

Interreg

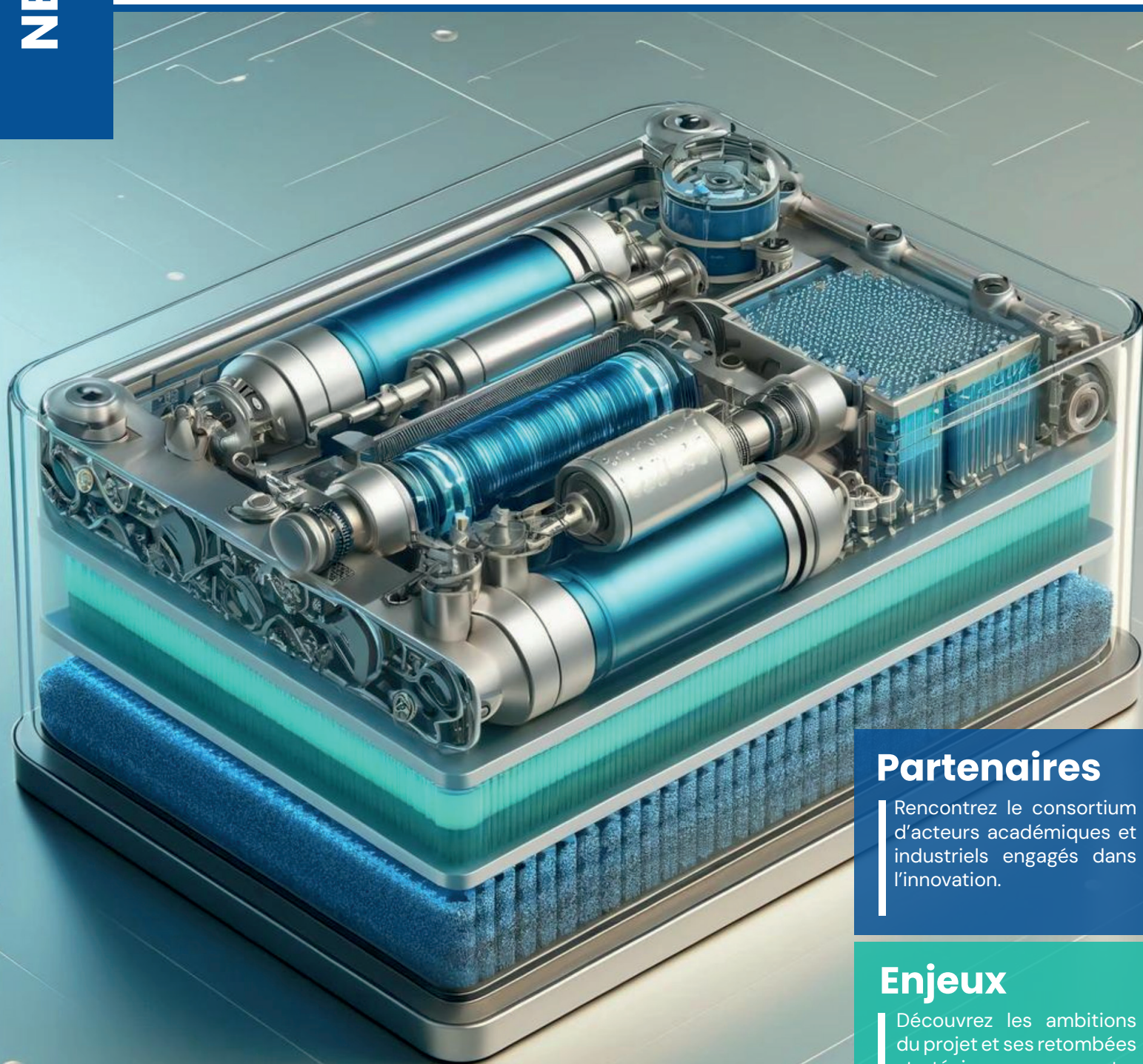


Cofinancé par
l'Union Européenne
Medegefinancierd door
de Europese Unie

France - Wallonie - Vlaanderen



CLUED-O



Partenaires

Rencontrez le consortium d'acteurs académiques et industriels engagés dans l'innovation.

Enjeux

Découvrez les ambitions du projet et ses retombées stratégiques pour notre territoire.



Chers partenaires,
chers lecteurs,

Dans un contexte où la souveraineté énergétique et la décarbonation s’imposent comme des priorités européennes, le projet CLUED–O porte une ambition claire : développer une nouvelle génération de piles à oxyde solide plus performantes, plus durables et pensées dès l’origine dans une logique d’économie circulaire.

En tant que chef de file, je mesure chaque jour la richesse et l’engagement du consortium réuni dans le cadre du programme Interreg France–Wallonie–Vlaanderen. La complémentarité de nos partenaires, issus des centres de recherche, du monde académique et industriel, constitue l’une de nos plus grandes forces. Elle nous permet d’aborder simultanément les verrous scientifiques, les défis d’industrialisation et les enjeux environnementaux.

Les premiers mois ont déjà été marqués par des avancées significatives : développement de couches fonctionnelles innovantes, progrès en texturation laser, lancement des analyses de cycle de vie et des procédés de recyclage. Ces résultats confirment la pertinence de notre feuille de route et la solidité de notre collaboration transfrontalière.

À travers cette newsletter, je souhaite partager l’état d’avancement du projet, valoriser le travail de nos équipes et renforcer le dialogue avec l’ensemble de nos parties prenantes. Ensemble, nous construisons une solution énergétique innovante au service de nos territoires.

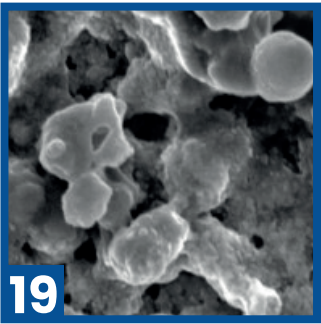
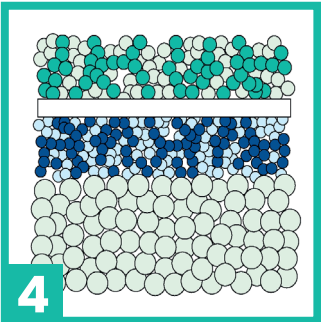
Bonne lecture à toutes et à tous,



Le Chef de projet CLUED–O,
Ahmadou Ly, Materia Nova

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Lf".

