. Opin. Electrochem.* **2023**, *41*, 101371.
6. Durin, G.; Lee, M.-Y.; Pogany, M. A.; Weyhermüller, T.; Kaeffer, N.; Leitner, W. *J.Am.Chem.Soc.* **2023**, *145* (31), 17103–17111

Elaboration and scale-up of Ni-based anode nanomaterials towards the OER in an AEMWE

Arno Steimlé,^{1*} Frédéric Fouda-Onana,² Boniface Kokoh,¹ Têko Napporn¹

¹IC2MP UMR 7285 CNRS, Université de Poitiers, 4 rue Michel Brunet B27, 86073 Poitiers, France

²French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA-LITEN), Grenoble, France

*Corresponding Author: arno.steimle@univ-poitiers.fr

Green hydrogen is produced by water splitting to provide H₂ and O₂ using electric power. This reaction process takes place in a Water Electrolyzer. Among the existing technologies, the Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer (AEMWE) stands out [1]. Indeed, among other advantages, the AEMWE uses an alkaline membrane electrolyte, allowing the utilisation of non-critical transition metals as catalysts. Two reactions occur at the electrodes of an AEMWE: the Hydrogen Evolution Reaction (HER) at the cathode and the Oxygen Evolution Reaction (OER) at the anode. The latter is known to be the limiting reaction mainly due to large overpotentials and the capacity of the electrode material to release the hydroxide-oxide species [2].

To enhance OER process, various features of anode catalysts can emerge from their morphology and composition modifications. Ni-based catalysts are known to exhibit high activity towards H₂O oxidation, and its combination with low amount of iron (Fe) can enhance the electrochemical performance of the bimetallic catalyst.

The synthesis method described by Duan et al. [3] was revisited to prepare Ni and NiFe nanomaterials. This approach allowed optimising the synthesis parameters to successfully scale-up the production of the material for a large surface area electrolyzer. The obtained nanomaterials were electrochemically characterized and their activity towards the OER process was compared to standard anodes such as RuO₂ and Co₃O₄ (Figure 1).

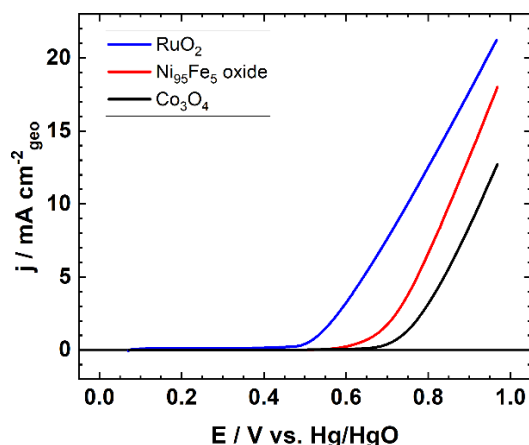


Figure 1. LSVs of NiFe catalyst compared to those of RuO₂ and Co₃O₄ in 0.1 M NaOH at 5 mV s⁻¹, 1600 rpm, and at 25 °C

Acknowledgements

This work is carried out as part of the project PEPR H2 ANGELIC (ANR-24-PEHY-0001) funded in the France 2030 program by the French National Research Agency (ANR). This work pertains to the French government program "Investissements d'Avenir" (EUR INTREE, reference ANR-18-EURE-0010).

References

1. M. El-Shafie, *Results in Engineering* **2023**, *20*, 101426.
2. H.A. Miller, K. Bouzek, J. Hnat, S. Loos, C.I. Bernäcker, T. Weißgärber, L. Röntzsch, J. Meier-Haack, *Sustainable Energy & Fuels* **2020**, *4*, 2114.
3. Y. Duan, Z.Y. Yu, S.J. Hu, X.S. Zheng, C.T. Zhang, H.H. Ding, B.C. Hu, Q.Q. Fu, Z.L. Yu, X. Zheng, J.F. Zhu, M.R. Gao, S.H. Yu, *Angew Chem Int Ed Engl* **2019**, *58*, 15772.

Étude électrochimique de l'électrodéposition du cuivre dans le carbonate de propylène : stabilité du complexe cuivré et échange de ligand

Élise Hébrard,^{1,2*} David Evrard,¹ Olivier Reynes¹

¹ Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

² EssilorLuxottica, Labège, France

*Auteur de correspondance : elise.hebrard@univ-tlse3.fr

L'électrodéposition de métaux dans le carbonate de propylène (PC) reste peu explorée dans la littérature, malgré l'intérêt environnemental certain de ce solvant. Celui-ci est, en effet, un solvant vert utilisé dans l'industrie pour sa faible toxicité, son large domaine d'électroactivité, ainsi que sa stabilité dans une large gamme de température (liquide entre -48°C et 240°C) ¹. Il est biodégradable et sa synthèse implique la consommation de CO₂. Le cuivre a été sélectionné comme modèle pour l'électrodépôt en raison de sa large représentation dans la littérature scientifique dans les solvants usuels et de la diversité de ses applications ². Toutefois, le nombre de sels de cuivre solubles dans le PC reste relativement restreint.

Nos travaux visent à évaluer le comportement électrochimique et la stabilité de deux complexes de cuivre solubles dans le PC : le trifluorométhanesulfonate de cuivre(II) (Cu/TFMS) et l'hexafluoroacétylacétonate de cuivre(II) (Cu/HFAA).

Nous montrerons tout d'abord que l'étude par polarographie à échantillonnage de courant a permis de mettre en évidence une réactivité électrochimique insoupçonnée de ces complexes : ceux-ci se réduisent en effet en deux étapes successives impliquant chacune un électron et générant une même espèce intermédiaire de Cu(I). Des tests dans différents milieux ont permis de montrer l'influence du solvant sur la stabilité de cet intermédiaire. Par ailleurs, l'ajout progressif de HFAA sur le complexe Cu/TFMS a révélé un processus d'échange de ligand, indiquant une plus grande stabilité du complexe Cu/HFAA. La stœchiométrie de ce complexe et sa constante de complexation ont été déterminées à la fois par voie électrochimique et par des mesures en spectroscopie UV-visible.

Ces résultats apportent un éclairage sur les mécanismes de stabilité et de réactivité des deux sels de cuivre aux propriétés distinctes dans le carbonate de propylène.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE, en partenariat avec l'entreprise EssilorLuxottica, que nous remercions pour son soutien et son accueil.

Références

1. J. S. B. Forero, J. A. H. Muñoz, J. J. Junior, F. M. da Silva, Propylene Carbonate in Organic Synthesis: Exploring Its Potential as a Green Solvent. *Current Organic Synthesis* **2016**, 13 (6), 834–846. <https://doi.org/10.2174/1570179413999160211094705>.
2. Y. Badé, Électrolytes de Cuivrage. *Cuivrage, Techniques de l'Ingénieur*. **1982**. M1605 <https://doi.org/10.51257/a-v1-m1605>.

Fundamental study of the electrochemical activity of transition metal nitride nanomaterials for oxygen evolution reaction (OER)

Rania Ouaddour^{*}, Andrei Pastukhov², Dodzi Zigah¹, Paulo Olivi³, Andrei Kabashin² and Têko Napporn¹.

¹CNRS, Université de Poitiers Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers – IC2MP, 86073 Poitiers, France. ²CNRS, Aix-Marseille University, 13288, LP3, Marseille, France,

³Departamento de Química Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo Ribeirão Preto 14040-901, Brazil

*Corresponding Author: rania.narimene.ouaddour@univ-poitiers.fr

Advanced energy applications such as water splitting and fuel cell systems highly rely on the use of efficient electrocatalysts for the oxygen evolution reaction (OER) and the oxygen reduction reaction (ORR).¹ However, the efficiency of these technologies is strongly limited by the sluggish kinetics of oxygen reactions, as they involve complex multi-electron transfer processes.² Consequently, noble-metal-based electrocatalysts are widely used, with IrO₂ and RuO₂ serving as reference for OER catalysts and Pt-based materials as references for ORR. Despite their high performance, their practical application is constrained by high cost and limited availability. Therefore, precious-metal catalysts must be replaced by low-cost, earth-abundant alternatives. A new class of nanomaterials have emerged to replace the noble metals catalysts such as Transition-metal nitrides (TMNs) electrocatalysts, known for their unique physico-chemical properties. In this work, the TMN NPs were synthesized by a physical approach: Laser ablation. Titanium nitride (TiN), Zirconium Nitride (ZrN) and Hafnium Nitrides (HfN) synthesized in different solvent were investigated. Their TEM characterization revealed a core-shell structure with particle morphology strongly influenced by the solvent used during the synthesis.³ Electrochemical evaluation in alkaline medium showed that the catalytic activity depends on both the metallic element and the synthesis solvent. The preliminary results highlight TiN as the most active catalyst toward OER, exhibiting a lower onset potential and higher current densities relative to ZrN and HfN. These findings demonstrate that the TMN nanoparticles, can serve as efficient and stable electrocatalysts for oxygen-related reactions. Further investigations are in progress to explore deeply the NPs by assessing their kinetic parameters and the effects of surface oxidation and morphology to better understand their behavior during the oxygen reactions.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support from the National Agency for Research in the framework of NITRECAT project (ANR-23-CE07-0051) an International ANR Grant (France-Brazil). This work pertains to the French government program "Investissements d'Avenir" (EUR INTREE, reference ANR-18-EURE-0010)

References

1. S. Liang, M. Jing, E. Pervaiz, H. Guo, T. Thomas, W. Song, J. Xu, A. Saad, J. Wang, H. Shen, J. Liu and M. Yang, *ACS Appl Mater Interfaces*, **2020**, 12, 41464-41470.
2. H. Yang, X. Han, A. I. Douka, L. Huang, L. Gong, C. Xia, H. S. Park and B. Y. Xia, *Advanced Functional Materials*, **2020**, 31.
3. A. I. Pastukhov, V. O. Shipunova, J. S. Babkova, I. V. Zelepukin, M. Raab, R. Schmitt, A. Al-Kattan, A. Pliss, A. Kuzmin, A. A. Popov, S. M. Klimentov, P. N. Prasad, S. M. Deyev and A. V. Kabashin, *ACS Applied Nano Materials*, **2024**, 7, 18737-18754.

Transition Metal Phosphide Nanocatalysts for Green Production of Hydrogen

Anaïs Coacolo,^{1*} Anthony Avril,² Thomas Blin,³ Caroline Salzeman,³ Christophe Petit,³ Marc Petit,² Boniface Kokoh,¹ Têko Napporn¹

¹ IC2MP, CNRS - Université de Poitiers 4 rue Michel Brunet, TSA 51106, 86073 Poitiers cedex 9, France

² IPCM, CNRS, UMR 8232 - Sorbonne Université 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France

³ MONARIS, CNRS UMR 8233 - Sorbonne Université, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France

*Corresponding Author: anaïs.coacolo@univ-poitiers.fr

Current energy crisis requires the development of sustainable and clean energy systems. It is now well established that the development of the hydrogen economy will be a solution to overcome the intensive use of fossil fuels.¹ The production of high-purity hydrogen from electrocatalytic water splitting using cost-effective and sustainable catalysts, require the development of new electrocatalytic approach. To date, the catalysts mostly used for water electrolysis to achieve a high current density at low overpotential are mainly based on expensive noble metals such as Pt or Ir and Ru.^{1, 2} PGMs (platinum group metals) are the leading electrocatalysts for the OER (Ir, Ru) and the HER (Pt) in water electrolyzers.¹ However, the poor stability and their limited reserves significantly hamper their large-scale development and applications. Conversely, the earth-abundance materials such as transition metal-based electrocatalysts offer good cost-effectiveness and sound durability, which is essential to scale up hydrogen energy. The transition metal phosphide (TMPs) has recently attracted the attention of researchers because of their high efficiency as electrocatalysts.³⁻⁶ Indeed, this recent interest for TMPs nanoscale materials in electrochemistry is due to their promising activity towards water electrolysis both at the anode and cathode sides.^{2, 4, 6} The covalent structure in the TMPs promotes the shift of electron density from the metal center (M) to the phosphorus atoms (P). This electron mobility explains the promoting activity of TMPs nanocatalysts for water electrolysis reactions.

In this work, the fundamental intrinsic electrocatalytic properties of synthesized TMPs are studied for both OER and HER. Two materials synthesized by the consortium have been investigated: Co₂P nanorods and nanospheres. The electrocatalytic activity of TMPs has been evaluated in an electrochemical three-electrode cell. Various techniques such as Cyclic Voltammetry (CV), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) and Linear Scan Voltammetry (LSV) have been performed using a Rotating Disk Electrode (RDE) in alkaline medium. This study reveals that the two shaped nanomaterials have different activities probably due to their surface structure. Also, the kinetic parameters such as the exchange current density, the Tafel slope, and the rate-determining step during these two reactions have been assessed. Moreover, post-mortem characterization has been carried out for a better understanding of the surface structuration during the reactions.

Acknowledgments

The authors thank the French National Research Agency (ANR) for its financial support through the "UNTITLED" research project (ANR n°24-CE09-5476-03). The authors also thank the financial support from the European Union (ERDF) and Région Nouvelle Aquitaine. This work pertains to the French government program "Investissements d'Avenir" (EUR INTREE, reference ANR-18-EURE-0010).

References

1. J. Zhu, L. Hu, P. Zhao, L. Y. S. Lee and K.-Y. Wong, *Chem. Rev.*, **2020**, *120*, 851–918.
2. Y. Shi and B. Zhang, *Chem. Soc. Rev.*, **2016**, *45*, 1529–1541.
3. S. L. Brock and K. Senevirathne, *J. Solid State Chem.*, **2008**, *181*, 1552–1559.
4. V. V. T. Doan-Nguyen, S. Zhang, E. B. Trigg, R. Agarwal, J. Li, D. Su, K. I. Winey and C. B. Murray, *ACS Nano*, **2015**, *9*, 8108–8115.
5. C. A. Downes, K. M. Van Allsburg, S. A. Tacey, K. A. Unocic, F. G. Baddour, D. A. Ruddy, N. J. LiBretto, M.M. O'Connor, C. A. Farberow, J. A. Schaidle and S. E. Habas, *Chem. Mater.*, **2022**, *34*, 6255–6267.
6. D.-H. Ha, B. Han, M. Risch, L. Giordano, K. P. C. Yao, P. Karayaylali and Y. Shao-Horn, *Nano Energy*, **2016**, *29*, 37–45.

Tailored free-standing nanoelectrocatalysts for nitrate-to-ammonia

Mila Moreau,^{1*} Mikhael Bechelany,¹ Emmanuel Maisonhaute,² Yaovi Holade,^{1,3*}

¹ Institut Européen des Membranes, IEM, UMR 5635, Univ Montpellier, ENSCM, CNRS, Montpellier, France

² Institut Parisien de Chimie Moléculaire, IPCM, Sorbonne Université, CNRS, Paris, France

³ Institut Universitaire de France (IUF), Paris, France

*Corresponding Author: mila.moreau@umontpellier.fr

Historically, the study of nitrate reduction reaction (NO₃RR: NO₃⁻ + 6H₂O + 8e⁻ → NH₃ + 9OH⁻) was primarily aimed at eliminating nitrates from wastewater to avoid health and ecological (eutrophication) problems.¹ NO₃RR is nowadays also considered as an alternative way of producing NH₃.² In fact, in addition to the NH₃'s traditional use for fertilizers, NH₃ occupies a central place as a future energy carrier through: (i) direct use for energy production or (ii) direct decomposition into H₂.

While the electrocatalysis strategy is an elegant approach powered by renewable electrical electricity (solar, wind...), the operation of electrocatalysts for the relatively complex proton/electron-coupled NO₃RR is not well understood for bridging the 3 metrics of activity, selectivity and stability. There is currently a limited fundamental understanding of the NO₃RR mechanism and two main paths are proposed:³ (i) all N-O bonds are broken before hydrogenation to NH₃, or (ii) hydrogenation begins after that the first N-O bond is broken. This diversity suggests that new nanomaterials as electrocatalysts to guide selectivity can be discovered, and underlines the necessity to propose novel investigation tools.

Our work is focused on developing novel nanostructures for the selective electrocatalytic transformation of waste nitrates into green ammonia targeting an alternative to the current Haber-Bosch process responsible for 1.5% of global CO₂ emissions and about 2% of the world's energy consumption.² Figure 1 shows the selective decoration of a GDE (gas diffusion electrode) by nanostructured gold for NO₃RR.

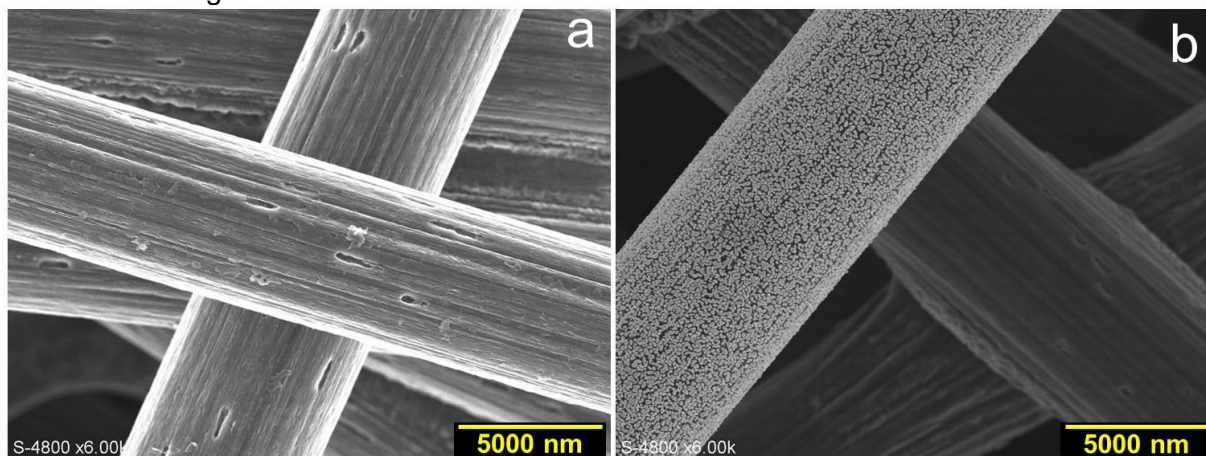


Figure 1. SEM (scanning electron microscopy) images of: (a) Bare carbon microfibers of a GDE (gas diffusion electrode), and (b) gold nanostructures selectively grown onto carbon microfibers of a GDE.

Acknowledgment

We acknowledge the French National Research Agency (Project BOOOST, ANR-25-CE09-1076-02) and Institut Universitaire de France (IUF) for funding.

References

1. M. O. Rivett, S. R. Buss, P. Morgan, J. W. N. Smith, C. D. Bemment, *Water Res.* 42 (2008): 4215-4232,
2. P. H. van Langevelde, I. Katsounaros, M. T. M. Koper, *Joule* 5 (2021): 290-294
3. F.-Y. Chen, Z.-Y. Wu, S. Gupta, D. J. Rivera, S. V. Lambeets, S. Pecaut, J. Y. T. Kim, P. Zhu, Y. Z. Finfrock, D. M. Meira, G. King, G. Gao, W. Xu, D. A. Cullen, H. Zhou, Y. Han, D. E. Perea, C. L. Muhich, H. Wang, *Nat. Nanotechnol.* 17 (2022): 759-767

Mouvements de glissement contrôlés par le pH dans les navettes moléculaires contenant du pillar[5]arène : Apport de l'électrochimie

Alix Saquet,^{1*} Iwona Nierengarten^{2*}, Nihed Becharguia,^{2,3} Emeric Wasielewski,⁴ Rym Abidi,³ Béatrice Delavaux-Nicot,^{1*} Jean-François Nierengarten^{2*}

¹ Laboratoire de Chimie de Coordination du CNRS (UPR 8241), Université de Toulouse (UPS, INPT), 205 Route de Narbonne, 31077 Toulouse, Cedex 4, France

² Laboratoire de Chimie des Matériaux Moléculaires, Ecole Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux Université de Strasbourg et CNRS (UMR 7042, LIMA), 25 rue Becquerel, 67087 Strasbourg Cedex 2, France

³ Laboratoire d'Applications de la Chimie aux Ressources et Substances Naturelles et l'Environnement, Faculté des Sciences de Bizerte, Université de Carthage Zarzouna, Bizerte 7021, Tunisia

⁴ Plateforme RMN Cronenbourg, Université de Strasbourg et CNRS (UMR 7042 LIMA), Ecole Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux 25 rue Becquerel, 67087 Strasbourg, Cedex 2, France

*Auteure de correspondance : alix.saquet@lcc-toulouse.fr

Les rotaxanes constituent une classe de composés moléculaires pouvant être à l'origine de mouvements de grande amplitude. Cette propriété remarquable en fait des composants privilégiés pour la conception de machines moléculaires.¹ En général, un rotaxane est structuré de la façon suivante - Un macrocycle ou anneau moléculaire (il s'agit d'un pillar[5]arène apte à glisser le long de l'axe moléculaire en Figure1) - Un axe moléculaire avec au moins deux sites distincts, ou «stations», destinés à interagir avec le macrocyclique. Le mouvement étudié est défini par la variation de la position du macrocycle sur l'axe. Il peut être induit en utilisant des stimuli différents, d'origine chimique (comme le pH), électrochimique ou optique.

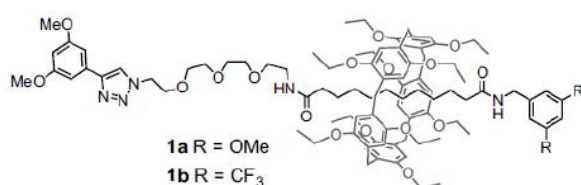
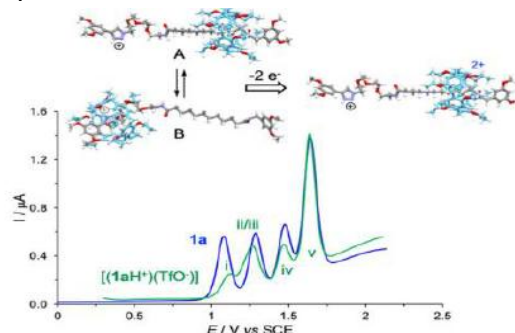


Figure 1



Différentes investigations spectroscopiques et calculs DFT ont été réalisés afin de préciser la nature des mouvements au sein des rotaxanes neutres présentés. Ensuite, l'étude a été étendue aux rotaxanes protonés afin de déterminer l'amplitude des mouvements induits par un changement de pH. En parallèle, les propriétés électrochimiques des différents rotaxanes et de leurs composés modèles ont été examinées et seront détaillées. Nous montrerons ainsi qu'un stimulus électrochimique contraint spécifiquement le mouvement dans les systèmes protonés.² En résumé, nous illustrerons comment i) l'ajustement fin d'interactions électroniques entre le pillar[5]arène et les différentes stations de l'axe conduit à un contrôle rigoureux et inédit des mouvements moléculaires en fonction du stimulus utilisé ii) comment l'électrochimie est aussi un outil complémentaire et précieux pour la compréhension des propriétés de cette nouvelle famille de navettes moléculaires.

Remerciements

A l'ANR (projets FastGiant ANR-17-CE07-0012-01 et Pillar ANR-19-CE06-0032), la Fondation Jean-Marie Lehn, le LabEx «Chimie des Systèmes Complexes» et le Ministère Tunisien de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et des Technologies pour leur soutien financier.

Références

1. Molecular Catenanes, Rotaxanes and Knots – A Journey Through the World of Molecular Topology (Eds: J.-P. Sauvage, C. Dietrich-Buchecker), John Wiley & Sons, Weinheim 1999;
2. N. Becharguia, I. Nierengarten,* A. Sournia-Saquet, E. Wasielewski, R. Abidi, B. Delavaux-Nicot,* and J.-F. Nierengarten* ChemistryEurope **2025**, 3, e202400115.

Du transfert monoélectronique à la fonctionnalisation électrochimique des surfaces carbonées : étude des complexes électroactifs du silicium bipy·R_nSiCl_{4-n} (n = 0–3 ; R = Me, Et, Pr, Ph, vinyl) par voltamétrie cyclique, RPE, DFT et MEB

Mamadou Dieng^{1,2}, [Ioana Fechete](mailto:ioana.fechete@energie-environnement.eu)^{1*}

¹ Univ Rennes, CNRS, ISCR, UMR 6226, Rennes, France

² Département Physique et Chimie, Faculté des Sciences et Technologie de l'Éducation et de la Formation, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

*Auteure de correspondance : ioana.fechete@energie-environnement.eu

La silylation covalente des matériaux carbonés constitue un défi majeur en science des surfaces, ces substrats étant particulièrement peu réactifs [1]. La formation de liaisons Si–C, à la différence des greffages Si–O–C, confère aux interfaces ainsi fonctionnalisées une stabilité chimique et mécanique nettement supérieure [2]. L'objectif de ce travail est de développer une méthode électrochimique originale de génération de radicaux silylés à partir de complexes électroactifs du silicium avec des ligands N-hétéroaromatiques non innocents et d'étudier le greffage covalent qui en résulte sur les surfaces carbonées. L'approche repose sur la réduction électrochimique de complexes formés *in situ* entre des chlorosilanes R_nSiCl_{4-n} (n = 0–3 ; R = Me, Et, Pr, Ph, vinyl) et la 2,2'-bipyridine ou la 1,10-phénanthroline, dans CH₃CN/Bu₄NBF₄. La voltamétrie cyclique a permis de déterminer les potentiels de réduction (–0,7 à –1,3 V vs. ESC) et de confirmer un transfert monoélectronique, validé par chronoampérométrie et par comparaison avec le couple Fc⁺/Fc. Les radicaux silylés ont été détectés par RPE et piégés par le PBN. Le greffage sur carbone vitreux a été caractérisé par MEB, EDS, IR et EIS, et appuyé par des calculs DFT. L'ajout d'un chlorosilane à la solution de bipy entraîne l'apparition d'un nouveau système rédox, à des potentiels jusqu'à 1 V moins cathodiques que la bipy seule, attribué au couple (bipy·R₃SiCl)/(bipy·R₃SiCl)^{•-}. La rupture monoélectronique de la liaison Si–Cl génère efficacement des radicaux R₃Si• qui s'additionnent aux insaturations Csp² du carbone vitreux. Des cycles répétés entre –0,5 et –1,2 V conduisent à une passivation progressive puis totale de l'électrode, traduisant la formation d'une monocouche covalente de groupements silylés. L'analyse MEB révèle une modification morphologique significative des surfaces, l'EDS confirme la présence de silicium greffé et l'IR met en évidence les vibrations caractéristiques des groupements alkyles et Si–C. L'EIS démontre une augmentation notable de la résistance de transfert de charge à l'interface GC silylée. La coulométrie de greffage donne Q_{max} = (6,9 ± 0,4) × 10⁻⁴ C·cm⁻², cohérente avec un taux de couverture de surface élevé.

Remerciements

Les auteurs remercient V. Jouikov (Université de Rennes) pour son soutien et pour les discussions fructueuses ayant contribué à la réalisation de ce travail.

References

1. M. Dieng, J. Simonet, V. Jouikov, *Electrochem. Comm.*, **2015**, 53, 33.
2. Y.L. Khung, *Adv. in Colloid and Interf. Sci.*, **2025**, 338, 103.

Elaboration de jonctions moléculaires à effet memristif

Ouaras Fairouz¹, Hubert Perrot¹, Laure Fillaud¹, Helene Cheap Charpentier^{1,2}

¹Sorbonne université, CNRS, Laboratoire interfaces et systèmes électrochimiques, LISE, F-75005 Paris,

²EPF-Graduateschool of Engineering, 55 avenue du President Wilson, 94230 Cachan, France

Corresponding Author: Laure.fillaud@sorbonne-universite.fr, Hubert.perrot@sorbonne-universite.fr

Ces dernières années, les memristors ont fait l'objet d'un intérêt croissant dans le domaine de la recherche scientifique, notamment pour des applications en électronique neuromorphique et en traitement et stockage d'informations, en raison de leurs propriétés impressionnantes telles que la mémoire non volatile, la faible consommation d'énergie, et leurs capacités d'apprentissage synaptique.

Une étude préliminaire menée au sein du laboratoire (LISE) a permis de développer des memristors moléculaires à partir des complexes organométalliques de type $[M(\text{terpyridine})_2]^{2+}$ (M : Fe, Co, Ru) présentant un comportement memristif, caractérisé par des rapports Ion/Ioff élevés et une cyclabilité satisfaisante. **Cependant, l'amélioration de ces performances nécessite une compréhension approfondie des mécanismes de commutation impliqués dans l'effet memristif**¹. Dans cette optique, l'utilisation de techniques couplées combinant des mesures électrochimiques et électrogravimétriques, telles que la microbalance à cristal de quartz électrochimique EQCM et EQCM-D (avec dissipation), ainsi que l'EQCM couplée à la spectroscopie d'impédance électrochimique (ac-EQCM) s'avèrent indispensables afin de corréler les variations de masse aux processus électrochimiques impliqués et d'analyser finement les mécanismes de transfert de charge et de transport de masse se produisant à l'interface électrode/électrolyte. Néanmoins, les films moléculaires initialement développés sont trop fins pour permettre une exploitation optimale de ces techniques. Afin de surmonter cette limitation, une approche basée sur la nanostructuration des électrodes à l'aide de matériaux poreux à haute surface spécifique apparaît comme une stratégie clé, dans le but d'augmenter leur surface électroactives, et par conséquent augmenter la masse des couches électroactives immobilisées à la surface. Dans le cadre de mon travail, deux stratégies ont été envisagées pour élaborer des électrodes à haute surface spécifique : l'utilisation de nanotubes de carbone (MWCNTs) et le développement de matériaux carbonés issus de champignons (truffe noire, shiitake et truffe blanche). Les propriétés électrochimiques de ces électrodes ont été étudiées et comparées à l'aide d'un matériau modèle, le bleu de Prusse, afin de valider l'augmentation de la surface électroactive et d'étendre leur utilisation à l'étude des complexes organométalliques utilisés dans les memristors. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation d'électrodes nanostructurées améliore significativement l'électroactivité du bleu de Prusse (PB). La réponse électrogravimétrique met en évidence une augmentation de masse lors de la réduction et une diminution lors de l'oxydation, associées aux phénomènes réversibles d'insertion et de désinsertion ionique. On observe également que l'amplitude des variations de masse est plus importante dans le cas de PB déposé sur des électrodes poreuses, ce qui indique une insertion ionique plus efficace grâce à une plus grande surface spécifique de ces électrodes, favorisant ainsi les voies de transport ionique.

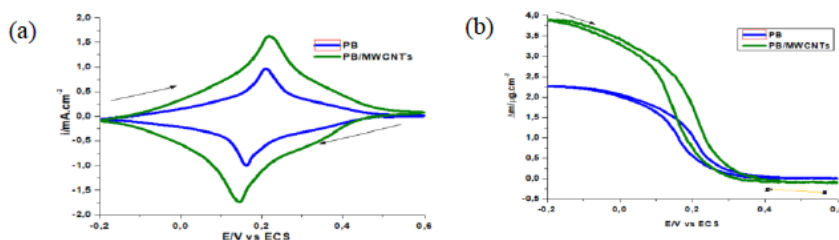


Figure.1. Réponse électrochimique (a) et électrogravimétrique du film PB (bleu) et du film PB/MWCNTs (vert) dans la solution KCl 0,5 M pH = 2,5 ; [-0,2 ; 0,6] V vs ECS ; 20 mV.s⁻¹.

