

# INGÉNIEURS DE L'AUTO

JAN/FÉV 2024 # 887

## L'Interview

**Geoffrey Bouquot,**  
directeur R&D  
et stratégie de Valeo

## Focus

**Le défi  
du vieillissement  
des batteries**

## Dossier

# La production à l'heure de l'IA

L'année 2023 a signé le retour à la croissance du marché automobile, après trois années historiquement basses : même si nous sommes loin du niveau d'avant-crise, les années Covid semblent derrière nous et 2023 a permis de rattraper les pertes liées au pic de la pénurie de semi-conducteurs observée en 2022.

Cette période, marquée par une addition de crises, a joué un rôle d'accélérateur sans précédent des transformations de la filière : la part de marché des véhicules électriques (à batterie et hybrides rechargeables) est passée de 3 % en 2019 à 26 % en 2023 ; le diesel s'est effondré à moins de 10 % désormais ; et les investissements en France se sont multipliés, dans les batteries, l'hydrogène, l'électronique de puissance, les capteurs et la connectivité ou encore l'économie circulaire. Autant de thèmes abordés dans ce premier numéro de l'année d'*Ingénieurs de l'Auto*.

Face à nous, dans un environnement macro-économique incertain, les défis restent immenses : le contexte économique, marqué par le retour de l'inflation et la hausse des taux d'intérêt, se traduit par moins de commandes de véhicules chez les consommateurs et plus de difficultés de financement pour les entreprises. Les prix de l'énergie restent à un niveau très supérieur aux années d'avant-crise ; et la concurrence des nouveaux entrants – notamment chinois – devient extrêmement forte sur les segments en devenir.

En ce début 2024, une année qui sera ponctuée par des moments forts pour le secteur, sachons garder le cap : de nouveaux modèles électriques « made in France » sont très attendus dans les mois à venir ; des « gigafactories » vont produire batteries et piles à combustible en grande série, comme ACC dans le Nord ou Symbio en Auvergne-Rhône-Alpes ; et le Mondial de l'Auto à Paris en octobre prochain sera une belle vitrine de notre capacité d'innovation et d'adaptation, et l'occasion d'attirer les talents dont nous avons besoin pour construire les mobilités de demain.

Bonne année à chacun d'entre vous ainsi qu'à vos proches !



**Marc MORTUREUX**

Directeur Général de la Plateforme  
de la Filière Automobile & Mobilités (PFA)

# Sommaire



## 8 Focus

Le défi du vieillissement des batteries

42

## Le Dossier

La production à l'heure de l'IA



14

## L'Interview

Geoffrey Bouquot, Valeo

“La transformation technologique appelle naturellement de nouveaux types de partenariats”

### 8 Focus

Vieillesse de la batterie, enjeu majeur de leur conception et usage

### 10 Nouveaux talents

Exeos et E-Mersiv placent la gestion thermique au cœur de l'efficacité des batteries

### 12 Une école, des projets

Les systèmes embarqués au cœur des projets des étudiants de l'ECE

### 14 L'Interview

Geoffrey Bouquot, directeur de la recherche-développement et de la stratégie de Valeo

### 18 L'actu en brèves

### 28 Pleins feux

Économie circulaire : la complexe équation du recyclage

### 32 Congrès / Conférences SIA

- La mécanique de l'électrique
- Stellantis : quelles stratégies technologiques pour une couverture globale ?
- Anatomie des véhicules électriques : quels choix les nouveaux entrants opèrent-ils face aux constructeurs historiques ?

### 42 Le Dossier

IA et production automobile : premières réalisations et perspectives prometteuses