Sommaire



03 Contexte et enjeux

04 L’évolution des piles à combustible

06 Présentation des partenaires

- 06 Materia nova & Université du littoral Côte d’Opale
- 07 CRIBC & Centrale Lille
- 08 Université de Gand & Université de Mons
- 09 Team2 & Techlink
- 10 Université de Lille & Pôlénergie
- 11 Partenaires associés & cartographie

14 Activités des groupes de travail

- 14 MT1 : Coordination & pilotage du projet
- 15 MT2 : Dissémination & communication
- 16 MT3 : Développement de cellules de SOFC innovantes aux interfaces optimisées
- 17 MT4 : Développement d’un stack pour un transfert à l’échelle industrielle
- 18 MT5 : Analyse du cycle de vie, évaluation environnementale et recyclabilité des matériaux

19 Premiers résultats

Projet CLUED–O : contexte et enjeux



La région transfrontalière France–Wallonie–Flandres occupe une **position stratégique** en matière de **distribution et d’accessibilité à l’hydrogène**. Cet accès privilégié à de l’hydrogène décarboné permet d’envisager le développement de dispositifs de production d’électricité autonomes à une époque où le coût de l’énergie et la dépendance aux énergies fossiles sont devenus **critiques**.

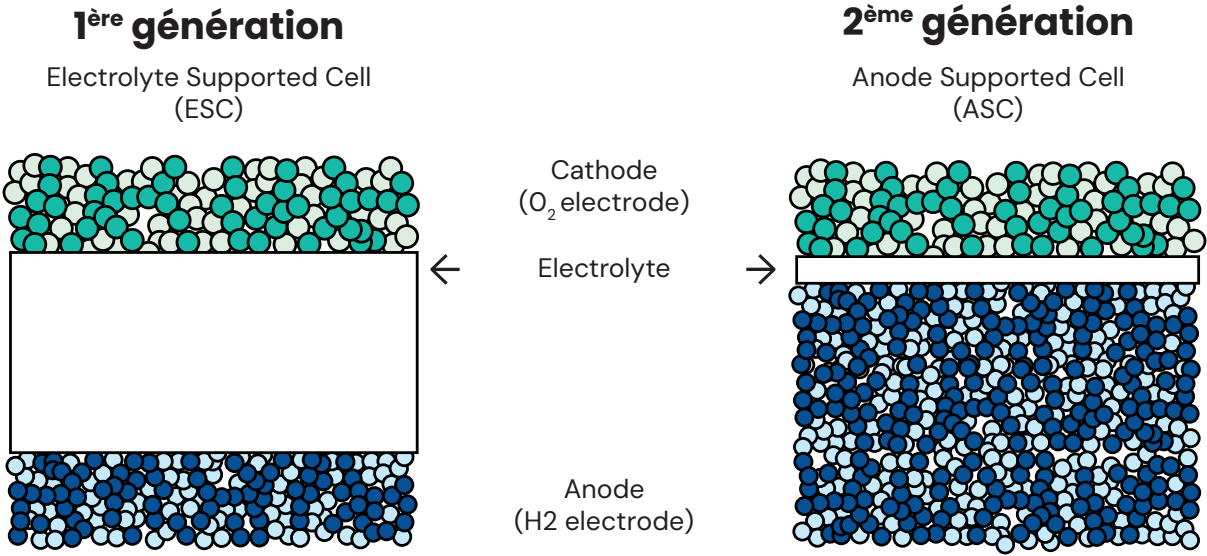
Dans ce contexte, l’objectif du projet CLUED–O est le **développement d’une cellule de pile à oxyde solide (stack)**, opérant à $T < 650^{\circ}\text{C}$ (Gen.3), en mode pile à combustible mais **aussi utilisable en mode électrolyse**. Nous visons des dispositifs à durabilité accrue pour de meilleures performances d’usage grâce à l’hybridation de procédés de dépôt avancés qui permettra l’optimisation des interfaces et de l’empilement des couches. Le développement d’une cellule de pile à oxyde solide performante apportera aux régions transfrontalières les moyens de **développer une industrie plus performante** en apportant des solutions énergétiques flexibles : coproduction autonome et performante d’électricité et de chaleur sans recourir aux énergies renouvelables électriques et en particulier lorsque les prix de marché sont trop élevés, valorisation de l’hydrogène fatal.

Événement de lancement

Le 16 septembre 2025, nous avons accueilli partenaires, chercheurs et acteurs de l’hydrogène pour marquer le lancement officiel de ce projet européen à l’Institut Chevreul de Villeneuve d’Ascq.

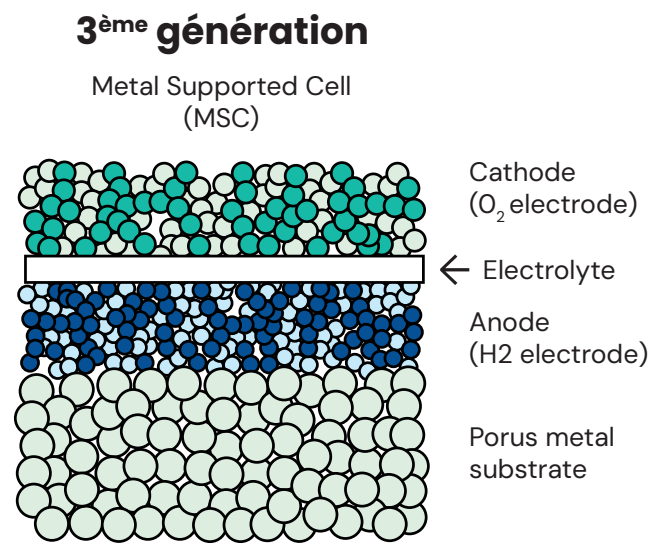
- Présentation du programme Interreg FWVL (France–Wallonie–Vlaanderen) et du projet CLUED–O ;
- éclairage sur l’hydrogène et ses perspectives ;
- focus technique sur les innovations à venir : Slow Track, Fast Track, caractérisation & recyclage, applications futures.

L’évolution des piles à combustible



Dans cette première version, c’est l’électrolyte (la couche centrale) qui est très épais pour servir de support solide à la pile. Inconvénient : cette épaisseur freine le passage du courant (pertes ohmiques) et oblige le système à fonctionner à de très hautes températures (plus de 800°C).

Pour baisser la température (entre 700°C et 800°C) et réduire les pertes d’énergie, l’électrolyte a été affiné. C’est désormais l’anode qui joue le rôle de support mécanique épais. Cela demande cependant une structure interne très optimisée pour laisser circuler les gaz efficacement.