References

1. C, Jubert Tomasso ; T, Petenzi ; A, Tidu ; R, Boukraa ; S, Russi ; G, Mattana ; C, Gautier ; T, Breton ; I, Lucas ; H, Perrot ; L, fillaud. Éluclidation des mécanismes de commutation dans les jonctions memristives intégrant un complexe diazotée fer(II)-Ter pyridine. | 2024 |

GEMMA: a gel-based electrochemical sensor for the measurement of metal availability in solution

Rima Moussaoui¹, Renaud Gley¹, José Paulo Pinheiro¹, Elise Rotureau^{1*}

¹ *Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux Université de Lorraine/CNRS, LIEC, UMR7360, Vandoeuvre-les-Nancy, F54500, France*

*Corresponding Author: elise.rotureau@univ-lorraine.fr

Assessing the environmental behavior and biological effects of trace metal elements (TMEs) critically depends on their dynamic speciation with natural colloidal matters in particular humic substances. Time-integrated sensors are among the most effective tools for detecting free metal ions and labile complexes in freshwaters. Here, we introduce GEMMA (Gel-based Electrochemical sensor for the Measurement of Metal Availability), a cost-effective and innovative device designed for this purpose. GEMMA features a disposable screen-printed electrode—comprising a working and counter electrode—coated with a bismuth film and topped with a diffusion-controlled hydrogel layer (agarose). By leveraging diffusion-driven transport of metal species (free ions and complexes) through the hydrogel and their subsequent accumulation on the electrode, the sensor should quantify available metal concentrations in solution over a defined deposition period. This study focuses on optimizing a bismuth-film electrode for the sensitive detection of Pb(II) at nanomolar levels using Stripping Chronopotentiometry (SCP). Key achievements include refining bismuth deposition protocols and evaluating the electrode's electrochemical performance through calibration of Pb(II). Additionally, we investigated the dynamic speciation of Pb in the presence of molecular ligands, providing new insights into metal lability and bioavailability analysis in natural aquatic systems [1,2].

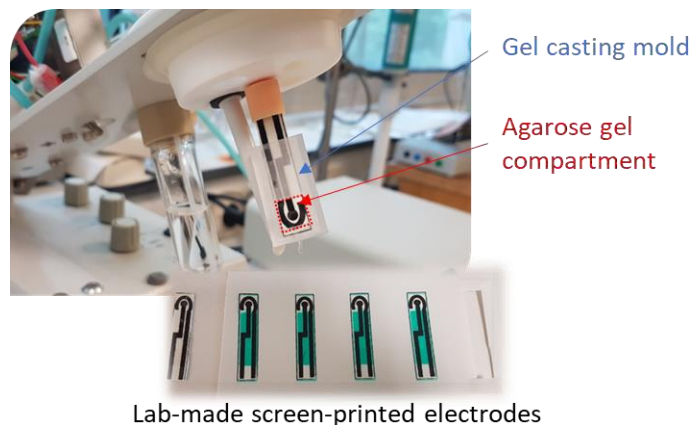


Figure 1. The GEMMA sensor comprises a screen-printed electrode paired with a gel casting mold, allowing the agarose gel deposition onto the working electrode. The gel layer will allow the purely diffusive transport of the metal species from the solution to the electrode surface.

Acknowledgment

The authors acknowledge the EC2CO program (INSU-CNRS) for funding this project.

References

1. J.P. Pinheiro, E. Rotureau, *Molecules* 2023, 28, 2831.
2. L. Hackel, E. Rotureau, A. Morrin, J. P. Pinheiro, *Molecules* 2021, 26, 5502.

***In situ* electrochemical pH modulation: effect of ionic strength and buffer species and optimization towards electrochemical sensing**

Léa Tissier,^{1*} Jérémie Gouyon,¹ Alain Walcarius¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

*Corresponding Author: lea.tissier@univ-lorraine.fr

The detection of pollutants or other species in solution sometimes involves sample pretreatment to adjust the composition of the medium to the detection method and optimize the sensitivity towards the target analyte. Modifications like pH adjustment might require the addition of acid or base which changes the characteristics of the sample that might need neutralization treatment afterwards and can hardly be applied *in situ*, in the case of continuous monitoring.¹

In situ electrochemical modifications of samples is a promising approach in this regard. It has already been studied by our team before, who imagined a 3D-printed device allowing the two working electrodes to be placed in close proximity to simultaneously modify the medium and detect the substance of interest.¹ Considering pH modulation, the first electrode performs water splitting, which allows a local increase of the pH when reduction generates OH⁻ ions (already used for glucose sensing²) or a decrease of the pH when oxidation generates H⁺ ions (studied for the detection of Pb traces³), while the second one is used as the sensing electrode. This type of device has demonstrated an effective O₂ filtration capacity, which has been exploited for amperometric analyses, for instance for on-site measurements of sulfite in wines.⁴

The ultimate goal of this work is to acidify waters from different sources with various mineral compositions polluted by heavy metals before their detection. Here, we studied the effectiveness of this pH modulation device as a function of ionic strength and buffer solutions in selected samples: seawater, surface water and drinking water to ensure its good functioning. First, the optimization of the 3D-printing and the fabrication of the device and its operation using a steel grid as working electrode for water splitting were studied. Then, we studied the efficiency of the pH modulator in artificial matrices reproducing the mineral composition of natural samples found in literature.

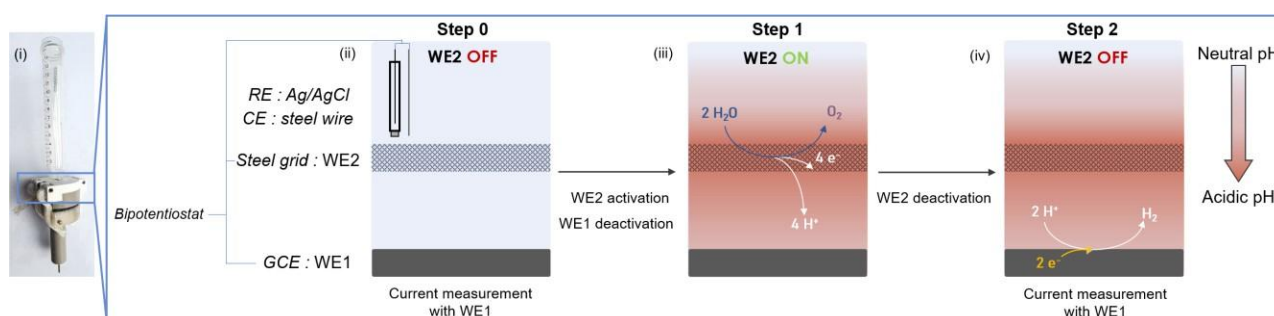


Figure 1. (i) Photograph of the modulator and scheme of the use of the pH modulator: (ii) step 0: measure of the current before WE2 activation, (iii) step 1: WE2 activation for local acidification, (iv) step 2: measure of the current after WE2 activation

Acknowledgment

The authors acknowledge the ANR – FRANCE (French National Research Agency) for its financial support of the MICAMEL project ANR-24-CE04-6837, the LCPME and the C2MP doctoral school.

References

1. J. Gouyon, G. Herzog, A. Walcarius. *Curr. Opin. Electrochem.* **2025**, 54, 101778.
2. J. Gouyon, C. Ehinger, M.A. Brites Helú, A. Walcarius. *Talanta* **2025**, 287, 127596.
3. A. Mahmoud, J. Gajdár, M. Brites Helú, M. Etienne, G. Herzog. *Analyst* **2024**, 149, 5101–5109.
4. J. Gajdár, G. Herzog, M. Etienne. *ACS Sens.* **2022**, 7, 2209–2217.

Microcapteurs conductimétriques à base de chitosane imprimé pour la détection des bactéries

Nicole Jaffrezic-Renault¹, Hamdi Ben Halima¹, Boris Lakard¹

¹ Institut UTINAM, Université Marie et Louis Pasteur, 34000 BESANCON

*Auteur de correspondance : nicole.jaffrezic-renault@univ-fcomte.fr

Le chitosane (CS) est obtenu par désacétylation de la chitine, extraite des carapaces de crustacés ; c'est un biopolymère non toxique, biodégradable et biocompatible et le plus abondant dans la nature après la cellulose. Ce polymère biosourcé présente des propriétés anti-fouling et des propriétés spécifiques pour la préservation des protéines encapsulées [1]. Les propriétés pertinentes du chitosane (CS) lui permettent d'être utilisé comme polymère fonctionnel dans la synthèse des MIP. Le CS possède trois groupes réactifs, un groupe amine et deux groupes hydroxyle, cette structure lui permet de réagir avec de nombreuses molécules cibles via des interactions covalentes et non covalentes. De plus, le groupement amine confère au CS un caractère cationique en milieu acide, ce qui permet d'obtenir des films bien contrôlés par électrodéposition.

La formation du film de chitosane imprimé est obtenue par électrodéposition du chitosane, en présence des bactéries de type *Escherichia coli*, sur la surface du capteur (Fig. 1) utilisé en tant que cathode. Le pH local est augmenté, à proximité de la surface de la cathode, du fait de la réduction électrochimique de l'eau, selon la réaction suivante : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Le film de chitosane est ensuite traité par une solution de lysozyme, puis une solution de triton X pour lyser les bactéries. Les empreintes des bactéries (diamètre 0,5 μm) sont facilement observables au microscope optique (Fig. 2).

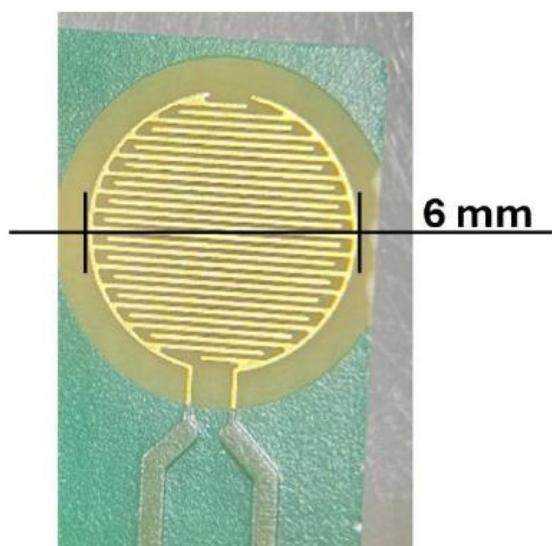


Fig.2 Microcapteur conductimétrique



Fig.2 Chitosan imprimé après lyse des bactéries

La détection des bactéries de type *Escherichia coli* a été obtenue par mesure conductimétrique, permettant une détection en temps réel et dépendant de l'injection de différentes concentrations de bactéries (Fig. 3). Une excellente sélectivité vis-à-vis d'autres types de bactéries (*Staphylococcus epidermidis*) est observée. Une limite de détection de 10 bactéries/mL a été obtenue en se basant sur une reproductivité des mesures de 5% et une répétabilité des capteurs de 10%.

Référence

1. P.K. Dutta, J. Dutta, V. Tripathi, Chitin and Chitosan: Chemistry, Properties and Applications, 2004

Studying the Redox State of Wines under Oxidative Processes with a Multi-Parametric Analysis

Alice L. Dauphin,^{1,2} Samuel Guilbault,¹ Fabrice Meunier,² Arnaud Massot,² Virginie Moine,²
Stéphane Arbault^{1, *}

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, CBMN, UMR 5248, Pessac, France

² BIOLAFFORT, 11 rue Aristide Berges, 33270 Floirac, France

*Corresponding Author: stephane.arbault@u-bordeaux.fr

Wine oxidation phenomena are becoming a strong issue for all producers around the world in the context of climate change. The detection of wine reducing compounds such as phenolic acids, tannins, thiols, etc. is thus essential to better understand the antioxidant capacity, ageing behavior and premature oxidation of wines. Conventional spectrophotometric methods (ABTS, DPPH) are widely used as reference methods, but they suffer from significant limitations due to their lack of selectivity and interference from other reducing compounds naturally present in wine matrices.¹

In this context, electrochemical approaches offer major advantages, as they are rapid, easy to implement and highly selective towards redox-active reducing species. The research conducted within the REDOXWine joint laboratory (CBMN – BIOLAFFORT) primarily focuses on the development of electrochemical analytical protocols to monitor key redox-active molecules in all types of wines allowing to define in real-time their redox signature.²

In this study, the proposed methodologies are applied to the monitoring of oxidative processes in white wines. Several electrochemical sensors are used to investigate the relationships between reducing species, including sulfites, flavonoids, polyphenols, and oxidizing agents - dissolved oxygen, free metals and reactive oxygen species (H_2O_2 , $O_2^{\bullet-}$) - generated or introduced under controlled conditions. The evolution of the wine redox chemistry during oxidation is finally assessed through a combination of electrochemical and spectroscopic measurements, including redox signatures, sulfite content, dissolved oxygen, pH, color parameters (CIELab) and thiol concentrations.

Acknowledgment

This work was financially supported by the FranceRelance 2030 program (RedoxWine project), CNRS Innovation (SO2Wine project) and the Agence Nationale de la Recherche (LabCom V2 program, REDOXWine project, # ANR-23-LCV2-0004-01).

References

1. Lopez-Vélez, M., Martinez-Martinez, F., Del Valle-Ribes, C., **2003**. 43 (2), 233–244
2. Dauphin, A.L., Guilbault, S., Arbault, S., *Bioelectrochemistry*, **2026**. 170, 109239

Développement d'un capteur à base de graphène fonctionnalisé avec CTAB et polyCTAB pour l'analyse des nitrites en eau de mer côtière

Ilhem RASSAS,^{1*} Adil AIT YAZZA,¹ Serge MBOKOU,¹ Maxime PONTIE^{1*}

^{1*} Groupe Analyses et Procédés (GA&P), Département de Chimie, Université d'Angers, 49045 Angers Cedex 01, France

*Auteurs de correspondance : ilhem.rassas@univ-angers.fr ; maxime.pontie@univ-angers.fr

Les ions nitrite (NO_2^-) sont des indicateurs clés de la pollution anthropique des milieux aquatiques, en particulier pour les zones côtières. Leur détection à faible concentration dans l'eau de mer reste toutefois un défi analytique en raison de la complexité de la matrice.

Dans ce travail, nous avons développé un capteur électrochimique sensible et sélectif, basé sur une électrode de type SPE en mousse de graphène modifiée par le **CTAB** (Pontié 2023) et plus récemment avec le **polyCTAB**. Ce capteur permet l'analyse des nitrites dans un domaine de concentrations compris entre 0,2 et 20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, couvrant à la fois les niveaux naturels et ceux associés à une pollution d'origine anthropique. Le principe de l'analyse est basé sur l'oxydation directe des nitrites en nitrates selon la demi-réaction redox suivante :



Lors de cette étude, nous avons comparé une modification par simple adsorption du CTAB avec sa polymérisation en polyCTAB. L'observation de la diminution de l'angle de contact de 118° pour l'électrode SPE nue à 51° puis 0° , respectivement après modification par le CTAB et le polyCTAB, a permis de conclure à une densité plus élevée des groupements échangeurs d'anions pour l'électrode polyCTAB et sa corrélation avec une meilleure sensibilité (pente plus élevée) (Tableau 1).

Tableau 1. Comparaison **SPE/CTAB** et **SPE/polyCTAB** pour l'analyse des NO_2^- en eau de mer (0-20 mg/L)

	Angle de contact	pente ($\mu\text{A}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)
SPE/CTAB	51°	6,9
SPE/polyCTAB	0°	11,5

Ces résultats nous ont amené à faire le choix de l'électrode **SPE/polyCTAB** pour cette application. Sur la figure n°1 nous illustrons la détermination de la concentration inconnue de nitrites dans le port de Limassol, à Chypre, sur un échantillon de la mer Méditerranée préalablement filtré (0,22 μm).

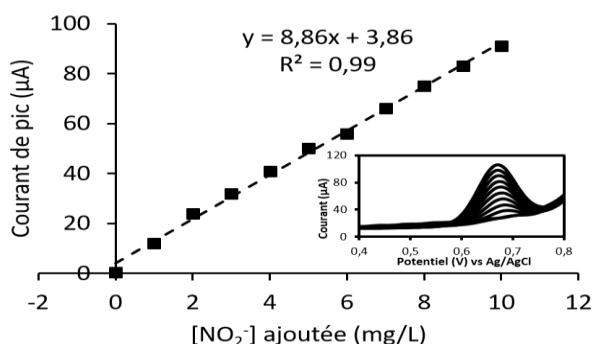


Figure 1. VDI d'une électrode **SPE/polyCTAB**

La valeur de la concentration inconnue obtenue en suivant la méthode des ajouts dosés est de $0,43 \pm 0,05 \text{ mg/L}$ (ordre de grandeur usuel en côtier). L'utilisation du capteur **SPE/polyCTAB** a aussi été validée sur des échantillons de la plage de Sa Coma à Palma de Majorque (Espagne) ainsi que de la jetée de Thessalonique (Grèce), avec des valeurs de 0,92 et 2,4 mg/L , respectivement.

Remerciements

Merci au projet iMERMAID (www.iMERMAID.eu) pour son soutien financier. Merci également à notre partenaire à Chypre, le *Cyprus Marine and Maritime Institute* (CMMI), en particulier Mme Eleni Christoforou, pour la fourniture des échantillons d'eau de mer du port de Limassol.

References

M. Pontié, FS. Mbokou, J. Dron, ML., P. Asfar, *J. Applied Electrochemistry*, 2023, 53, 1701–1713

Étude des matériaux graphite/graphène pour l'analyse électrochimique de catécholamines : cas de la noradrénaline (NA)

Ahmad Ben Fakhri,^{1*} Adil Ait Yazza,¹ Pierre Asfar,² Nicolas Fage,² Peter Radermacher,³ Maxime Pontié^{1*}

¹ Université d'Angers, Groupe Analyse & Procédés (GA&P), France

² CHU d'Angers, Service de Médecine intensive, réanimation et médecine hyperbare, France

³ Universitätsklinikum (Hôpital Universitaire) d'Ulm, Institut APV, Allemagne

*Auteurs de correspondance : ahmad.benfakhri@univ-angers.fr / maxime.pontie@univ-angers.fr

Aujourd'hui le diagnostic préalable à la prise de décision pour un patient en réanimation doit être rapide et argumenté. Pour aider à réaliser cela des dispositifs d'analyses rapides, portables, et au plus proche du lit du patient sont indispensables. Les électrodes sérigraphiées (SPE) à base de carbone constituent des plateformes analytiques prometteuses dans ce domaine.

Cette étude compare des SPE en graphite et en graphène par une approche combinant en premier lieu la microscopie électronique à balayage (MEB), la microscopie à force atomique (AFM) et la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) (Mbokou 2025). La caractérisation morphologique met en évidence une texture granulaire pour le graphite et une structure lamellaire organisée pour le graphène, influençant directement la surface électroactive et le facteur de rugosité (Figure 1).

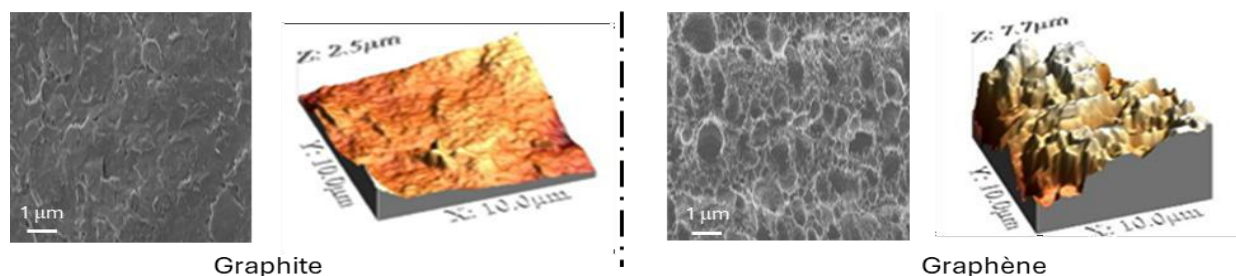
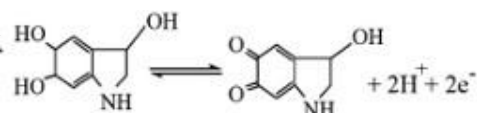


Figure 1 : Observations morphologiques (MEB) et topographiques (AFM) d'électrodes SPE en graphite et graphène

Les morphologies des 2 matériaux d'électrodes carbonées étudiés sont très différentes. Le graphite est plus lisse et montre des plans superposés. Le graphène apparaît sous forme de mousse. En termes de rugosité le graphite présente une rugosité moyenne de 337nm et le graphène une valeur trois fois plus élevée avec 1066 nm. La conséquence de cela est une surface développée bien plus grande pour le graphène. De plus des mesures d'impédances électrochimiques montrent une résistance de transfert de charge significativement plus faible pour le graphène ($R_{tc}=149 \Omega$), traduisant une meilleure conductivité et des performances électrochimiques supérieures à celles du graphite ($R_{tc}=22500 \Omega$).

En second lieu, l'analyse de la NA par électrochimie a été étudiée par VC, elle présente une demi-réaction redox impliquant deux électrons et deux protons, comme rapporté par *Taei et coll. en 2016* :



Le potentiel du pic apparaît à 0,11 V vs Ag/AgCl et montre un système quasi-réversible. Les techniques électrochimiques impulsionnelles sont également mises en œuvre pour atteindre les concentrations physiologiques (submicromolaires).

Remerciements

Merci aux fonds alloués au projet *e-hormonitoring* par le PUI PREDICT des Pays de la Loire qui a notamment permis l'embauche de Monsieur BEN FAKHRI au sein du GA&P et du CHU d'Angers. Merci également à Romain MALLET pour les analyses microscopiques au SCIAM à l'UA.

Références

Mbokou S.F., Silga, J. T., Ait-Yazza, A., Pontié, M., et coll. (2025). *Chemosensors*, 13(9), 9. Taei, M., & Jamshidi, M. S. (2016). *Microchemical Journal*, 130, 108-115.

Confinement of a polyoxometalate-based polymer within vertically oriented mesoporous silica films: effect on the electrocatalytic sensing of Nitrite

Odilon Wamba-Tchio^{1,2}, Lisa Monfleur¹, Alain Walcarius³, Neus Vilà^{2,3} and Israël Mbomekallé¹

¹ Université Paris Saclay CNRS, Institut de Chimie Physique, Orsay F-91405, France

² Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Química, Bellaterra 08193, Spain

³ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, Nancy F-54000, France

*Corresponding Author: odilon.wamba-tchio@universite-paris-saclay.fr

Polyoxometalates (POMs) are electroactive anionic metal-oxide clusters extensively investigated for the electrocatalytic degradation and sensing of NO_x derivatives [1, 2]. Herein, we explore the effect of ordered nanoscale confinement on the electrocatalytic performance of a POM-based polymer toward nitrite detection. A hybrid polymer, denoted Poly-PW₁₁(ani)₂ (where PW₁₁ refers to the PW₁₁O₃₉ core and ani to aniline moieties covalently grafted onto the POM framework), was electrosynthesized and systematically characterized on bare ITO (ITO@Poly-PW₁₁(ani)₂), as well as within vertically oriented mesoporous silica films (VMSFs, pore diameter ≈ 3 nm) deposited on ITO (ITO@MSF-Poly-PW₁₁(ani)₂). The electrocatalytic reduction of nitrites was evaluated for both electrodes. ITO@MSF-Poly-PW₁₁(ani)₂ exhibited a higher catalytic current despite a lower POM surface concentration ($3.63 \times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{cm}^{-2}$) than ITO@Poly-PW₁₁(ani)₂ ($4.32 \times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{cm}^{-2}$) (Figure 1a), highlighting the key role of catalyst organization and distribution over catalyst loading. Amperometric measurements at -0.57 V vs. Ag/AgCl over a nitrite concentration range of 0–60 μM revealed superior analytical performance for the confined system, with higher sensitivity ($300.7 \mu\text{A}\cdot\text{mM}^{-1}$) and lower limit of detection ($0.37 \mu\text{M}$) compared to the non-confined POM-based polymer ($224.4 \mu\text{A}\cdot\text{mM}^{-1}$; $1.53 \mu\text{M}$) (Figure 1b). These results demonstrate that the vertically aligned mesoporous architecture enhances substrate accessibility to the POM units and promotes more efficient electrocatalytic processes, whereas random stacking on the bare electrode limits the number of catalytically active sites. In the latter case, only the POM units located at the outer surface of the film participate directly in the electrocatalytic process, resulting in lower overall efficiency.

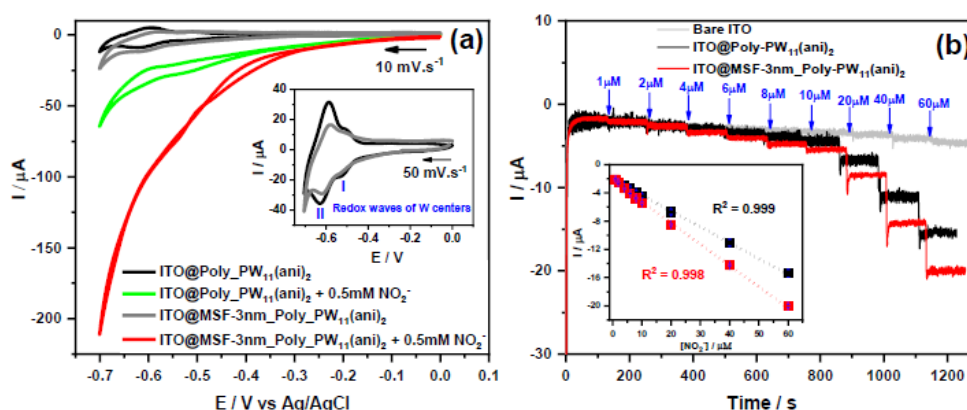


Figure 1. Comparative voltammograms (a) and amperometric responses (b) illustrating the electrocatalytic activity of ITO@Poly_PW₁₁(ani)₂ and ITO@MSF-Poly_PW₁₁(ani)₂ toward nitrite reduction.

Acknowledgment

The authors acknowledge financial support from the French “Agence Nationale de la Recherche” (public grant N° ANR-20-CE09-0004, POMSIL).

References

1. M.I. Veríssimo, D.V. Evtuguin, M.T.S. Gomes, *Front. Chem.* **2022**, *10*, 840657
2. H. Guan, Y. Chen, K. Xing, Q. Liu, *J. Food Compos. Anal.* **2024**, *136*, 10679.

Microscale multiplexed electrochemical sensors for real-time monitoring of biomarkers in (multi)organ-on-chip systems

Ana Casanova*, Solène Moreau, Remco Den Dulk, Yohann Thomas, Pascal Mailley

Univ. Grenoble Alpes, CEA, LETI, MINATEC Campus, Grenoble, 38000, France

*Corresponding Author: ana.casanovamartinez@cea.fr

Precision medicine, advanced drug screening and toxicology assessment increasingly require in-vitro models capable of predicting human biological responses with greater physiological relevance. Single- and multi-organ-on-a-chip (OoC) platforms are emerging as an alternative to traditional 2D/3D cell cultures and animal models. While animal testing has historically played a central role in biomedical research, it remains controversial due to ethical concerns and growing uncertainty regarding its ability to reliably mirror human physiology. OoC technologies therefore offer dynamic microenvironments that more closely mimic human physiological performance. Within this context, continuous and quantitative monitoring of metabolic and microenvironmental biomarkers becomes essential to evaluate tissue function, early stress responses and detect the physiological signature of possible toxicity.

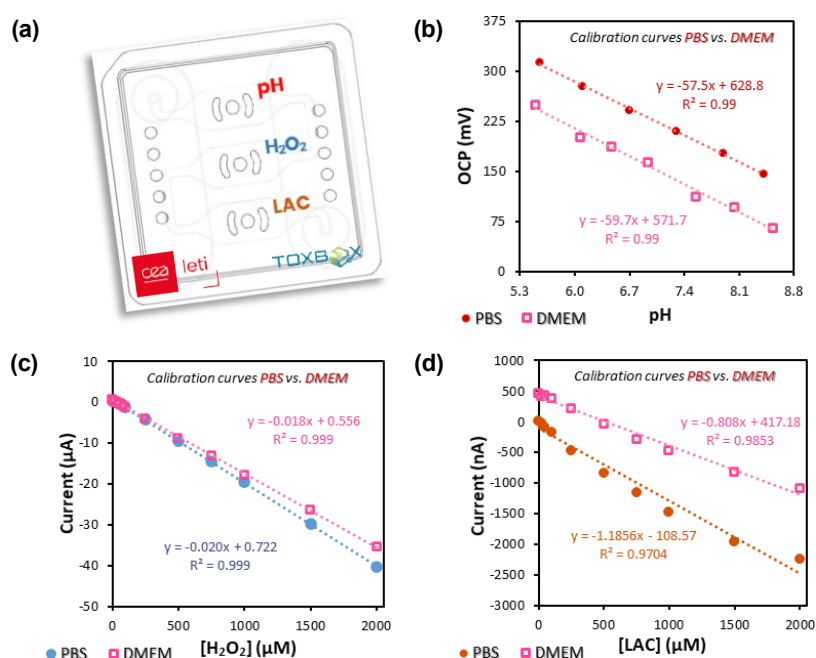


Figure 1. Microscale multiplexed electrochemical sensors integrated into the microfluidic platform: (a) Schematic representation of electrochemical sensor chip. Calibration curves in phosphate buffer solution (PBS) and cell culture media (DMEM) for (b) pH, (c) H₂O₂, and (d) lactate.

In this work, we present the development of microscale electrochemical sensors for pH, lactate, and hydrogen peroxide (H₂O₂) measurement using a multiplexed approach compatible with OoCs integration (Figure 1). Their fabrication involves modified screen-printing strategies combined with microdroplet dispensing of selective reagent formulations, enabling tailored analytical performance within a compact architecture. The resulting plug-and-play modular chip (following ISO 22916:20222 standard) supports high-throughput, real-time and continuous (bio)sensing, ensuring stable long-term monitoring of key metabolic indicators within skin, lung and liver organoid cultures.

Acknowledgment

This work is supported by the TOXBOX project funded by the European Union.

Correlating nanoparticle structure and local electrochemical activity through advanced analytical methodology

Marine Cheng,^{1*} Alexandros Ploumistos,² Nikan Afsahi,¹ Jean-Marc Noël,¹ Nathaly Ortiz Peña,² Jean-François Lemineur¹

¹ Université Paris Cité, ITODYS, 75013 Paris, France

² Université Paris Cité, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, 75013 Paris, France

*Corresponding Author: marine.cheng@u-paris.fr

Improving the electrochemical activity of catalysts for the hydrogen evolution reaction (HER) is crucial for hydrogen-based energy technology. However, this approach raises new questions: are all NPs catalytically active and homogeneous? Are they stable under operating conditions?