### 61 Le cahier des entreprises

**Éditeur :** Société des Ingénieurs de l'Automobile. Immeuble "le Gabriel Voisin" - 79 rue Jean-Jacques Rousseau - 92158 Suresnes Cedex. T. : 01.41.44.93.70 - F. : 01.41.44.93.79. ©Ingénieurs de l'Auto. **Directeur de la publication :** Frédéric Charon. **Directrice de la rédaction et coordinatrice :** Catherine Leroy. **Rédacteur en chef :** Christophe Jaussaud. **Rédacteurs :** Bertrand Gay, Yvonnick Gazeau, Vincent Gonin. **Directrice artistique et maquette :** Eve Taberna. **Secrétariat de rédaction :** Lila Mars. **Conférence de rédaction :** Nathalie Bouad, Thierry Bourdon, Luc Bourgeois, Marie-Claude Buraux, Jacques Graizon, Nouredine Guerrassi, Bertrand Largy, Emmanuel Lescaut, Luc Marbach, Frédéric Martin. **Crédits photos :** Back2Car, BMW, Bosch, Continental, Dacia, Exeos, E-Merviv, ECE, Forvia, Goodyear, Hyundai, Ionity, Mercedes, Michelin, Mini, ProLogium, Renault, Renault/Olivier Martin-Gambier, SIA, Stellantis, Stellantis/Simona Alampi, Symbio, Valeo, Vinfast, Volkswagen, Zeekr, ZF. AdobeStock (620921808, 670200745, 632062730, 615377510, 632483992). iStock-1800708798. **Éditeur Délégué :** Syner J Media, 9-9 bis rue Henri Martin, 92100 Boulogne-Billancourt. **Directeur commercial :** David Chatelon • T. : 01.75.60.64.75. **Directrice de publicité et du développement commercial :** Fazia Maghissene T. : 01.75.60.64.79. **Directrices et directeur de publicité :** Marie-Laure André : T. : 01.75.60.28.60. Suzanne Carvalho T. : 01.75.60.40.62 . Bruno Renout T. 01.84.19.02.89.

**Imprimeur :** Imprimerie Champagne II, 52200 Langres. N°ISSN 0020-1200. Ce numéro comporte 68 pages + un encart de 4 pages. Origine du papier : Italie. Taux de fibres recyclées : 0 %. Certification : PEFC. Eutrophisation : Ptot 0,006 kg/t.

**Diffusion service abonnement : Abonnement avec adhésion SIA :** 79 rue Jean-Jacques Rousseau - 92 158 Suresnes Cedex - info@sia.fr - 01.41.44.93.70. **Abonnement seul :** abo@synerjmedia.com - 01.78.16.31.29.

**Tarif abonnement 1 an non adhérent :** France métropolitaine 140 euros TTC. Europe 159 euros HT. Hors d'Europe et DROM COM : 170 euros HT. <https://boutique.journalauto.com> • Tarif au numéro : 27 euros TTC.



# Les conférences SIA 2024

> Réservées aux membres et à tous les collaborateurs des entreprises partenaires

## CONFÉRENCES EN DISTANCIEL

-  **24 JANVIER 2024**  
**Anatomie des véhicules électriques : quels choix les nouveaux entrants opèrent-ils face aux constructeurs historiques ?**  
ques ont-ils une génétique nationale ?  
En collaboration avec A2MAC1
  
-  **22 FEVRIER 2024**  
**Moteurs électriques, quelle technologie pour quel usage ?**  
IFPEN
  
-  **23 AVRIL 2024**  
**Règlementations automobiles - Projections 2023-2030**  
Renault Group - Stellantis
  
-  **22 MAI 2024**  
**La révolution "by wire", quels impacts pour le véhicule et pour l'utilisateur ?**  
Continental - Stellantis
  
-  **26 JUIN 2024**  
**L'ACV, nouvel outil de décision stratégique ?**  
Renault Group - Stellantis

En complément des conférences mensuelles, la SIA organise en partenariat avec le Cnam, l'IPF School, Sorbonne Université & l'ESTACA, 4 conférences supplémentaires, ouvertes à tous :

**25ème cycle de conférences « Utilisation rationnelle de l'énergie et environnement »  
les mardis 12, 19, 26 mars & 2 avril 2024**

Les thèmes seront communiqués ultérieurement.

# Les événements SIA 2024

> Ouverts à tous

## Le système batterie : technologies et leviers de performance

Journée d'étude

21 mars 2024, IFPEN - Solaize

- 8 présentations // 150 participants
- Exposition & Offres de visibilité

## Les technologies de l'hydrogène

Journée d'étude

9 juillet 2024 - Région parisienne

- 8 présentations // 100 participants
- Exposition & Offres de visibilité

## High Performance Hydrogen Internal Combustion Engine

International Conference

16 May 2024, Université d'Orléans - Orléans, France

- 8 presentations // 250 attendees
- Exhibition & Advertising opportunities

## Simulation numérique & IA

Journée d'étude

Septembre 2024, Technocentre - Guyancourt

- 8 présentations // 100 participants
- Exposition & Offres de visibilité

## SIA Powertrain 2024

International Congress

19-20 June 2024, Palais des Congrès - Lille, France

- 60 presentations // 700 attendees
- Test-Drive Cars
- Exhibition & Advertising opportunities