C’est la technologie au cœur de notre projet !
Le support devient un métal poreux neutre, ce qui permet de rendre les trois couches actives (anode, électrolyte, cathode) aussi fines que possible. Résultat : une pile plus stable, qui fonctionne à une température encore plus basse (en dessous de 650°C).

Glossaire

- SOFC / Gen.3** : Solid Oxide Fuel Cell (Pile à Combustible à Oxyde Solide) de 3ème génération.
- SOEC (Solid Oxide Electrolyzer Cell)** : Mode électrolyse. Désigne la capacité de la pile à fonctionner en sens inverse pour produire de l’hydrogène.
- LSCF / GDC** : matériaux céramiques avancés utilisés pour fabriquer l’électrode d’oxygène de la pile.
- ACV (Analyse du Cycle de Vie)** : Méthode évaluant l’impact environnemental global d’un produit, de sa fabrication à son recyclage.
- TRL (Technology Readiness Level)** : Échelle de 1 à 9 mesurant le niveau de maturité d’une technologie (le projet vise le TRL 6–7).
- Fast track** : Voie de développement rapide consistant à optimiser des technologies déjà existantes.
- Slow track** : Voie de recherche à long terme visant à créer des technologies de rupture totalement nouvelles.

Présentation des partenaires



Materia Nova est un **accélérateur technologique** spécialisé dans les innovations responsables, au service de la transition énergétique et de l'économie circulaire.

Il développe des solutions basées sur les matériaux avancés, les surfaces multifonctionnelles et des procédés à faible impact environnemental, en s'appuyant sur une approche d'**innovation ouverte et collaborative**.

Materia Nova intervient comme **chef de file** et pilote le consortium transfrontalier.

Ses missions ?

- Développement et optimisation de cellules de piles à oxyde solide (SOFC), avec la fabrication de cathodes performantes et le dépôt de couches barrière entre l'électrolyte et la cathode.
- Mise en place de protocoles de tests de durabilité afin d'évaluer précisément les performances et la stabilité des cellules dans le temps.



Quel intérêt pour Materia Nova ?

L'innovation qui découlera de CLUED–O permettra d'envisager l'assemblage de tels dispositifs dans la zone transfrontalière, de **développer son leadership en procédés de traitement** de surface en répondant aux besoins du tissu industriel et en **développant une activité de recyclage** de matériaux critiques de piles à combustible.

Enfin, une **collaboration transfrontalière active** renforce nos travaux sur les enjeux d'analyse de cycle de vie, de décarbonation et de recyclabilité, pour inscrire nos innovations dans une démarche durable et responsable.



L'ULCO (Université du Littoral Côte d'Opale) est une université spécialisée en sciences et technologies maritimes et industrielles, elle intervient dans la **fabrication et le test de cathodes et d'anodes** pour piles à combustible, ainsi que dans **l'assemblage et les tests électrochimiques** de cellules complètes.

L'ULCO a déjà une solide expérience dans l'élaboration de matériaux pour piles SOFC, ainsi que dans la fabrication de cellules complètes SOFC sur support métallique.

L'ULCO interviendra sur :

- **MT3 Fast-track** – fabrication de cathodes bicouches/composites, dépôt d'une couche d'interface entre l'électrolyte et la cathode, et tests électriques/électrochimiques.
- **MT3 Slow-track** – fabrication d'anodes Ni/composites, traitement anti corrosion du support métallique poreux, réalisation de supports anodiques, et tests électrochimiques sur cellules complètes.

Quel intérêt pour l'ULCO ?

L'intérêt majeur de ce projet pour l'ULCO sera centré sur la possible **synergie des compétences** issues de l'ensemble des laboratoires, pour réussir à fabriquer des cellules à électrolyte mince, les assembler et les tester sur une longue durée.



Le CRIBC est un organisme belge de recherche collective, rattaché au **Belgian Ceramic Research Center** (BCRC). Il accompagne les industries de la céramique et du verre à travers des activités de R&D appliquées sur les **matériaux et procédés céramiques avancés**. Fort de plus de 20 ans d'expérience, le CRIBC s'appuie sur une infrastructure complète de fabrication céramique, de dépôts de couches, de procédés laser, de fabrication additive et de caractérisation avancée.

Son **expertise en usinage laser** des céramiques sera utilisée pour augmenter la surface de l'électrolyte dans les demi-cellules commerciales (fast-track). Son savoir-faire dans la **formulation d'encres et de pâtes** servira à développer des électrodes poreuses et fibreuses par électrofilage (fast et low-track).

Enfin, il exploitera ses **procédés de fabrication additive** pour produire des collecteurs anodiques architecturés, optimisant les géométries pour le flux d'hydrogène et l'imprégnation Ni/YSZ (slow-track).



Quel intérêt pour CRIBC ?

CRIBC souhaite **développer des collaborations de long terme** dans le domaine des technologies SOFC et SOEC, renforcer son réseau professionnel et **contribuer au développement d'un solide écosystème** Wallon autour des technologies de l'hydrogène et de la souveraineté énergétique.



Centrale Lille regroupe 4 grandes écoles d'ingénieurs dont l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille et l'Ecole Centrale de Lille. L'institut est tutelle de plusieurs laboratoires de recherche avec une expertise reconnue sur les **matériaux conducteurs ioniques (UCCS)** et sur le **comportement des alliages métalliques et phénomènes de corrosion (UMET)**.

L'UCCS travaillera sur le cahier des charges, le benchmark commercial, le dépôt d'électrodes à air par sérigraphie, et la caractérisation électrochimique (courbes I-V, puissance, EIS) des cellules.

L'UMET étudiera la tenue en fatigue et en corrosion des alliages sélectionnés pour le stack, en collaboration avec l'Université de Gand, via des techniques avancées d'analyse microstructurale.

Avec les chercheurs de l'Université de Lille, elle abordera le **recyclage des cellules** qui seront développées dans le cadre du projet.

Quel intérêt pour Centrale Lille ?

L'un des principaux objectifs de Centrale Lille dans ce projet est d'**acquérir une expertise** dans l'étude des cellules complètes jusqu'au stack, permettant ainsi une augmentation du TRL et une meilleure compréhension de l'objet final. Le projet CLUED–O réunit des partenaires aux compétences complémentaires. Un autre objectif est de **développer une collaboration durable** entre les partenaires de part et d'autre de la frontière, et de **positionner le consortium comme un acteur majeur** dans le domaine des piles à combustible et de l'électrolyse de l'eau.





L’Université de Gand est une université internationale de renom. Son groupe **Sustainable Materials Science** (SMS) se concentre sur les interactions matériaux–hydrogène, la corrosion et les procédés métallurgiques haute température.