To address these questions, we employed an analytical methodology combining electrochemical cell microscopy (SECCM) and high-resolution electron microscopy that allows us to probe the catalytic activity of the NPs at the nanoscale and to correlate fluctuation in electrochemical behavior with structural changes (segregation, leaching, surface oxidation, morphological evolution).¹

This method is demonstrated on multimetallic CoPtNi NPs (40% Co, 40% Ni, 20% Pt) synthesized by pulsed laser deposition (PLD) followed by flash laser annealing.² In acidic media (0.1 M HClO₄), the NPs display reactivity dominated by Pt, with no clear Co or Ni signatures. Post-mortem imaging of regions subjected to HER reveals graphitization of the carbon support and surface amorphization or phase transformations for a fraction of the NPs, whereas areas affected by hydrogen bubble formation show limited structural change, consistent with transient disconnection during gas evolution.

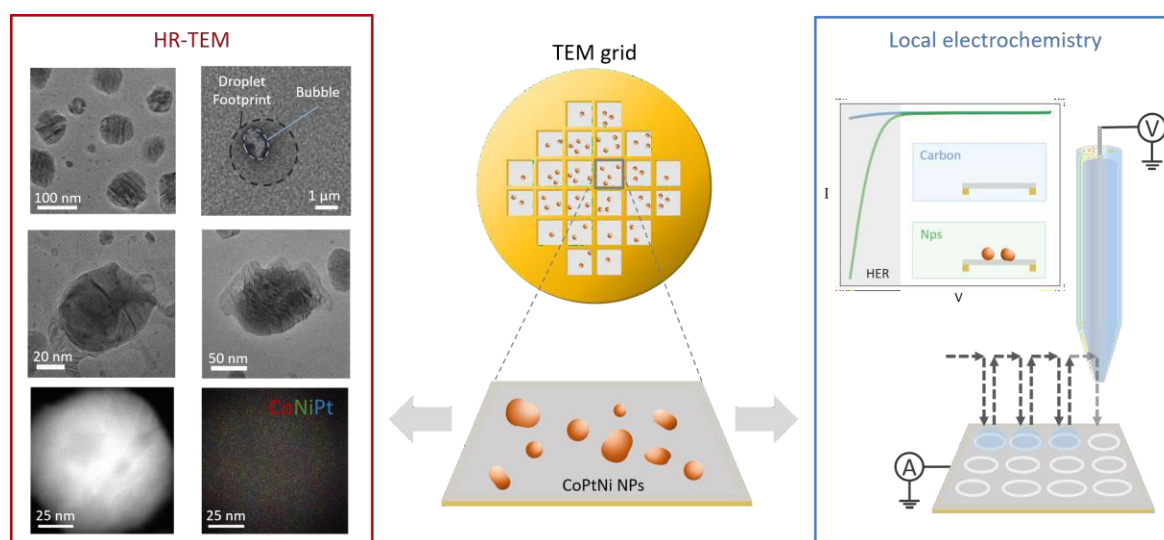


Figure 1. General methodology for probing the electrochemical reactivity of multimetallic NPs deposited onto carbon grids and analyzed by SECCM (right) and HRTEM (left)

References

- Ornelas, I. M.; Unwin, P. R.; Bentley, C. L. *Anal. Chem.* 2019, 91 (23), 14854–14859.
- Acheche, A.; Nelayah, J.; Gatti, R.; Alloeyau, D.; Ricolleau, C.; Amara, H. *Faraday Discuss.* 2025.

Capteur électrochimique à base de microaiguilles poreuses pour la détection *in vitro* des métaux dans la sève

Marcel Cédric Ngaha Deussi¹, Hamdi Ben Halima¹, Martial Personeni², Sébastien Thibaud², Nicole Jaffrezic-Renault¹,

¹ Institut UTINAM, Université Marie et Louis Pasteur, 25000 BESANCON Institut Femto-st, Université Marie et Louis Pasteur, 25000 BESANCON

*Auteur de correspondance : nicole.jaffrezic-renault@univ-fcomte.fr

Certaines plantes croissant sur des sols pollués par des métaux lourds ont la propriété d'accumuler ces métaux dans leurs feuilles [1]. Cette propriété est utilisée pour la phytoremédiation de ces sols pollués. Pour maîtriser cette fonction, il est important de pouvoir suivre *in situ* l'accumulation des métaux dans les feuilles en fonction du type de plante et/ou des conditions de culture. Un capteur électrochimique à base de microaiguilles a été développé dans cet objectif. Ce capteur est constitué d'une électrode sérigraphiée sur laquelle est collé un réseau de microaiguilles poreuses en polyméthacrylate. Les microaiguilles ont été photopolymérisées dans un moule PDMS obtenu par un poinçon métallique. Leur hauteur est de 700 μm et leur diamètre de base est de 350 μm (Figure 2).

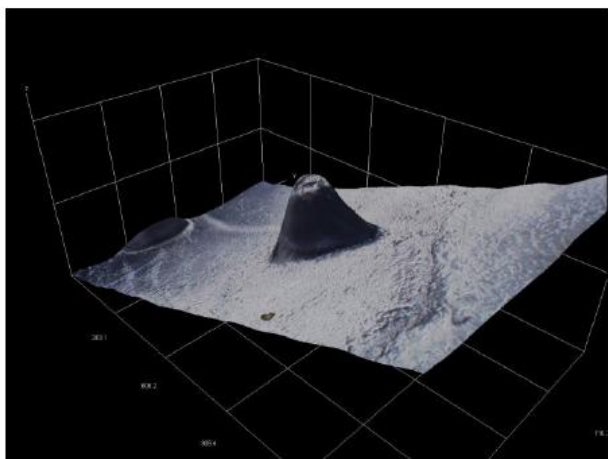


Fig.1 Photo par microscopie optique d'une microaiguille

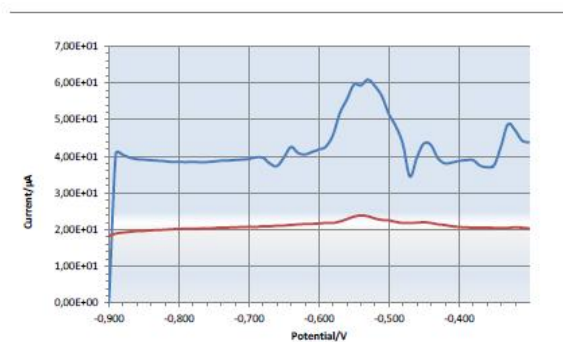


Fig.2 Pics DPV de l'ion Pb^{2+} dans un fantôme mimant la feuille (concentrations 10^{-3} M, 10^{-4} M)

La détection de l'ion Pb^{2+} a été testée dans un gel fantôme à base de séve, couvert de Parafilm, qui mimait la feuille. La méthode de détection de l'ion Pb^{2+} consiste en la redissolution anodique. Les pics obtenus en DPV sont présentés sur la Figure 2. Ces résultats montrent que les microaiguilles drainent le liquide du fantôme à travers le Parafilm, jusqu'à l'électrode.

Référence

1. M. Assad, M. Chalot, F. Tatin-Froux, V. Bert, J. Parelle. Trace Metal(oid) Accumulation in Edible Crops and Poplar Cuttings Grown on Dredged Sediment Enriched Soil. Journal of Environmental Quality, 2018, 47 (6), pp.1496-1503.doi:10.2134/jeq2018.03.0106

Voltammetric multi-analyte detection of pharmaceuticals in water using reusable surface activated carbon electrodes

Serah Njoroge^{1,2}, Cyrine Slim¹, Laura Trapiella-Alfonso¹, Peterson Guto², Immaculate Michira², Sophie Griveau¹

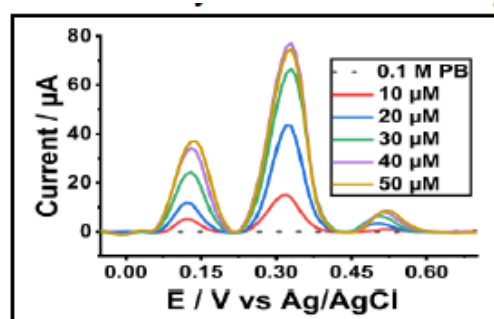
¹*Institute of Chemistry for Life and Health Sciences (iCLeHS), Chimie ParisTech – PSL, CNRS UMR 8060, Paris, France*

²*Department of Chemistry, University of Nairobi, PO Box 30197, 00100 Nairobi, Kenya.*

*Corresponding Author: serah.njoroge@chimieparistech.psl.eu

Diclofenac (DCF), a widely used non-steroidal anti-inflammatory drug, is among the most frequently detected pharmaceutically active compounds in aquatic environments because of its incomplete removal during wastewater treatment, leading to its persistence in natural and treated waters at trace concentrations (ng/L to $\mu\text{g/L}$) [1], and to documented environmental and health impacts. Despite being an emerging contaminant, DCF monitoring mainly relies on conventional analytical techniques such as HPLC-MS and GC-MS, which are time-consuming, costly, non-portable, and require specialized expertise [2]. Electrochemical sensing approaches have attracted interest as analytical tools for environmental monitoring because of their low cost, portability, and potential for miniaturization. However, achieving selectivity and sensitivity in complex matrices containing compounds such as dopamine and paracetamol remains challenging. The overlapping oxidation potentials of these compounds on carbon electrodes result in poor signal resolution and electrode fouling, complicating DCF quantification [3]. Consequently, the development of advanced electrochemical sensors with surface-engineered interfaces is essential for the reliable detection of pharmaceutical contaminants in aquatic environments [4].

In this study, we propose a mild electrochemical activation strategy for glassy carbon electrodes (GCE) performed in 0.1 M aqueous phosphate buffer (pH 7.4). The electrochemically pre-treated GCE was characterized using electrochemical methods, water contact angle measurements, and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), revealing enhanced surface wettability and the formation of oxygen-rich functional groups, leading to improved interfacial electrochemical activity. The activated GCE was successfully applied to the simultaneous voltammetric detection of DCF, dopamine, and paracetamol using differential pulse voltammetry (DPV) in the micromolar concentration range, exhibiting well-resolved oxidation signals and clear peak separations (Figure



1). Furthermore, quantitative analysis of DCF was achieved, with a linear response in the 10–50 μM range and a detection limit of 2.0 μM , while significantly mitigating the electrode passivation effects reported in previous studies. This activation strategy enables faster analysis, improved reproducibility, and enhanced operational simplicity by eliminating the need for mechanical polishing between measurements, thereby offering a robust, user-friendly, and reusable electrochemical sensing platform for multi-analyte detection in aqueous environments.

Figure 1. Illustrative DPV for the multi-detection of dopamine, paracetamol, and diclofenac in aqueous media in the micromolar range at a pre-treated glassy carbon electrode

References

1. Y. Luo, W. Guo, H. H. Ngo, L. D. Nghiem, F. I. Hai, J. Zhang, S. Liang, X. C. Wang, *Sci. Total Environ.* 2014, 473–474, 619–641.
2. W. Boumya, N. Taoufik, M. Achak, H. Bessbousse A, Elhalil N. Barka, *Talanta Open* 2021, 3, 100026.
3. A. B. A. Boxall, B. W. Brooks, *Environ. Toxicol. Chem.* 2024, 43(3), 481–487
4. G. S. Kassahun, S. Griveau, F. Bedioui, C. Slim, *ChemElectroChem* 2022, 9, e202100734.

Rapid kinetic screening of mediator–catalyst pairs for redox-mediated decoupled water splitting

Wei Guo^{*}, Mariela Brites Helu, Liang Liu, Mathieu Etienne

Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement (LCPME), Université de Lorraine, CNRS, 54000 Nancy, FRANCE

*Corresponding Author: wei.guo@univ-lorraine.fr

Redox-mediated decoupled water splitting (RDWS) is a novel strategy for large-scale hydrogen production due to its ability to temporally and spatially separate hydrogen and oxygen evolution, thereby enhancing operational safety, improving energy efficiency, and enabling independent optimization of the two half-reactions.[1] However, a key challenge of this technique lies in the identification and development of highly efficient mediator-catalyst pairs for the hydrogen evolution reaction (HER) and oxygen evolution reaction (OER).[2] Current approaches to evaluating mediator-catalyst interactions typically rely on flow cell measurements, which are time-consuming and require substantial quantities of materials. Here, we present a rapid and facile strategy that enables quantitative assessment of mediator-catalyst interactions within minutes, while requiring only minimal electrolyte volumes and negligible catalyst consumption. Steady-state currents were measured in a custom-designed 3D-printed electrochemical cell and quantitatively translated into catalytic rate constants, enabling kinetic comparison across different mediator–catalyst combinations. The influence of different parameters, such as pH of the electrolyte, temperature, and redox mediator concentration, on the reaction kinetics was investigated as well. The gas evolution rates obtained by the water displacement method for different mediator–catalyst combinations are consistent with the kinetic trends derived from our electrochemical analysis, further validating the reliability of the proposed screening strategy. We anticipate that the strategy demonstrated here would provide a simple and high-throughput platform for redox mediator-catalyst pairs screening, which could accelerate the development of RDWS.

Acknowledgment

The author acknowledges the financial support from the REDHY project (Grant Agreement No 101137893). The project is supported by the Clean Hydrogen Partnership and its members.

References

1. F. Zhang, H. Zhang, M. Salla, N. Qin, M. Gao, Y. Ji, S. Huang, S. Wu, R. Zhang, Z. Lu, Q. Wang, *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *143*, 223-231.
2. P.J. McHugh, A.D. Stergiou, M.D. Symes, *Adv. Energy Mater.* **2020**, *10*, 2002453.

Local electrochemical heterogeneity in drop-cast MoS₂ coffee-ring revealed by scanning gel electrochemical microscopy (SGECM)

Liuying Xiong^{1,2}, Liquan Mao^{1*}, Liang Liu^{2*}

¹ School of Energy Science and Technology, Henan University, Zhengzhou 450046, PR China

² Université de Lorraine, CNRS, Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement (LCPME), F-54000 Nancy, France

*Corresponding Author: mlq@henu.edu.cn, liang.liu@univ-lorraine.fr

Reliable assessment of electrocatalytic performance is often limited by the non-uniform distribution of catalysts in drop-cast deposits. The well-known “coffee-ring effect” generates spatially heterogeneous regions with varying catalyst loading on a single electrode. Conventional macroscopic electrochemical measurements provide only averaged responses and fail to resolve local variations in catalytic activity. This calls for microscopic electrochemical techniques capable of correlating local reactivity with the spatial distribution of catalysts.

In this work, Scanning Gel Electrochemical Microscopy (SGECM) was employed to investigate the coffee-ring effect of drop-cast molybdenum disulfide (MoS₂) electrocatalysts. Local electrochemical and surface properties were probed at the microscale through approach–retract analysis, as well as localized LSV and CV measurements at the edge and central regions of the ring. Distinct differences in electrochemical response were observed between edge and central regions of the drop-cast. The approach–retract curves further reveal variations in interfacial interaction across the heterogeneous catalyst distribution. In addition, potential contamination of the gel probe by poorly adhered catalyst was also examined. It was found to be either negligible or directly detectable during measurement (especially for sticking large particles). This work extends the application of SGECM for measuring electrocatalytic systems, with the possibility of revealing the interfacial contact characteristics and adhesion of catalyst together with the electrochemical reactivity.

Acknowledgment

We thank Mariela Brites Helu from the spectroscopy and microscopy service facility (SMI) of LCPME for the training of SGECM and SEM/EDX measurements. We acknowledge financial support from the China Scholarship Council (CSC).

Potentialité des graphènes comme matériaux d'électrodes pour les applications capteurs électrochimiques

Christine Vautrin-UI¹, Thinhinane Hamadachi¹, Yves Pain¹, Aïda Bensebaa², Jimmy Nicolle¹, Mohamed-Ramzi Ammar¹, Christophe Coillot², Jean-Manuel Decams³, Vincent Astié³, Sylvie Contreras³

¹ ICMN UMR 7374, Université d'Orléans-CNRS, Orléans, France

² L2C, UMR 5221, CNRS, Université de Montpellier, France

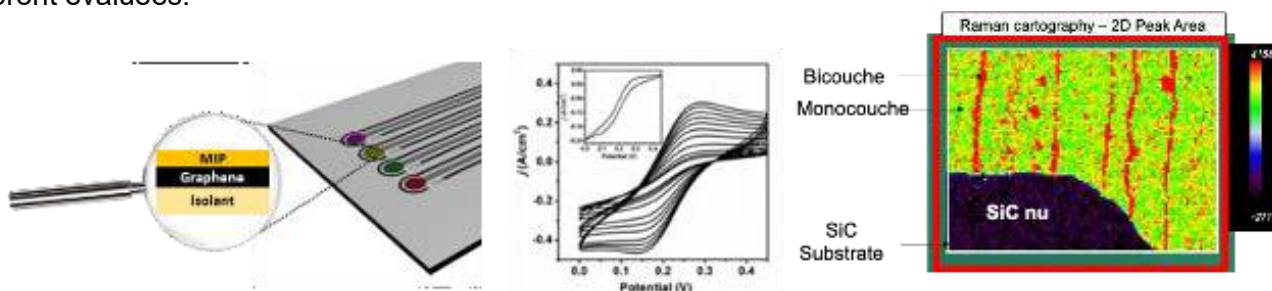
³ Annealsys, 139 Rue des Walkyries, 34000 Montpellier

*Auteure de correspondance christine.vautrin-ul@cnrs-orleans.fr

Des graphènes obtenus par différentes méthodes d'élaboration — croissance CVD, exfoliation électrochimique ou épitaxie sur SiC — présentent des propriétés électroniques particulièrement intéressantes, faisant d'eux des matériaux prometteurs pour la réalisation d'électrodes destinées aux capteurs électrochimiques. Toutefois, les étapes de fabrication des électrodes peuvent introduire des défauts susceptibles d'altérer les propriétés intrinsèques du graphène.

Les travaux présentés porteront sur différentes électrodes à base de graphène qui seront caractérisées par des techniques électrochimiques, ainsi que par des méthodes de microscopie à champ proche (AFM, KPFM, SECM) et par spectroscopie (XPS et Raman), afin de mettre en évidence les défauts apparaissant au cours des différentes étapes de leur élaboration.

Le développement de capteurs électrochimiques à la fois sensibles et sélectifs pour la détection de micropolluants dans l'eau nécessite la fonctionnalisation des électrodes. Celle-ci vise à associer le graphène à une couche sélective capable de préconcentrer le polluant à proximité de l'électrode, permettant ainsi d'abaisser les limites de détection. Dans le cadre de ces travaux, la couche fonctionnelle est un polymère à empreintes moléculaires. Après fonctionnalisation des électrodes en graphène, les performances des capteurs pour la détection de pesticides ou d'antracène seront évaluées.



- 1) Réseau de microélectrodes en graphène fonctionnalisé par un MIP
- 2) Sonde Ruthénium hexamine III sur graphène
- 3) Image Raman montrant un graphène sur SiC (en rouge zone de les bords de marche)

Remerciements

Nous remercions chaleureusement la Région Centre – Val de Loire pour son soutien financier au projet JUNON, ainsi que l'Agence Nationale de la Recherche pour le projet ANR-20-CE04-0011.

References

1. Molecularly Imprinted Polymer Embedded by Electropolymerization on Chemical Vapor Deposition Graphene for the Electrochemical Determination of Isoproturon in Water, Y. Pain et al. Sensors, and Actuators/ B Chemical 457 (2026)139613, <https://doi.org/10.1016/j.snb.2026.139613>

Development of a polypyrrole/activated carbon-based electrochemical sensor for Pb²⁺ detection in water

Juan A. Ramirez-Amaringo^{1,2*}, Michael Badawi², Almudena Marti², Angélica M. Baena-Moncada¹.

¹ *Laboratorio de Investigación de Electroquímica Aplicada, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210, Rímac, Lima, Perú*

² *L2CM, CNRS, University of Lorraine, UMR 7053, 54600 Vandoeuvre-lès-Nancy, France*

*Corresponding Author: juan.ramirez.a@uni.pe

Heavy metal contamination in water, particularly by Pb²⁺, poses significant environmental and health risks due to toxicity and bioaccumulation. This work aims to develop a sensitive, low-cost, and sustainable electrochemical sensor for Pb²⁺ detection. A composite sensing platform was designed by combining polypyrrole (PPy) with activated carbon derived from recycled polyethylene terephthalate (PET). Activated carbons were obtained via pyrolysis at 700–900 °C and characterized by FTIR, SEM, nitrogen physisorption, and Raman spectroscopy, confirming porous structures (133 m²g⁻¹) with moderate disorder (ID/IG = 0.78). The sensor was fabricated by electropolymerizing pyrrole onto a modified glassy carbon electrode in 0.1 mol L⁻¹ H₂SO₄ at a scan rate of 100 mV s⁻¹.

Electrochemical analysis demonstrated the formation of a stable, conductive PPy/carbon film. The synergistic effect between PPy conductivity and high surface area carbon enhanced charge transfer and metal ion preconcentration. The sensor exhibited high sensitivity toward Pb²⁺ with a limit of detection of 1 μmol L⁻¹ and good reproducibility in aqueous media. This study presents a cost-effective and sustainable sensing strategy that integrates plastic waste valorization with efficient electrochemical detection, showing strong potential for environmental monitoring applications.

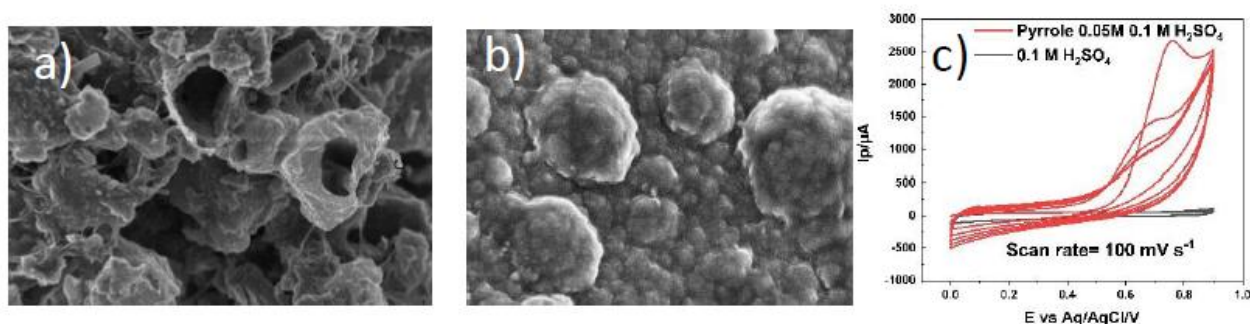


Figure 1. a) SEM micrograph of the AC; b) SEM micrograph of the Ppy, c) cyclic voltammograms recorded during the electropolymerization of pyrrole on the modified electrode

Acknowledgments

This work was funded by CONCYTEC and PROCIENCIA under the calls E077-2023-01-BM “Scholarships in Doctoral Programs in Interinstitutional Alliances” (Scholarship Contract No. PE501093378-2024) and E033-2023-01-BM “Interinstitutional Alliances for Doctoral Programs” (PE501084300-2023-PROCIENCIA-BM).

References

1. Beas-bernuy LC, Cardenas-riojas AA, Calderon-zavaleta SL, Quiroz-aguinaga U, Rosa-toro A La, Elvis OL, et al., ACS Omega, 2023, 8, 40, 37341–37352.
2. Arias-Pinedo OM, López EO, Monje IE, Soria-Martínez R, Bazan-Aguilar A, Luyo Caycho CA, et al, J Energy Chem. 2024, 94, 41–53.

Electrochemical detection of diclofenac in environmental and pharmaceutical samples using a glassy carbon electrode modified with organosmectite/MWCNTs composite material

Guy Bertrand Piegang Ngassa^{1,2,3*}, Mariela Alicia Brites Helu², Grégoire Herzog², Christelle Despas², Emmanuel Ngameni¹, Alain Walcarius².

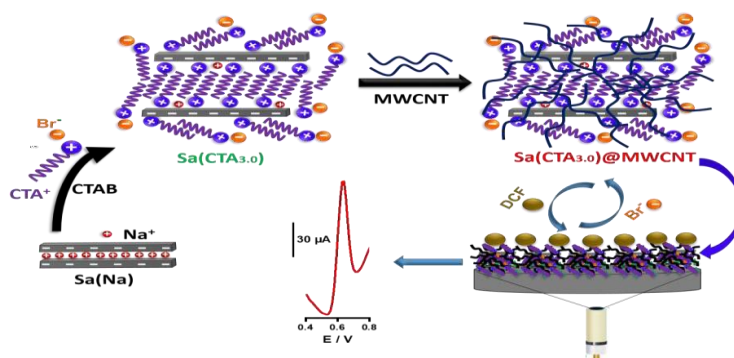
¹ Laboratory of Analytical Chemistry, Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, University of Yaoundé 1, P. O. Box 812, Yaoundé, Cameroon

² Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

³ Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Douala, P.O. Box 24157, Douala

*Corresponding Author: guynqassa27@gmail.com

A natural sodic smectite, Sa(Na), sourced from the North West region of Cameroon, was modified by intercalating cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) into its interlayer spaces to obtain organoclays denoted Sa(CTA_x), where x (0.0–3.0) corresponds to the surfactant loading relative to the cation exchange capacity. The organoclays were subsequently combined with multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) to form hybrid composites, Sa(CTA_x)@MWCNT. Structural and morphological analyses using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy and Scanning Electron Microscopy (SEM) confirmed successful intercalation of CTA⁺ ions into the clay and the formation of a homogeneous matrix of MWCNTs and organoclay. Electrochemical characterization using cyclic voltammetry with [Fe(CN)₆]³⁻ ions revealed that Sa(CTA_x) films (x ≥ 0.75) accumulated anions through exchange with Br⁻, whereas the Sa(CTA_{3.0})@MWCNT composite exhibited enhanced redox activity and a saturation peak current twice that of Sa(CTA_{3.0}), owing to improved conductivity and active site density. The optimized composite-modified glassy carbon electrode (GCE/Sa(CTA_{3.0})@MWCNT) was employed for the electrochemical detection of DCF using differential pulse voltammetry (DPV). A linear response was obtained in the 0.02–1.60 μM range with a detection limit of 5.45 × 10⁻⁹ mol·L⁻¹ (S/N = 3). Application to real water samples demonstrated excellent reproducibility (RSD < 5%), confirming the potential of the GCE/Sa(CTA_{3.0})@MWCNT sensor as a sensitive, and cost-effective tool for environmental monitoring of pharmaceutical contaminants.



Acknowledgment

The authors want to thank the spectroscopy and microscopy Service Facility (SMI) of LCPME for providing access to the SEM apparatus. GBNP acknowledges the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) Fellowship Programme for financial support

References

1. R.N. Goyal, S. Chatterjee, B. Agrawal, *Sens. Actuators B* **2010**, *145*, 743.
2. G.P. Fard, E. Alipour, R.E.A. Sabzi, *Anal. Methods* 2016, **8**, 3966.
3. R.A. Farghali, R.A. Ahmed, A.A. Alharthi, *Int. J. Electrochem. Sci.* 2018, **13**, 10390.

Conception d'électrodes hybrides g-C₃N₄/oxydes métalliques à architectures tridimensionnelles optimisées pour des supercondensateurs haute performance

Ibtissem Ben Assaker,^{1*} Sarra Aoun^{1,2,3}, Idoumou Bouya Ahmed,¹, Imen Gritli,¹

¹ *Laboratoire de Nanomatériaux et Systèmes pour les Énergies Renouvelables, Centre de Recherche et de Technologies de l'Énergie (CRTE), Tunis, Tunisie*

² *Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis el Manar (UTM)*

³ *Laboratoire des Sciences et Procédés de Matériaux (LSPM) à l'Université Sorbonne Paris Nord en France*

*Auteur de correspondance : ibtissembassaker@gmail.com

Le stockage de l'énergie constitue un enjeu majeur pour le développement des énergies renouvelables et des systèmes électroniques modernes. Les supercondensateurs apparaissent comme des dispositifs prometteurs en raison de leur forte densité de puissance, de leur rapidité de charge/décharge et de leur longue durée de vie. Cependant, leurs performances dépendent fortement des matériaux d'électrodes et de leur architecture.

Le nitrure de carbone graphitique (g-C₃N₄), matériau bidimensionnel riche en sites azotés et chimiquement stable, offre une synthèse facile et une grande modulabilité. Néanmoins, sa conductivité limitée restreint son utilisation directe dans des supercondensateurs haute performance. L'intégration du g-C₃N₄ avec des oxydes métalliques pseudocapacitifs tels que NiCo₂O₄, MnO₂ ou Co₃O₄ permet de concevoir des électrodes hybrides exploitant un effet synergique pour améliorer l'activité électrochimique [1-3].

Dans ce travail, nous développons des électrodes hybrides nanostructurées g-C₃N₄/oxydes métalliques présentant une architecture tridimensionnelle favorisant la surface active, la pénétration de l'électrolyte et le transport efficace des ions. Les analyses structurales et morphologiques confirment une répartition uniforme de l'oxyde sur le support g-C₃N₄ et la formation d'interfaces robustes. Les performances électrochimiques, évaluées par voltampérométrie cyclique et charge-décharge galvanostatique, montrent des améliorations significatives de la capacité spécifique, de la cinétique de charge et de la réactivité des interfaces par rapport aux composants isolés.

Ces résultats démontrent le potentiel des architectures hybrides 3D ingénieusement conçues pour surmonter les limitations de conductivité et de diffusion ionique, offrant une stratégie prometteuse pour le développement des électrodes de supercondensateurs de nouvelle génération.

Remerciements

Ces travaux ont été menés dans le cadre du programme PHC-UTIQUE (CMCU-24G1211), en collaboration entre le Laboratoire de Nanomatériaux et Systèmes pour l'Énergie Renouvelable et le Laboratoire des Sciences et Procédés de Matériaux de l'Université Sorbonne Paris Nord, avec le soutien du Ministère tunisien de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

References

1. Ahmed, I. B., Diaby, M., Nafati, H., Bardaoui, A., Santos, D. M. F., Chtourou, R., & Assaker, I. B. *Solid State Sci.* **2024**, 152, 107537.
2. Z. Landolsi, I.B. Assaker, A.Y. Alzahrani, S.M. Keshk, R. Chtourou, J. Mater. Sci. Mater. Electron. **2022**, 33, 24857–24868.
3. P. C. Santhosh, S. Jayakumar and A. V. Radhamani, *Nanoscale*, **2026**, 18, 351–365.

