



Communiqué de presse
Villeurbanne, le 26/05/2026

Révéler la barrière électrique invisible aux interfaces solide-liquide

L'hydrogène est au cœur de la transition vers la neutralité carbone : il sert à la fois de vecteur énergétique, de réactif pour la chimie verte, et même de voie pour transformer le CO₂ en carburant. Pourtant, sa production à grande échelle par électrolyse nécessite des catalyseurs bien plus économiques et efficaces que ceux disponibles actuellement. Comme de nombreuses technologies énergétiques critiques — telles que les batteries de nouvelle génération — la production d'hydrogène dépend d'une frontière invisible : l'interface entre une électrode solide et un liquide. Bien que cette interface soit au centre de la transition énergétique, elle reste notoirement difficile à décrire, limitant notre capacité à concevoir des matériaux véritablement performants et abordables. Dans une étude publiée dans *Nature Communications*, Arsène Chemin et ses collègues de l'Institut Lumière Matière (Lyon 1 Université Claude Bernard / CNRS) et du Helmholtz-Zentrum Berlin proposent un nouveau cadre théorique reliant le comportement des charges dans les solides et les liquides, et en démontrent les implications pour la production d'hydrogène à partir de l'eau.

Ce travail pose les bases d'une nouvelle compréhension physique de l'électrochimie, sur laquelle laboratoires et industries pourront s'appuyer pour accélérer leurs propres avancées en matière de technologies vertes.

Une seule interface, deux langages

« Jusqu'à présent, nous parlions en quelque sorte deux langages différents », explique Arsène Chemin de l'Institut Lumière Matière (iLM). « Les physiciens décrivent le comportement des électrons à l'intérieur du solide, tandis que les chimistes se concentrent sur les réactions moléculaires dans le liquide. Or, l'électrochimie se produit précisément là où ces deux mondes se rencontrent. Notre travail montre comment relier ces descriptions ».

En décrivant la manière dont les niveaux d'énergie électroniques dans un matériau¹ s'équilibrent avec le potentiel chimique dans l'électrolyte, leur modèle offre une image unifiée de la séparation des charges et de son impact sur les réactions électrochimiques.

Un frein invisible

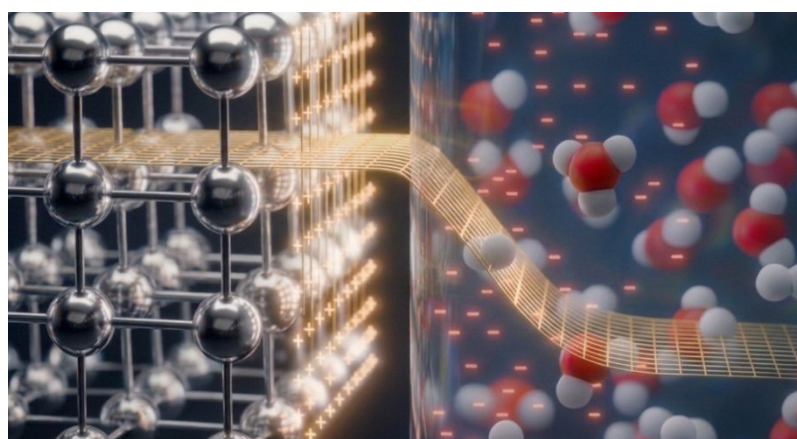
À l'interface, les ions ne se transfèrent pas librement. La redistribution des charges crée en effet des variations du potentiel électrique à l'échelle nanométrique. Les auteurs identifient ce phénomène comme le « potentiel de Helmholtz » — une « colline électrique » à la surface qui agit comme un ralentisseur pour les réactions. Bien que les modèles traditionnels aient

¹ le niveau de Fermi

ignoré ce facteur, le cadre proposé par Chemin révèle qu'il s'agit de l'un des principaux goulots d'étranglement contrôlant la vitesse de production de l'hydrogène.

« En réalité, le potentiel électrique local semble être le facteur limitant pour la dissociation de l'eau en hydrogène sur la plupart des électrodes métalliques », précise Chemin.

