

INGÉNIEURS DE L'AUTO

JUIN-JUIL. 2026 #901

L'Interview

Julien Faure,
Horse Technologies
« Contribuer le plus possible à la réduction des émissions de CO₂ »

Focus

L'habitacle fait sa révolution matière

Écoles

Le Challenge UTAC SIA
a livré son verdict

Dossier

L'industrie du recyclage des batteries monte en puissance

Dans les années 70, lors de la naissance des grandes familles de voitures populaires, une Renault 5 ou une VW Golf s'achetait pour l'équivalent de 6 à 9 mois de salaire. Aujourd'hui, la génération la plus récente de ces voitures icônes demande 15 à 18 mois de salaire médian en Europe.

Il est d'autant plus important de se poser les bonnes questions avant de s'acheter une nouvelle voiture : est-elle utilisable en ville comme sur les routes ouvertes pour les quinze ans à venir ? Couvre-t-elle tous les besoins de mobilité, du trajet au travail, jusqu'au grand voyage en famille ?

Le monde automobile européen vit actuellement une vraie révolution. L'Europe a choisi la voie vers la voiture zéro émission du réservoir à la roue. Pour la plupart des utilisations, la voiture électrique répond à cette exigence.

Néanmoins, il est crucial de diminuer le bilan CO₂ global de tout le cycle de vie des voitures, de la matière première jusqu'au recyclage en fin de vie. En plus de la chaîne de traction électrique, plusieurs technologies alternatives peuvent contribuer à la réduction du bilan de CO₂ global. Il s'agit des hybrides de tout type et des moteurs à carburant renouvelable.

La technologie de voiture électrique vient avec de multiples avantages (silence, absence de vibrations, puissance, réduction de besoin de maintenance), et des restrictions (autonomie, temps de recharge, flexibilité).

Il est primordial de trouver et de mettre à disposition des solutions abordables pour diminuer le coût des voitures électriques, et pour couvrir au mieux la plupart des besoins des acheteurs de voitures. Des technologies de propulsion alternatives trouvent notamment leur place dans les utilisations industrielles, haute charge ou longue distance.

Le futur de la chaîne de traction est multi-technologies.

Quelles sont les solutions technologiques de chaînes de traction les plus récentes ? Comment évoluent les plateformes des constructeurs européens ? Et que font leurs homologues asiatiques ? Comment rendre les voitures électriques plus abordables, et quelles alternatives se développent ?

Venez le découvrir les 17 et 18 juin à Lille lors de notre Congrès SIA Powertrain 2026.

Joël OP DE BEECK

Président du Congrès SIA Powertrain 2026

Vice-président du Comité d'Experts
Technologies des Chaînes de Traction de la SIA



Sommaire



12
Écoles

Le Challenge UTAC SIA 2026
a livré son verdict

40
Le Dossier

Recyclage des batteries :
le compte à rebours est lancé



20
L'Interview

Julien Faure, CTO de Horse Technologies

« Les moteurs thermiques électrifiés
sont un complément et non une concurrence
à l'électrique »