Carbures et nitrures de molybdène pour la production de H₂ vert par électrolyse de l'eau

Marie Mas^{1,*}, Guillaume Dubois¹, Noée Dumait¹, Stéphane Cordier¹, Fabien Grasset^{1,2}, Franck Tessier¹, Corinne Lagrost¹

¹ Univ. Rennes, CNRS, Institut des Sciences Chimiques de Rennes – UMR 6226, F-35000 Rennes, France

² CNRS-Saint-Gobain-NIMS, IRL 3629, Laboratory for Innovative Key Materials and Structures (LINK), NIMS, Tsukuba 305-0044, Japan

*Auteure de correspondance : marie.mas@univ-rennes.fr

Au regard du contexte environnemental actuel, développement de sources d'énergie plus vertes et durables constitue une priorité majeure. Dans cette perspective, le dihydrogène vert apparaît comme une alternative particulièrement prometteuse. Il peut être produit par électrolyse de l'eau, toutefois un tel procédé requiert généralement l'utilisation de métaux nobles en tant que catalyseurs, tels que le platine. Ces matériaux présentent non seulement un coût élevé, mais également une abondance limitée. Leur substitution par des matériaux moins coûteux, plus stables et offrant des performances catalytiques comparables permettrait de concevoir des systèmes plus viables à grande échelle. Dans ce contexte, les catalyseurs à base de métaux de transition suscitent un intérêt croissant, en particulier les carbures et nitrures de molybdène. ⁽¹⁾ Les performances de tels matériaux pourraient être davantage optimisées par dopage avec d'autres métaux de transition, tels que le cobalt ou nickel, afin d'ajuster leur structure électronique. ⁽²⁾

Cette étude portera sur la caractérisation structurale et électrochimique de ces catalyseurs, afin d'établir des corrélations entre leurs propriétés structurales et leurs performances catalytiques. A cette fin, des encres catalytiques seront formulées à partir des matériaux synthétisés, puis déposées sur un substrat approprié. Les analyses électrochimiques comprendront des mesures de voltamétrie à balayage linéaire (LSV), voltamétrie cyclique (CV) et de spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS). Les paramètres clés, tels que la surface électrochimiquement active, la surtension ainsi que la résistance au transfert de charge pour une densité de courant de -10 mA/cm², seront évalués à partir de ces caractérisations.

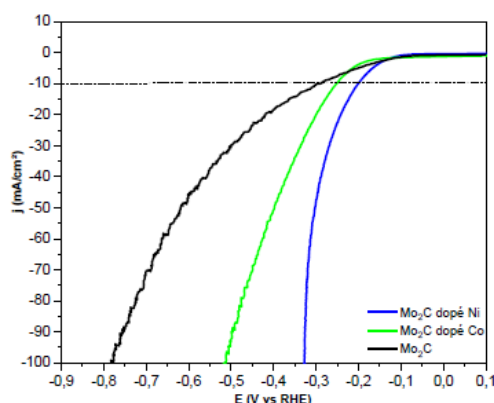


Figure 1. LSV en milieu basique pour la réaction de HER

References

1. Ma L. *et al.* Efficient hydrogen evolution reaction catalyzed by molybdenum carbide and molybdenum nitride nanocatalysts synthesized via the urea glass route. *J. Mater. Chem. A*, 2015, 3, 8361–8368
2. F. Yu, *et al.*, Electrocatalytic performance of ultras-small Mo₂C affected by different transition metal dopants in hydrogen evolution reaction, *Nanoscale*, 2018, 10, 6080

Mixed ion-electron-conducting polymers for battery applications

Sarah Couppoussamy, Lionel Sanguinet, Charles Cougnon

Univ Angers, CNRS, MOLTECH-Anjou, SFR MATRIX, F-49000 Angers, France

*Corresponding Author: sarah.couppoussamy@etud.univ-angers.fr

Energy storage has become a central challenge of energy transition. The continuous growth of energy demand, combined with the increasing deployment of renewable energy sources such as wind and solar power, makes the development of efficient, reliable, and sustainable storage systems essential to ensure a secure electricity supply. While lithium-ion batteries currently dominate the market, their economic, environmental, and sustainability limitations raise significant concerns. In this context, organic batteries have emerged as a promising approach to reconcile energy storage performance with environmental sustainability. However, there is still no organic material that meet the specification of storage in terms of energy density, power and stability. Our ambition is to develop organic conducting polymers (CPs) with intrinsic porosity and mixed ion-electron-conductivity as a new generation of sustainable electrochemical storage materials.

This work aims to combine the advantages of both porous polymers and mixed ion-electron-conducting polymers to enhance their performance for energy storage applications.^{1,2} To achieve this far-reaching goal, polyethylene glycol (PEG)-type monomers are synthesized as building blocks to prepare conducting polymers with intrinsic porosity and chemical environment well suited for improving both ion and electron conductivities (Figure 1). Unfortunately, the measurement of both ion and electron conduction with the same experimental setup remains very challenging because these different conduction modes differ from each other by several order of magnitude. This work presents a solution to that problem which remained unresolved for too long.

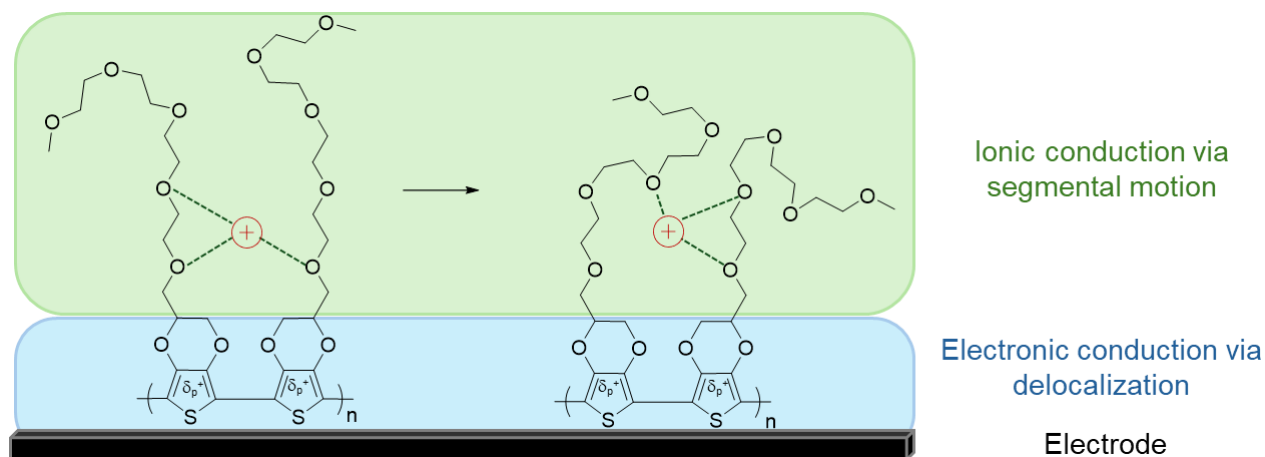


Figure 1. Schematic representation of ionic and electronic conduction on Monomethylether-Tetraethyleneglycol-EDOT polymer.

Acknowledgment

This research was funded by the cellule Energie du CNRS through the framework of the project ECO-Batt, and the Agence Nationale de la Recherche (ANR) through the framework of the project ECHO-Mix (grant number ANR-25-CE05-6977).

References

- Schmode, P., Savva, A., Kahl, R., Ohayon, D., Meichsner, F., Dolynchuk, O., Thurn-Albrecht, T., Inal, S., Thelakkat, M. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2020**, *12*, 130293.
- Zhu, T., Sternlicht, H., Ha, Y., Fang, C., Liu, D., Savitzky, B. H., Zhao, X., Lu, Y., Fu, Y., Ophus, C., Zhu, C., Yang, W., Minor, A. M., Liu, G. *Nat Energy* **2023**, *8*, 129137.

Spectroscopie d'impédance électrochimique à 4 électrodes pour l'étude des interfaces entre électrolytes solides, défis et opportunités.

Niki Halttunen,^{1*} Amine Choukatli,¹ Cyril Garnero,² Didier Devaux,² Fannie Alloin²

¹ IFPEN, 69360 Solaize, France

² Université Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, LEPMI, 38000 Grenoble, France

*Auteur de correspondance : niki.halttunen@ifpen.fr

Le développement de batteries lithium-ion à haute densité d'énergie passe aujourd'hui par l'utilisation d'une électrode négative en lithium métal combinée à un électrolyte solide. Les électrolytes hybrides en combinant la conductivité ionique élevée d'un électrolyte inorganique ($\sigma > 1$ mS/cm) et la flexibilité d'un polymère sont des candidats intéressants pour atteindre cet objectif. Dans l'idéal un tel électrolyte devrait utiliser le polymère pour aider au transport ionique entre les phases inorganiques plus conductrices¹. Néanmoins, la réactivité chimique des principaux électrolytes inorganiques (LPS, argyrodites, halogénures) et la différence dans les mécanismes de transport en jeu bloque en général le passage du lithium d'une phase à l'autre. Actuellement la plupart des systèmes hybrides se basent sur un liant polymère inerte et un électrolyte inorganique formant un réseau percolant pour éviter ces problématiques.

Ce travail propose une étude de ces interphases organique/inorganique sur des systèmes modèles à l'aide d'une technique de spectroscopie d'impédance à 4 électrodes utilisant deux électrodes de lithium et deux électrodes de mesure placées à l'intérieur de l'électrolyte polymère. Cette technique permet de s'affranchir des SEI (solid electrolyte interphase) naturellement présentes en surface des deux électrodes de lithium métal et d'isoler le comportement de l'interphase².

La mise en place d'expérimentations de spectroscopie d'impédance à 4 électrodes peut mener à différents obstacles expérimentaux se traduisant par d'importants artefacts sur les mesures. Ces aspects seront discutés en plus des résultats obtenus sur un système modèle à base de Li_3PS_4 et d'un polymère PEO réticulé (PEO-r).

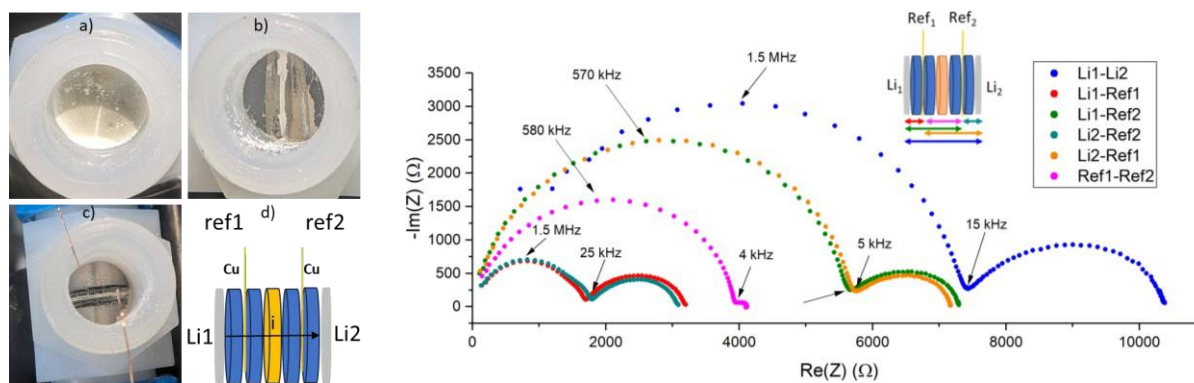


Figure 1. Exemple de cellule 4 électrodes PEO-r/LPS/PEO-r et diagrammes de Nyquist obtenus

References

1. Sen, S.; Trevisanello, E.; Niemöller, E.; Shi, B.-X.; Simon, F. J.; Richter, F. H. *J. Mater. Chem. A* **2021**, *9*, 18701–18732.
2. Simon, F. J.; Hanauer, M.; Henss, A.; Richter, F. H.; Janek, J. *ACS applied materials & interfaces* **2019**, *11*, 42186–42196.

Scalable fabrication of porous CuO-Cu₂O/graphene oxide electrodes via anodization and microwave plasma functionalization for high-performance supercapacitors

Sarra Aoun^{1,2,3*}, Idoumou Bouya Ahmed¹, Ibtissem Ben Assaker¹, Michael Redolfi³

¹ *Nanomaterials and Systems for Renewable Energy Laboratory, Research and Technology Center of Energy, Technoparc Borj Cedria, BP 095, Hammam Lif, Tunisia*

² *Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar, 2092, Tunis, Tunisia*

³ *Process and Materials Sciences Laboratory, University of Sorbonne Paris Nord, CNRS UPR-3407, 99 Avenue Jean-Baptiste Clément, 93430 Villetaneuse, France*

*Auteur de correspondance : sarraaoun3030@gmail.com

Copper oxide electrodes were manufactured via electrochemical anodization of copper, followed by microwave plasma functionalization under various gas atmospheres. SEM analysis revealed a distinctive porous, sponge-like morphology, while X-ray diffraction confirmed the crystalline nature of the CuO/Cu₂O phases. The anodization process produced a uniform and strongly adherent oxide layer, whereas plasma treatment enabled precise control over surface morphology, porosity, and copper oxidation states. Remarkably, plasma treatment under methane resulted in the formation of graphene oxide on the electrode surface, producing hybrid CuO-Cu₂O/graphene oxide nanostructures.[1] These electrodes exhibit significantly improved electrochemical performance, offering high specific capacitance at low current density, excellent charge/discharge capability, and exceptional cyclic stability after multiple cycles. The combination of anodization and plasma functionalization provides a versatile and scalable route for engineering high-performance copper oxide-carbon electrodes for next-generation supercapacitors.[2]

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude envers leur laboratoire et leurs partenaires pour leur soutien scientifique et technique, ainsi qu'envers le comité des Journées d'Électrochimie 2026 pour l'organisation de cette conférence.

References

1. Zhao, W., et al., Improved electrochemical performance of graphene oxide via copper ion cross-linking and plasma functionalization. *Journal of Materials Chemistry C*, 2025. **13**(9): p. 4488-4498.
2. Toman, J., et al., On the gas-phase graphene nanosheet synthesis in atmospheric microwave plasma torch: Upscaling potential and graphene nanosheet- copper nanocomposite oxidation resistance. *Fuel Processing Technology*, 2023. **239**: p.

Conception of electroactive films for desalination device

Zhen Meng^{1*} Hélène Cheap-Charpentier^{1,2*} et Hubert Perrot^{1*}

¹ Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire Interfaces et Systèmes Électrochimiques, LISE, F-75005 Paris, France

² EPF – Graduate School of Engineering, 55 avenue du president Wilson, 94230 Cachan, France

*Corresponding Author: helene.cheap-charpentier@epf.fr, hubert.perrot@sorbonne-universite.fr

With population growth, economic development, climate change, the contradiction between the supply and demand of freshwater resources is becoming more and more prominent. Electrochemical desalination, as an efficient and low-energy-consumption emerging technique, has garnered widespread attention. Our key research objective is to construct electroactive films for this technology that exhibit outstanding and balanced performance in specific capacitance, ion removal rates, selectivity, and stability. Prussian blue (PB), owing to its three-dimensional framework, tunable composition, and ion intercalation reactions, has demonstrated significant potential as an electroactive substrate material¹.

In this work, a PB film was obtained with a thickness 200 nm on the surface of gold-coated quartz sensor through electrodeposition. Based on the electrogravimetric technique (EQCM-D)², we illustrated the rigid characteristics of PB film and validated its applicability to the Sauerbrey equation ($\Delta m = -Ks \cdot \Delta f$). The mass change, induced by potassium ion (K⁺) intercalation in PB films, reached 3200 ng/cm² (Figure 1(a)). The mass per electron (MPE) value fluctuated between -40 and -20 g/mol, indicating that the mass change in PB film were contributed by K⁺ and H₃O⁺ (Figure 1(b)).

In subsequent work, co-precipitation methods will be employed to develop PBAs with various properties. Carbon nanotubes or other materials will be incorporated to further modify PBA films³. EQCM-A, Raman spectroscopy, and SEM techniques will be employed to investigate the porosity characteristics, chemical structure, and surface morphology of PBA films. Most noteworthy, the ion selectivity and transfer kinetics of PBA films will be demonstrated via ac-EQCM⁴.

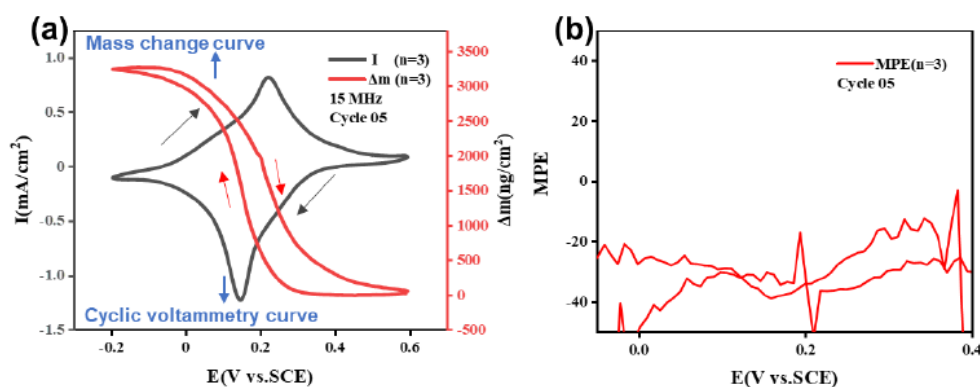


Figure 1. (a) Cyclic voltammetry curve and mass change curve of PB film at 20 mV/s scan rate, (b) MPE value variation curve during cyclic voltammetry.

Acknowledgment

This work is supported by China Scholarship Council (CSC) grant.

References

1. Tan, Y.; Chen, D.; Kotsiubynskyi, V.; Li, G.; Shen, L.; Han, W, *Journal of Energy Chemistry* **2025**, *107*, 393–406.
2. Levi, M., D. Shpigel, N. Sigalov, S. Dargel, V. Daikhin, L. Aurbach, D, *Electrochimica Acta* **2017**, *232*, 271–284.
3. Zakaria, M. B. Chikyow, T, *Coordination Chemistry Reviews* **2017**, *352*, 328–345.
4. Kim, L. T. T. Gabrielli, C. Perrot, H. Garcia-Jareno, J. Vicente, F, *Electrochimica Acta* **2012**, *84*, 35–48.

Optimizing porous electrodes for redox flow batteries using 3D printing and multiphysics modeling

Coline Lespinasse^{1,2*}, Wei Guo¹, Harpreet Singh¹, Liang Liu,¹ Sophie Didierjean², Mathieu Etienne¹

¹ *Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement, CNRS, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France*

² *Laboratoire de Energies et Mécanique théorique et Appliquée, CNRS, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France*

*Corresponding Author: coline.lespinasse@univ-lorraine.fr

Redox flow batteries (RFBs) are a promising solution for large-scale stationary energy storage. Their performance is sensitively dependent on the mass transport, which is governed by the efficiency of electrolyte flow. Recent advances show that 3D printing may enable the design of tailored porous architectures¹, offering unprecedented control over electrode configuration over conventional carbon fiber electrodes.

In this presentation, we will demonstrate the modeling of RFBs considering the electrolyte flow and electrochemical reactions on a 3D printed electrode using COMSOL Multiphysics 6.4. Various electrode geometries with different pore size, shape, and distribution are modeled for optimizing the battery performance, that is, the maximum power density with the minimum pressure drop. The modelling will not only guide the experimental fabrication of electrodes by 3D printing, but also provide critical insights into internal flow dynamics and current distribution, key factors for improving RFB performance and durability. The preliminary results are compared with the experimentally 3D-printed electrodes for model validation. This allows further design of innovative electrode geometry towards better performance and stability of RFBs and other redox flow technologies (mediated water electrolysis, microbial electrochemical technologies, etc.)

Acknowledgment

This work was supported by a French government grant from the Agence Nationale de la Recherche (ANR) under the France 2030 program (references ANR-23-PEBA-0005 and ANR-22-PEBB-0005). The author acknowledges the financial support from the REDHY project (Grant Agreement No 101137893). The project is supported by the Clean Hydrogen Partnership and its members.

References

1. R. De Wolf, M. De Rop, Dr. Ing. J. Hereijgers, *ChemElectroChem* **2022**, 9, e202200640.

Local and global performance and degradation of PEMFC membrane and active layers at 95°C

Aouatef Ouhammi, Guillaume Etienne, Julia Mainka*, Jérôme Dillet, Assma El Kaddouri, Olivier Lottin

LEMTA, CNRS, Université de Lorraine, Nancy, France

*Corresponding Author: Julia.mainka@univ-lorraine.fr

Operating proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) at elevated temperatures is a promising strategy for heavy-duty transportation applications [1]. While higher temperatures improve reaction kinetics, their effect on overall performance remains unclear due to challenging water management [2], [3]. Nevertheless, operating at elevated temperatures does enable the use of more compact heat exchangers [4]. Higher temperatures are also expected to accelerate material degradation, making it essential to understand the underlying mechanisms and to identify potential mitigation strategies. This work investigates the performance and durability of PEMFCs operating at 95°C and 3 bar, testing multiple inlet relative humidity levels (10%, 20%, 30%, 50%) using a segmented cell to enable spatially-resolved analysis along the flow direction. Complementary experiments at lower temperature with identical conditions establish a baseline for isolating temperature effects on electrochemical behavior and membrane electrode assembly (MEA) durability.

An accelerated stress test (AST) protocol is used that combines load cycling, humidity cycling, and open circuit voltage holds to accelerate degradation in both, electrodes and membrane. Electrochemical characterization includes polarization curves, cyclic voltammetry for electrochemical surface area (ECSA) tracking, hydrogen crossover measurements, and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) to quantify degradation mechanisms.

It turns out that at 95 °C, water management has a pronounced effect on cell performance, whereas its impact on the ECSA degradation rate is less clearly defined. Cathode ECSA loss dominates catalyst layer degradation under most conditions, with secondary anode contributions. Notably anode degradation is not observed at lower temperatures indicating that higher operating temperatures may accelerate anode degradation. Local analysis further uncovered significant heterogeneities in performance along the gas flow direction, providing insights into the mechanisms underlying overall performance depending on the state of hydration of the MEA.

Acknowledgements

This study was carried out within the framework of the PEMFC95 project. The PEMFC95 project was funded by "France 2030" operated by the French National Research Agency (grant ANR-22-PEHY-0005). The authors thank the engineers from Métro'NRJ technical platform at LEMTA (Université de Lorraine-CNRS - <https://lemta.univ-lorraine.fr/>).

References

1. A. G. Olabi, T. Wilberforce, et M. A. Abdelkareem, « Fuel cell application in the automotive industry and future perspective », *Energy*, vol. 214, p. 118955, janv. 2021, doi: 10.1016/j.energy.2020.118955.
2. G. Etienne *et al.*, « On the main factors limiting the performance of state-of-the-art polymer electrolyte membrane fuel cells in the 90–100 °C temperature range », *Electrochimica Acta*, vol. 541, p. 147320, nov. 2025, doi: 10.1016/j.electacta.2025.147320.
3. « Temperature Dependence of Oxygen Reduction Activity at Pt/Nb-Doped SnO₂ Catalysts with Varied Pt Loading ». https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acscatal.0c05157?ref=article_openPDF
4. T. Ruiu, A. M. Dreizler, J. Mitzel, et E. Gülzow, « Evaluation of a 2.5 kW_{el} automotive low temperature PEM fuel cell stack with extended operating temperature range up to 120 °C », *J. Power Sources*, vol. 303, p. 257-266, janv. 2016, doi: 10.1016/j.jpowsour.2015.10.056.

Boosting the performance of alkaline aluminum-air batteries: Corrosion protection of aluminum anodes for enhanced efficiency and longevity

Marouane El-Alouani¹, Mouhsine Galai¹, Nadia Dkhireche¹, Mohamed Rbaa², Mohamed Ebn Touhami¹

¹ Laboratory of Advanced Materials and Process Engineering, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University
PO.Box 133, 14000, Kénitra, Morocco

² Laboratory of Organic Chemistry, Catalysis and Environment, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, PO
Box 133, 14000, Kenitra, Morocco.

*Corresponding Author: galaimouhsine@gmail.com

The work presented investigates the use of beta-Gentiobiose (Zac10), a sugar-derived compound, as a corrosion inhibitor for the Al-5052 alloy in a 4M NaOH solution, aimed at improving the performance of Aluminum-Air (Al-air) batteries. While Al-air batteries have high theoretical energy density, their application has been limited by self-corrosion at the anode, causing hydrogen gas generation. Electrochemical measurements and hydrogen gas generation tests show that Zac10 enhances the anode's utilization by 26.4% and increases inhibition efficiency by 91.8% at a concentration of 10^{-3} M. At the molecular level, calculations confirm that Zac10 molecules adsorb on the Al-5052 alloy surface, forming a protective layer that mitigates corrosion. Moreover, adding Zac10 to the electrolyte improves the Al-air battery's performance, achieving a specific capacity of $787 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$ and an energy density of $2218 \text{ W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$.

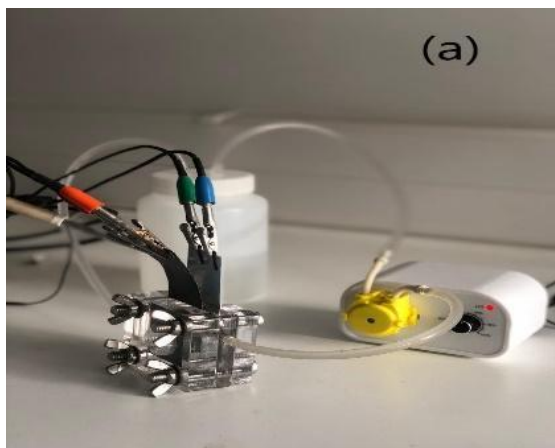


Figure 1. Experimental setup of the aluminum anode and battery in testing.

Table 1. Al-air battery discharge characteristics in electrolytes with and without inhibitor.

Solution	Δm (g)	Current density ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Average discharge Voltage (v)	Capacity density ($\text{mA}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$)	Energy density ($\text{W}\cdot\text{h}\cdot\text{Kg}^{-1}$)	Ua (%)
4M NaOH	0.0426	20	-2.94	235	690	7.9
10^{-3} M Zac10	0.0127	20	-2.817	787	2218	26.4

References

1. M. El-Alouani *et al.*, "Corrosion protection mechanism of maltoheptaose on aluminum anodes for enhanced performance in alkaline aluminum-air batteries," *J. Energy Storage*, vol. 131, p. 117538, Sep. 2025, doi: 10.1016/J.EST.2025.117538.
2. M. El-alouani *et al.*, "Enhancing Al–Air Battery Performance with Beta-d-Glucose and Adonite Additives: A Combined Electrochemical and Theoretical Study," *Langmuir*, vol. 41, no. 1, pp. 431–449, Jan. 2025, doi: 10.1021/acs.langmuir.4c03720.

Platinum (IV) nanocomplex for energy storage application

Chafia Ait-Ramdane-Terbouche^{1*}, Achour Terbouche¹, Djamila Guerniche¹, Houria Lakhdari¹, Katia Ait Kaci Azzou^{1,2}, Khaled Ait Ramdane^{1,2}, Didier Hauchard³

¹Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-chimiques (CRAPC), Bou-Ismaïl, RP 42004 Tipasa, Algérie.

²Laboratoire Sciences des Matériaux, Faculté de Chimie, Université USTHB, 16111 Alger, Algérie

³Université Rennes, ENSC Rennes, CNRS, ISCR-UMR6226, Rennes 35000, France

*Corresponding Author: chafia_ait@yahoo.fr, chafia.aitramdane@crapc.dz

Supercapacitors have attracted significant interest as advanced energy storage systems due to their high-power density, rapid charge–discharge capability, and extended cycle life. Improving their electrochemical properties through the development of hybrid materials incorporating nanostructured metal complexes has emerged as an effective and promising approach [1, 2]. This strategy is particularly relevant in light of the increasing need for compact, efficient, and biocompatible energy sources tailored for medical technologies and implantable devices [3].

In this work, we report the synthesis of a new binuclear platinum(IV) nanocomplex (Pt–L) derived from a Schiff base ligand, intended for application in supercapacitor electrodes. The complex was comprehensively characterized using multiple physicochemical techniques. It was subsequently immobilized onto a carbon support to produce a hybrid electrode material (Gr/CSs/Pt–L) with the complex at nanoscale.

Electrochemical studies, including the galvanostatic charge–discharge technique (figure 1), revealed pronounced pseudo-capacitive behavior when the composite was deposited on a gold electrode (Au/Gr/CSs/Pt–L), achieving a high specific capacitance of 5060 mF·g⁻¹, enhanced specific energy, and excellent cycling durability, with 99.1% capacitance retention at 1A.g⁻¹ (Figure 2).

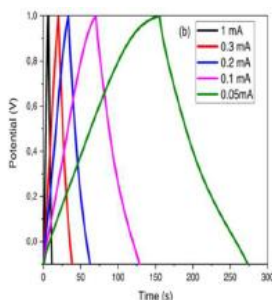


Figure 1. Galvanostatic charge-discharge curves with two-electrode system in 1M of PBS electrolyte

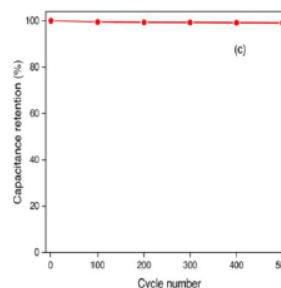


Figure 2. Cycling stability of the Au/Gr/CSs/Pt–L electrode

References

1. H. Lakhdari-Idir, C. Ait Ramdane-Terbouche, A. Terbouche, K. Ait Kaci-Azzou, K. Ait Ramdane,
2. T. Roisnel, F. Aoulmi, A. Manseri, D. Hauchard *New Journal of Chemistry* 48(37) (2024): 16344-16358.
3. C. Ait-Ramdane-Terbouche, A. Terbouche, D. Guerniche, H. Lakhdari, K. Ait Kaci Azzou, A. Boudjemaa, D. Hauchard. *J. Organomet. Chem.* 1036 (2025), 123717.
4. Z. Gao, Y. Zhou, J. Zhang, J. Foughi, S. Peng, R.H. Baughman, Z.L. Wang, and Chun H. Wang. *Advanced Materials* 36(42) (2024): 2404492.

Development of mixed ionic/electronic organic component based coatings to prevent side reactions on nickel-rich cathode materials for lithium-ion batteries

Mélanie Guyot,^{1*} Charlotte Burmeister,¹ Bruna Canu,² Rémi Dedryvere,² Filipp Obrezkov,³ Xiangze Kong,³ Tanja Kallio,³ Manuel Maréchal,¹ Saïd Sadki¹

¹ SyMMES-UMR 5819, UGA, CNRS, CEA, Grenoble-INP, IRIG, 38000 Grenoble, France

² IPREM-UMR 5254, CNRS, ECP Technopole Helioparc, 64053 Pau, France

³ EECS Lab, Aalto University, 02150 Espoo, Finland

*Corresponding Author: melanie.guyot2@cea.fr

Lithium-ion batteries (LIBs) have become essential energy storage solutions for a wide range of applications from electric vehicles to renewable energy systems. In the field of cathode materials, $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.10}\text{Co}_{0.10}\text{O}_2$ (NMC811) is receiving increasing attention, particularly for its high capacity ($200 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$), wide electrochemical window (up to 4.4 V vs. Li/Li^+) and cost-effectiveness. Nevertheless, this material has several limitations, including poor cyclability, thermal instability and surface reactivity.^[1] To overcome these challenges, one strategy is to coat NMC particles with an inorganic protective layer. It improves cycling stability, albeit at the expense of reduced capacity performance. More recently, Organic Mixed Ionic/Electronic Conductors (OMIECs) have been proposed to enhance both electronic and ionic transport. Furthermore, the second advantage of organic coatings is their ability to adapt large volume changes during lithiation and delithiation of the NMC, while also enhancing interfacial charge transfer in the cathode.^[2]

The suitability of two prototypical OMIECs has been studied through a diblock oligomer, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-b-poly(ethylene glycol) (P2), and a triblock oligomer, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-bis-poly(ethylene glycol), lauryl-terminated (P3), as shown in Figure 1. Different characterization techniques demonstrated that both the oligomer architecture (diblock versus triblock) and the PEDOT/PEG ratio strongly influence the electrochemical properties and the resulting structural architecture. Coating the active material (see Figure) with these oligomers is expected to enhance charge transfer and protect NMC811 from HF attack, which contributes to transition-metal dissolution.