UGent étudiera la **stabilité et la durabilité des métaux d’interconnexion** exposés à l’hydrogène, en collaboration avec Centrale Lille. L’équipe évalue la sensibilité de différents alliages afin d’**identifier les matériaux les plus adaptés**.

SMS possède une expertise avancée sur les phénomènes anodiques (corrosion) et cathodiques (fragilisation par l’hydrogène).

Les chercheurs combinent des techniques électrochimiques et des méthodes de caractérisation pour **comprendre l’effet de l’hydrogène sur l’intégrité mécanique des matériaux et optimiser leur durabilité**.

Quel intérêt pour UGent ?

Bien que l’UGent possède une solide expertise sur la fragilisation par l’hydrogène, son expérience sur les interactions hydrogène–métal dans les piles à combustible à oxyde solide reste limitée. L’objectif du projet est donc d’**acquérir des connaissances fondamentales** dans ce domaine et d’**élargir leur savoir-faire**. La collaboration étroite avec les partenaires du CLUED–O constitue un cadre idéal pour **développer et renforcer de futures collaborations**.



L’Université de Mons située dans le Hainaut, est reconnue pour son excellence en recherche appliquée et son engagement dans l’innovationscientifique.Sonlaboratoire**ChIPS**(Chimie des Interactions Plasma–Surfaces) se spécialise dans l’**étude des plasmas froids** et la **synthèse de films minces fonctionnels**, en particulier par pulvérisation magnétron. Ces procédés permettent de créer des films très fins, uniformes et adaptés à des applications électrochimiques avancées, avec un contrôle précis de leur composition et de leur densité.

ChIPS travaillera à la **production de films minces d’oxyde de zirconium** destinés à servir d’électrolyte pour les piles à combustible à oxyde solide. L’objectif est de fabriquer des films fins, denses et déficitaires en oxygène, capables de **conduire efficacement les ions** pour améliorer les performances des piles. Les films seront optimisés et testés en collaboration avec l’UCCS, en combinant expertise en synthèse et techniques avancées de caractérisation pour comprendre pleinement l’impact du procédé sur les propriétés du matériau.



Quel intérêt pour l’UMons ?

UMons participe au projet afin de **développer son expertise** sur les piles à combustible et les applications électrochimiques de ses films minces. Le laboratoire souhaite **mieux comprendre** la relation entre les procédés de synthèse et les propriétés des films, et exploiter cette connaissance pour de futures innovations. La collaboration avec les partenaires du consortium offre également un cadre idéal pour **renforcer son réseau scientifique** et explorer de nouvelles perspectives de recherche appliquée.



TEAM2 est le pôle français de compétitivité dédié à l’**économie circulaire**, basé en région Hauts–de–France. Il fédère un large réseau d’industriels, laboratoires et partenaires institutionnels pour promouvoir l’innovation, le recyclage et la transition vers des modèles économiques circulaires. TEAM2 est impliqué dans l’écosystème français des **batteries et matériaux critiques**.

TEAM2 interviendra sur l’**analyse du cycle de vie** (ACV) et l’**évaluation socio–économique des piles à combustible**. L’objectif est de générer des jeux de données précis sur la fin de vie des cellules, d’analyser les **impacts environnementaux et économiques**, et d’identifier des **solutions de recyclage innovantes** pour les matériaux critiques et les terres rares. TEAM2 met à profit son réseau et son expertise en économie circulaire pour connecter le consortium avec des spécialistes industriels et académiques, guider les échanges et valoriser les résultats auprès des acteurs de la filière et du grand public.

Quel intérêt pour Team2 ?

TEAM2 souhaite **identifier de nouvelles pistes de recyclage**, notamment pour les matières premières critiques, tout en **renforçant son réseau industriel et académique**. Le pôle vise à créer des opportunités de coopération pour **développer des innovations durables** et **soutenir la transition énergétique** dans la région.



TECHLINK est une entreprise française fondée en 1997, spécialisée en équipements et systèmes de mélanges et séparations en milieu corrosif. Son expertise dans la **purification des fluides complexes** apporte des solutions aux entreprises de chimie minérale.

Depuis quelques années, l’entreprise a commencé le **développement de procédés** dans le domaine de l’énergie en s’investissant sur des projets de matériaux de batteries.

C’est dans cette continuité que Techlink participe au projet CLUED–O. Son expertise industrielle apporte un support d’optimisation dans la **transposition du laboratoire à l’usine** dès la phase de conception de la cellule.

Dans le cadre du slow track, l’entreprise est impliquée dans :

- la conception du système d’échanges de gaz
- la construction d’un stack d’essai
- la conception des interfaces entre le stack et la cellule

Quel intérêt pour TechLink ?

Techlink participe au projet Clued–O afin d’**élargir ses connaissances** dans le domaine des énergies nouvelles et **renforcer son expertise** sur les applications électrochimiques. En effet, ces connaissances pourraient s’intégrer au sein de l’entreprise dans le cadre de l’installation des cellules et de leur système sur un site industriel. De plus, Techlink espère renforcer son réseau académique et universitaire, établir de nouvelles connections et former des collaborations dans le but de **développer de nouvelles technologies industrielles**.





L'Université de Lille est l'une des plus grandes universités francophones, reconnue pour l'excellence de sa recherche et sa forte implication dans les projets européens. Les équipes du laboratoire UCCS apportent une expertise de pointe en **caractérisation avancée des matériaux** et en **procédés innovants de recyclage**.

Les chercheurs de l'Université de Lille contribuent à l'**analyse approfondie des électrolytes et des interfaces** des cellules SOFC grâce à des techniques de microscopie électronique de pointe. Ces travaux permettent de mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement des cellules, d'optimiser leurs performances et d'améliorer leur durabilité.

En parallèle, l'Université de Lille développe un **procédé innovant de recyclage** des cellules SOFC par voie pyrochimique, basé sur l'utilisation de sels fondus, afin de **favoriser la récupération de matériaux critiques** dans une logique d'économie circulaire.



Quel intérêt pour l'université de Lille ?

Pour l'Université de Lille, le projet CLUED–O permet de **renforcer la collaboration** avec les partenaires du consortium et d'**élargir son réseau scientifique**. Il offre l'opportunité d'**optimiser des techniques d'analyse avancée** sur des systèmes peu étudiés, et de **développer un procédé innovant de recyclage des cellules SOFC**, favorisant la récupération de matériaux critiques et la valorisation des compétences en économie circulaire et chimie des matériaux.