6 Baromètre

Chiffres clés

8 Focus

Les habitacles au cœur
d'une révolution matière

12 Écoles

Challenge UTAC SIA 2026 :
l'impact environnemental entre en lice

16 Nouveaux Talents

FacteurDix : ode à l'efficacité énergétique

20 L'Interview

Julien Faure, CTO de Horse Technologies

26 L'actu en brèves

34 Pleins Feux

Des moteurs thermiques efficaces
au service de l'électrification

36 Reportage

Les boîtes hybridées mettent
la lubrification à l'épreuve

38 Journée d'étude SIA

Le moteur thermique à hydrogène
dans la course des 24H du Mans

40 Le Dossier

Recyclage des batteries :
le compte à rebours est lancé

61 Le cahier des entreprises

Éditeur : Société des Ingénieurs de l'Automobile, 2, rue de Presbourg, 75008 Paris. Tél. : 01.41.44.93.70 © Ingénieurs de l'Auto. **Directeur de la publication :** Jacques Lestideau. **Directrice de la rédaction et coordinatrice :** Catherine Leroy. **Rédacteur en chef :** Christophe Jaussaud. **Rédacteurs :** Bertrand Gay, Yvonnick Gazeau, Vincent Gonin. **Direction artistique et maquette :** Eve Taberna. **Secrétariat de rédaction :** Lila Mars. **Conférence de rédaction :** Christophe Aufrère, Nathalie Bouad, Thierry Bourdon, Luc Bourgeois, Emmanuel Lescaut, Jacques Lestideau, Luc Marbach. **Crédits photos :** ABB Robotics, BASF, Battri, BMW, FacteurDix, Hatch, MTB, Horse Powertrain, HyProMag, Emmanuel Lescaut, Nissan, Marelli, Mercedes-Benz, Michelin, Motul, Renault, Soarce, Sonatus, Stellantis, STMicroelectronics, The Future is Neutral, UTAC, UTC, Valeo, Quentin Vaquez, Volkswagen, Xiaomi (Adobe Stock : 271380568). **Éditeur Délégué :** Syner'J Media, 30-32, avenue du Général Leclerc, 92100 Boulogne-Billancourt. **Directeur commercial :** David Chatelon : 06.14.86.83.87. **Directrice de publicité et du développement commercial :** Fazia Maghissene : 06.83.77.54.38. **Directrices et directeur de publicité :** Marie-Laure Millard : 06.07.14.29.85. Suzanne Carvalho : 06.60.02.07.67. Bruno Renout : 06.49.54.26.33. **Contacts :** prénom.nom@journalauto.com ou regie@synerjmedia.com **Responsable administration des ventes :** Sandra Huet : 01.75.60.64.76.

Imprimeur : Imprimerie Champagne II, 52200 Langres. N°ISSN 0020-1200. Ce numéro comporte 76 pages + "Le Livre Blanc des compétences automobiles". Origine du papier : Italie. Taux de fibres recyclées : 0 %. Certification : PEFC. Eutrophisation : Ptot 0,006 kg/t.

Diffusion service abonnement. Abonnement avec adhésion SIA : 2, rue de Presbourg, 75008 Paris - 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.



Challenge UTAC SIA 2026 : l'impact environnemental entre en lice

L'historique site de Montlhéry a une nouvelle fois accueilli le Challenge UTAC SIA. Une compétition où des équipes d'élèves-ingénieurs confrontent leurs projets développés au cours de leur scolarité. Cette année, les grands gagnants sont les étudiants représentant l'Université de Cranfield en Grande-Bretagne, l'Université de Technologie de Compiègne et l'Epitech Montpellier.



Cette édition 2026 du Challenge UTAC SIA a réuni 177 personnes, représentant 8 écoles et 11 projets (Cranfield, Epitech Lille, Epitech Montpellier, Epitech Nancy, Epitech Toulouse, Estaca, Garac/CNAM, IUT Orléans, UTBM, UTBM Pro, UTC).

Rendez-vous incontournable de la vie estudiantine des futurs ingénieurs, le Challenge UTAC SIA 2026 s'est tenu le 12 mai dernier sur le site de Montlhéry (91). Ce rendez-vous annuel a rassemblé 10 établissements d'enseignement supérieur provenant de France ainsi que la très affûtée Cranfield University, de Grande-Bretagne. Alain Piperno, le président du jury, a souligné en préambule « l'excellent niveau de l'ensemble des projets présentés cette année ». La qualité des présentations théoriques et des démonstrations pratiques est meilleure à chaque édition. Cela démontre qu'au-delà du défi technique, les équipes (que soient remerciés ici leurs professeurs encadrants et les coachs de la SIA) maîtrisent aussi les sujets de logistique et d'organisation. À ce sujet, notons que cette année, aucune équipe n'a souhaité réaliser de démonstration in situ avec un véhicule en taille réelle. Néanmoins, des véhicules étaient présents en exposition statique, tels celui

de Cranfield University et celui du Garac. Traditionnellement orienté vers l'automatisation de la conduite et de certaines de ses tâches, le Challenge UTAC SIA a innové cette année en créant une nouvelle catégorie, nommée Cleaner. Elle récompense les projets les plus performants dans le domaine des émissions, de la préservation des ressources et de l'environnement. Par ailleurs, ces critères font également partie de la note attribuée dans la catégorie Safer, où concouraient les projets centrés sur la conduite automatisée.