## SIA VISION 2024

International Congress

16-17 October 2024, Cité des Sciences et de l'Industrie - Paris, France

- 40 presentations // 700 attendees
- Test-Drive Cars
- Exhibition & Advertising opportunities

## NeMMO 2024

SIA - SFIP International Congress

3-4 July 2024, Couvent des Jacobins - Rennes, France

- 25 presentations // 200 attendees
- Exhibition & Advertising opportunities

## Holistic Safety

Journée d'étude

21 Novembre 2024, ECE - Paris

- 8 présentations // 100 participants
- Exposition & Offres de visibilité

Avec le soutien de la Filière Automobile / With the support of the Automotive Industry

# Vieillessement de la batterie, enjeu majeur de leur conception et usage

**Les batteries, de chimie lithium-ion ou autre, perdent une part de leur capacité de stockage d'énergie au fil de leur utilisation. Ce vieillissement dépend de nombreux facteurs, principalement électrochimiques et thermiques, dont la plupart sont conditionnés à l'utilisation.**

**L**e vieillissement de la batterie est communément quantifié par la mesure de son état de santé, le SoH (State of Health), calculé par le rapport entre sa capacité maximale à un instant T et sa capacité maximale lorsqu'elle était neuve. Ainsi, si une batterie a perdu un quart de sa capacité initiale, la valeur SoH est de 75 %, et l'autonomie du véhicule est réduite. En corollaire, une baisse du SoH induit généralement une baisse de la puissance maximale. Les mécanismes de vieillissement peuvent être classés en deux modes : calendaire et cyclique.

## Le vieillissement calendaire

Étant donné qu'un véhicule électrique n'est pas utilisé 70 à 90 % du temps, il peut être avancé par simplification que le vieillissement uniquement dû à l'âge est réalisé lorsque la batterie n'est pas sollicitée. Il est constaté que le SoH est fortement dégradé avec un niveau de charge SoC élevé (State of Charge - niveau de charge par rapport à la capacité utile) : une voiture stationnée en permanence avec un SoC de 100 % (cas extrême et uniquement expérimental) pourrait voir le SoH de sa batterie abaissé à 70 % au bout de deux ans, alors qu'il ne le serait que de 95 % avec un SoC de 30 %. Une température extérieure élevée impacte également son état de santé.

L'une des principales causes du vieillissement calendaire concerne la croissance de la couche solide-électrolyte

(SEI - Solid Electrolyte Interphase) à la surface de l'électrode négative. L'évolution de cette couche entraîne d'une part une perte de capacité par la diminution de la quantité de lithium cyclable (LLI - Loss of Lithium Inventory), le lithium étant piégé dans la couche pendant sa formation, et d'autre part une augmentation de l'impédance entraînant une baisse de la puissance du système.

## Le vieillissement de cyclage

Le vieillissement de cyclage diffère du précédent notamment par le passage de courant et des variations de température. Ainsi, le SoH se dégrade plus rapidement avec des taux de charge et de décharge élevés : en pratique, la charge rapide est visée lorsque le taux de charge est supérieur à 1 C (rapport entre la puissance de charge en kW et la capacité de la batterie en kWh). Dans ces conditions, une grande quantité d'ions lithium s'accumule à la surface des matériaux actifs sur une courte période et peut générer des dendrites sur les électrodes. La batterie vieillit également plus rapidement si elle est utilisée avec une grande profondeur de décharge (SoC sévèrement faible), situation nommée DoD (Depth of Discharge), ainsi qu'en dehors d'une plage de températures comprises entre 10 et 40 °C.

La fatigue par cyclage est constatée par la perte de matière active, la LAM (Loss of Active Material), sur les électrodes positives et/ou négatives.

Le nombre de cycles charge/décharge est également un critère important du vieillissement, chaque cycle apportant une légère dégradation. Un critère majeur concerne la chimie des cellules : les LFP (fer-phosphate) acceptent 3000 à 4000 cycles complets, alors que les NMC (nickel-manganèse-cobalt) n'en supportent en moyenne que jusqu'à 2500, et les NCA (nickel-cobalt-aluminium) jusqu'à 2000. En conséquence, à distance parcourue équivalente, les véhicules disposant d'une batterie de faible capacité seraient théoriquement plus sujets au vieillissement !