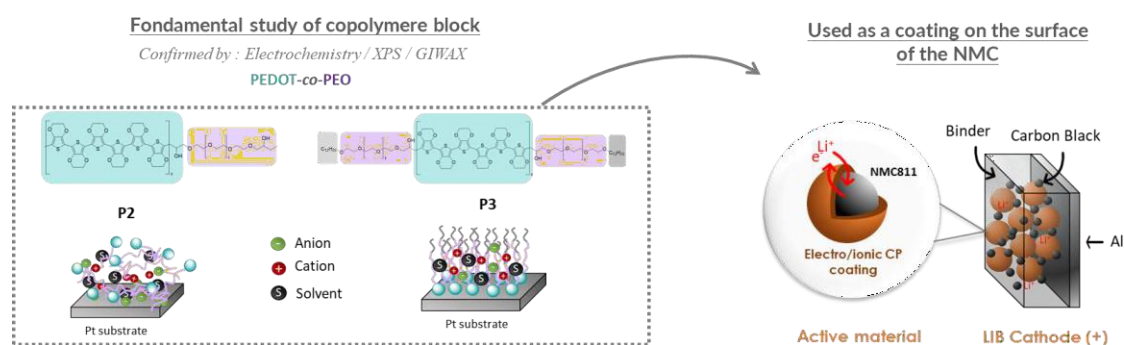


Figure 1. Morphological representation of P2 and P3 oligomers on platinum substrate. Both are used as coating on the NMC811 active material.

Acknowledgment

This work is funded by the European Union (Project HORIZON-CL5-2021-D2-01-05 SOLiD) under Grant Agreement No.: 101069505, and supported by the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) under contract numbers 22.00179 and 22.00246.

References

1. S. S. Zhang, *J. Energy Chem.* **2020**, *41*, 135–141.
2. L. Chang, W. Yang, K. Cai, X. Bi, A. Wei, R. Yang, J. Liu, *Mater. Horiz.* **2023**, *10*, 4776–4826

Électrodépôt de cuivre pour la synthèse électrochimique in situ de réseaux organo-métalliques (MOF) pour une adaptation à des microsupercondensateurs

Benoit Dovergne,^{1,2,3*} Etienne Herth,³ Hubert Perrot,² Thuan Pham,¹ Jean Gamby,³ Alain Pailleret,² Philippe Banet,¹ Pierre-Henri Aubert¹

¹Laboratoire de Physicochimie des Polymères et des Interfaces, CY Cergy Paris Université, Cergy

²Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques, Sorbonne Université, UMR8235, Paris

³Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, Université Paris-Saclay, UMR9001, Palaiseau

*Auteur de correspondance : benoit.dovergne@cyu.fr

Les microsupercondensateurs sont des dispositifs de stockage de l'énergie miniaturisés alliant fortes puissances et excellente durée de vie les rendant particulièrement adaptés aux systèmes électroniques compacts et connectés. Pour améliorer leurs performances, les efforts de recherche portent sur l'optimisation de la surface active. Dans ce projet, une architecture tridimensionnelle à base d'électrodes interdigitées microstructurées(1)(figure 1.A) et recouvertes d'un matériau micro/mésoporeux de type MOF(2), synthétisé in situ par des méthodes électrochimiques, est développée. Cette stratégie permettra d'augmenter la densité de puissance ainsi que la densité d'énergie du dispositif en améliorant non seulement le transport des ions via une surface électrochimiquement accessible plus développée mais aussi la densité du matériau actif par unité de surface géométrique du dispositif. Le MOF étudié est le $\text{Cu}_3(\text{HITP})_2$ (figure 1.B) qui présente des intérêts majeurs comme d'être conducteur électronique et de posséder une structure poreuse avec des canaux réguliers au sein de la structure. De manière générale, les synthèses in situ de CuMOF sont réalisées par oxydation de cuivre issu d'électrodes (Cu massique ou en couche mince) en présence de ligand HATP. Les électrodes modifiées ont été caractérisées par imagerie MEB/EDX et électrochimie (voltammétrie cyclique, spectroscopie d'impédance électrochimique) pour confirmer la formation ainsi que les caractéristiques de la couche de MOF. Comme première étape, le dépôt de cuivre par voie électrochimique (chronoampérométrie, chronopotentiométrie), à la surface d'électrodes planes (Pt/Au-disque, interdigitées (figure 1.C), quartz de QCM) et microstructurées (piliers de 20 micromètres de hauteur et de 2 micromètres de diamètre) seront détaillés. L'effet des conditions de dépôt du cuivre(3) et de synthèse du MOF sur la morphologie des dépôts et leurs propriétés électrochimiques seront présentées.

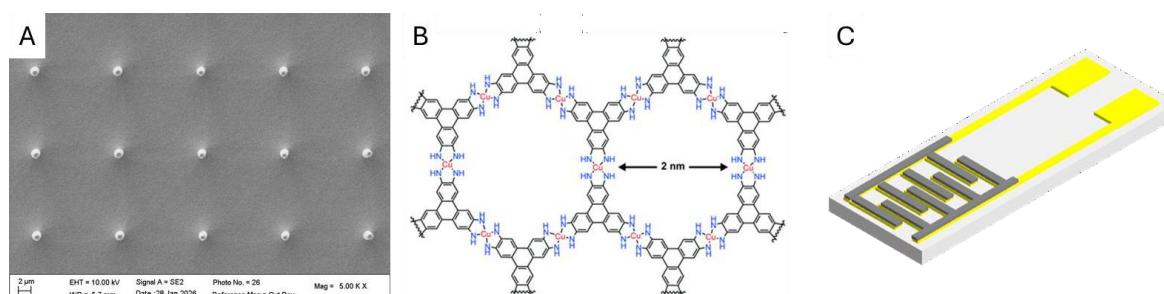


Figure 1. A. Image MEB des électrodes microstructurées. B. Représentation de $\text{Cu}_3(\text{HITP})_2$ (4). C. Schéma des électrodes interdigitées.

Remerciements

Ce projet est financé par la région Ile-de-France grâce au DIM MaTerRe.

References

1. C. Lethien, J. Le Bideau, T. Brousse. *Energy Environ. Sci.*, **2019**, *12*, 96.
2. T.-N. Pham-Truong et al., *Electrochimica Acta* *441.*, **2023**, 141792.
3. D. Grujicic, B. Pesic. *Electrochimica Acta.*, **2002**, *47*: 2901-2912.
4. M.G.Campbell, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2015**, *54*: 4349-4352.

Conception et optimisation d'une pile à combustible réversible à électrolyte composite pour un fonctionnement sous hydrogène et ammoniac

Adib Amrani--Sabi,^{1*} Virginie Lair², Armelle Ringuedé², Simon Hubert²

^{1,2} Chimie ParisTech, PSL Research University, Institut de Recherche de Chimie Paris, 11 rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris, France

*Auteur de correspondance : adib.amrani.sabi@chimieparistech.psl.eu

Les piles à combustible à température intermédiaire ($T < 650$ °C) constituent une alternative prometteuse aux technologies SOFC conventionnelles fonctionnant à haute température (800–1000 °C). Ce travail de thèse porte sur l'étude d'un système hybride associant un électrolyte composite à base de cérine dopée au samarium (SDC) et d'un eutectique de carbonates (Li,Na,K)₂CO₃, visant à atteindre des conductivités ioniques élevées à 600 °C ($> 0,1$ S·cm⁻¹). Des électrodes de type cermet, combinant le nickel métallique et la phase électrolytique, ont été développées afin d'optimiser les interfaces électrochimiquement actives.[1][2][3]

Les propriétés électrochimiques ont été caractérisées par spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) et par tracé des courbes de polarisation (I–V) sous atmosphères contrôlées (H₂/CO₂, air/CO₂, NH₃/CO₂...). L'analyse des diagrammes d'Arrhenius a permis d'identifier différents régimes de conduction en fonction de la température et de l'atmosphère, et de déterminer les énergies d'activation associées. Les courbes de polarisation ont permis d'évaluer les densités de puissance délivrées.

Les résultats montrent que l'électrolyte composite présente une conductivité significativement supérieure à celle des phases oxyde et carbonate prises séparément, confirmant l'existence d'un effet synergique aux interfaces oxyde/carbonate. Les performances obtenues en mode pile apparaissent prometteuses. Par ailleurs, l'utilisation de l'ammoniac comme vecteur d'hydrogène a démontré la faisabilité d'un fonctionnement sous NH₃.

Les perspectives de ces travaux portent sur l'amélioration des performances par optimisation de la mise en forme des électrodes, notamment par sérigraphie, ainsi que sur l'exploration du fonctionnement réversible (pile/électrolyse) en vue de la production électrochimique d'ammoniac.

Remerciements

Je tiens à remercier l'École Doctorale ISMME (ED n°621) pour le financement de ce travail de thèse.

References

1. Grishin, A. Réactivité interfaciale des composés à base de CeO₂ dans des dispositifs électrochimiques hybrides fonctionnant à haute température, Chimie ParisTech - PSL, 2019.
2. Hubert, S. Preuve de concept de réversibilité (fonctionnement alterné en mode électrolyse et pile à combustible) dans des dispositifs à base de sels fondus et oxyde solide comme électrolyte (Hybrid Electrochemical Cell – HEC), Chimie ParisTech - PSL, 2023.
3. Atwi, L. Ammonia Fuel Cell Using a Mixed Solid Oxide/Molten Salt Electrolyte, Chimie ParisTech - PSL, 2025.

Stabilization of the iron anode for long-duration energy storage

Abdoul Rachid Ouedraogo,^{1*} Liang Liu,¹ Matheu Etienne¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

*Corresponding Author: abdoul-rachid.ouedraogo@univ-lorraine.fr

The global energy transition requires the development of energy technologies that are sustainable, safe, and economically viable, capable of providing long-duration energy storage systems for intermittent renewable energy sources such as solar and wind power. In this context, aqueous iron-based batteries represent a particularly attractive alternative due to the worldwide abundance of iron, its low toxicity, and the intrinsic safety of aqueous electrolytes compared to the flammable organic electrolytes used in many lithium-ion batteries. The use of iron anode in electrochemical systems dates back to the late 19th century, notably with the alkaline Ni-Fe battery invented by Waldemar Jungner in Sweden in the 1890s and further developed by Thomas Edison in 1901 [1]. Despite their large-scale deployment, these systems have historically been limited by low energy density and significant self-discharge.

The major scientific bottleneck associated with this loss of electrochemical performance lies in the competition between iron deposition/dissolution reactions and parasitic processes, primarily the hydrogen evolution reaction (HER) and corrosion phenomena [1]. These processes reduce coulombic efficiency, accelerate anode degradation, and limit the electrochemical cyclability of the system. To address these challenges, the literature on iron anodes generally follows two main approaches: (i) a kinetic approach based on surface and electrolyte engineering sulfides or bismuth-containing additives, and (ii) a thermodynamic approach aimed at reducing water activity through highly concentrated electrolytes (water-in-salt electrolytes, WISE).

In this study, electrolyte formulations were screened to comparatively evaluate the electrochemical behavior of iron. The objective was to mitigate parasitic water reduction while preserving the reactivity of the $\text{Fe}^{\text{III}}/\text{Fe}^{\text{II}}$ and $\text{Fe}^{\text{II}}/\text{Fe}^0$ redox couples. As illustration, three systems are shown in Figure 1 : 6 M KOH (reference), 6 M KOH + 10^{-3} M Na_2S , and 6 M KOH + 10^{-2} M Na_2S . Electrochemical measurements were performed in a nitrogen-purged three-electrode Teflon cell using a 5 mm iron disk (0.196 cm^2 , 99.99% purity) as working electrode, a platinum counter electrode, and a Hg/HgO (1 M KOH) reference electrode. Cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge tests were employed. The results highlight the influence of Na_2S on the competition between the $\text{Fe}^{\text{II}}/\text{Fe}^0$ redox process and HER, as well as on iron anode stability.

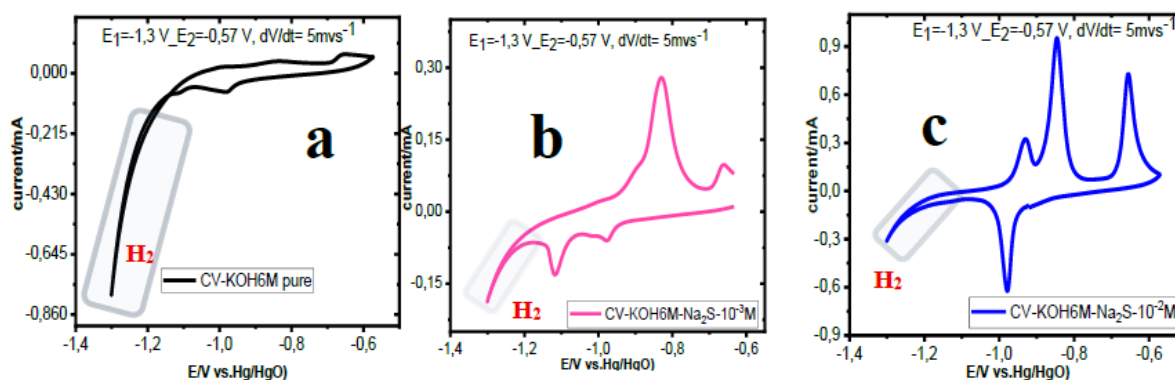


Figure 1: CV of the iron electrode in (a) 6 M KOH, (b) 6 M KOH+ 10^{-3} M Na_2S , and (c) 6 M KOH+ 10^{-2} M Na_2S

References

1. Z. Li, J. Yu, X. Liu, ACS Appl. Energy Mater. **2025**, 8, 9965–9982

Synthesis and electrochemical performance of $\text{La}_{1.5}\text{Nd}_{0.3}\text{Pr}_{0.2}\text{NiO}_4$ and $\text{La}_{1.5}\text{Pr}_{0.5}\text{NiO}_4$ Cathodes for solid oxide fuel cells

Asma Boulanacer^{1,2}, Mosbah Ferkhi^{1,3*}, Cigdem Timurkutluk^{4,5}, Fuat Yildirim^{5,6}, Bora Timurkutluk^{5,6}

¹ *Laboratory of Materials Interaction and Environment (LIME), University of Jijel, Jijel, Algeria*

² *Department of Process Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Jijel, Jijel, Algeria*

³ *Department of Chemistry, Faculty of Exact Sciences and Computer Science, University of Jijel, Algeria*

⁴ *Nigde Omer Halisdemir University, Department of Energy Science and Technologies, 51240, Nigde, Türkiye*

⁵ *Nigde Omer Halisdemir University, Prof. Dr. T. Nejat Veziroglu Clean Energy Research Center, 51240, Nigde, Türkiye*

⁶ *Nigde Omer Halisdemir University, Mechanical Engineering Department, 51240, Nigde, Türkiye*

*Corresponding Author: ferkhi_m@univ-jijel.dz

This work investigates the potential of Ruddlesden–Popper nickelate oxides as cathode materials for solid oxide fuel cells (SOFCs). Two compositions, $\text{La}_{1.5}\text{Nd}_{0.3}\text{Pr}_{0.2}\text{NiO}_4$ (LNPNO) and $\text{La}_{1.5}\text{Pr}_{0.5}\text{NiO}_4$ (LPNO), were synthesized and evaluated to determine their suitability for intermediate-temperature SOFCs (600–800 °C). The study also examines the effect of electrode microstructure and interface engineering on electrochemical performance.

The cathode powders were synthesized using the nitrate–citrate method and characterized by FTIR spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM). Electrochemical performance was tested in two SOFC configurations: a conventional electrolyte-supported cell and an infiltrated cell structure incorporating porous YSZ layers. Gadolinium-doped ceria (GDC) and Ni nanoparticles were infiltrated to enhance ionic conductivity and increase the triple-phase boundary density. Cell performance was evaluated at 700–800 °C using polarization curves and impedance spectroscopy.

The results show that LPNO exhibits significantly better catalytic activity than LNPNO. The infiltrated cell with LPNO reached peak power densities of 0.254 W cm⁻² at 700 °C, 0.384 W cm⁻² at 750 °C, and 0.557 W cm⁻² at 800 °C, comparable to conventional cathode materials. The infiltration strategy improved electrode kinetics and reduced polarization resistance, although it slightly increased ohmic resistance. Overall, the study demonstrates that LPNO is a promising cathode material for intermediate-temperature SOFCs, offering competitive electrochemical performance and potential for future energy conversion technologies.

References

1. B. C. H. Steele and A. Heinzl, *Materials for fuel-cell technologies*, Nature, 414 (2001) 345–352.
2. S. J. Skinner and J. A. Kilner, *Oxygen ion conductors*, Materials Today, 6 (2003) 30–37.
3. J. M. Bassat, P. Odier, J. C. Grenier, P. Stevens, G. Mairesse, *Oxygen reduction reaction on Ruddlesden–Popper nickelates as cathodes for intermediate-temperature SOFCs*, Solid State Ionics, 167 (2004) 341–347.

Méthodologie de caractérisation in situ des MEA à base de Nafion®115 et d'Aquivion® en électrolyse PEM entre 60°C et 140°C

W. Abderrahmane, F. Xu, J. Dillet, S. Didierjean, K. Soro, G. Sdanghi, G. Maranzana

Université de Lorraine, CNRS, LEMTA, F-54000 Nancy, France

Corresponding Author: gael.maranzana@univ-lorraine.fr

Les membranes en acide perfluorosulfonique (PFSA) sont généralement considérées comme des membranes de référence pour les électrolyseurs à membrane échangeuse de protons (PEMWE), en raison de leur stabilité en milieu acide, de leur structure robuste et de leur bonne conductivité protonique. Ces membranes ont démontré leur fiabilité à long terme lorsqu'elles sont utilisées dans une plage de température comprise entre 60 °C et 80 °C. Toutefois, fonctionner à des températures plus élevées présente un intérêt majeur pour optimiser les performances, en améliorant la conductivité protonique de la membrane ainsi que les cinétiques des réactions électrochimiques aux électrodes.

De plus, cette approche contribue à simplifier les systèmes auxiliaires d'une installation industrielle (balance of plant, BoP), notamment en réduisant les contraintes liées à la gestion thermique des électrolyseurs de forte puissance. Cependant, un fonctionnement à des températures supérieures à la température de transition vitreuse de la membrane favorise sa déformation et sa dégradation. En outre, cela entraîne une augmentation du crossover des gaz à travers la membrane, ainsi que la dissolution et le décollement de la couche catalytique, associés à la libération d'acide fluorhydrique [1-2].

Dans l'optique d'un fonctionnement à haute température, le développement et l'évaluation de nouveaux matériaux sont essentiels. Dans ce travail, nous proposons une méthode basée sur des rampes de température (de 60 à 150 °C), spécifiquement conçue pour détecter d'éventuelles dégradations irréversibles à court terme. Cette approche consiste à appliquer des cycles répétés de montée et de descente en température afin d'identifier les pertes de performance non récupérées lors du retour aux conditions initiales. Deux membranes PFSA, Nafion® et Aquivion®, ont été testées, ce qui a permis de valider le protocole. L'évolution des performances est suivie à l'aide de différentes techniques de caractérisation électrochimique, telles que les courbes de polarisation, la spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS) et la chronoampérométrie.

Remerciements

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet franco-allemand intitulé « Fluorine-free Water Electrolysis Development (FFWD) », financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Références

1. S. Garbe, J. Futter, A. Agarwal, M. Tarik, A. A. Mularczyk, T. J. Schmidt, L. Gubler, Understanding Degradation Effects of Elevated Temperature Operating Conditions in Polymer Electrolyte Water Electrolyzers, *Journal of The Electrochemical Society* 168, no. 4, p. 044515 (2021)
2. M. Bonanno, K. Müller, B. Bensmann, R. Hanke-Rauschenbach, D. Aili, T. Franken, A. Chromik, R. Peach, A. T.S. Freiberg, S. Thiele, Review and Prospects of PEM Water Electrolysis at Elevated Temperature Operation, *Advanced Materials Technologies* 9, no. 2, p. 2300281 (2024)

Poly(naphtalene diimide hexathiophene): Toward porous redox-conducting polymers for organic batteries

Yoann Deschamps,^{1*} Clement Gonnot,² Gohier Frédéric,² Mélanie Guyot,¹ Saïd Sadki,¹ Manuel Maréchal,¹ Charles Cougnon²

¹ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, Grenoble INP, IRIG, SyMMES, Grenoble

² Université d'Angers, CNRS UMR 6200, Laboratoire MOLTECH-Anjou, 2 bd Lavoisier, Angers

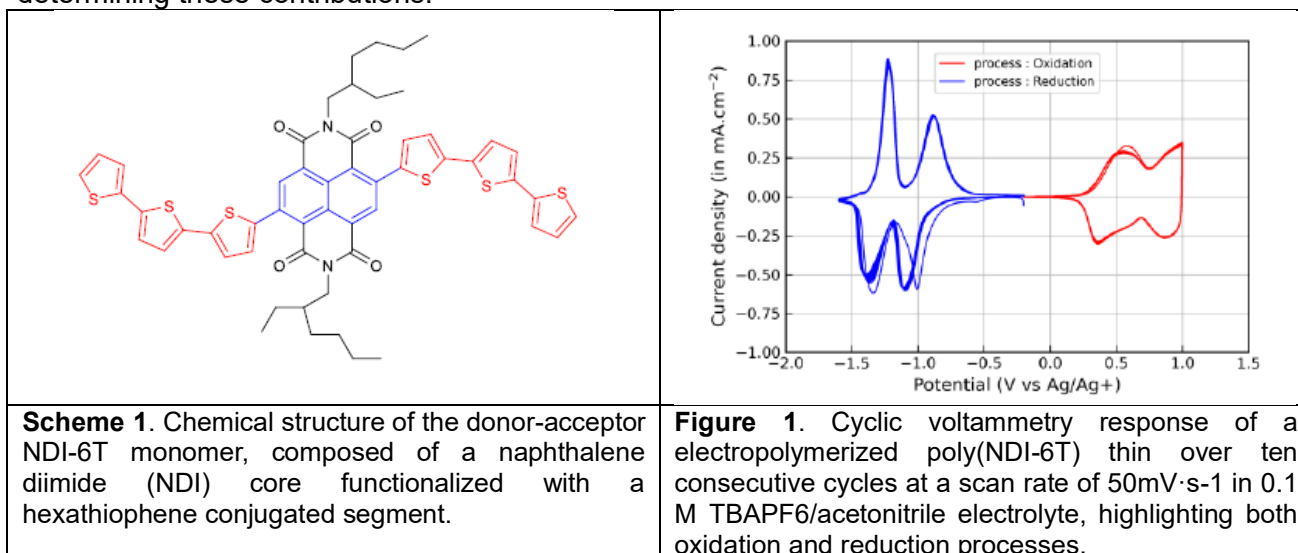
*Auteur de correspondance : yoann.deschamps2@cea.fr

The development of sustainable energy storage requires alternatives to inorganic electrode materials. Redox-conducting polymers (RCP) have emerged as promising candidates due to their intrinsic safety, structural tunability, and reduced reliance on critical resources.¹ However, their limited specific capacity and long-term stability remain key challenges.²

Recent studies suggest that introducing intrinsic porosity within polymer networks can significantly enhance both ion accessibility and electrochemical stability. Within this context, the ANR OBEA project aims to design porous RCP architectures for high performance organic electrodes.

Here, we investigate the electrochemical behaviour of poly(naphtalene-diimide-hexathiophene) (Poly(NDI-6T)),³ a conjugated polymer capable of both p and n-type doping. Thin films were synthesized via electrochemical polymerization and characterised using cyclic voltammetry, electrochemical impedance spectroscopy, and galvanostatic cycling.

The redox mechanisms were analyzed using Trasatti and Dunn models, enabling the discrimination between capacitive and diffusion-controlled contributions. The results reveal significant limitations within those models, highlighting the need for an alternative method of determining these contributions.



Remerciements

The authors acknowledge financial support from the French National Research Agency ANR under grant ANR-25-OBEA-CSE05.

References

- Andersson, B. A.; Råde, I. Metal Resource Constraints for Electric-Vehicle Batteries. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* **2001**, *6* (5), 297–324. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(00\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(00)00030-4).
- Xie, J.; Gu, P.; Zhang, Q. Nanostructured Conjugated Polymers: Toward High-Performance Organic Electrodes for Rechargeable Batteries. *ACS Energy Lett.* **2017**, *2* (9), 1985–1996. <https://doi.org/10.1021/acseenergylett.7b00494>.
- Durban, M. M.; Kazarinoff, P. D.; Luscombe, C. K. Synthesis and Characterization of Thiophene-Containing Naphthalene Diimide n-Type Copolymers for OFET Applications. *Macromolecules* **2010**, *43* (15), 6348–6352. <https://doi.org/10.1021/ma100997g>.

Biocapteur électrochimique à base d'une cuproxydase : application à la détection d'ions cuivriques

Beaufils Ngana Ngatchou,^{1*} Umberto Contaldo,¹ Ievgen Mazurenko,¹ Elisabeth Lojou¹

¹ Aix Marseille Université, CNRS, Laboratoire de Bioénergétique et Ingénierie des Protéines, Institut de Microbiologie de la Méditerranée, 31 Chemin Aiguier, 13402 Marseille, France

*Auteur de correspondance: bngana@imm.cnrs.fr

Le Cuivre est un micronutriment essentiel, servant également de cofacteur pour certaines enzymes. Cependant, à des concentrations élevées, il devient toxique et participe même à la perturbation de l'homéostasie [1]. Sa détection en milieu naturel est donc primordiale. La cuproxydase CueO, comme les autres oxydases multicuivre (MCO) est caractérisée par la présence dans sa structure de deux sites actifs : CuT1 et TNC, comportant respectivement un et trois atomes de cuivre [2, 3]. Les études récentes révèlent la présence d'un site additionnel Cu5 chez la CueO. Il a été montré que le Cu5 est le site d'oxydation du Cu^+ , instable et plus toxique pour la cellule que Cu^{2+} . Une autre spécificité de la CueO est la présence d'un domaine riche en méthionines (Met-Rich) qui facilite l'oxydation d'ions Cu^+ fortement complexés [1, 4].

L'objectif principal de ce travail est de développer un capteur électrochimique pour la détection de Cu^{2+} dans divers environnements à partir de CueOs immobilisées sur des interfaces électrochimiques. Deux CueOs sont considérées extraites des bactéries *Hafnia alvei* et *Escherichia coli* ; elles diffèrent par la longueur et le contenu en résidus méthionines du domaine additionnel. Les enzymes purifiées CueOHa et CueOEc sont immobilisées sur une électrode de graphite pyrolytique préalablement modifiée par des nanotubes de carbone (CNTs) présentant des fonctions de surface de charges différentes. Nous discuterons des performances des bioélectrodes ainsi obtenues pour la détection de Cu^{2+} en fonction du type d'enzymes et de leur concentration surfacique, des propriétés du matériau d'électrode (volume et épaisseur du film de CNTs, charge) et des paramètres environnementaux comme le pH ou la température du milieu. A terme, nous évaluerons la validité de ces biocapteurs pour le dosage de traces de Cu^{2+} dans des milieux réels (eau du robinet, eau de rivière, sols agricoles, salive, sueur...).

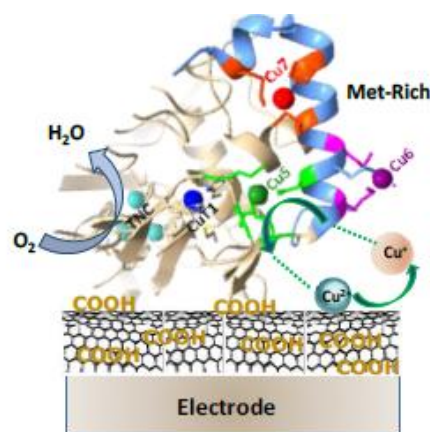


Figure 1. Biocapteur électrochimique à base de la cuproxydase CueO.

Remerciements

Nous remercions le gouvernement Français à travers le programme MOPGA (*Make Our Planet Great Again*), pour la bourse postdoctorale accordée à Ngana.

References

1. U. Contaldo, P. Santucci, A. Vergnes, P. Leone, J. Becam, F. Biaso, M. Ilbert, B. Ezraty, E. Lojou, I. Mazurenko, *JACS Au*, **2025**, 5, 1833-1844.
2. I. Mazurenko, T. Adachi, B. Ezraty, M. Ilbert, K. Sowa, E. Lojou, *Curr. Opin. Electrochem.*, **2022**, 32:100919.
3. L. Cortes, A. G. Wedd, Z. Xiao, *Metallomics*, **2015**, 7, 776-785.
4. U. Contaldo, D. Savant-Aira, A. Vergnes, J. Becam, F. Biaso, M. Ilbert, L. Aussel, B. Ezraty, E. Lojou, I. Mazurenko, *PNAS*, **2024**, 121(42), e2402862121.

Electro-assisted *in situ* metalation of multicopper oxidases

Vita Saska, Paolo Santucci, Umberto Contaldo, Ievgen Mazurenko, Elisabeth Lojou*

Bioenergetic and protein Engineering, CNRS, Aix-Marseille University, 31 chemin Joseph Aiguier, 13009 Marseille, France

*Auteur de correspondance : lojou@imm.cnrs.fr

The family of multicopper oxidases (MCOs) encompasses a large number of enzymes, including well known laccases or bilirubin oxidases. Four copper sites form their active center: a Cu-T1, where substrates oxidize and a trinuclear copper cluster, where bound O_2 is reduced to water. The cuproxidase CueOs belong to the MCO family [1]. A methionine-rich (Met-rich) domain that covers the Cu-T1 site, is one characteristic of CueOs. We recently studied its impact on cuprous oxidase activity of *Escherichia coli* and *Hafnia alvei* CueOs, and demonstrated that the Met-rich domain acts as a facilitator of Cu^+ recruitment from the strongly copper chelated forms [2][3]. The impact of the Met-rich domain on O_2 reduction was also studied [4]. It was shown that the bulky Met-rich domain decreases the interfacial electron transfer rate. The electrochemical experiments also highlighted a continuous increase in the catalytic signal with continuous cycling.