Un doublé Epitech dans la catégorie Safer

Au terme d'un process méthodique et rigoureux, dont la journée du 12 mai fut l'étape ultime, le jury a attribué les prix aux gagnants de ce Challenge UTAC SIA 2026. Le premier prix toutes catégories confondues a été attribué à Cranfield



L'équipe de l'UTC, gagnante du Trophée d'Or dans la catégorie Cleaner.

University. Pour sa troisième participation, l'université britannique a présenté un projet d'un haut niveau technologique, qui a mobilisé 11 étudiants pendant deux mois. L'équipe a implanté un système d'automatisation de la conduite sur un véhicule démonstrateur, un Kia Niro EV, en veillant à la fois à la performance obtenue, à la sécurité de sa circulation en conditions réelles et au modèle économique. Le véhicule réalise la liaison entre l'Université de Cranfield et la gare de Milton Keynes.

En catégorie Safer, le jury a attribué le Trophée d'Or à l'équipe de l'Epitech Montpellier. Son projet Robocar avait pour objectif de concevoir une voiture autonome à échelle réduite. Mêlant robotique, électronique de contrôle, IA et machine learning, cette réalisation prend la forme d'un véhicule à échelle 1/10^{ème}. Issu de la compétition interne au sein des différents campus de l'Epitech, le projet de Montpellier a progressé par rapport à la première proposition dévoilée l'an dernier. L'évolution, réalisée par une équipe de trois étudiants en quatre mois, a intégré les meilleures pratiques pour répondre à des cas d'usage d'un AGV dans un environnement logistique. La plateforme physique comprend une centrale inertielle, une caméra, un Lidar et un GPS RTK. Le logiciel réalise avec succès une cartographie dans des environnements intérieurs sans GPS et effectue un routage déterministe point à point pour simuler une navette d'usine à arrêts multiples.

Le Trophée d'Argent est attribué à l'Epitech Nancy. Son projet de système de conduite autonome s'appuie sur une approche dite «Sim to Real» dans laquelle le système apprend dans un environnement virtuel avant de passer à des situations réelles de conduite. Une intelligence artificielle



Les démonstrations avec modèles réduits permettent de simuler plusieurs situations techniques et configurations de roulage.

dédiée à la vision détecte et classifie les différents éléments associés à la route : lignes, panneaux de signalisation et obstacles. Ce projet NancyCar a démontré sa performance et la qualité de son développement réalisé par une équipe de cinq personnes organisées en différents pôles : développement IA, modélisation 3D, entraînement IA, modélisation et refactorisation. Cette seconde année du projet a demandé 294 heures de travail. D'ores et déjà, l'équipe a identifié deux pistes d'évolution : la migration vers une unité de calcul embarquée plus performante, et une utilisation accrue des capacités de simulation pour explorer de nouveaux scénarios (trajectoires piétons, conditions météo sévères).

Le projet de l'équipe CARMA (Cartographie Autonome et Reconnaissance Multi-Agents), de l'Université Technique de Belfort-Montbéliard, remporte le Trophée de Bronze de la catégorie Safer. Ce projet a démontré, en simulation Gazebo, la faisabilité d'une cartographie collaborative multi-robots. Au-delà de la simulation, le portage sur plateforme physique AgileX Scout Mini a été validé. L'architecture développée, combinée à l'écosystème Qualcomm embarqué, constitue une preuve de concept crédible de mutualisation de perception, éventuellement transposable aux véhicules autonomes connectés.