Partenaires associés



VITO NV est un acteur de référence en Wallonie pour les cellules SOFC et SOEC. L'entreprise conseille Centrale Lille, ULCO et Materia Nova sur les matériaux actifs, la fabrication de cellules et les performances électrochimiques. Elle possède une expertise en substrats et couches actives, impression et pulvérisation, ainsi qu'en caractérisation avancée. Elle contribue également à la diffusion des résultats et renforce les liens avec la Flandre et son réseau scientifique et industriel.



Cluster Tweed est une organisation wallonne qui fédère plus de 200 entreprises actives dans le domaine de l'énergie durable (éolien, photovoltaïque, géothermie, smartgrids, etc.) et qui soutient leurs activités de R&D, de fabrication et de commercialisation. De plus, il collabore avec la Flandre et le Belgian Hydrogen Council, favorisant ainsi l'innovation et la coopération entre acteurs industriels, académiques et institutionnels.



WaterstofNet est une plateforme de collaboration pour l'hydrogène en Flandre et aux Pays-Bas. Elle soutient des projets industriels et gouvernementaux, coordonne avec le Cluster Tweed le Belgian Hydrogen Council, et contribue à la promotion de l'industrie de l'hydrogène. Elle travaillera avec UGent pour valoriser les résultats du projet et participera aux événements de diffusion, renforçant le réseau transfrontalier.



Pôlénergie est le **pôle régional d'excellence** qui structure et anime la filière énergétique des Hauts-de-France en transformant la transition énergétique et la décarbonation en opportunités économiques pour les entreprises et les territoires. Il soutient les acteurs publics et privés dans leurs stratégies de décarbonation, d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables, d'hydrogène, de gaz verts, de mobilité bas carbone et de réseaux intelligents.

Pôlénergie **pilote le plan d'exploitation et de dissémination des résultats**, en menant l'analyse économique avec les partenaires du consortium (notamment le Cluster TWEED et Materia Nova) afin d'**identifier la faisabilité, les débouchés industriels et les modèles d'affaires** à l'échelle franco-belge. Il coordonne également le **plan de communication** du projet (événements, newsletter, site web et réseaux sociaux).

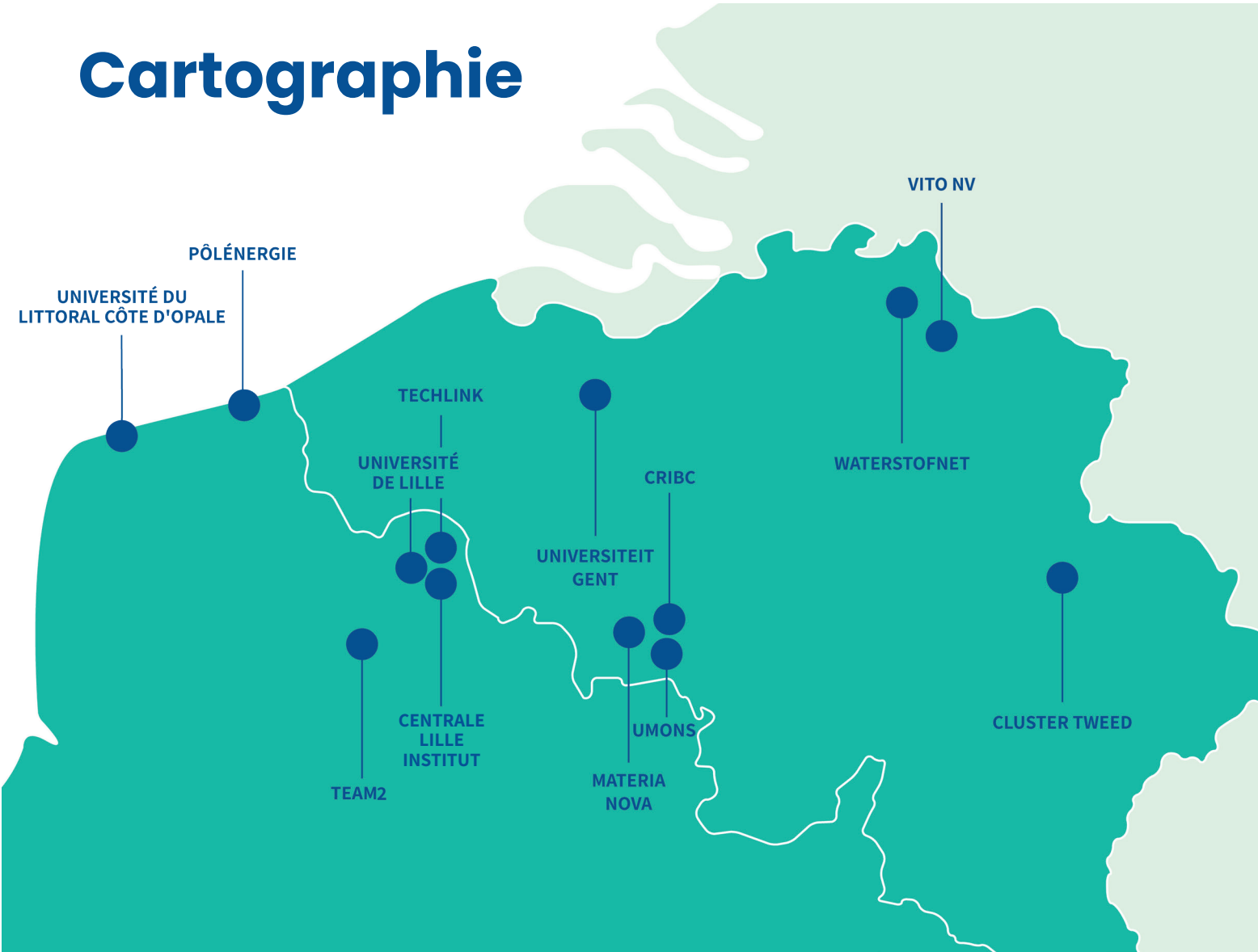
Pôlénergie contribue enfin à l'analyse de cycle de vie en appui à Materia Nova et TEAM2, en participant à la collecte de données et aux analyses nécessaires à l'**évaluation de l'impact carbone de la solution**.



Quel intérêt pour Pôlénergie ?

Pôlénergie vise à identifier de **nouveaux débouchés industriels** pour la pile à combustible, renforcer les **collaborations transfrontalières**, et contribuer à la diffusion des résultats du projet. C'est également un levier stratégique pour **développer une expertise en Analyse de Cycle de Vie (ACV)**, complémentaire à la réalisation de bilans carbone.