Cette approche permet d'éclairer des observations de longue date en électrocatalyse, notamment pourquoi certaines modifications de surface peuvent améliorer significativement les performances. Elle suggère également que les techniques classiques de caractérisation² pourraient être incomplètes si elles ne tiennent pas compte de ce paramètre. Globalement, ce modèle fournit un cadre unifié pour concevoir des matériaux en fonction de leur interaction avec l'environnement liquide, plutôt que de les traiter séparément.



Légende de l'image : Le potentiel de Helmholtz à l'interface solide-liquide. Visualisation de la frontière nanométrique entre une électrode solide (à gauche) et un électrolyte liquide (à droite). Le maillage doré représente ce que les auteurs appellent le potentiel de Helmholtz — la « colline électrique » localisée qui régit la vitesse des réactions à l'interface.

© Arsène Chemin / ILM (image générée par IA)

Une piste pour concevoir des électrodes plus performantes

Ce cadre ne se contente pas d'expliquer le problème : il ouvre la voie à des stratégies de conception, comme l'utilisation de revêtements ultra-minces semi-conducteurs (1-10 nm) sur les électrodes pour réduire la « colline électrique » à l'interface, favorisant ainsi un transfert de charge et des réactions moléculaires plus efficaces. Plutôt que de s'appuyer uniquement sur des approches empiriques, ce travail offre un guide théorique pour concevoir des électrodes à partir de matériaux plus abondants et moins coûteux.

Un tremplin pour l'innovation

Puisque le modèle capture l'équilibre des charges entre solides et liquides à un niveau fondamental, ses implications dépassent le cadre de l'électrocatalyse et de la production d'hydrogène. Les chercheurs le considèrent comme un point de départ plutôt qu'une destination finale.

« Jusqu'à présent, nous cherchions tous des aiguilles dans des bottes de foin », déclare Chemin. « Désormais, j'espère que la communauté scientifique et l'industrie pourront utiliser ce cadre comme une carte. En comprenant mieux les mécanismes à l'interface solide-

² comme les pentes de Tafel ou le surpotentiel



liquide, nous pourrions tous adopter une nouvelle perspective dans nos recherches et progresser plus rapidement vers les solutions dont le monde a besoin. »

Référence :

Chemin, A., Godeffroy, L., Amans, D. *et al.* The role of the Helmholtz potential on electrocatalytic activity. *Nat Commun* 17, 4547 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41467-026-70980-5>

À propos de l'Institut Lumière Matière (iLM) : L'Institut Lumière Matière est une unité mixte de recherche de l'Université Claude Bernard Lyon 1 et du CNRS, basée à Lyon. L'institut rassemble physiciens et chimistes au sein d'un pôle pluridisciplinaire fondé sur la synergie entre la physique, la chimie et leurs interfaces.

À propos de Lyon 1 Université : Université de sciences, technologies, santé et sport, Lyon 1 Université compte près de 49 000 étudiantes et étudiants et propose, depuis plus de 50 ans, une formation de qualité et une recherche de pointe au cœur d'un environnement attractif. Lyon 1 Université est aussi une université innovante qui a vu, depuis 2020, la naissance de près de 30 start-ups. Interdisciplinaire, tournée vers les grands enjeux sociétaux de notre temps, la recherche à Lyon 1 Université fait avancer la science sur son territoire comme à l'échelle internationale.

À propos du CNRS : Acteur majeur de la recherche fondamentale à l'échelle mondiale, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) est le seul organisme français actif dans tous les domaines scientifiques. Sa position singulière de multi-spécialiste lui permet d'associer les différentes disciplines scientifiques pour éclairer et appréhender les défis du monde contemporain, en lien avec les acteurs publics et socio-économiques. Ensemble, les sciences se mettent au service d'un progrès durable qui bénéficie à toute la société.

À propos du Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) : Le Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie est un centre de recherche allemand dédié la compréhension et au développement de matériaux pour un avenir énergétique durable.

Contact scientifique

Arsène Chemin

Institut Lumière Matière

arsene.chemin@univ-lyon1.fr

Contacts presse

Béatrice Dias

Directrice de la communication Lyon 1 Université

04 72 44 79 98 ou 06 76 21 00 92

beatrice.dias@univ-lyon1.fr

Bureau de presse CNRS

01 44 96 51 51

presse@cnrs.fr