De très beaux projets dans la nouvelle catégorie Cleaner

Dans la nouvelle catégorie Cleaner, le très complet projet mené par l'Université de Technologie de Compiègne a remporté le Trophée d'Or. Ce projet SEC-UTOD (Smart & Efficient City with UTonome On Demand) vise à développer et valider une architecture complète de gestion d'une flotte de taxis partagés. Le système est conçu pour répondre dynamiquement à des demandes de transport dans un environnement urbain dense simulé. La démonstration a eu lieu à échelle réduite dans une reconstitution d'environnement urbain avec trois véhicules à échelle 1/10^{ème}. L'optimisation de la circulation des véhicules, évitant notamment les arrêts et les énergivores remises en mouvement des véhicules, permet d'abaisser de 13 % la consommation d'énergie. La gestion de la flotte donnant la priorité à l'efficacité énergétique n'a qu'un impact mineur, environ 4 secondes, sur les temps d'attente imposés aux clients.

Le Trophée d'Argent de la catégorie Cleaner a été attribué à l'Estaca pour son projet VRse. Il s'agit d'un simulateur de conduite en réalité augmentée pour le test d'une application d'écoconduite. La plateforme EstacaVRse s'appuie sur



Le très complet projet de taxi autonome de Cranfield University remporte le Trophée UTAC SIA 2026.



Les échanges entre les membres du jury et les équipes (ici, l'innovant projet du Garac et du CNAM) permettent de détailler certains aspects des projets.



L'Université de Technologie de Compiègne a démontré le fonctionnement de sa solution de véhicules partagés dans un environnement réaliste.

un simulateur de conduite Logitech G29 et un casque de réalité augmentée. Ils sont liés à un Renault Twizy servant de support au conducteur. Celui-ci est plongé, via le casque immersif, dans un environnement réaliste, restitué grâce à des caméras fixées sur le casque au niveau des yeux. La réalité augmentée permet à l'utilisateur d'interagir normalement avec les éléments autour de lui. Il ne voit plus la différence entre les éléments réels et les éléments virtuels ajoutés. Le projet a atteint l'objectif assigné en montrant qu'une telle plateforme était utilisable pour des besoins de formation, mais également de validation de concepts pour certains projets industriels.

Enfin, le Prix d'Honneur Pro a été attribué au projet UTBM Pro visant à automatiser les manœuvres d'attelage de remorques. Les concepteurs du projet soulignent qu'il s'agit d'une tâche moins aisée qu'il n'y paraît, notamment en raison de la non-linéarité de la cinématique du camion se déplaçant en marche arrière. Ce projet, mené avec EX9 et Neotrucks, entend apporter une meilleure performance de la fonction chargement/déchargement à quai sur les sites

logistiques. L'innovant projet du Garac, avec le concours du CNAM, mérite aussi d'être mis en lumière, même s'il n'a pas été primé. Il s'agissait de répondre au défi du refroidissement de l'habitacle d'une voiture électrique légère (Citroën Ami), en l'absence d'une climatisation. Pour le relever, les élèves du Garac ont travaillé autour de trois solutions : les vitres à opacité variable, les matériaux à changement de phase et la végétalisation du toit. La combinaison des deux dernières solutions peut réduire de 10 °C la température dans l'habitacle. Un résultat intéressant obtenu malheureusement au prix d'un alourdissement de 55 kg et d'une dégradation de l'aérodynamique entraînant une hausse de 5 à 7 % de la consommation d'énergie. Le Garac prépare d'ores et déjà une version optimisée de ce toit végétalisé. À suivre!

Lors de la cérémonie de remise des Trophées, Kirsty Andrews, vice-présidente de l'UTAC en Grande-Bretagne, a remercié les équipes participantes en soulignant qu'il « *n'était pas nécessaire de réussir pour persévérer* ». Il s'agissait là d'une subtile invitation à revenir l'année prochaine. ●

Bertrand Gay



Kirsty Andrews, VP UTAC Grande-Bretagne, souligne la place croissante de l'innovation dans l'industrie automobile.

Les résultats du Challenge UTAC SIA 2026

Premier prix 2026 :

- Cranfield University.

Prix d'Honneur Pro :

- Université de Technologie de Belfort Montbéliard (projet Pro).

Catégorie Safer :

- Trophée d'Or : Epitech Montpellier.
- Trophée d'Argent : Epitech Nancy.
- Trophée de Bronze : Université de Technologie de Belfort Montbéliard.