Cartographie



Activités des groupes de travail

Le MT1 assure la **coordination**, le **pilotage stratégique** et le bon fonctionnement du projet CLUED–O, en garantissant une collaboration efficace entre les partenaires et l’alignement avec les objectifs du programme Interreg FWVL.

OCT 2024 MAR 2025	AVR 2025 SEP 2025	OCT 2025 MAR 2026	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2026 MAR 2027	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2027 MAR 2028	AVR 2028 SEP 2028
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

- A1.1 – Animation et coordination du projet
- A1.2 – Reporting
- A1.3 – Gestion des données

Les missions du MT1

Coordination et pilotage du projet : assurer le suivi global du projet CLUED–O, vérifier que les objectifs et le calendrier sont respectés, et garantir la cohérence des actions menées par tous les partenaires.

Animation du consortium : organiser les réunions du comité de pilotage tous les trois mois et les réunions mensuelles par module de travail pour favoriser les échanges et le partage d’informations.

Suivi administratif et financier : contrôler l’utilisation des ressources humaines et financières, suivre les budgets de chaque partenaire et assurer le lien avec le programme Interreg FWVL.

Gestion et diffusion de l’information : mettre à disposition des partenaires des espaces partagés pour les comptes-rendus, rapports, documents officiels et supports de communication, tout en respectant les règles de protection des données.

Mise en place du Conseil consultatif stratégique (CCS) : associer des acteurs économiques pour évaluer les résultats du projet, orienter les développements et s’assurer qu’ils répondent aux besoins des utilisateurs finaux.

Soutien à la communication interne : garantir la circulation fluide des informations entre tous les partenaires pour faciliter le fonctionnement quotidien du projet et la production des rapports semestriels.



Activités des groupes de travail

Le MT2 a pour objectif de **déployer une stratégie de communication et de dissémination** afin de faire connaître les résultats du projet CLUED–O, maximiser son impact auprès des parties prenantes (industrie, communauté scientifique, institutions) et maintenir un dialogue continu avec l’audience ciblée.

OCT 2024 MAR 2025	AVR 2025 SEP 2025	OCT 2025 MAR 2026	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2026 MAR 2027	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2027 MAR 2028	AVR 2028 SEP 2028
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

- A2.1 – Plan de communication et de dissémination
- A2.2 – Actions de communication et de dissémination tout au long du projet



Les missions du MT2

Identification des parties prenantes : définir les parties prenantes du projet par région (Hauts-de-France, Grand Est, Wallonie, Flandre) et par secteur (industrie, institutions, recherche, finance).

Communication ciblée auprès des parties prenantes : élaborer des messages clés adaptés à chaque groupe de parties prenantes pour susciter l’intérêt et encourager l’action.

Diffusion des informations et résultats du projet : assurer la communication régulière via le site web, les réseaux sociaux (articles, interviews, publications, posts LinkedIn), les newsletters semestrielle, les webinaires, les conférences ainsi que les rapports, vidéos et brochures de synthèse en fin de projet.

Animation de l’Innovation Advisory Board : créer et animer l’IAB afin de maintenir le lien avec les entreprises et promouvoir l’adoption et la duplicabilité de la technologie développée.

Valorisation et accessibilité des résultats : garantir la visibilité et l’accessibilité des résultats tout au long du projet et lors de la clôture, avec éventuellement un événement de diffusion final et un communiqué de presse ciblé.

Activités des groupes de travail

Le MT3 vise à concevoir des cellules de pile à oxyde solide innovantes avec interfaces optimisées. Il comprend deux axes : le Fast track, qui améliore les demi-cellules commerciales avec des électrodes d'air à microstructure contrôlée pour augmenter performances et durabilité, et le Slow track, qui conçoit des cellules complètes de 3^{ème} génération sur support métallique, intégrant électrolytes et anodes innovants validés à TRL 6.

OCT 2024 MAR 2025	AVR 2025 SEP 2025	OCT 2025 MAR 2026	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2026 MAR 2027	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2027 MAR 2028	AVR 2028 SEP 2028
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

A3.1 – Fast track : Élaboration d'électrodes à air à architecture contrôlée sur demi-cellule commerciale

A3.2 – Slow-track : Élaboration d'une cellule complète aux interfaces optimisées

A3.3 – Mesure de performances et durabilité



Les missions du MT3

Conception de cathodes avancées : développer des cathodes LSCF/GDC nanostructurées avec contrôle de la porosité et des interfaces pour doubler la durée de vie des cellules.

Intégration de couches fonctionnelles : déposer des couches barrières et des électrodes à l'aide de technologies avancées (pulvérisation HiPIMS, sol-gel, électrofilage, stencil-printing).

Développement d'architectures anodiques : élaborer des anodes fonctionnelles sur supports métalliques et films d'électrolyte minces et denses.

Évaluation expérimentale des cellules : caractériser les performances et la durabilité des cellules via spectroscopie d'impédance, tests électrochimiques et analyses post-mortem.

Renforcement des propriétés : optimiser les paramètres de dépôt et de conception pour améliorer la conductivité ionique, la compacité et la résistance mécanique des cellules.

Communication et dissémination : transmettre les résultats au MT2 pour diffusion auprès des parties prenantes et du grand public.

Valorisation académique et scientifique : préparer des publications scientifiques et présenter les résultats lors de conférences et workshops internationaux.



Activités des groupes de travail

Le MT4 a pour objectif de regrouper les cellules développées dans le MT3 en un stack de 2 cellules afin de valider le concept en conditions réelles (TRL7) et démontrer la capacité du consortium à produire un prototype commercialisable. Il combine les compétences en ingénierie et matériaux de Techlink avec l'expertise de UGent et Centrale Lille sur la durabilité et la tenue en température des composants.

OCT 2024 MAR 2025	AVR 2025 SEP 2025	OCT 2025 MAR 2026	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2026 MAR 2027	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2027 MAR 2028	AVR 2028 SEP 2028
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

A4.1 – Sélection de matériaux auxiliaires

A4.2 – Stabilité en température – durabilité

A4.3 – Construction du stack et test de performance

Les missions du MT4

Sélection des matériaux auxiliaires : choisir les interconnecteurs (plaques bipolaires, plaques terminales) et matériaux de scellement répondant aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques, tout en résistant à l'oxydation et à l'hydrogène.

Stabilité en température et durabilité : tester les matériaux et revêtements dans des environnements simulant les conditions de fonctionnement (H₂, H₂O, Air, 700°C) pour identifier les associations substrat/revêtement les plus performantes.

Construction et test du stack : assembler un stack prototype basé sur les matériaux validés, évaluer ses performances électrochimiques, réaliser des essais longue durée et tester le stack en conditions industrielles.