In this work, we will discuss the origin of this increase in catalytic current [4-5]. We will demonstrate that this activation process is linked to full metalation of the protein immobilized on the electrode surface by electrogenerated Cu^+ . Considering metalation of relevant mutants, we will propose the site at which metalation occurs. Finally, thanks to an *in silico* analysis, we will discuss how far this activation process can be extended to other MCOs than CueOs. This electrochemically induced CueO metalation paves the way for the large-scale production of MCOs followed by *in vitro* maturation, as high copper concentrations are toxic *in vivo*.

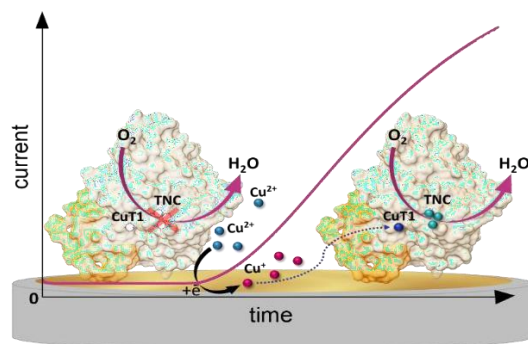


Figure 1. Scheme of the electro-assisted CueO metalation

References

1. I. Mazurenko et al. Electrochemistry of copper efflux oxidase-like multicopper oxidases involved in copper homeostasis. *Curr. Op. Electrochem.* 2022.
2. U. Contaldo et al. Methionine-rich domains emerge as facilitators of copper recruitment in detoxification systems. *PNAS* 2024.
3. U. Contaldo et al. How the larger methionine-rich domain of CueO from *Hafnia alvei* enhances cuprous oxidation. *JACS Au* 2025.
4. V. Saska et al. Tuning O_2 enzymatic reduction: roles of methionine-rich domains and electrochemical metalation of active centers, *Bioelectrochem.* 2025
5. P. Santucci et al. A conserved Copper-Binding site in Multicopper Oxidases regulates the metalation of CueO from *Escherichia coli*. *J. Inorg. Biochem.* 2026.

Investigating bioenergetic activities of single mitochondria by AFM-SECM functional nanoscopy

Iustina Botezatu^{1,2}, Léonie Beaupère², Audrey Beaussart², Christophe Demaille¹,
Stéphane Arbault², Arnaud Chovin¹

¹ *Laboratoire Interfaces Traitements Organisation et DYnamique des Systèmes (ITODYS), Université Paris Cité, France*

² *Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, CBMN, UMR 5248, Pessac, France*

*Corresponding Author: stephane.arbault@u-bordeaux.fr

Studies of cellular bioenergetics provide insights into mitochondrial functions, including oxidative phosphorylation (oxygen consumption coupled to ATP production).[1] Conventional (electrochemical) methods, such as the Clark electrode, measure the activity of a large mitochondrial population, resulting in average signals that conceal functional heterogeneity among individual organelles.[2, 3] This project aims to overcome these limitations by developing a spatially-resolved analytical platform based on a scanning probe technique that combines Atomic Force Microscopy and Scanning Electrochemical Microscopy (AFM-SECM).[4, 5] This correlative imaging method, with nanometric resolution, can offer information on both the morphology of a single mitochondrion and its respiratory activity simultaneously.

The strategy begins with the gentle immobilization of individual mitochondria (isolated from yeast cells) on a surface while preserving their activity, a process validated through fluorescence imaging. We then demonstrated the successful acquisition of *in situ* topographic AFM images (i.e., in a physiological liquid environment) and correlated AFM-SECM maps of single living mitochondria. By using flexible gold nanoprobcs (~50 nm radius) and an exogenous redox mediator (M), we probe the electron transport chain's efficiency under controlled respiratory states. Our initial results validate the feasibility of a real "electrochemical nanoscopy" as an unprecedented tool to address the functioning of individual mitochondria, and help further to understand how their structural variations influence bioenergetic efficiency.

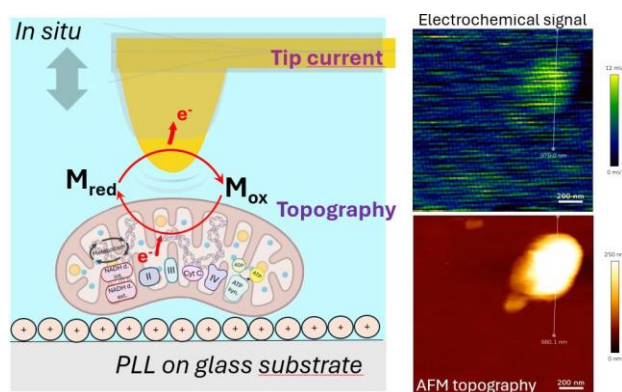


Figure 1. Principle of AFM-SECM microscopy of single mitochondria and example of results obtained.

References

1. M. Martins-Pinto et al. *BBA Bioenergetics* **2024**, 149033.
2. V. S. Vajrала et al. *Advanced Biology*, **2021**, 5, 2100484.
3. C. Colin et al. *Mitochondrial Medicine*, **2021**, 2276, 153.
4. A. Chovin et al. *Current Opinion in Electrochemistry* **2023**, 40, 101346.

Testing different electrochemical treatments of surface for bacterial biofilms removal

Timothé Philippon^{1*}, Irina M. Terrero Rodriguez¹, Fabienne Quiles¹, Laurence Mathieu^{1,2} Grégoire Herzog¹.

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

² EPHE, PSL, LCPME, UMR7564, F-54000 Nancy, France

*Corresponding Author: timothe.philippon@univ-lorraine.fr

Biofouling is a natural phenomenon involving the colonization and accumulation of biological organisms on solid surfaces, and it has major economic and industrial impacts. This process occurs through several stages, among which bacterial adhesion represents one of the earliest and most critical steps. Consequently, preventing the formation of bacterial biofilms is considered an effective strategy to hinder subsequent biofouling development¹. Among the approaches investigated to control biofouling, electrochemical polarization of the target surface appears particularly promising. Many different approaches are possible (Fig. 1), like applying either highly positive or highly negative potentials or implementing a high frequency alternating voltage to colonized surfaces to destabilize the structural integrity of bacterial biofilms.

Concerning direct polarization, this strategy has been explored in numerous studies over recent years, efforts to determine optimal polarization conditions remain limited. Reported parameters in the literature, such as applied potential, polarization duration, and protocol design, vary widely².

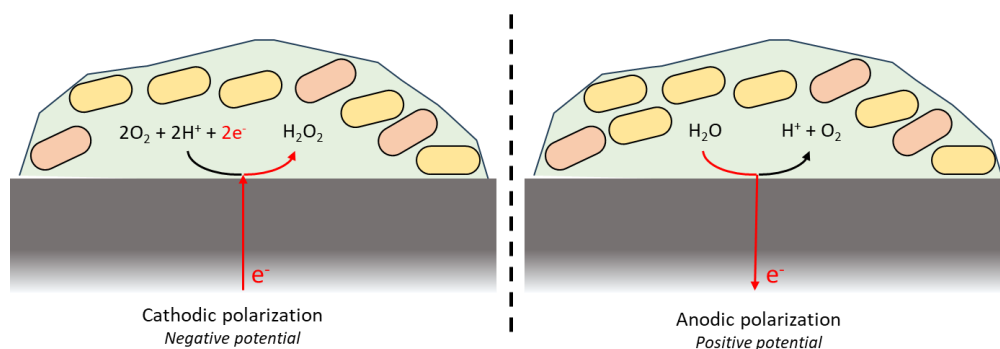


Figure 1. Basic explanation of the two main electrochemical strategies used for bacterial biofouling removal

In this study, we first present an attempt to understand the effect of high frequency alternating voltage on a microbial biofilm through confocal Raman microscopy and epifluorescence microscopy. Thereafter, we show a comparative evaluation of the efficiency of several electrochemical polarization protocols applied to a mono-species biofilm of *Pseudomonas fluorescens*, with the aim of identifying the most effective strategy for biofilm destabilization. While the type of surface and the bacterial species are fixed, potential, time of polarization and other characteristics vary and are compared in terms of efficiency.

Remerciements

The authors would like to thank Chloé Talom for her work on the project as an intern. The authors are grateful to the ANR for partly funding this research (ANR-22-CE42-0028-01).

References

1. I. Banerjee, R.C. Pangule, R.S. Kane *Adv. Mater.*, **2011**, 23, 690-718.
2. C. Debiemme-Chouvy, H. Cachet *Curr. In Elect.*, **2018**, 11, 48-54

Fonctionnalisation d'anodes en feutre de carbone par graphène induit au laser : gain électrochimique et limites en systèmes bioélectrochimiques

Ambre CHABBERT^{1,2}, Abdelghani GHANAM^{1*}, Arnaud ELGER², Laurent NICOLAS¹

¹ Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Ampère, UMR5005, 69130, Ecully, France

² Université de Toulouse, Toulouse INP, CNRS, IRD, CRBE, Toulouse, France

*Auteur de correspondance : abdelghani.ghanam@cnrs.fr

L'optimisation des électrodes dans un système électrochimique repose classiquement sur l'augmentation de la conductivité, de la surface électrochimiquement active et de l'hydrophile afin d'améliorer les cinétiques de transfert de charge et/ou l'activité catalytique. Toutefois, dans les systèmes bioélectrochimiques, la performance dépend également de l'interaction entre le matériau et les micro-organismes.

Ce travail étudie l'impact d'une fonctionnalisation par graphène induit au laser (LIG) sur un feutre de carbone (CF) utilisé comme anode. Le LIG a été synthétisé par écriture laser CO₂ sous conditions ambiantes, puis incorporé au feutre à différentes charges massiques. Les électrodes ont été caractérisées par spectroscopie Raman, microscopie électronique à balayage et mesures d'angle de contact. Les propriétés électrochimiques ont été évaluées par voltammétrie cyclique et courbes de polarisation.

En présence du couple redox ferri/ferrocyanure, la modification CF@LIG conduit à une augmentation de la capacité de double couche et à une amélioration des cinétiques apparentes de transfert de charge, traduisant une électroactivité accrue. En revanche, lors de l'utilisation en piles microbiennes sédimentaires, la présence de LIG limite le développement du biofilm électroactif et conduit à une diminution de du signal de sortie délivré par rapport au feutre non modifié, Figure 1.

Ces résultats mettent en évidence qu'il y a un compromis à trouver entre propriétés électrochimiques intrinsèques et biocompatibilité. Ils soulignent que l'amélioration des paramètres physicochimiques ne garantit pas une performance optimale du système bioélectrochimique, et confirment l'importance d'une conception d'électrode adaptée à l'application visée.

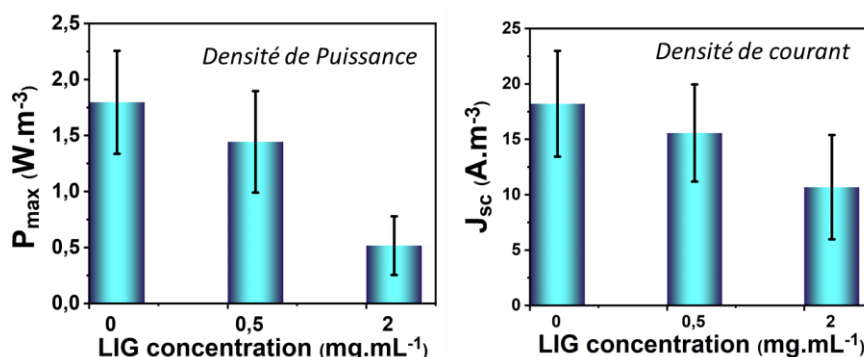


Figure 1. Paramètres électriques en fonction de la charge LIG à la maturation du biofilm : densité de puissance maximale (P_{max}) et densité de courant de court-circuit (J_{sc})

Remerciements

Les auteurs remercient le projet CNRS BioPlant pour son soutien et la réalisation de ce travail.

References

1. Lin J., et al. (2014). Laser-induced porous graphene films from commercial polymers. *Nature Communications*, 5, 5714.
2. Ghanam A., et al (2020). Laser scribed graphene: A novel platform for highly sensitive detection of electroactive biomolecules. *Biosensors & Bioelectronics*, 168, 112509.
3. Ren M. et al. (2019), Laser-Induced Graphene Hybrid Catalysts for Rechargeable Zn-Air Batteries. *ACS Appl Energy Matter*, 2, 1460-1468

Electrochemical role of biochars in bioprocesses

Nour Abou Saleh^{1,2*}, Frédérique Changey¹, Guillaume Henry², Manuel Garcia-Perez³, Célestine Prevost², Emmanuel Guedon², Mathieu Etienne¹

¹ *Université de Lorraine, CNRS, LCPME, 54000 Nancy, France*

² *Université de Lorraine, CNRS, LRGP, 54000 Nancy, France*

³ *Department of Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, USA 99163*

*Corresponding Author: nour.abou-saleh@univ-lorraine.fr

Biochar, a carbonaceous material produced by biomass pyrolysis, has emerged as a promising additive in anaerobic digestion for enhancing biogas production. Its application is often attributed to its ability to stimulate direct interspecies electron transfer (DIET) between syntrophic microorganisms. While conductivity is frequently cited as the main parameter explaining biochar-mediated DIET, reported conductivity values of biochars remain significantly lower than those of engineered conductive materials such as carbon nanotubes or graphite. This gap raises fundamental questions regarding the true electrochemical role of biochar in bioprocesses [1]. In the present work [2], we investigated the electrochemical activity of biochar beyond bulk conductivity measurements. A comprehensive characterization was carried out using conventional electrochemical techniques combined with Scanning Electrochemical Microscopy (SECM). Unlike simple conductivity analyses, SECM enables localized probing of interfacial electron transfer processes and provides spatially resolved information on surface redox activity. In parallel, biochemical methane potential (BMP) assays were performed to correlate electrochemical properties with methane production performance [2]. Microbial ecology analyses are ongoing to assess potential shifts in syntrophic and electroactive communities. This study highlights the relevance of advanced electrochemical tools for understanding complex carbon materials and supports the rational design of biochars for bioelectrochemical and energy-related applications.

References

1. N. Abou Saleh, F. Changey, M. Garcia-Perez, E. Guedon, and M. Etienne, "Biochar-Enhanced Direct Interspecies Electron Transfer in Anaerobic Digestion: A Review," *submitted*.
2. N. Abou Saleh, G. Henry, F. Changey, M. Garcia-Perez, C. Prevost, E. Guedon, and M. Etienne, "Scanning Electrochemical Microscopy as a Novel Approach for Biochar Characterization and Its Correlation with Methane Production," *in preparation*

Gold “self-leaching” in chloride-rich media

Oussama Djorf¹, Fousséni Soma², Moussa Bougouma², Emmanuel Muragijimana¹, Thomas Doneux^{1*}

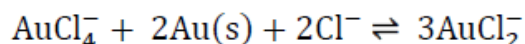
¹ *Chemistry of Surfaces, Interfaces and Nanomaterials (ChemSIN), Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium.*

² *Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Energétique (L@CAPSE), Université Norbert ZONGO, Koudougou Burkina Faso.*

*Corresponding Author: thomas.Doneux@ulb.be

The increasing demand for gold in advanced technologies has intensified environmental concerns associated with its extraction and refining. Conventional gold recovery relies on cyanidation which remains the dominant hydrometallurgical process due to its efficiency and selectivity. However, the high toxicity of cyanide and its persistent environmental impact have led to growing regulatory pressure and the need for sustainable alternatives. In this context, chloride-based leaching systems have emerged as promising cyanide-free approaches, offering faster dissolution kinetics, broad media compatibility, and reduced long-term environmental risks.

Our recent investigations, conducted in a choline chloride-oxalic acid dihydrate deep eutectic solvent (DES)¹, revealed the occurrence of a comproportionation-driven “self-leaching” reaction as shown by:



This internal redox process eliminates the need for external oxidants and represents a departure from conventional oxidative leaching pathways.

The present work demonstrates that the comproportionation reaction can take place in a wide range of chloride-rich systems, including aqueous and non-aqueous solutions, DESs, and ionic liquids, highlighting its versatility². Electrochemical and spectroscopic methods were employed to understand the leaching mechanism and to study the influence of acidity, chloride activity, and solvent viscosity on the gold dissolution behavior. The electrochemical data reveal that gold leaching proceeds under sustained non-equilibrium conditions and is strongly governed by mass-transport limitations, whereby Au(I) is constantly evacuated once formed while Au(III) is constantly brought into contact with metallic gold surface. This mass-transport-controlled process is essential for sustaining the comproportionation reaction and largely explains the different dissolution rates observed across the diverse media.

From a sustainability perspective, the self-leaching mechanism achieves excellent atom economy and low E-factors, as gold serves simultaneously as reactant and product within the redox cycle.

Overall, these findings establish chloride-based gold self-leaching as a versatile, electrochemically driven process and position it as a potential cyanide-free alternative for future gold extraction technologies.

References

1. Soma, F., Nguyen, T. V., Moussa Bougouma, Oussama Djorf, Buess-Herman, C., & Doneux, T. (2024). Gold electrochemistry in the acidic choline chloride-oxalic acid deep eutectic solvent. *Electrochimica Acta*, 498, 144660–144660. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.144660>
2. F.Soma, O.Djorf, M.Bougouma, E.Muragijimana, T.Doneux. Gold “self-leaching” in chloride-rich media. *Submitted*

Développement d'un banc de dépôt électrochimique automatisé pour des dépôts de faible épaisseur.

A. Zentz,^{1*} R. Botrel,¹ R. Capiou¹

¹ *Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives CEA Valduc 21120 Is sur Tille.*

*Auteur de correspondance : aurelie.zentz@cea.fr

Dans le cadre du programme simulation, le CEA de Valduc a en charge le développement et la fabrication des objets expérimentaux appelés cibles laser qui sont mis en œuvre sur le laser Mégajoule (LMJ) au CEA du CESTA près de Bordeaux.

Ces cibles laser sont composées d'une cavité en or pur à l'intérieur de laquelle se trouve l'objet d'étude. Au contact de la paroi en or, les faisceaux laser du LMJ sont convertis en un rayonnement X intense portant l'échantillon d'étude à des conditions de température et de pression identiques à celles rencontrées au cœur des étoiles.

Afin d'optimiser la répartition des taches laser à l'intérieur de la cavité en or et garantir l'homogénéité du flux X arrivant sur l'échantillon, des cibles laser à paroi fine d'or ont été développées. Avec une épaisseur d'or de seulement 6 μm , la paroi de ces cibles est alors suffisamment fine pour permettre de mesurer, par transmission des rayons X, l'énergie laser déposée sur la paroi interne de la cavité en or.

Si pour ces cavités en or, la technique de fabrication la mieux adaptée reste l'électroformage, il est très difficile de garantir une épaisseur de 6 $\mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$. En effet, en raison de sa très faible dureté, l'or devient très difficile voire impossible à ré-usiner à si faibles épaisseurs, même en ayant recours à des machines d'usinage d'ultra-précision.

Pour cela, le CEA a développé un procédé de dépôt électrolytique spécifique qui permet d'homogénéiser la densité de courant à la surface de la pièce à revêtir. Entièrement automatisé, ce robot de dépôt peut traiter une série de 21 pièces en exécutant pour chacune un programme de traitement de surface qui peut être spécifique. Grâce à ses axes de déplacement indexés et précis, et à l'asservissement informatisé des paramètres d'électrolyse, l'épaisseur d'or déposée sur les pièces peut être ajustée au micromètre près. L'écart-type obtenu est inférieur à 0.5 μm .

Etude de la solubilité de MgO dans des sels de chlorures

Anouck Anglade^{1,2*}, Thomas Dalger¹, Olivier Lemoine¹, Pierre-Jean Panteix², Carine Petitjean²

¹ CEADAM VALDUC, 21120 Is sur Tille

² UMR 7198, Institut Jean Lamour, 54000 Nancy

*Auteur de correspondance : anouck.anglade@cea.fr

Les céramiques sont largement utilisées en pyrochimie pour leur bonne résistance chimique et thermique dans des conditions extrêmes (hautes températures et environnements corrosifs). Cependant, certains sels chlorés peuvent corroder les céramiques, entraînant une imprégnation du sel dans la céramique. Une des céramiques utilisée est la magnésite (MgO) et celle-ci se corrode au contact des sels de chlorures. Il est donc pertinent de s'intéresser à la solubilité de MgO dans différents sels chlorés (CaCl₂ ; NaCl-KCl).

Pour déterminer la solubilité de MgO, l'étude initiée ici vise dans un premier temps à observer le comportement du magnésium dans les sels de chlorures. Pour cela, des mélanges MgCl₂-CaCl₂ ont été préparés à de faibles teneurs en MgCl₂ (inférieures à 2%mass.), la solubilité de MgO étant relativement faible dans de nombreux sels fondus [1-2]. Des mesures par voltammétrie cyclique sont ensuite réalisées afin d'établir une corrélation entre la quantité de Mg dans le sel et la densité de courant mesurée. Ces mesures doivent permettre par la suite, après ajout de MgO au sel fondu, de mesurer les concentrations en Mg dissous à l'équilibre afin de pouvoir remonter à la valeur de la solubilité de MgO dans CaCl₂ à différentes températures.

Une attention toute particulière doit être portée à la préparation des réactifs (notamment) CaCl₂ et MgCl₂ afin de minimiser les pollutions. En effet les deux sels sont très hygroscopiques et vont former des complexes tels que Ca(OH)₂ et MgOHCl [3] en présence d'humidité, composés incompatibles de mesures électrochimiques fiables et induisant un ajout non maîtrisé d'oxygène dans le milieu réactionnel. Afin d'éliminer les traces d'humidité dans les sels, des prétraitements thermiques leurs sont appliqués : l'efficacité de ces traitements ainsi que la pureté des sels sont vérifiées par des mesures de voltammétrie (Figure 1.).

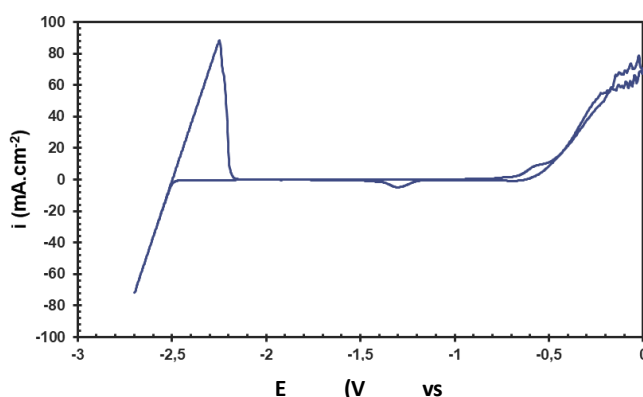


Figure 1. Voltampérogramme cyclique mesuré dans MgCl₂ après traitement, $v = 0,1 \text{ V.s}^{-1}$, $T = 850^\circ\text{C}$.

References

1. R.L. Martin, J.B. West, *J. Inorg. Nucl. Chem* **1962** (24) 105-11
2. G.H. Kucera, M-L. Saboungi, *Metallurgical Transactions B* **1976** (7B) 213-215
3. RA. Skar, Thèse de doctorat. **2001**, AVHANDLING NR. 104

Silver and gold recovery from electronic wastes by combined electroleaching-electrodeposition

F. Lapicque¹, W. Xuan¹, B. Rotonelli², S. Michel², E. Meux², S. Legeai²

¹ *Université de Lorraine, CNRS, LRGP, 54000 Nancy, France*

² *Université de Lorraine, CNRS, IJL, 57000 Metz, France*

*Corresponding Author: francois.lapicque@univ-lorraine.fr

Recovery of precious/strategic metals from electronic wastes has appeared crucial to respond the growing demand in these elements. In particular, selective recovery of silver, gold and palladium from a metal blend produced from former treatment of cell phone printed circuit board was demonstrated by combined electroleaching – electrodeposition (EL-ED) in choline chloride -based deep eutectic solvents (DES) e.g. propylene 1:3. The high concentration of Cl⁻ in the DES formed by choline chloride and propylene glycol at 1:3 molar ratio allows efficient anodic dissolution of the noble metals and their cathode deposition at potentials (i) far less positive than in aqueous media, (ii) highly dependent on the metal targeted. Previous works dealt with single metal ELED operation with silver¹ or gold in a small cubic cell produced by 3D-printing, with two facing anode and cathode.

The present communication deals with EL-ED for Ag and Au combined recovery from a bimetallic Ag-Au 79:21 at.% alloy acting as the sacrificial anode. Precious metals were deposited on carbon-based paper used as gas diffusion layer substrate in membrane fuel cells, for their further easy recovery. The electrolytic DES solutions were prepared from dry DES for the separate Ag and Au anodic leaching of the pure metals: as for Ag, Au was shown to dissolve exclusively to Au(I) with a current efficiency over 96%. The electrolytic bath was prepared from the single species solutions, and contained Ag and Au species at the same proportions as in the anode, with an overall concentration at 25 mM. Tests were carried out at 50 $\mu\text{A cm}^{-2}$ for time periods ranging from 3 to 10 h. The deposits were observed by SEM and submitted to chemical leaching in aqua regia prior to ICP-EOS chemical analysis of the liquors produced. Moreover, the chemical composition of the electrolytic bath at initial and final times were also determined by ICP-EOS.

EL-ED from the Ag-richer alloy could produce a metal blend with a gold content being on average near 80%. Gold enrichment benefits from the high selectivity of the EL-ED, together with occurrence of gold cementation. The overall faradaic yield at the cathode was in the range 50-70% only, depending on the test duration, presumably owing to the very low Au(I) concentration in the bath after a few hours. Improved performances should be possible using potentiostatic control, even though such control is little suitable in industrial practice, as hoped when starting the project.

Acknowledgment

The work was funded by French ANR within the EE4Precious project and French “PEPR Recycling – Recyclability and re-use – Strategic Metal Cluster” (ANR-22-PERE-0003).

References

1. F. Lapicque, C. Bertoloni, S. Michel, B. Rotonelli, E. Meux, J. Appl. Electrochem. 2025

Electrochemical characterization of antimony redox behavior in photovoltaic glass

Sarah Chesneau¹, Pierre-Jean Panteix^{1*}, Carine Petitjean¹

¹ *Université de Lorraine, CNRS, IJL, F-54000, Nancy, France*

*Corresponding Author: pierre-jean.panteix@univ-lorraine.fr

Photovoltaic energetic productions are an option to produce low carbon energy, leading to an increase in the demand for solar panels [1]. Photovoltaic (PV) glasses are predominantly composed of calcium, sodium and silicon oxides with other minor elements like antimony. PV panels represent a huge source of recycling glass in a near future. But the presence of antimony is an issue to use this source of cullet in float glass process due to hazardous interaction with tin bath.

Glass forming liquids are good ionic conductors, so electrochemical methods can be used at high temperatures [2,3]. The reaction cell consists of three home-made electrodes: a working electrode, a counter electrode and a reference electrode, respectively made of platinum wire, platinum plaque and yttria stabilized zirconia (YSZ), which are inserted in the melt glass. Potential measurements are performed as well as voltammetric methods. These methods allow first the determination of the electroactive domain of the “blank melt” (i.e. without antimony), which is limited by the oxidation of the solvent (i.e. the melt) on the anodic side, and its reduction on the cathodic side. In a second time, the standard potential of antimony is determined by comparison of the voltammogram of the Sb-doped melt with the “blank” one [3]. However, the evaporation of antimony from the melt might involve a decrease of the concentration of this element in the liquid at high temperature [4]. Consequently, the measurement conditions are optimized in considering the initial Sb concentration in the melt, and by refining the electrochemical parameters. A further comprehension of involved phenomena is given by a thorough post-mortem characterization of the electrodes thanks to Scanning Electron Microscopy (SEM).

Acknowledgment

The authors acknowledge the ANR-FRANCE for its financial support for the GRISbl project (ANR-25-CE08-4684).

References

1. P. Chowdhury, T. Chowdhury, H. Chowdhury, R. Corkish, et N. L. Chang, « Necessity for recycling photovoltaic glass: Managing resource constraints and environmental impacts of antimony in terawatt scale photovoltaics », *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 295, p. 114012, janv. 2026, doi: 10.1016/j.solmat.2025.114012.
2. H. Yamashita, S. Yamaguchi, R. Nishimura, et T. Maekawa, « Voltammetric Studies of Antimony Ions in Soda-lime-silica Glass Melts up to 1873 K », *ANAL. SCI.*, vol. 17, n° 1, p. 45-50, janv. 2001, doi: 10.2116/analsci.17.45.
3. C. Petitjean, P. J. Panteix, C. Rapin, M. Vilasi, et R. Podor, « Electrochemical Behavior of Glass Melts: Application to Corrosion Processes », *Procedia Materials Science*, vol. 7, p. 101-110, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.10.014.
4. M. Lindig et G. H. Frischat, « Evaporation of Antimony Trioxide from Glass Melts », *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 71, n° 1, janv. 1988, doi: 10.1111/j.1151-2916.1988.tb05768.x

Sequential electrocoagulation and UV-assisted electro-fenton treatment of real tannery wastewater

Samia Elboutlaoui¹, Karim Tanji¹, Nadia Dkhireche¹, Lidia Favier², Iman Chaouki¹, Didier Hauchard^{2*}

¹ *Laboratory of Advanced Materials and Process Engineering, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco.*

² *Univ Rennes, ENSC Rennes, CNRS, ISCR- UMR6226, F-35000 Rennes, France*

*Corresponding Author: didier.hauchard@ensc-rennes.fr

Tannery wastewater is among the most complex and heavily polluted industrial effluents, characterized by high concentrations of organic matter, dyes, surfactants, and heavy metals such as chromium, nickel, and copper. These pollutants originate from various stages of leather processing, including liming, tanning, and dyeing operations, and are responsible for significant environmental contamination when discharged without adequate treatments. Conventional treatment methods, such as coagulation–flocculation, chemical oxidation, or activated sludge systems, often fail to achieve complete removal of persistent organic and inorganic contaminants. Electrochemical processes have emerged as powerful alternatives for wastewater treatment due to their versatility, ease of automation, and capacity to generate strong oxidizing agents in situ without the addition of external reagents. Among them, electrocoagulation (EC) [1] and Electro-Fenton (EF) processes have demonstrated great potential [2].

This study investigates a sequential electrochemical treatment combining electrocoagulation (EC) followed by UV-assisted Electro-Fenton (EF–UV) oxidation for the advanced purification of real tannery wastewater. In the first stage, electrocoagulation using Al/Fe electrodes efficiently reduced turbidity, color, and heavy metals, achieving up to 80% color removal and 94% COD reduction under optimal conditions (current density: 0.05 A·cm⁻²; electrolysis time: 15 min).

The clarified effluent was then treated by the Electro-Fenton process coupled with UV irradiation using an open and undivided EF reactor with three-dimensional cathodes, based on packed bed of carbon pellets successfully used to improve the Electro-Fenton (EF) treatment of organic contaminants from polluted water and industrial effluents [3, 4]. The effects of current density, Fe²⁺ concentration, and irradiation wavelength were systematically investigated. The EF-UV step significantly improved the degradation of residual organic pollutants, leading to COD and TOC removal efficiencies of up to 98% and 96%, respectively, after 5 h of treatment.