Catégorie Cleaner :

- Trophée d'Or : Université de Technologie de Compiègne.
- Trophée d'Argent : Estaca.

L'UTAC a également tenu à remercier ses partenaires, la SIA, Point One Navigation, IPG Automotive France, NBTech, dSpace France, ainsi que l'association Wave, La Croisière Verte et Alpine.

FacteurDix : ode à l'efficacité énergétique

En pleine levée de fonds, FacteurDix, jeune pousse fondée en Normandie par deux ingénieurs issus de l'énergie, a récemment dévoilé son démonstrateur de véhicule électrique ultraléger homologué L5e. Baptisé LINE, il est conçu pour réduire drastiquement la consommation grâce à un allègement radical, une aérodynamique particulièrement optimisée et une batterie dimensionnée au plus juste. Avec, en ligne de mire, une efficacité record : moins de 48 Wh/km, soit le tiers de la consommation d'une voiture électrique traditionnelle ! Un véritable manifeste adressé à l'industrie.

Les tensions actuelles autour du détroit d'Ormuz exacerbent la vulnérabilité persistante de notre approvisionnement énergétique. Chaque incident dans ce corridor stratégique réactive le spectre d'un nouveau choc pétrolier, à l'image de ceux de 1973 ou 1979, qui avaient forcé l'industrie automobile à repenser la masse, la traînée et la sobriété. Une contrainte géopolitique mais aussi physique à laquelle ne se soustrait pas la mobilité dite décarbonée : la déplétion des ressources et les tensions sur les matériaux stratégiques rappellent que seuls des efforts accrus de sobriété peuvent changer la donne. Face à l'inflation massive des véhicules électriques, une approche plus radicale de l'efficacité peut-elle trouver un écho ? C'est en tout cas le pari de la start-up FacteurDix, fondée par deux ingénieurs issus de l'énergie qui remettent à l'honneur les inamovibles lois fondamentales de la physique au profit d'une extrême sobriété.

Deux ingénieurs de l'énergie face aux ordres de grandeur

À l'origine du projet, les profils très complémentaires d'Augustin Roulleaux Dugage, diplômé des Mines de Nancy et d'IFP School, passé par ExxonMobil puis Plug Power (hydrogène vert), et de Marc Guillemaud, ingénieur Supélec et IFP, spécialiste des procédés. Leur point commun : une carrière entière consacrée à l'énergie. Le déclic survient lorsqu'ils



Augustin Roulleaux Dugage et Marc Guillemaud aux côtés du prototype FacteurDix LINE (pour Light Is Not Enough), un coupé électrique ultra efficace développé autour d'une monocoque carbone et d'une aérodynamique de rupture.

calculent leur empreinte carbone personnelle via l'outil MyCO₂ : leurs trajets quotidiens représentent plus de la moitié de leur impact annuel. « *Quand on se confronte à ces ordres de grandeur, on ne peut plus l'ignorer* », résume Augustin Roulleaux Dugage. Les deux ingénieurs s'interrogent alors : à quoi ressemblerait un véhicule réellement optimisé pour la sobriété énergétique ? Ils confient d'abord le sujet à des étudiants d'IFP School pour des simulations de consommation. Les résultats confirment leur intuition : la physique impose une architecture radicalement différente des véhicules actuels. En 2024, ils créent FacteurDix, qu'Augustin rejoint à plein temps en 2025. « *On voulait quelque chose de commercialement viable, pas un véhicule expérimental*, insiste-t-il. Cela

veut dire du confort, une ergonomie vivable au quotidien et une dimension plaisir. » Baptisé LINE, pour Light Is Not Enough, le fruit de ces travaux prend la forme d'un tricycle électrique L5e de 550 kg, visant une sobriété record de 4,8 kWh/100 km WLTP. De quoi gratifier la modeste batterie de 28 kWh d'une autonomie enviable de 580 km !