Bien que ces deux modes de vieillissement – calendaire et de cyclage – soient distincts, ils ne sont pas totalement dissociés, ce qui complexifie les études sur la dégradation des cellules.



La recharge rapide, à partir de 1 C, accélère le vieillissement des batteries.

## Simulation de vieillissement

Les mesures de vieillissement de cellules de batterie sont complexes et coûteuses en raison du grand nombre de facteurs entrant dans le processus : températures de fonctionnement et de stockage, courants de charge et décharge, états de charge, taux de décharge profonde, nombre de cycles, vibrations, etc. Les analyses de vieillissement calendaire nécessitent par ailleurs des tests de longue durée.

Une aide incontournable est apportée par les outils de simulation à partir de modèles électrothermiques. Les deux modes de vieillissement se retrouvent également dans ces modèles, chacun mettant en jeu des processus spécifiques.

Il existe deux approches de développement des modèles : empirique et physique. Julien Bernard, docteur en électrochimie et chef de projet chez IFP Énergies nouvelles, explique : « La version empirique commence par exemple avec le modèle simple  $U = E - RI$ , puis en faisant évoluer chaque paramètre de ce modèle, tel que la résistance ( $R$ ) qui augmente avec le vieillissement, selon des lois mathématiques en fonction des facteurs impactant le vieillissement (température, SoC, courant, etc.). Ces lois n'ont pas nécessairement de sens physique et sont des retranscriptions de nombreuses mesures réalisées en laboratoire, dans des conditions précises. »

Les modèles physiques permettent de décrire les mécanismes microscopiques de décomposition. Julien Bernard ajoute : « Ils sont basés sur des modèles électrochimiques représentant le fonctionnement de la batterie, tels que la cinétique de la réaction chimique ou les conditions limites, dans lesquels nous intégrons chaque mécanisme de vieillissement, comme la croissance de la couche SEI. Un enjeu majeur concerne la calibration, une étape délicate qui peut nécessiter des mesures empiriques. La perte de capacité ou l'augmentation de résistance interne est ensuite déduite en conséquence. »

Julien Bernard indique que les modèles empiriques et physiques ne visent pas les mêmes concepteurs : « Les

### Équilibrage de cellules

Un grand nombre de cellules étant branchées en série, la recharge pourrait être stoppée lorsque celles qui sont affaiblies atteignent leur SoC de 100 %, laissant les autres à un niveau moindre, ce qui réduirait considérablement la capacité totale d'une batterie, voire la durée de vie des cellules déjà faibles. Afin d'éviter cette perte de capacité de batterie, le système de gestion BMS est doté d'une fonction d'équilibrage entre cellules, permettant ainsi de poursuivre la recharge de toutes les cellules, ou d'un plus grand nombre selon que le système est passif ou actif.



Test d'une cellule dans une enceinte climatique du centre d'essais CRITT M2A.

modèles empiriques, dits descriptifs, offrent l'avantage de tourner très rapidement dans une fenêtre de critères restreints. Ils sont par exemple adaptés aux requêtes des constructeurs qui veulent dimensionner la batterie d'un véhicule. Les modèles physiques, dits prédictifs, capables de réaliser des extrapolations, sont utilisés et développés par les industriels qui conçoivent les cellules. Leur valeur ajoutée n'est pas dans la structure de leurs modèles mais dans leur calibration, un domaine qui entre dans les secrets de fabrication. »

Par ailleurs, une meilleure connaissance des processus de vieillissement des cellules et leur modélisation permettent d'intégrer dans le système de gestion BMS d'une batterie des stratégies permettant d'opérer des choix optimaux entre durée de vie et utilisation (puissance de recharge, température de fonctionnement) ou de communiquer des conseils à l'utilisateur.

## Ralentir le vieillissement ?

Le conducteur qui veut aller loin doit ménager la batterie de son véhicule. Il peut ainsi limiter son vieillissement en évitant les recharges rapides fréquentes (supérieures à 1 C), les stationnements longs à pleine charge (SoC 100 %) et les utilisations à très bas SoC. Les constructeurs ont également programmé une compensation à l'usage : pour une batterie neuve, la capacité utile (SoC de 0 à 100 %) est généralement 5 à 10 % inférieure à capacité totale, afin que son système de gestion BMS rajoute cette réserve au fil du temps et limite la réduction de l'autonomie du véhicule.