The sequential EC/EF - UV process resulted in nearly complete decolorization and effective removal of both organic and inorganic contaminants, producing a final effluent compliant with discharge standards.

Overall, this integrated electrochemical approach represents a promising, efficient, and sustainable solution for the treatment and potential reuse of tannery wastewater, with reduced sludge production and minimal chemical consumption.

References

1. S. Shoumik, R. Hrido, F. Athkia, R. Tanzim Ur, T. Nishat, J. Nusrat, S.A. Adewale Allen, M. Safwat, I. Md Shahinoor, *J. of Water Process Eng.* 2024, 62, 105409,
2. E. Brillas, I. Sirés, M. Oturan, *J. Chemical Reviews* 2009, 109 (12), 6570–6631
3. A. Chmayssem, S. Taha, D. Hauchard, *Electrochim. Acta*, 2017, 225, 435-442
4. A. Chmayssem, G. Alchoubassi, S. Taha, D. Hauchard, *Processes* 2024, 12(9), 1850

Synergistic UVB photo-assisted electro-Fenton treatment for the removal of E102 from wastewater with a Fixed-Bed 3D-Cathode

Samia Elbouatlaoui¹, Iman Chaouki¹, Nadia Dkhireche¹, Lidia Favier², Didier Hauchard^{2*}

¹ *Laboratory of Advanced Materials and Process Engineering, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco.*

² *Univ Rennes, ENSC Rennes, CNRS, ISCR- UMR6226, F-35000 Rennes, France*

*Corresponding Author : didier.hauchard@ensc-rennes.fr

Improved three-dimensional (3D) cathodes, based on packed bed of carbon pellets have been successfully used within open, undivided reactors to enhance the Electro-Fenton (EF) treatment of organic contaminants from polluted water and industrial effluents [1-3]. The present work, investigates the efficiency of UV photo-assisted electro-Fenton with these as developed cathodes and the application to the degradation of tartrazine (E102), a widely used azo dye known for its recalcitrance to conventional treatments. For this purpose, two UV lamps were employed within the EF reactor. Batch experiments were conducted under the following conditions: an effluent volume of 2.8 L and a flow rate of 6 L.min⁻¹. The EF process was carried out under optimal operating conditions based on previous studies [1]. For these tests two types of anodes (a dimensionally stable anodes (DSA) and boron-doped diamond anodes (BDD) were evaluated in the presence or in absence of chlorides. The performance of the different treatments was evaluated by UV spectroscopy on the base of discoloration, TOC and COD measurements.

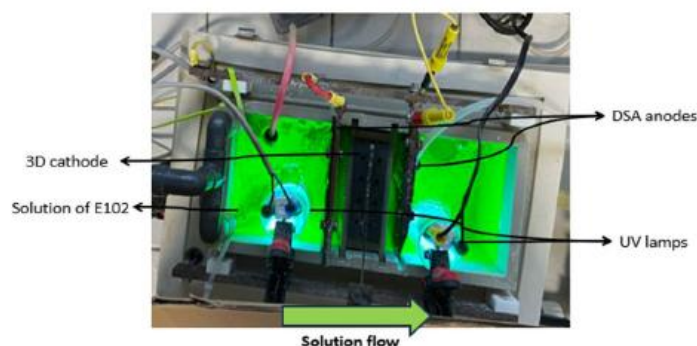


Figure.1. Integrated Electro-Fenton reactor with 3D-cathode and UVB lamp for E102 wastewater treatment.

The results obtained showed that the degradation effectiveness of the EF treatment remains limited, with the elimination of TOC capped at only 60% after 150 minutes of treatment. Additionally, it was found that replacing the DSA anode with a BDD anode (of the same specific surface area) slightly improved the performance of E102 mineralization (8%). However, a significant improvement in the mineralization of the target molecule was observed when EF treatment was photo-assisted by UV radiations (280-315 nm) (95% of TOC removal after 240 min). The presence of NaCl in the treated solution affected the COD and TOC removal performance when DSA anodes were used due to chloride oxidation on DSA. Furthermore, it has been demonstrated that UV light radiation primarily affects the degradation of EF by-products rather than the discoloration of E102. In order to limit the energy consumption, the coupling with UVB should only be initiated after the dye has been decolorized by EF treatment. In summary, this study clearly highlights the potential of UVB photo-assisted EF processes for degrading organic contaminants from wastewater.

References

1. A. Chmayssem, S. Taha, D. Hauchard, *Electrochim. Acta*, 2017, 225, 435-442
2. H. Bakhti, N. Ben Hamida, D. Hauchard, *J Pure Appl. Chem. Res.*, 2020, 9(1), 40-56
3. Chmayssem A., Alchoubassi G., Taha S., Hauchard D., *Processes* 2024, 12(9), 1850

SIE pour l'étude des revêtements organiques : une approche réactionnelle

Nicolas Murer*, Maud Gallois, Julie Ducrot

Safran Tech, Pôle Matériaux et procédés, Rue des Jeunes bois, Chateaufort, 78114 Magny-Les-Hameaux

*Auteur de correspondance : nicolas.murer@safrangroup.com

La Spectroscopie d'Impédance Electrochimique (SIE) est couramment utilisée pour étudier des systèmes métalliques peints ou revêtus, car elle permet de mettre en évidence à la fois les caractéristiques barrière ou diélectriques des revêtements ainsi que les phénomènes en jeu à l'interface électrochimique. L'approche classique pour analyser les données d'impédance consiste à passer par l'intermédiaire d'un circuit équivalent pour lequel chaque élément ou groupe d'éléments constitutif est associé à une propriété physique de l'interface [1].

L'approche inductive qui consiste à trouver un circuit équivalent *ad hoc* à partir des résultats expérimentaux a comme défaut principal de multiplier les candidats [2,3] et pousse à abandonner ce type d'analyse pour des approches plus simples comme comparer des modules d'impédance à des fréquences fixes [4], ne s'intéresser qu'à une seule partie du graphe qui correspond à une seule constante de temps [5], ou conduit à utiliser des méthodes d'apprentissage pour guider le choix du circuit équivalent [3]. Bien entendu, la multiplicité des circuits équivalents reflète aussi la multiplicité et la complexité des systèmes étudiés.

Nous proposons également ici une approche inductive mais où la construction du circuit équivalent a pour origine le type de mécanisme électrochimique en jeu à l'interface [6]. Les systèmes étudiés sont des aciers traités et peints. Le circuit équivalent choisi permet d'analyser des données d'impédance très différentes correspondant à des surfaces intactes ou avec des défauts, pour lesquelles ce sont les valeurs des paramètres des éléments qui diffèrent (Figure 1).

Cette approche simple, éventuellement simpliste pour qui cherche à obtenir des propriétés locales à partir de mesures d'impédance globale, permet d'obtenir des paramètres physiques aisément comparables et utilisables pour qualifier le pouvoir protecteur du traitement des métaux.

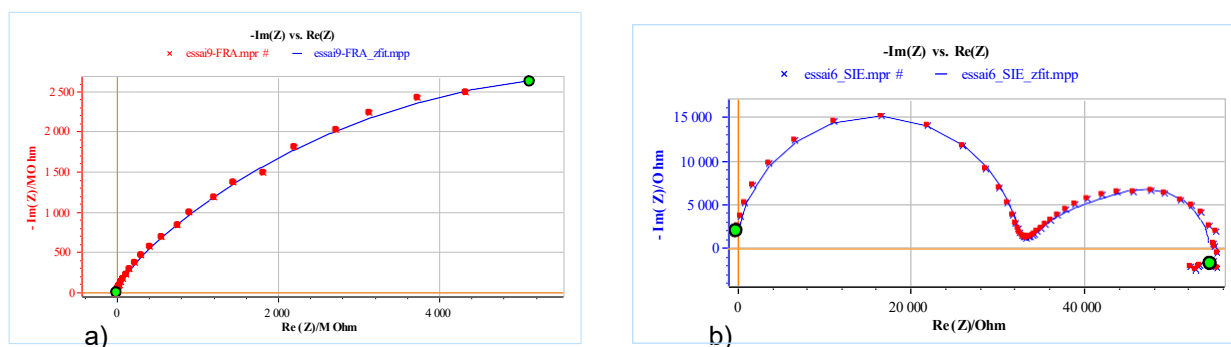


Figure 1. Exemples de données de mesures d'impédance ajustées automatiquement en utilisant le même circuit équivalent a) revêtement dit « intact », b) revêtement dit « défectueux »

References

1. O.E. Barcia, E. D'Elia, I. Frateur, O.R. Mattos, N. Pébère, B. Tribollet *Electrochim. Acta* **2002**, 47 2109
2. I.C.P. Margarit-Mattos *Electrochim. Acta* **2020** 354 136725
3. D. Saran, N. Mishra, S. Bathula, K. Kumar Sahu, *Electrochim. Acta* **2025** 527 146231
4. S. Martinez, B. Hudec, I. Šoić, *Prog. Org. Coat.* **2024** 197 108811
5. D. Jero, N. Caussé, E. Dantras, A. Roggero, T. Buffeteau, N. Pébère *Electrochim. Acta* **2024** 498 144690
6. J. P. Diard, C. Montella, N. Murer, Handbook of Electrochemical Impedance Spectroscopy Corrosion Reactions Library **2012** <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16871.87206>

Electrochemical evaluation of phenolic acids as corrosion inhibitors for carbon steel in acidic and basic environments

Malek Ibbari^{*}, Delphine Veys-Renaux, Emmanuel Rocca

Université de Lorraine, Institut Jean Lamour-UMR CNRS 7198, France

^{*}Corresponding Author: malek.ibbari@univ-lorraine.fr

The development of environmentally friendly corrosion inhibitors has attracted increasing attention as an alternative to conventional toxic compounds. Naturally occurring phenolic acids represent promising candidates due to their antioxidant properties and potential surface activity. However, evaluating their effectiveness and understanding their protection mechanisms on carbon steel remain essential.

The corrosion behavior of carbon steel was investigated in 0.1M hydrochloric acid (pH≈1) and in a standardized corrosive aqueous solution prepared according to ASTM D1384 (pH≈8), in the presence of several phenolic acids, namely caffeic, chlorogenic, sinapic, ferulic, and dicaffeic acids. Stationary electrochemical techniques, including open circuit potential (OCP) measurements and potentiodynamic polarization, together with advanced methods such as electrochemical impedance spectroscopy (EIS), were employed to evaluate their inhibition efficiency in both acidic and neutral environments.

The results showed that caffeic and chlorogenic acids significantly inhibited corrosion in both HCl and ASTM water. Sinapic acid exhibited a notable effect in HCl but no inhibition in ASTM water, while ferulic acid had no significant effect in either medium. Dicaffeic acid also showed corrosion inhibition, which can be attributed to its low solubility in these media rather than intrinsic effectiveness.

Consequently, further investigations focused on caffeic acid to better understand its protective mechanism. Film formation on the carbon steel surface was studied using cyclic voltammetry in alkaline medium, aiming to promote the electropolymerization of caffeic acid and assess its ability to form polymeric films.

Table 1. Inhibition efficiency (%) of phenolic acids in 0.1 M HCl and ASTM water.

Condition	IE Caffeic acid (%)	IE Chlorogenic acid (%)	IE Sinapic acid (%)	IE Ferulic acid (%)	IE Dicaffeic acid (%)
0.1M HCl	70	62	90	0	90
ASTM water	55	64	24	0	85

Anodisation blanche de l'aluminium par des cycles anodique/cathodique : étude de paramètres du procédé

Charlotte Beaudouin,^{1*} Delphine Veys-Renaux,¹ Emmanuel Rocca¹

¹ Institut Jean Lamour, Campus Artem, 2 Allée André Guinier, 54011 Nancy, France

*Auteure de correspondance : charlotte.beaudouin@univ-lorraine.fr

L'anodisation de l'aluminium et de ses alliages est un processus largement utilisé pour de nombreuses applications. Même s'il existe déjà des techniques efficaces pour colorer les surfaces en aluminium, un blanc brillant est très difficile à obtenir. En effet l'obtention de la couleur blanche nécessite une diffusion importante de la lumière, sans absorption sélective des longueurs d'ondes spécifiques de la lumière visible. Des cycles d'anodisation bipolaire pulsée sur de l'aluminium pur dans H₂SO₄ 2 M ont déjà été proposés dans la littérature pour optimiser la diffusion de la lumière en formant des défauts localisés au sein de la couche d'oxyde (Figure 1). La morphologie de ces défauts doit donc être adaptée pour obtenir l'effet optique désiré, sans altérer les propriétés mécaniques. Ces défauts peuvent être réalisés par polarisation cathodique grâce à la formation de H₂ à l'interface aluminium/oxyde résultant de la réduction des protons.

L'objectif est d'étudier comment les mécanismes cathodiques de détachement sont influencés par différents paramètres :

- La morphologie plus ou moins rugueuse de l'interface substrat/oxyde
- La géométrie du montage électrochimique (horizontale ou verticale)

D'une part, le comportement électrochimique anodique de l'aluminium puis le comportement cathodique d'une interface anodisée ont été observés pour chaque paramètre (rugosité de surface et géométrie du montage). Les morphologies nanométriques des couches ont ainsi pu être prédites. D'autre part en considérant les résultats précédents, un cycle d'anodisation bipolaire pulsée a été proposé. Pour chaque paramètre, les morphologies de couche ont été obtenues par microscopie électronique à balayage (MEB) et les propriétés optiques (réflectance, luminance, indice chroma) et mécaniques (micro-dureté Vickers) ont été mesurées.

Une rugosité de surface trop importante conduit à la formation de défauts appelés cavités plates et ne permet pas d'améliorer la diffusion de la lumière quelle que soit la géométrie du montage. Par ailleurs, un montage vertical sur un substrat décapé chimiquement favorise une meilleure répartition de défauts plus arrondis (cavités coniques) et serait le meilleur moyen de s'approcher des paramètres de la couleur blanche, tout en altérant le moins possible les propriétés mécaniques. Dans cette configuration, il a été obtenu une surface anodisée blanche avec une luminance de plus de 80 %, un indice chroma de 1,5 et une dureté moyenne de 327 ± 19 HV (soit 16% de diminution de la dureté moyenne en présence de défauts).

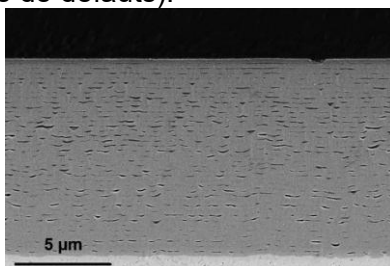


Figure 1. Micrographie BSE de la morphologie typique d'une section transversale d'une couche d'oxyde développée sur Al dans H₂SO₄ 2 M par anodisation bipolaire pulsée [1].

References

1. A. Gasco Owens, D.Veys-Renaux, E. Rocca, Bipolar pulsed anodizing of aluminum : understanding the fundamental electrochemical mechanisms, *Electrochimica Acta* 492 (2024) 144303.

Study of the protective efficiency of novel materials against mild steel corrosion

Oumaima Chentir^{1*}, Hamza Hailou¹, Touria Jermoumi¹, Driss Rair¹, Hassan Kefsou¹, Abdelkrim Chahine¹,

¹ Advanced Materials and Process Engineering Laboratory, Ibn Tofail University, Kénitra

*Corresponding Author: oumaima.chentir@uit.ac.ma

A novel hybrid material was successfully synthesized under mild conditions and structurally confirmed through comprehensive spectroscopic and structural analyses. Electrochemical investigations demonstrated its strong ability to inhibit mild steel corrosion in acidic medium. The results indicate that the inhibitor acts through adsorption at the metal/solution interface, leading to the formation of a protective and stable barrier layer that significantly reduces the corrosion process. The inhibition efficiency increased with concentration, reaching 91%, confirming the high protective performance of the material. Overall, the findings highlight the promising potential of this novel hybrid material as an effective corrosion inhibitor for applications in acidic environments.

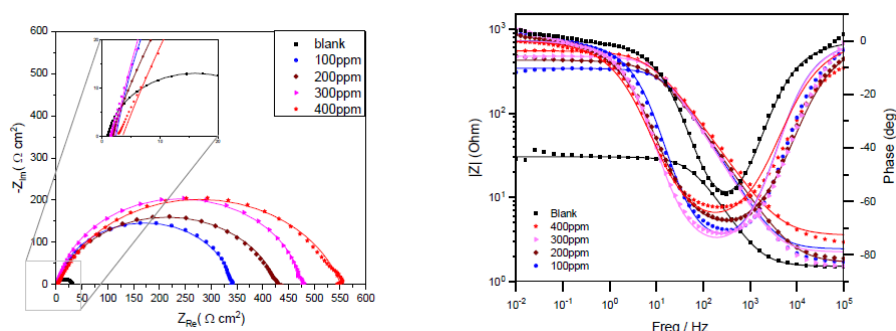


Figure 1. Nyquist Diagram and bode plot for mild steel in 1M HCl with and without the addition of different inhibitor concentrations.

Table 1. Impedance parameters for corrosion of mild steel in 1M HCl in of different concentrations of the hybrid

Medium	Con (ppm)	R_s ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	R_{ct} ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_{dl} ($\mu\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$)	Q ($\mu\text{F} \cdot \text{S}^{-1}$)	n_{dl}	θ	EIS (%)
1 M HCl	Blank	1,24	48.54	101	423	0.73	-	-
	100	2.94	339	52.3	84.5	0.86	0.86	85
	200	2.64	427	48	80.7	0.89	0.88	88
	300	3.13	474	41.2	66.7	0.92	0.89	89
	400	2.45	548	23.7	45.3	0.86	0.91	91

References

1. H. El Aadad, M. Galai, M. Ouakki, A. Elgendy, M. Ebn Touhami, A. Chahine, Surfaces and Interface, 2021, 24(11) 101084.
2. H. Hailou, S. Taghzouti, I. Ait Lahcen, M. Bouziani, Idrissi, R. Tourir, M. Ebn Touhami, E. H. El Kafssaoui, Journal of Molecular Structure, 2025, 1319(2) 139345.

In-situ field measurement of the thermodynamic and kinetic of API 5L X65 conducted in cement-based grout material using 70 m of cables over a three-year period.

M. Valay ^a, V.Maillot ^b, G.Charrier ^b, J. Bertrand ^b, I. Ignatiadis ^c, S. Betelu ^c

a) Origalys ElectroChem, 555 chemin du Bois, 69140 Rillieux-La-Pape, France

b) Andra, 1/7 rue Jean Monnet, F-92298 Châtenay-Malabry, France

c) BRGM (French Geological Survey), Orléans, France

Corresponding Author: maxime.valay@origalys.com

The French National Radioactive Waste Management Agency (Andra) is responsible for the Cigéoⁱ project dedicated to store high and intermediate level long-lived radioactive waste in a deep geological disposal facility at 500 m depth drilled in a very stiff clay Callovo-Oxfordian claystone (Cox). The High-Level Waste (HLW) disposal cell is designed as a micro-tunnel extending for several hundred meters, equipped with a carbon steel (CS) namely API 5L X65 casing of 60–70 cm in diameter. The gap between the metallic casing and the host rock is filled with a cement-based grout known as MREA, composed of a mixture of cement and bentonite. This material is formulated to create an environment, pH≈12, that limits corrosion processes.

A non-destructive electrochemical monitoring system has been developed to continuously monitor in situ carbon steel casing corrosion in this High-pH material. The system is based on a unique three-electrodes device, fabricates from the same metallic material as the micro-tunnel cell casing. Corrosion rates are measured using an electrochemical instrument offering multi-technique capabilities implemented through a unique, unified measurement workflow, enabling consistent and comparable results.

Measurements conducted since 2023 in the Underground Research Laboratory (URL) on a dedicated demonstrator will be presented. Using a 70-m electrodes cable, results from three years of non-destructive methods- such as Open Circuit Potential (OCP), Linear Polarization Resistance (LPR), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) and Harmonic Distortion Analysis (HDA) - will be discussed.

Thermodynamic insights will be improved through analyses derived from BRGM ⁱⁱ electrodes, allowing for a more detailed understanding of the electrochemical cell's state.



Figure 1: Geochemical sensors monitored by BRGM / Figure 2: electrochemical sensors monitored by ORIGALYS

ⁱ Industrial underground radioactive waste disposal

ⁱⁱ French geological survey partner on this experiment

Electrochemical and theoretical insight into the corrosion inhibition of brass by water-soluble organic compounds in 3% NaCl solution

Mouhsine Galai^{1,*}, Khadija Dahmani², Mohamed Rbaa³, Nadia Dkhireche¹, Mohamed Ebn Touhami¹

¹Advanced Materials and Process Engineering Laboratory, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, BP 242, Kenitra 14000, Morocco

²National Higher School of Chemistry, Ibn Tofail University, PB 133-14050, Kenitra, Morocco

³Laboratory of Organic Chemistry, Catalysis and Environment, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, PO Box 133, 14000, Kenitra, Morocco.

*Corresponding Author: galaimouhsine@gmail.com

This study investigates the corrosion inhibition of brass in saline environments using two newly synthesized water-soluble organic compounds 5-(((R)-2-hydroxy-2-((2R,3S,4R,5S)-3,4,5-trimethoxytetrahydrofuran-2-yl)ethoxy)methyl)quinoline-8-ol (P3) and 5-(((R)-2-((2R,3S,4R,5S)-4,5-dimethoxy-3-(tetradecyloxy)tetrahydrofuran-2-yl)-2-hydroxyethoxy)methyl)quinolin-8-ol (P4). These compounds were designed to improve adsorption on brass surfaces, providing corrosion protection in 3% NaCl solutions. Electrochemical tests, including potentiodynamic polarization (PDP) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS), revealed that both P3 and P4 effectively inhibit corrosion, with P4 achieving a 97.6% efficiency at 10^{-3} M. Surface analyses confirmed the formation of protective films, and computational simulations highlighted strong molecular interactions with the brass surface

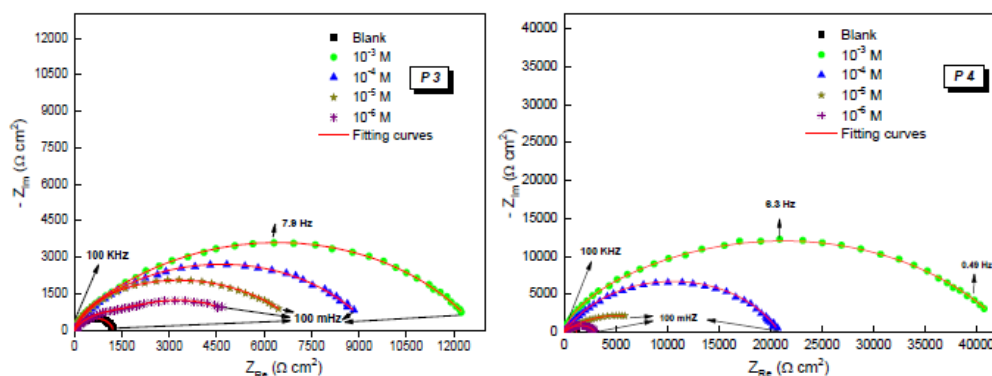


Figure 1. Nyquist plots of brass submerged in 3% NaCl with and without P3 and P4 at different concentrations.

Table 1. The EIS data of brass in 3% NaCl contains 10^{-3} of the P3 inhibitor at 298

Inhibitors	Conc. M	R_s Ωcm^2	Q_f μFcm^2	n_f	R_f Ωcm^2	Q_{ct} μFcm^2	n	R_{ct} Ωcm^2	R_p Ωcm^2	χ^2 (10^{-4})	E%	θ	SD (Ωcm^2)
NaCl 3%	--	13.4 ± 0.07	170.6 ± 1.71	0.877 ± 0.002	896 ± 2.8	721.3 ± 3.1	0.895 ± 0.02	318 ± 0.8	1214	1.5	--	--	0.93
Inhibitor P3	10^{-3}	16 ± 0.08	63.7 ± 0.74	0.900 ± 0.001	2288 ± 2.3	33.2 ± 0.9	0.611 ± 0.001	10497 ± 0.3	12785	8.2	90.5	0.905	0.87

References

1. M. Galai, K. Dahmani, M. Ebn Touhami, R. Hsissou, F. Benhiba, M. Rbaa, M. Ouakki, R. Lachhab, S.M. Alharbi, Materials Science and Engineering: B 298 (2023) 116843.
2. M. Galai, M. Rbaa, M. Ouakki, K. Dahmani, S. Kaya, N. Arrousse, N. Dkhireche, S. Briche, B. Lakhrissi, M.E. Touhami, , Chemical Physics Letters 776 (2021) 138700.

Sustainable aryl-himachalene benzylamine compounds as high-performance corrosion inhibitors for brass (62/38) in neutral media

Hamza Hailou¹, Sara Taghzouti¹, Intissar Ait Lahcen², Yacine Hassani¹, Rachid Touri¹, El Hassan El Kafssaoui¹

¹ Advanced Materials and Process Engineering Laboratory, Faculty of Science, Ibn Tofail University, Morocco.

² Coordination and Catalysis Chemistry Team, Department of Chemistry, Semailia Faculty of Sciences, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco.

*Corresponding Author: hamza.hailou@uit.ac.ma

This work explores the corrosion inhibition performance of two newly synthesized, eco-friendly aryl-himachalene benzylamine derivatives (AHB) and (AHBBR) for brass 62/38 (B62/38) in 200 ppm NaCl solution. Electrochemical techniques, surface characterization, and theoretical calculations were employed to evaluate their performance. Both compounds demonstrated strong inhibition efficiency, increasing with concentration and reaching 88.69 % for AHB and 93.35 % for AHBBR at 100 ppm. Potentiodynamic polarization results classified the inhibitors as mixed-type, whereas electrochemical impedance spectroscopy confirmed the formation of a protective layer on the B62/38 surface. The effect of solution temperature and immersion time was also investigated, revealing a slight decrease in efficiency at higher temperatures and a progressive improvement with immersion time up to 12 h. Adsorption behavior followed the Langmuir isotherm model. SEM/EDX analyses confirmed the presence of an adsorbed organic film on the surface, supporting the electrochemical findings. Quantum chemical calculations further substantiated the strong adsorption tendency and anticorrosive character of the tested molecules.

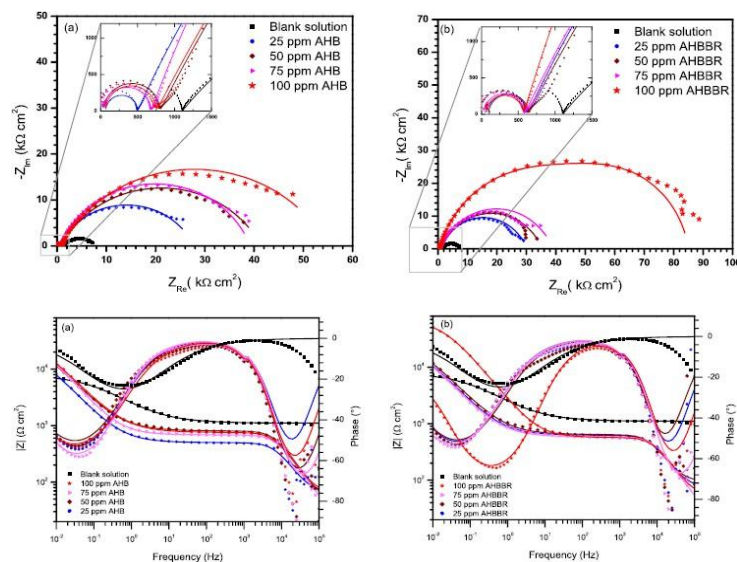


Figure 1. Nyquist and Bode diagrams in presence and absence of AHB & AHBBR.

Table 1. Calculated performance of the molecules.

Case	η_{PDP} (%)	η_{EIS} (%)	ΔG° (KJ mol ⁻¹)
AHB	87.05	88.69	-39.85
AHBBR	93.78	93.35	-39.43

References

- Sharma, D., Thakur, A., Sharma, et al., *Environ Res.* **2023**, 234, 116555.
- Goyal, M., Vashist, H., Kumar, et al., *J Mol Liq*, **2020**, 315, 113705.

Evaluation and comparison of the biocorrosion resistance of two ferritic stainless steel grades covered by a *Shewanella oneidensis* MR-1 biofilm

Christelle Despas,^{1*} Audrey Allion-Maurer,² Frédéric P. A. Jorand,¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France

² APERAM, Centre de Recherche d'Isbergues, France

*Corresponding Author: christelle.despas@univ-lorraine.fr

Exposure of a ferrous material to a humid environment leads to surface degradation and, by consequence, to the alteration of their properties, including for stainless steels. Surface biofilm development can participate to the corrosion, phenomenon designed as microbial influenced corrosion (MIC). Among bacteria identified as impacting the corrosion resistance properties of stainless steel, *Shewanella oneidensis* MR-1^{1,2}.

By combining analytical, electrochemical and biological approaches, we evaluated here the effect of *S. oneidensis* MR-1 initial stage biofilm onto the behavior of two different grades of ferritic stainless steel towards corrosion, specifically, samples named grade 1 were a 12% chromium ferritic stainless steel while those of grade 2 contained 18% of chromium. Experiments were conducted with bacteria dispersed in 0.02M NaCl – diluted tryptcase soy broth (1/500^e) (final DO_{600nm} = 0.80 ± 0.05). Formation of biofilm on surface alloys was checked after 24h exposure (20°C) by *in situ* epifluorescence microscopy.

Electrochemical data revealed an increase in corrosion susceptibility in the presence of a nascent *S. oneidensis* MR-1 biofilm. Pitting capabilities for our both tested grades are visible but the more resistant grade maintained its relative performance advantage (Fig. 1).

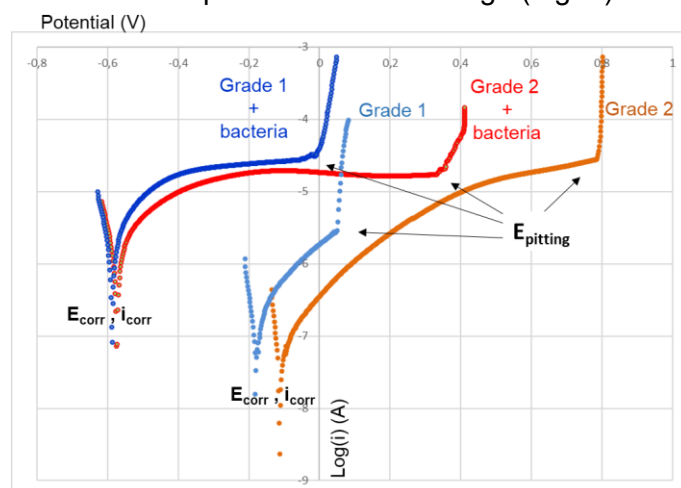


Figure 1: Results of polarization following open circuit potential measurements in absence and presence of a 24 h biofilm of *Shewanella putrefaciens* MR-1 for, respectively, 12% and 18% chromium ferritic stainless steel (20°C).