Repartir de la mission : une démarche d'ingénierie assumée

Logiquement, FacteurDix commence par définir la mission : transporter deux personnes, à vitesse autoroutière, avec une consommation minimale, dans un véhicule compact, sûr et utilisable au quotidien. À rebours des approches dominantes consistant



Architecture en goutte d'eau, arrière tronqué et hauteur contenue se combinent pour afficher un SCx exceptionnel de 0,28.



à compenser la masse par la puissance, puis la puissance par la capacité batterie, la priorité est d'emblée donnée à l'efficacité. FacteurDix a étudié deux voies : un M1 petite série et le L5e. Le choix est assumé : « *On a choisi l'homologation trois roues, avec quatre roues physiques.* » Les roues arrière sont jumelles, espacées de 460 mm, ce qui permet de conserver une stabilité latérale tout en autorisant une silhouette extrêmement fuselée. « *Ça nous permet d'avoir une forme naturellement aérodynamique.* »

De fait, la réglementation L5e, également choisie par le CIXI Vigoz ou le Nimbus One, offre une liberté rare en termes de masse, de dimensions, de structure et de vitesse de pointe par rapport aux quadricycles L6e/L7e. « *Et surtout un coût de développement 10 fois inférieur à celui d'un M1* », ajoute Augustin Roulleaux Dugage. Le premier démonstrateur, encore provisoirement bâti sur un châssis tubulaire, illustre la priorité absolue donnée à l'aérodynamique. Si, comme le souligne l'ingénieur, le gabarit hors-tout est « *très proche de celui d'une Mazda MX-5 première génération (1989)* », avec 3,93 m de long, 1,70 m de large et 1,22 m de haut, les proportions sont en revanche très atypiques.

Une LINE sculptée par le vent : l'aérodynamisme au pinacle

Née des fusains de Renan Legloire, la LINE frappe par sa silhouette blanche extrêmement fuselée, presque organique. Le museau court et plongeant,

dont le capot extrêmement bas est flanqué de passages de roues ondoyants garnis de montes « *tall and narrow* » de 18 pouces, fleure bon la compétition. L'habitacle à la surface vitrée très généreuse, qui forme une sorte de bulle continue, évoque un cockpit d'avion léger. La poupe extrêmement effilée, masquant les deux roues arrière très rapprochées sous un carénage qui prolonge la forme en goutte d'eau, rappelle un fuselage d'ULM et rend hommage aux travaux de l'aérodynamicien Paul Jaray.

À l'image de l'Aptera californienne, également tricycle tadpole, le langage visuel presque aéronautique s'éloigne de l'univers routier. Cette poupe fortement pincée (760 mm) implique un habitacle biplace décalé, permettant de réduire la largeur tout en conservant un confort acceptable. Préservant le profil lissé, des modules de rétrocaméras supplantent les traditionnels rétroviseurs, tandis que la dérive dorsale qui stabilise l'écoulement d'air donne à la LINE une signature visuelle immédiatement reconnaissable, qui pourra évoquer celle de la 402 Andraeu. L'objectif est un SCx d'environ 0,28 m² – deux à trois fois moins qu'une citadine électrique optimisée.

De fait, les lois aérodynamiques sont immuables, et l'amateur peut retrouver en cette LINE aux formes profilées l'esprit de la Mathis Andraeu 333 (issue d'un concours organisé en 1933 par... la SIA), de l'Aérocarené de 1946 ou de la Panhard Dynavia de 1948. Le lecteur moderne pourra y voir le fuselage d'un vélomobile ou un

avatar des concepts Volkswagen 1L voire XL1, de la Riversimple ou même de la Loremo, de la Visio.M ou de l'Aptera. FacteurDix revendique cette filiation, reprenant les principes éprouvés de ces pionniers (maîtrise du SCx, architecture resserrée, réduction des pertes) et les adaptant aux contraintes contemporaines de l'électrification et de la petite série industrielle.