Notamment pour le marché de l'occasion, plusieurs constructeurs et sociétés indépendantes proposent une certification du SoH à partir de la lecture des données du BMS via la prise OBDII et en prenant en compte d'éventuels ajustements entre capacités utile et totale. Cette méthode est également utilisée en fin de vie du véhicule, lorsque la batterie doit être orientée vers une éventuelle seconde vie ●

Yvonnick Gazeau



## Les systèmes embarqués au cœur des projets des étudiants de l'ECE

Née à Paris en 1919, l'ECE a su former techniciens et ingénieurs en phase avec l'évolution des besoins des entreprises. Elle a su adapter ses enseignements à l'évolution des technologies, passant de la radio aux technologies reposant sur Internet et les données, en passant par l'électronique et l'informatique. De plus, à partir de 2018, l'école s'est ouverte à d'autres villes telles Lyon, Bordeaux et Rennes.

À l'ECE, comme le souligne Olivier Chesnais, enseignant et responsable de la majeure Systèmes Embarqués, « les projets constituent une part importante de la pédagogie et offrent à l'élève une progression par la réflexion et par l'action ».

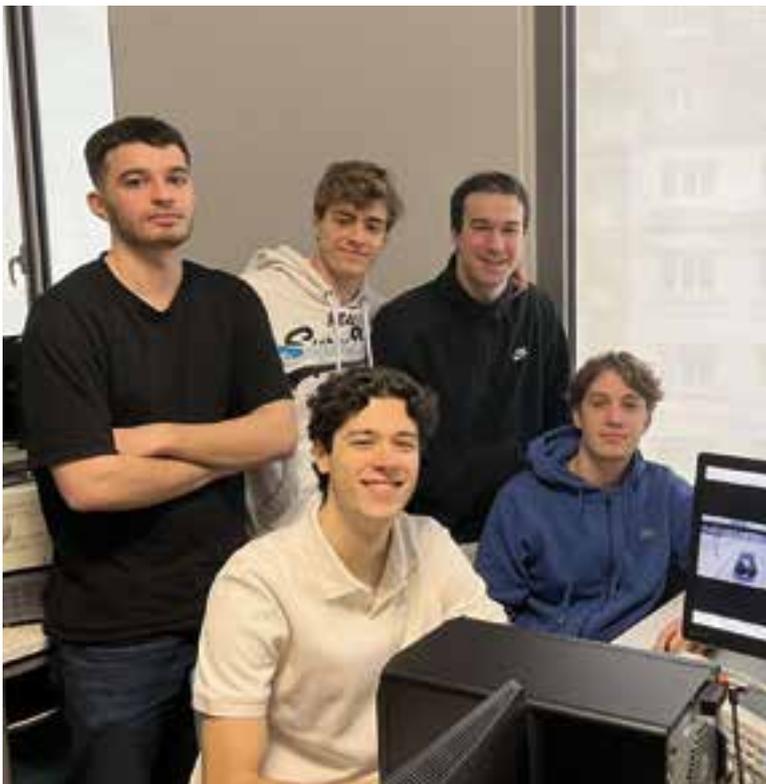
Les douze majeures du cycle ingénieurs de l'ECE répondent aux besoins des entreprises, et certaines d'entre elles s'adressent tout particulièrement aux domaines des transports et de la mobilité : data et IA, cybersécurité, énergie et environnement, véhicules connectés et autonomes, et enfin systèmes embarqués.

Les enseignements de la majeure Systèmes Embarqués entendent dynamiser l'innovation dans l'univers des transports intelligents, terrestres ou aériens. Cette majeure a un tronc commun avec celle des Véhicules Connectés et Autonomes, qui sera d'ailleurs accessible dès la quatrième année à partir de la rentrée 2024-2025. Cette formation a pour objectif de former des ingénieurs capables de relever les défis technologiques du secteur automobile. Le module de formation véhicule autonome est réalisé conjointement par Stellantis et Renault. Cette collaboration est unique en France.

De plus, ces enseignements s'inscrivent dans les grands défis sociétaux que doivent relever les acteurs de la mobilité et dont les futurs ingénieurs sont bien conscients, comme en témoigne Vincent Mouly, élève de quatrième année : « Notamment dans le contexte de la transition énergétique, l'ingénieur doit veiller à la fois aux performances attendues tout en limitant l'empreinte carbone du système réalisé » ●

Bertrand Gay

### UN PROJET POUR DÉTERMINER L'IMMINENCE D'UNE COLLISION PAR L'ARRIÈRE



L'équipe, sous la direction d'Alexandre Waerniers, présentera ses travaux lors du prochain Challenge UTAC SIA.