References

1. N.A.A. Jamaluddin, M. Yusoff, S.K. Wee, M.N. Masri, *Metall. Mater.* **2022**, 67(4), 1355-1358
2. J. Philips, N. Van den Driessche, K. De Paepe, A. Prévotau, J.A. Gralnick, J.B.A. Arends, K. Ra-baey, *Appl Environ Microbiol.* **2018**, 84(20), e01154-18

Ultrafast electrochemical wear of boron-doped diamond electrodes induced by pulsed bipolar activation

Sirine Ben Khemis¹, Christian Njel¹, Mathieu Frégnaux², Arnaud Etcheberry², Emmanuel Scorsone¹

¹Université Paris-Saclay, CEA, LIST, F-9112, Palaiseau, France

²Institut Lavoisier de Versailles, Université Paris-Saclay, UVSQ, CNRS, UMR 8180, 78035 Versailles, France

*Corresponding Author: sirine.benkhemis@cea.fr

Boron-doped diamond (BDD) electrodes are widely used in electrochemistry due to their exceptional properties, including a wide potential window, low background current, and high resistance to fouling. These features make them particularly attractive for advanced electroanalysis, electrocatalysis, and environmental electrochemical processes. Maintaining a highly active electrode/electrolyte interface is essential, and electrochemical activation procedures are commonly employed to remove surface contaminants and restore electrode performance. Among these strategies, pulsed electrochemical activation has recently gained increasing attention, as it can enhance electrochemical reaction rates and improve efficiency in various applications such as water electrolysis and wastewater treatment. In our laboratory, pulsed activation has been successfully developed and implemented for electrode cleaning and regeneration for analytical purposes, as well as for restoring the transparency of diamond-coated infrared optical windows.

However, the long-term impact of pulsed activation on BDD electrochemical stability and interfacial processes remains poorly explored. Although previous studies have reported BDD corrosion only under extreme anodic conditions (e.g., high current/potentials, elevated temperatures and concentrated electrolytes), the impact under realistic pulsed electrochemical conditions is largely unknown.

In this work, we investigate the electrochemical stability of BDD electrodes subjected to bipolar pulsed activation under mild and practically relevant conditions (0.1 M Na₂ SO₄, current densities $\leq \pm 50 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$). Unexpectedly, we demonstrate a rapid degradation of the electrode despite operating within conditions typically considered non-aggressive. A comprehensive electrochemical and physicochemical characterization was performed to elucidate the degradation mechanisms. Gravimetric measurements revealed significant material loss, while scanning electron microscopy (SEM), Raman spectroscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) evidenced pronounced surface modification, including oxidation, structural damage, and partial graphitization.

These results suggest that bipolar pulsed activation promotes the formation and accumulation of highly reactive electrochemical species at the interface, leading to enhanced carbon oxidation and accelerated degradation. This directly impacts electrode performance and long-term stability in electrochemical applications.

This study provides practical guidelines for optimizing pulsed activation protocols, enabling efficient electrode cleaning with preserved sensitivity, reproducibility, and extended lifetime in electrochemical systems.

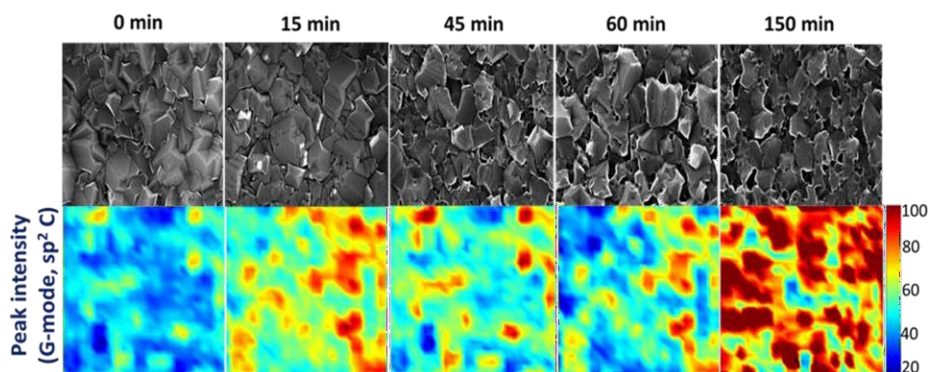


Figure 1. SEM images and Raman mapping of sp² phases on the BDD film surface, before and after the different stages of bipolar pulsed activation ($\pm 50 \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Application of solid iron in the Fenton and electro-Fenton process. Chemical and electrochemical studies on the possible iron surface blockage

Granit Kastrati,¹ Flamur Sopaj^{2*}

¹ Faculty of Agribusiness, University of Peja "Haxhi Zeka", Street, UÇK 30000, Pejë-Kosovo

² Department of Chemistry, Faculty of Natural and Mathematical Sciences, University of Prishtina 'Hasan Prishtina' St. "Nëna Tereze" nr. 5, 10 000 Prishtina, Kosovo

*Corresponding Author : flamur.sopaj@uni-pr.edu

Solid iron was used as catalyst source in the Fenton and electro-Fenton process for organic pollutants removal from water^{1,2}. Complete degradation of methyl orange was achieved in both techniques, by varying hydrogen peroxide concentration (during Fenton process) and current intensity (during electro-Fenton process). Given the fact that the catalyst supply in the solution was sustained by an iron rod of 390 mm² surface area, surface coverage is suspected by adsorption of organic species or iron hydroxides. In order to discover the potentially inhibiting layer, chemical and electrochemical experiments were performed on the used iron rod. Ten replicate degradation experiments of methyl orange revealed almost no loss of degradation efficiency. Further, the Tafel curves obtained from the used iron rod, showed that the exchange current did not change much, in fact there was an increase in the current at more positive potentials, indicating that there was no significant hindrance of the surface processes taking place¹. These experiments testified that solid iron can be used reliably as a catalyst source for the Fenton and electro-Fenton processes.

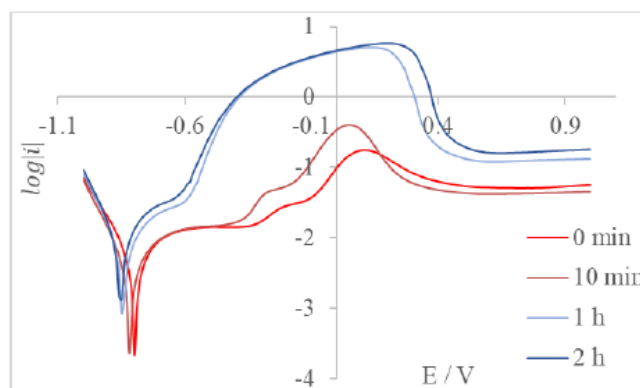


Figure 1. Tafel curves of the iron electrode (rod) used during pollutant degradation at three different times. [MTO] = 0.1 mM, [H₂O₂] = 0.5 mM, pH = 3. A_{Fe} = 7 mm², V_s = 150 ml. Scan rate 0.05 V/s, Ag/AgCl reference electrode, [KNO₃] = 0.1 M.

References

1. F. Sopaj, M. Molliqaj, T. Kastrati, Desalin. Water Treat. 2025, 321, 101013.
2. H. Afanga, H. Zazou, F.E. Titchou, J. El Gaayda, F. Sopaj, R.A. Akbour, M. Hamdani, J. Environ. Chem. Eng. 2021, 9, 104498.

Forage d'exploration d'hydrogène dans le Carbonifère : Réduction de l'eau et diffusion de l'hydrogène

Mathieu Lazerges^{1,2,*}, Fady E. Nassif³, Odile Barres¹, Marie-Camille Caumon¹, Aurélien Randi¹, Catherine Lorgeoux¹, Philippe De Donato¹, Jacques Pironon¹, Raymond Michels

¹ GeoRessources, UMR 7359, CNRS, Université de Lorraine

² Université Paris Cité

³ La Française De l'Energie

*Corresponding Author: mathieu.lazerges@univ-lorraine.fr

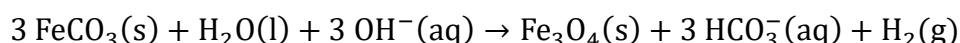
Un mégagisement d'hydrogène blanc du carbonifère situé en Moselle, estimé à plusieurs dizaines de millions de tonnes, a été découvert en 2023 par les chercheurs de GeoRessources lors de l'évaluation de la ressource gazière d'un forage de méthane de l'entreprise La Française De l'Energie (Fig. 1 gauche).



Figure 1. Ancien forage d'exploitation de ressources gazières de Folschviller 01/2023 (gauche). Forage d'exploration d'hydrogène de Pontpierre 03/2026 (droite).

Suite à cette découverte majeure, le forage d'exploration d'hydrogène le plus profond du monde a été entrepris et finalisé début 2026 à l'initiative des mêmes partenaires à quelques kilomètres du premier forage, à Pontpierre¹ (Fig. 1, droite).

Les mesures du gradient de concentration en hydrogène du forage de Folschviller entre la surface et une profondeur de 1500 m ont permis d'établir que la géométrie du stock d'hydrogène est plane et qu'elle s'étend sur au moins 100 km². La réduction de l'eau en hydrogène par des carbonates ferreux comme la sidérite ou l'ankérite dans le carbonifère profond (-6 km, 200 bar, 200°C) est le mécanisme le plus probable à l'origine de ce gisement d'hydrogène blanc :



Remerciements

Nous remercions l'Union Européenne et la Région Grand-Est (Fond de Transition Juste), ainsi que la Française de l'Energie, pour le financement du forage d'exploration d'hydrogène de Pontpierre et le support de la R et D associée.

Références

1. <https://images.cnrs.fr/video/8306>
2. V. Milesi, F. Guyot, F. Brunet, L. Richard, N. Recham, M Benedetti, J. Dairou, A. Prinzhofer, *Geochimica et Cosmochimica Acta* **2015**, *154*, p201-211.

Liste des Participants

List of Participants

A

Abderrahmane, Wissem - LEMTA (France)
Abou Saleh, Nour - LCPME-CNRS (France)
Acevedo, Nelson - CNRS (France) : [CO-25 \(T7\)](#)
Ait Yazza, Adil - Univ. d'Angers (France) : [CO-72 \(T3\)](#)
Akhssas-Pioche, Fatima - Laboratoire de Chimie (LCH)-ENS de Lyon (France) : [CO-93 \(T2\)](#)
Akrou, Laurent - METROHM France (France)
Aleveque, Olivier - MOLTECH-Anjou (France)
Alloin, Fannie - LEPMI-CNRS (France) : [CP-2](#)
Alves, Lucas - Origalys (France)
Amrani—Sabi Adib - Chimie ParisTech-PSL (France) : [Th4-P13](#)
Anglade, Anouck - CEA Valduc (France) : [Th6-P3](#)
Antuch Cubillas, Manuel - Centrale Lille Institut (France) : [CO-80 \(T1\)](#)
Aoun, Sarra - USPN (France) : [Th4-P5](#)
Arbault, Stéphane - CBMN-CNRS-Univ. de Bordeaux (France) : [CO-95 \(T5\)](#); [Th3-P4](#); [Th5-P3](#)
Arurault, Laurent - CIRIMAT-Univ. de Toulouse (France) : [CO-33 \(T7\)](#)
Assaker, Ibtissem Ben - CRTEn (Tunise) : [Th4-P1](#)

B

Badets, Vasilica - Univ. de Strasbourg (France)
Beaudouin, Charlotte - IJL-Univ. de Lorraine (France) : [Th7-P3](#)
Beke, Essohanam - BIOLOGIC (France)
Ben Fakhri, Ahmad - Univ. d'Angers (France) : [Th3-P6](#)
Ben Khemis, Sirine - CEA (France) : [Th7-P9](#)
Berthonnaud, Léonie - LCC-CNRS (France)
Bitar, Tarek - EQUILABRIUM SAS (France)
Blanchard, Pierre Yves - ICGM-Univ. de Montpellier (France)
Bolmont, Mickaël - IFPEN (France) : [CO-41 \(T4\)](#)
Bou Rahhal, Elie - Laboratoire de Chimie (LCH)-ENS de Lyon (France) : [CO-84 \(T1\)](#)
Bouffier, Laurent - ISM-CNRS-Univ. de Bordeaux-Bordeaux INP (France)
Boulanger, Clotilde - Univ. de Lorraine (France)
Bousseau, Ambre - Univ. de Pau et des Pays de l'Adour (France)
Bouvier, Nolwenn - IMN (France) : [CO-55 \(T4\)](#)
Breton, Tony - Univ. d'Angers (France)
Brites Helu, Mariela Alicia - LCPME-CNRS (France) : [CO-2 \(T4\)](#)
Buriez, Olivier - Ecole Normale Supérieure-CNRS (France)
Burmeister, Charlotte - CNRS/UGA/INP-UGA/CEA (France) : [CO-38 \(T4\)](#)

C

Cachet-Vivier, Christine - Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est (France) : [CO-92 \(T2\)](#)
Cahen, Sebastien - IJL (France)
Carre, Bixente - CPCV-ENS-Sorbonne Université (France) : [CO-78 \(T1\)](#)
Casanova, Ana - LETI-CEA (France) : [Th3-P8](#)
Cavaliere, Sara - Univ. de Montpellier (France) : [CT-3](#)
Chabbert, Ambre - CNRS (France) : [CO-85 \(T5\)](#)
Chahine, Chirine - CEMCA-Univ. de Bretagne Occidentale (France) : [CO-19 \(T2\)](#)
Chardon, Sylvie - Univ. Grenoble Alpes-CNRS (France)
Chemin, Arsène - Institut Lumière Matière (France) : [CO-16 \(T2\)](#)
Chenevier, Pascale - CEA (France) : [CO-87 \(T4\)](#)
Cheng, Marine - Univ. Paris Cité (France) : [Th3-P9](#)
Chentir, Oumaima - Univ. Ibn Tofail (Maroc) : [Th7-P4](#)
Chesneau, Sarah - IJL (France) : [Th6-P5](#)
Chouihed Mahjoub, Nesrine - LIMA (France) : [Th2-P3](#)
Coacolo, Anaïs - IC2MP- Univ. de Poitiers (France) : [Th2-P7](#)
Cottineau, Thomas - ICPEES-CNRS (France) : [CO-76 \(T1\)](#)
Cougnon, Charles - MOLTECH-Anjou (France)
Coupoussamy, Sarah - MOLTECH-Anjou (France) : [Th4-P3](#)
Cugnet, Cyril - IPREM-Univ. de Pau et des Pays de l'Adour (France)

D

Daban, Rafael - CEA (France) : [CO-31 \(T7\)](#)
Dalger, Thomas - CEA Valduc (France)
Dawoud, Samer - Univ. de Strasbourg (France) : [CO-82 \(T1\)](#)
De Poulpiquet, Anne - Aix-Marseille Université (France) : [CO-77 \(T1\)](#)
Deckers, Zoé - Univ. de Liège (Belgique) : [CO-53 \(T4\)](#)
Delavaquerie, Mickael - QUANTUM DESIGN (France)
Deschamps, Yoann - SYMMES-Univ. Grenoble Alpes-CNRS-CEA-IRIG-Grenoble INP (France) : [Th4-P17](#)
Despas, Christelle - LCPME-CNRS (France) : [Th7-P8](#)
Didierjean, Sophie - LEMTA-CNRS-Univ. de Lorraine (France)
Djorf, Oussama - Univ. Libre de Bruxelles (Belgique) : [Th6-P1](#)
Doche, Marie-Laure - UTINAM-Univ. Marie et Louis Pasteur (France)
Domaison, Mathilde - Sorbonne Université (France) : [CO-28 \(T7\)](#)
Dossot, Manuel - LCPME (France)
Dovergne, Benoit - LPPI (France) : [Th4-P12](#)

E

El Assali, Najoua - Univ. Ibn Tofail (Maroc) : [CO-32 \(T7\)](#)
El Harrati, Wissam - ICGM-CNRS (France) : [CO-6 \(T4\)](#)
El Kaddouri, Assma - LEMTA-CNRS-Univ. de Lorraine (France)

El Marsi, Hanane - IMN (France) : [CO-52 \(T4\)](#)
El-Beaine, Emma - Sorbonne Université (France) : [CO-89 \(T4\)](#)
Emerit, Tom - Aix-Marseille Université (France)
Etienne, Mathieu - LCPME-CNRS-Univ. de Lorraine (France)

F

Fechete, Ioana - CEITEDI-Univ. de Lorraine (France) : [Th2-P10](#)
Ferkhi, Mosbah - LIME-Univ. of Jijel (Algérie) : [Th4-P15](#)
Ferreira Tavares Goncalves, Lucile - LISE-Sorbonne Université (France) : [CO-36 \(T7\)](#)
Fourmond, Vincent - CNRS-Aix-Marseille Université (France) : [CT-8](#)
Francomme, Léna - LCPME-CNRS (France) : [CO-44 \(T2\)](#)

G

Galai, Mouhsine - Univ. Ibn Tofail (Maroc) : [Th4-P9](#)
Gallois, Maud - Safran Tech (France)
Gamby, Jean - Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies-CNRS (France)
Garnier Viarouge, Ulysse - Institut Parisien de Chimie Moléculaire-Sorbonne Université (France) : [Th2-P1](#)
Gaston, Jean-Paul - QUANTUM DESIGN (France)
Gautier, Christelle - MOLTECH-Anjou (France) : [CT-4](#)
Ghanam, Abdelghani - Laboratoire Ampère-CNRS (France) : [Th5-P5](#)
Ginoux, Erwann - LGC (France) : [CO-62 \(T3\)](#)
Godeffroy, Louis - Ecole Normale Supérieure (France) : [CO-5 \(T4\)](#)
Gouyon, Jérémie - LCPME (France)
Gross, Andrew - UGA-CNRS (France) : [CO-98 \(T5\)](#)
Guerrier, Marie - UTINAM-Univ. Marie et Louis Pasteur (France) : [CO-35 \(T7\)](#)
Guille-Collignon, Manon - Sorbonne Université (France)
Guo, Wei - LCPME-CNRS (France) : [Th3-P12](#)
Guyot, Mélanie - SYMMES-CNRS (France) : [Th4-P11](#)

H

Hagheh Kavousi, Zahra - IEM-CNRS-Univ. de Montpellier (France) : [CO-18 \(T2\)](#)
Hailou, Hamza - Univ. Ibn Tofail (Maroc) : [Th7-P7](#)
Halttunen, Niki - IFPEN (France) : [Th4-P4](#)
Hamada, Kaisse - LEPMI Grenoble (France) : [CO-88 \(T4\)](#)
Hamadachi, Thinhinane - ICMN (France) : [CO-63 \(T3\)](#)
Hapiot, Philippe - ISCR-CNRS-Univ. de Rennes (France) : [CP-1](#)
Hatim, Oumaima - ICPM-Univ. de Lorraine (France) : [CO-57 \(T4\)](#)
Hauchard, Didier - Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes-CNRS (France) : [Th4-P10](#); [Th6-P6](#); [Th6-P7](#)
Hayek, Jimmy - EQUILABRIUM SAS (France)
Hebrard, Elise - Laboratoire de Génie Chimique (France) : [Th2-P5](#)
Helis, Sara - MOLTECH-Anjou (France) : [CO-13 \(T2\)](#)
Henrotte, Olivier - Univ. de Munich (Allemagne) : [CO-4 \(T4\)](#)

Herzog, Gregoire - LCPME-CNRS (France)
Holade, Yaovi - IEM Montpellier (France) : [CT-6](#)
Huant, Auriane - BIOLOGIC (France)
Hugon, Claire - LCPME-CNRS (France) : [CO-83 \(T1\)](#)

I

Ibbari, Malek - IJL-Univ. de Lorraine (France) : [Th7-P2](#)
Idouhli, Rachid - Cadi Ayyad University (Maroc)
Iglesias, Léna - High-Tech Detection Systems (HTDS) (France)
Ignatova, Victoria - Ametek SAS (France)

J

Jaffrezic, Nicole - Univ. Marie et Louis Pasteur (France) : [Th3-P3](#); [Th3-P10](#)
Jouan, Milo - CEA Grenoble (France) : CO-91
Kastrati, Granit - Univ. of Haxhi Zeka (Kosovo) : [Th7-P10](#)
Kérangueven, Gwénaëlle - ICPEES-CNRS (France) : [CO-9 \(T4\)](#)

K

Kim, Donghun - KAIST (Corée Du Sud) : [CO-8 \(T4\)](#)
Knani, Sarra - CNRS-ISCR-RENNES (France) : [CO-21 \(T2\)](#)
Kowalski, Grzegorz - Univ. of Lodz (Pologne) : [CO-61 \(T3\)](#)
Kumbhar, Vaibhav - Ecole Polytechnique (France) : [CO-90 \(T4\)](#)

L

Labbe, Eric - Ecole Normale Supérieure (France)
Lagrost, Corinne - Institut des Sciences Chimiques de Rennes (France)
Lapicque, Francois - LRGP-CNRS-Univ. de Lorraine (France) : CO-1; [Th6-P4](#)
Lavainne, Marine - Univ. de Bordeaux (France) : [CO-81 \(T1\)](#)
Lazerges, Mathieu - GeoRessources-CNRS-Univ. de Lorraine (France) : [Th0-P1](#)
Le Bihan, Lionel - HORIBA France SAS (France)
Le Vot, Steven - ICGM-Univ. de Montpellier (France) : [CO-3 \(T4\)](#)
Ledoussal, Gabrielle - MOLTECH-Anjou-Univ. d'Angers (France) : [Th2-P2](#)
Legeai, Sophie - IJL-Univ. de Lorraine (France)
Legrand, Quentin - MatéIS (France) : [CO-26 \(T7\)](#)
Legris, Axel - CEA Valduc (France) : [CO-47 \(T6\)](#)
Lemineur, Jean-Francois - Univ. Paris Cité (France)
Lemoine, Olivier - CEA (France)
Lenne, Quentin - ITODYS (France)
Lepesant, Dorian - IJL-Univ. de Lorraine (France) : [CO-34 \(T7\)](#)
Leroux, Yann - ISCR-CNRS (France) : [CO-58 \(T4\)](#)
Lespinnasse, Coline - LCPME-CNRS (France) : [Th4-P7](#)
Levillain, Eric - MOLTECH-Anjou (France)
Levy, Julia - LEPMI (France) : [CO-40 \(T4\)](#)

Liu, Maosheng - ITODYS (France) : [CO-97 \(T5\)](#)
Liu, Liang - LCPME-CNRS (France)
Lojou, Elisabeth - BIP-CNRS (France) : [Th5-P2](#)
Longatte, Guillaume - Univ. de Bordeaux (France) : [Th1-P2](#)
Lu, Si-Min - Univ. Paris Cité (France) : [CO-70 \(T3\)](#)

M

Mahmoud, Amira - LCPME (France) : [CO-66 \(T3\)](#)
Marcelin, Sabrina - MatéIS-INSA Lyon (France)
Marchal, Laura - LCPME-CNRS (France) : [CO-12 \(T2\)](#)
Mas, Marie - Institut des Sciences Chimiques de Rennes (France) : [Th4-P2](#)
Mazenc, Arnaud - EDF (France)
Mazurenko, Ievgen - BIP-CNRS (France) : [CO-96 \(T5\)](#)
Meng, zhen - LISE-Sorbonne Université (France) : [Th4-P6](#)
Miomandre, Fabien - ENS PARIS-SACLAY (France) : [CO-74 \(T1\)](#)
Moreau, Mila - Institut Européen des Membranes (France) : [Th2-P8](#)
Moreaux, Florian - CEA (France) : [CO-23 \(T2\)](#)
Morel, Lucas - LCPME-CNRS (France)
Mourey, Emilie - LCPME-CNRS (France)
Mousset, Emmanuel - GEPEA-CNRS (France) : [CO-45 \(T6\)](#)
Murer, Nicolas - Safran Tech (France) : [Th7-P1](#)

N

Napporn, Teko - IC2MP- Univ. de Poitiers (France)
Ngana Ngatchou, Beaufils - BIP-CNRS (France) : [Th5-P1](#)
Ngassa Piegang, Guy Bertrand - Univ. of Yaoundé-Univ. of Douala (Cameroun) : [Th3-P16](#)
Nicola, Bogdan - Bioenergetics and Protein Engineering (France) : [CO-99 \(T5\)](#)
Njoroge, Serah - Chimie ParisTech-PSL (France) : [Th3-P11](#)
Noël, Jean-Marc - Univ. Paris Cité (France) : [CT-9](#)

O

Ojeimi, Charles - Gamry Instruments-Elementar (France)
Oleinick, Alexander - CPCV-ENS-CNRS (France) : [CO-43 \(T2\)](#)
Ouaddour, Rania - IC2MP-CNRS (France) : [Th2-P6](#)
Ouaras, Fairouz - LISE-Sorbonne Université (France) : [Th2-P11](#)
Ouedraogo, Abdoul Rachid - LCPME-CNRS (France) : [Th4-P14](#)
Ouedraogo, Achille - Univ. Libre de Bruxelles (Belgique) : [CO-49 \(T6\)](#)
Ouhammi, AOUATEF - LEMTA-Univ. de Lorraine (France) : [Th4-P8](#)

P

Parisot, Joïc - LEMTA (France) : [CO-7 \(T4\)](#)
Pensieri, Alessandra - Ecole Normale Supérieure (France) : [CO-68 \(T3\)](#)
Perrot, Hubert - LISE-CNRS-Sorbonne Université (France) : [CO-50 \(T4\)](#)

Pesesse, Antoine - LITEN-CEA (France) : [CO-39 \(T4\)](#)
Petit, Tristan - CNRS (France) : [CT-5](#)
Petitjean, Carine - IJL (France)
Peulon, Sophie - NIMBE (France) : [CO-46 \(T6\)](#)
Pham Truong, Thuan Nguyen - CY Cergy Paris Université (France) : [CO-51 \(T4\)](#)
Philippon, Timothé - LCPME-CNRS (France) : [Th5-P4](#)
Pignol, Guilhem - Ruhr Universitat Bochum (Allemagne) : [CO-64 \(T3\)](#)
Pinheiro, José-Paulo - LIEC-Univ. de Lorraine (France) : [CO-69 \(T3\)](#)
Poizot, Philippe - IMN-Nantes Université (France) : [CT-1](#)
Poyé, Alexandre - Aix-Marseille Université (France)
Pranee, Piyanan - LPPI-CY Cergy Paris Université (France) : [CO-60 \(T4\)](#)

R

Raghu Pandiyan, Naresh - LCPME-CNRS (France)
Ramirez Amaringo, Juan Adrill - L2CM-Univ. de Lorraine (France) : [Th3-P15](#)
Ramona, Gaétan - Institut Parisien de Chimie Moléculaire-Sorbonne Université (France) : [CO-94 \(T2\)](#)
Rassas, Ilhem - GA&P-Univ. d'Angers (France) : [Th3-P5](#)
Rayess, Paul - METROHM France (France)
Rbaa, Mohamed - Univ. Ibn Tofail (Maroc) : [Th7-P6](#)
Rech, Yvan - BIOLOGIC (France)
Renaux, Delphine - IJL (France) : [CT-2](#)
Robert, Marc - Sorbonne Université (France) : [CP-3](#)
Rotureau, ELISE - LIEC-CRNS-Univ. de Lorraine (France) : [Th3-P1](#)
Roy, Clara - CEA (France) : [CO-48 \(T6\)](#)

S

Sabbaghi, Aliasghar - IC2MP-Univ. de Poitiers (France) : [CO-56 \(T4\)](#)
Sadki, Said - SYMMES-Univ. Grenoble Alpes-CNRS (France)
Salamé, Aude - Leiden Institute of Chemistry (Les Pays-Bas) : [CO-15 \(T2\)](#)
Santi, Saverio - Univ. de Padoue (Italie) : [CO-14 \(T2\)](#)
Savall, Catherine - LaSIE-La Rochelle Université (France)
Schoch, Jean - ISCR-IETR (France) : [CO-65 \(T3\)](#)
Sibert, Eric - LEPMI (France) : [CO-11 \(T2\)](#)
Si-Min, Lu - Univ. Paris Cité (France)
Singh, Harpreet - LCPME-CNRS (France) : [CO-86 \(T5\)](#)
Slim, Mohammad - IC2MP (France) : [CO-24 \(T2\)](#)
Smida, Hassiba - IFREMER (France) : [CO-67 \(T3\)](#)
Sohail, Muhammad - DCM-UGA (France) : [CO-20 \(T2\)](#)
Solh, Omar - LaSIE-La Rochelle Université (France) : [CO-29 \(T7\)](#)
Sopaj, Flamur - Univ. de Prishtina (Kosovo) : [CO-73 \(T3\)](#)
Sournia-Saquet, ALIX - LCC-CNRS (France) : [Th2-P9](#)
Spadetto, Clément - Ircelyon-CNRS (France) : [CO-17 \(T2\)](#)

Steimlé, Arno - IC2MP-CNRS (France) : [Th2-P4](#)

Stein, Nicolas - IJL (France)

Stéphan, Emma - LCPME-CNRS (France) : [CO-30 \(T7\)](#)

Sun, Chen - IC2MP (France) : [CO-75 \(T1\)](#)

T

Tarabet, Madjid - HORIBA France SAS (France) : [CO-79 \(T1\)](#)

Tard, Cédric - Ecole Polytechnique (France) : [CO-42 \(T2\)](#)

Thouin, Laurent - CPCV-ENS-CNRS (France) : [CT-7](#)

Tissier, Léa - LCPME-CNRS (France) : [Th3-P2](#)

V

Valay, Maxime - OrigaLys (France) : [Th7-P5](#)

Vautrin-UI, Christine - ICMN-CNRS-Univ. d'Orléans (France) : [Th3-P14](#)

Verret, Sébastien - High-Tech Detection Systems (HTDS) (France)

Viaud, Stane - IJL (France) : [CO-54 \(T4\)](#)

Villalbi, Arno - LEPMI (France) : [CO-37 \(T4\)](#)

Virolle, Christelle - Laboratoire de Génie Chimique (France) : [CO-71 \(T3\)](#)

Voisin, Pierre-Julien - High-Tech Detection Systems (HTDS) (France)

W

Walcarius, Alain - LCPME-CNRS (France)

Wamba-Tchio, Odilon - LCPME (France) : [Th3-P7](#)

X

Xiong, Liuying - LCPME (France) : [Th3-P13](#)

Y

Yaakoub, Tatiana - IC2MP-CNRS (France) : [CO-22 \(T2\)](#)

Yavo, Yechi Romiald - LCPME-CNRS (France) : [Th1-P1](#)

Yazbeck, Céline - MOLTECH-Anjou-Univ. d'Angers (France) : [CO-59 \(T4\)](#)

Yuan, Jinyi - LISE-Sorbonne Université (France) : [CO-27 \(T7\)](#)

Z

Zentz, Aurélie - CEA (France) : [Th6-P2](#)

Zigah, Dodzi - IC2MP-Univ. de Poitiers (France) : CO-10