Un solide écosystème de prototypage

Sans surprise, le second levier majeur est l'allègement extrême. Pour réduire la masse sous 550 kg, la LINE fait la part belle aux composites. La version de série devrait ainsi être bâtie sur une architecture monocoque composite carbone (CFRP), avec des zones Kevlar aux endroits critiques et des panneaux en résine époxy chargée en fibres de carbone. « *On est parfois challengés sur la recyclabilité, mais on applique une logique de Pareto 80/20*, explique Augustin Roulleaux Dugage. 80 % de l'empreinte carbone d'un véhicule électrique provient de l'énergie et de la batterie. Nous avons priorisé la consommation d'énergie, dont l'impact est dominant. »

Le prototype a ainsi été réalisé avec Faster, bureau d'études composites basé en région parisienne. « *Florent Biard est devenu notre troisième associé*, indique Augustin Roulleaux Dugage. *Son équipe a assuré la mise au point de toute la partie composite de nos premiers prototypes. Nous opterons certainement pour le RTM (Resin Transfer Molding), qui permet*

● ● ● d'éviter l'autoclave et de multiplier les moules pour augmenter la cadence sans explosion des capex.» L'étude de prédimensionnement électrique est assurée par Technomap.

Batterie modeste, chaîne de traction optimisée

Traquant les pertes aérodynamiques et de roulement, la LINE se contente d'un pack batterie de 28 kWh pour environ 200 kg. La chimie retenue est NMC haute performance, capable d'absorber des puissances de charge très élevées. L'objectif est un 20-80 % en moins de 10 minutes. «Les cellules choisies font du 20-80 % en 7 minutes», précise le cofondateur de FacteurDix. Contrairement à la plupart des véhicules électriques, la batterie n'est pas placée dans le plancher, car cela

augmente la surface frontale. Nous avons opté pour une position centrale avant, dans un berceau structurel protégé par des crash boxes.» De facto plus accessible, elle est démontable car non soudée au châssis. «On souhaitait une architecture flexible et évolutive pour faire évoluer la batterie au fil du temps.»

La version homologuée du prototype adoptera un moteur central de 80 kW, soit 107 chevaux cumulés, une autonomie autoroutière de 230 km avec une optimisation du rendement global et une réduction des pertes en transmission. «LINE mise sur la performance énergétique, mais aussi sur le dynamisme et le plaisir de pilotage.» Si la réglementation L5e n'impose pas de crash test, FacteurDix a choisi de ne pas faire l'impasse sur la sécurité. «Notre philosophie, c'est de reprendre

les codes du sport auto.» La structure comprendra une cellule de survie composite, des crash boxes avant et arrière, des zones de déformation latérales, un arceau anti-retournement et une protection structurelle de la batterie. «Les tunnels d'air nous donnent des zones naturelles pour absorber l'énergie», ajoute Augustin Roulleaux Dugage. On fera d'abord du dimensionnement numérique. Les crash tests physiques viendront plus tard, selon notre montée en cadence.» La version de série intégrera ABS, ESP, deux airbags, une caméra de recul et une climatisation minimaliste.

À terme, une cadence de 1000 unités par an

De fait, FacteurDix vise trois clientèles clairement identifiées : les passionnés d'automobile sportive légère (souvent propriétaires de Lotus ou de Caterham), les passionnés d'ingénierie et d'architecture automobile, et les «écotech», sensibles aux objets sobres, rationnels et alignés avec leurs convictions environnementales. Avec un prix cible de 60 000 euros, positionné comme une alternative légère aux coupés sportifs, la stratégie consiste à ancrer LINE dans un imaginaire de performance, non pour en faire une voiture de piste, mais pour légitimer son efficacité dans les milieux où la culture technique est la plus réceptive. Une levée de 2,5 millions d'euros est en cours pour passer du démonstrateur au prototype fonctionnel et constituer une première équipe d'ingénieurs. «Après une microsérie initiale, l'objectif serait de monter en cadence progressivement, en s'appuyant sur des sites partenaires, et enfin de stabiliser une production artisanale-industrielle autour de 1000 unités annuelles.»