Au prochain Challenge UTAC, qui se tiendra en mai prochain, un groupe d'étudiants de l'ECE mené par Alexandre Waerniers poursuivra dans la voie ouverte lors de la participation en 2023. « Nous avons beaucoup appris lors du Challenge UTAC l'an passé. Cela nous a permis de repenser et de redéfinir nos objectifs », indique Victor Potié, l'un des experts techniques du projet. Celui-ci compte six étudiants de quatrième année des majeures Cybersécurité et Systèmes Embarqués.

Le projet a pour objectif de prédire si, dans une configuration de collision par l'arrière, celle-ci est évitable ou non. Une régression arithmétique permet de choisir entre ces deux possibilités et d'avertir si nécessaire le conducteur.

La première étape du projet consistait à trouver des systèmes pour les installer sur une plateforme et à réaliser un algorithme de machine learning. Les résultats de cette première phase ont été évalués par Luc Bourgeois, expert leader Systems Control chez Renault. Ensuite vient l'installation d'Open Pilot, système d'assistance à la conduite en open source, et du machine learning. Ce projet est suivi par différents encadrants et enseignants de l'ECE, parmi lesquels Jae Yun Jun Kim, Naila Bouchemal, Olivier Chesnais et Rémi Drouin ●

## ARECE S'ATTAQUE AUX DÉFIS DE LA VOITURE DE COURSE AUTONOME



L'association ARECE (Autonomous Racing ECE) a été créée en 2021. ARECE porte la première et la seule équipe française de voitures de course autonomes participant à la Formula Student UK. L'ensemble compte plus de 50 étudiants de l'ECE, dont 36 sont organisés en groupes techniques (capteurs, données, localisation, perception de l'environnement du véhicule). S'y ajoutent 12 étudiants pour le projet suivant, celui de la construction (projet ALCé) d'une voiture.

Les étudiants proviennent majoritairement des quatrième et cinquième années, mais, précise Adrien Bignon, étudiant en Systèmes Embarqués et directeur général de l'association, « nous veillons à intégrer également un nombre important d'étudiants de première année ».

Un élément important pour ce projet se déroule sur le long terme et en deux phases. Dans le cadre de l'épreuve qui s'est tenue à Silverstone, en Angleterre, l'équipe a en effet développé un système destiné à rendre autonome une voiture de course ADS-DV. Les étudiants engagés dans le projet ont intégré un lidar Velodyne, quatre caméras, un GPS et un calculateur, puis ont réalisé le lien avec la motorisation du véhicule. Cette première participation a montré que le repositionnement des capteurs était impératif pour augmenter la performance du système. Un nouveau support va permettre de placer les capteurs GPS le plus loin possible de l'axe de la voiture. Ce système modifié participera à l'épreuve de Formula Student France qui se tiendra à Transpolis, à Lyon, fin août 2024.

Le second projet, qui a débuté en septembre dernier, concerne la construction d'une voiture pour la Formula Student Germany en 2026. Il vise les épreuves statiques et dynamiques en catégorie avec et sans pilote. Cette fois, les maîtres d'œuvre sont des étudiants de deuxième année, ce qui assure leur présence à long terme.

Enfin, ARECE mène également un troisième projet. Baptisé IAC, il repose sur des Indy Car autonomes, et confrontera donc des véhicules autonomes durant une course organisée par A2RL (Abu Dhabi Racing League) ●



Le véhicule dans sa première configuration.



L'équipe ARECE sous un estival ciel britannique à Silverstone.

21 MARS  
2024

Journée d'étude

**SIA** SOCIÉTÉ DES  
INGÉNIEURS DE  
L'AUTOMOBILE

# LE SYSTÈME BATTERIE : TECHNOLOGIES ET LEVIERS DE PERFORMANCE

IFPEN SOLAIZE

## Découvrez le programme

Dans à peine plus de dix ans, le marché automobile européen sera exclusivement électrique.

L'arrivée massive des voitures électriques induit une croissance exponentielle du besoin de batteries, prévu d'être multiplié par 10 d'ici 2030. Ces batteries sont composées de centaines de cellules élémentaires qui sont assemblées entre elles pour former le pack complet qu'est la batterie.