Optimisation pour l'industrialisation : établir un cahier des charges final pour la production industrielle et l'industrialisation future du stack.

Communication et dissémination : transmettre les résultats au MT2 pour diffusion auprès des parties prenantes et du grand public.



Activités des groupes de travail

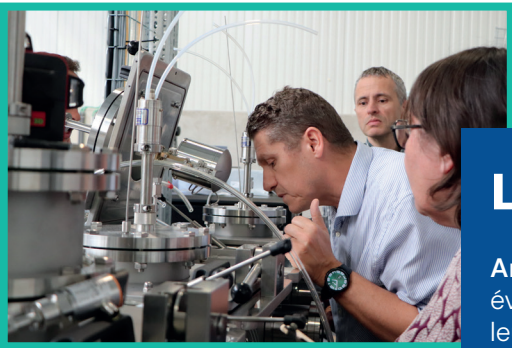
Le MT5 vise à s’assurer que les nouvelles cellules développées dans le projet CLUED-O respectent une logique circulaire, avec un bénéfice environnemental net et un impact socio-économique positif. Il combine l’analyse de cycle de vie, le développement de procédés de recyclage et l’évaluation des retombées socio-économiques.

OCT 2024 MAR 2025	AVR 2025 SEP 2025	OCT 2025 MAR 2026	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2026 MAR 2027	AVR 2026 SEP 2026	OCT 2027 MAR 2028	AVR 2028 SEP 2028
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

A5.1 – Analyse de cycle de vie et évaluation DNSH des produits et procédés

A5.2 – Recyclage des cellules par voie pyrochimique

A5.3 – Suivi et évaluation de l’impact du projet



Les missions du MT5

Analyse de cycle de vie et principe de non-préjudice (DNSH) : évaluer la performance environnementale des cellules tout au long de leur cycle de vie pour garantir qu’elles n’ont aucun impact négatif sur les écosystèmes, identifier les impacts significatifs...

Développement de procédés de recyclage : mettre au point des méthodes innovantes, notamment pyrochimiques, permettant de valoriser un maximum de matériaux, en particulier les métaux critiques, et d’anticiper la fin de vie des cellules.

Suivi et évaluation socio-économique : analyser les retombées technologiques, économiques, sociales et environnementales du projet, à la fois au niveau des filières amont et des impacts directs du projet.

Coordination et communication des résultats : fournir des données fiables pour alimenter le MT2 et diffuser les informations auprès des parties prenantes et du grand public.



Premiers résultats

Avancées technologiques majeures

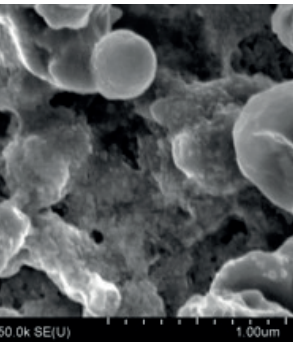
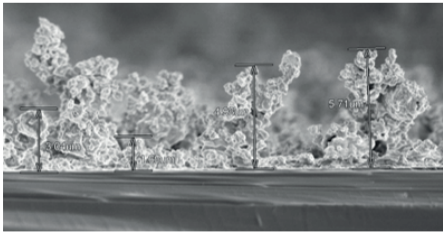
Nous avons franchi une étape clé avec le développement des premières couches LSCF/GDC par spray pyrolyse, présentant une morphologie dendritique à haute surface spécifique et une structure cristalline après traitement thermique.

En parallèle, les premières couches barrière GDC ont été élaborées par magnétron sputtering, aboutissant à une morphologie colonnaire dense avec une structure cristalline.

Nous avons également renforcé nos capacités expérimentales avec l’acquisition d’un banc de test SOFC Fiavell, nous permettant d’étudier les performances et la stabilité des cellules dans le temps.

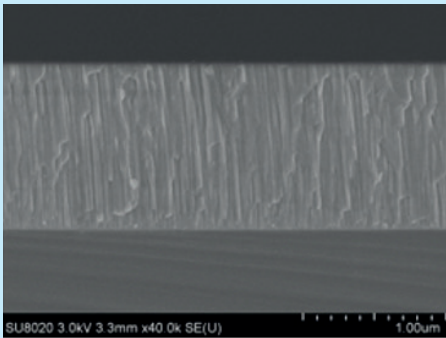
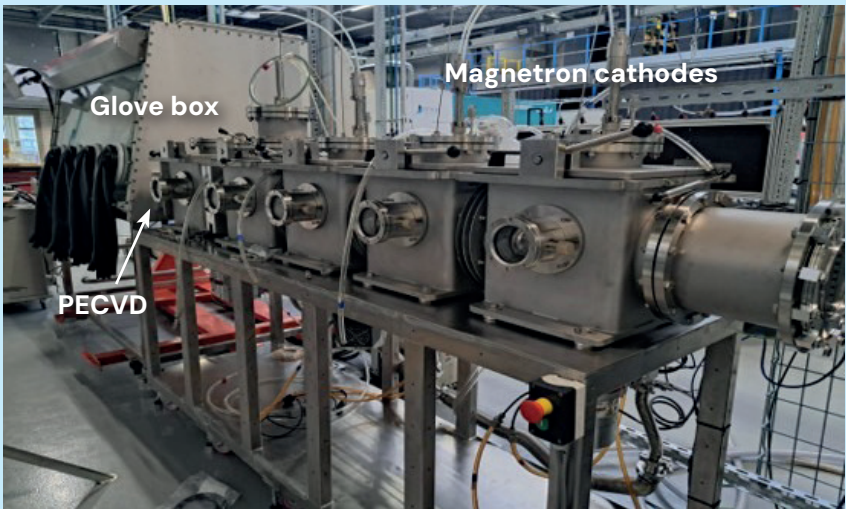
Enfin, une analyse de cycle de vie est actuellement en cours afin d’évaluer l’impact environnemental global de la technologie développée.

Spray pyrolyse : Structure cristalline et poreuse LSCF



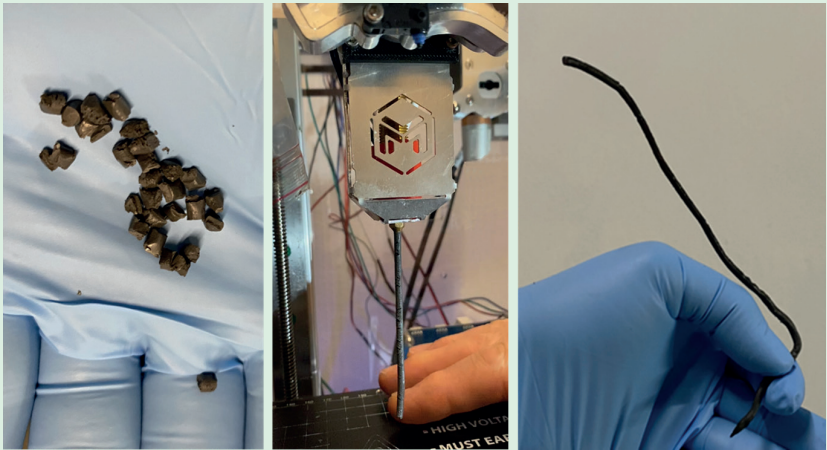
Plasma – Magnétron sputtering GDC barrier layer Columnar film

Vacuum chamber used in Clued-O



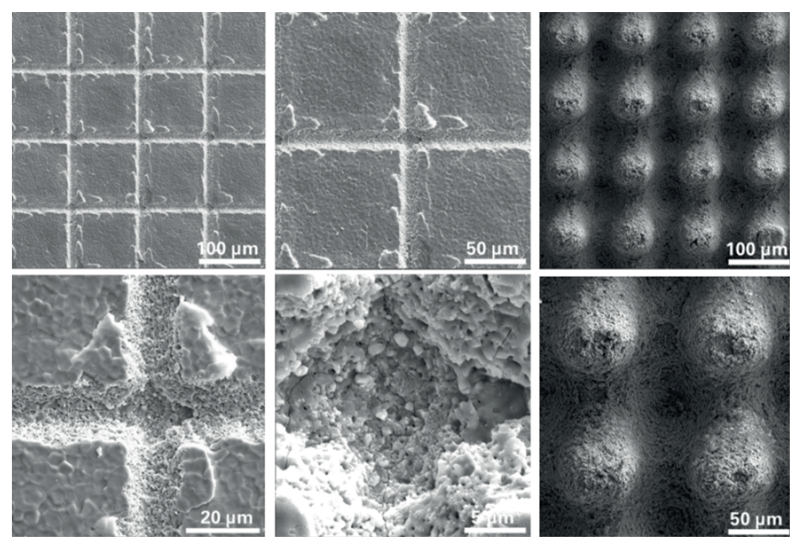
Impression 3D de collecteurs de courant en nickel

Un premier matériau à base de nickel métallique a été formulé et peut déjà être utilisé en impression 3D (fabrication additive par granulés) pour la réalisation de collecteurs de courant anodiques architecturés. En parallèle de l'optimisation de ce matériau, les paramètres d'impression et de frittage doivent désormais être définis.



Texturation laser des céramiques YSZ

Un premier ensemble de paramètres a été identifié pour l'ablation et la texturation laser des céramiques YSZ (figure 1). Des rainures d'une profondeur de 5 µm ont été obtenues sur la couche céramique dense et mince de YSZ des demi-cellules commerciales, en utilisant une source laser femtoseconde. La profondeur des rainures dans des bandes de YSZ avant frittage a pu être ajustée entre 10 et 100 µm grâce à l'utilisation d'une source laser nanoseconde. Ces premiers résultats sont très prometteurs et laissent espérer une augmentation significative de la surface de contact entre l'électrolyte et la cathode.



Axe Fast-Track : optimisation des interfaces et cathodes

Maîtrise des couches barrières : trois solutions GDC ont été synthétisées par voie sol-gel. La modulation de leur viscosité permet désormais de contrôler précisément l'épaisseur des dépôts (de 2 à 20 µm) via des procédés de spin-coating et de dip-coating.

Fabrication de cellules symétriques : de nombreuses cellules ont été produites pour évaluer l'impact de l'architecture cathodique sur les performances. Les premiers dépôts de cathodes LSCF massives par sérigraphie et de structures GDC imprégnées ont été réalisés avec succès sur des pastilles YSZ.

Prochaine étape : optimisation du frittage et envoi des premières cellules à Centrale Lille pour caractérisation par spectroscopie d'impédance. L'ULCO testera également ces dépôts sur les pastilles texturées au laser fournies par le CRIBC.

Axe Slow-Track : développement de l'anode sur support métallique

Traitement anticorrosion : l'imprégnation du support métallique FeCrAl par une solution LNF a été optimisée. Ce traitement protège efficacement le support contre l'oxydation à haute température (jusqu'à 800°C sous air) tout en améliorant sa conductivité électrique.

Densification du support : des études de pressage uniaxial sont en cours sur des supports FeCrAl plus épais (1,4 mm) fournis par Bekaert, afin de réduire la porosité des fibres et d'accroître la rigidité structurelle.

Élaboration de l'anode fonctionnelle : la synthèse de poudre de NiO pur par voie sol-gel a été finalisée, permettant la formulation des encres NiO et du cermet NiO-YSZ (65% NiO – 35% YSZ). Ces encres seront déposées par sérigraphie et optimisées pour garantir une faible rugosité, condition indispensable au dépôt ultérieur de l'électrolyte en couche mince.

Recyclage innovant par sels fondus

Fondations scientifiques validées : les matériaux des cellules SOFC ont été recensés et les bains de sels fondus les plus pertinents pour la récupération des éléments critiques ont été identifiés.

Lancement des essais expérimentaux : les protocoles expérimentaux d'attaque et d'analyse ont été définis. Les premiers tests de réactivité ont débuté sur des oxydes et métaux de manière indépendante (ZrO₂, NiO, Y₂O₃, CeO₂, etc.), ainsi que sur des demi-cellules commerciales du projet Fast-Track.

Optimisation énergétique : différentes familles de bains réactionnels (chlorures, carbonates, nitrates, sulfates, hydroxydes) ont été sélectionnées. Le choix s'oriente vers les températures de fusion les plus basses possibles afin de limiter au maximum la consommation énergétique du futur procédé.



Suivez notre actualité

Avec un budget global de **3,198 millions €**, le projet CLUED-O devrait prendre fin en septembre **2028**.

L'aventure CLUED-O ne fait que commencer ! Pour ne rien manquer de nos prochaines avancées et événements, rejoignez-nous sur nos réseaux sociaux et visitez notre site web !



CLUED-O – Interreg FWVL

@CLUED-O

<https://clued-o.eu/>

AGENDA

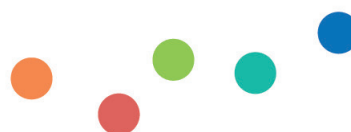
30 septembre : COMAC

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Medegefinancierd door
de Europese Unie

France – Wallonie – Vlaanderen



Cofinanceurs