A l'aube du tout électrique, quel est l'encadrement réglementaire, quel est l'état de l'art technologique, quels sont les potentiels d'amélioration continue et dispose-t-on de technologies de rupture pour les systèmes batteries ?



### Inscriptions

Inscrivez-vous à notre journée d'étude et profitez de 9 interventions d'experts et d'une table-ronde de haut niveau ! A partir de 290 €



### Exposez !

Quelques espaces sont disponibles pour présenter vos technologies aux experts présents !



Plus d'information ici !

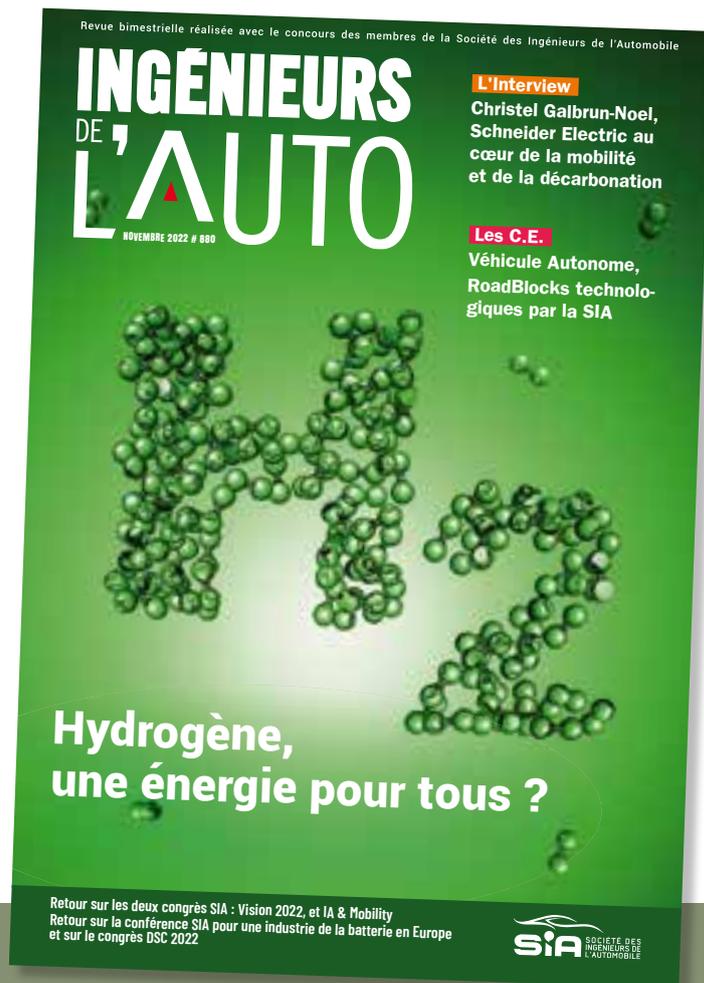
# Synerj media



## INGÉNIEURS DE L'AUTO

LE MAGAZINE DES NOUVELLES  
TECHNOLOGIES AUTOMOBILES

En partenariat avec



# VOTRE OFFRE MÉDIA S'ÉLARGIT ET ACCUEILLE LE TITRE INGÉNIEURS DE L'AUTO

## Synerj media

Le Journal de  
l'Automobile

J2R  
LE JOURNAL DE LA RECHARGE  
ET DE LA RÉPARATION

Le journal du  
Poids lourd

Le journal du  
Pneumatique

Le journal des  
Flottes

INGÉNIEURS  
DE  
L'AUTO

# INGÉNIEURS DE L'AUTO

**LE MAGAZINE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES AUTOMOBILES**

Production, conception, ADAS, électronique, logiciels, contrôle qualité, matériaux, sécurité, simulation...



**6 NUMÉROS  
PAR AN**

**9500  
EXEMPLAIRES**

**48 000  
LECTEURS**

**MAGAZINE  
BILINGUE (FR/EN)**

**ABONNEZ-VOUS  
DÈS MAINTENANT !**



Un titre

**Syner'j**  
media

En partenariat avec

**SIA** SOCIÉTÉ DES  
INGÉNIEURS DE  
L'AUTOMOBILE

Contactez la régie Ingénieurs de l'Auto :  
regie@synerjmedia.com