Sur le plus long terme, l'entreprise ambitionne d'installer une marque pérenne capable d'améliorations incrémentales, à la manière de la Lotus Elise. Plus généralement, LINE se veut un manifeste, visant à diffuser ses principes dans l'industrie. Alors, la LINE serait-elle l'ULM de l'automobile? «Certainement», sourit Augustin Roulleaux Dugage, qui assume la comparaison avec l'aéronautique légère. «Il y a un parallèle intéressant avec JMB Aircraft. Ils homologuent en ULM pour gagner en agilité, tout en restant très sérieux techniquement.» ●

Vincent Gonin



Photos © FacteurDix

Dès les premières recherches de volumes, continuité des surfaces et silhouette profilée témoignent du soin accordé à l'aérodynamisme de la LINE de FacteurDix.

NeMMo



New Materials for future Mobility

International Congress & Exhibition

JULY 01-02, 2026



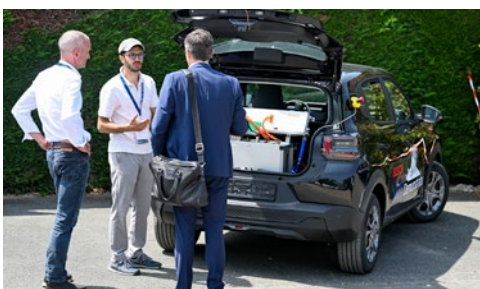
SCAN HERE
TO REGISTER





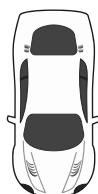
Exposez lors de nos congrès !

Saisissez l'opportunité de présenter vos services et solutions à un public d'ingénieurs de haut niveau.



Vos opportunités

- Stand d'exposition
- Voiture de démonstration
- Visibilité digitale



Contact

Sébastien FERREIRA
sebastien.ferreira@sia.fr
06 45 28 65 73

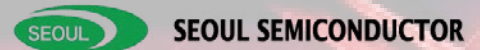


www.sia.fr
Rubrique "Evènements"



VISION CONGRESS

23 & 24
SEPTEMBER
2026



16 Av. de Saint-Germain,
78560 Le Port-Marly



LES
PYRAMIDES

Journée d'étude SIA du 19 mars 2026

Le moteur thermique à hydrogène dans la course des 24H du Mans

Les mythiques 24H du Mans pourraient devenir la première grande course à adopter le carburant hydrogène. Lors d'une journée d'étude à Polytech Orléans, le 19 mars 2026, des spécialistes ont présenté les défis technologiques liés aux moteurs à combustion d'hydrogène et leur résolution progressive.

Le projet MissionH24 a permis de passer les nombreuses étapes d'apprentissage pour adapter le carburant hydrogène sur des moteurs à usage extrême. Le stockage est devenu un challenge technique majeur. Bernard Niclot, de l'ACO (Automobile Club de l'Ouest), explique : « *La consommation du carburant et le remplissage du réservoir jusqu'à 700 bars entraînent de fortes variations de température et une grande perte d'efficacité, non compatible avec une course d'endurance. Nous passons donc au stockage de l'hydrogène à l'état liquide, entre -253 et -240 °C selon les technologies, dans un réservoir cryogénique.* » La FIA a publié une nouvelle réglementation en juin 2025 sur le stockage et le remplissage. L'ACO a confirmé qu'elle recevrait lors de l'édition 2029 un premier véhicule dans son « Garage 56 », stand dédié aux prototypes innovants courant hors classement, puis ouvrira une catégorie dédiée à partir de 2030. Le travail actuel porte en particulier sur les enjeux du ravitaillement, notamment le maintien de la basse température dans toute la chaîne de remplissage rapide en raison d'une distance de 150 à 200 m entre l'infrastructure et les distributeurs des stands.

Des systèmes de stockage d'hydrogène liquide ont déjà été développés pour le poids lourd, mais leur usage en compétition automobile présente quelques différences sur le cahier

DES ÉTUDIANTS BELGES DANS LA COURSE À HYDROGÈNE

L'équipe Hydroteam, composée de 60 étudiants de l'Université Catholique de Louvain (Belgique), vise une participation aux 24H du Mans en 2030 avec un châssis Ligier équipé d'un V6 Ford de 3,5 l.

des charges. La plus marquante révélée par Forvia concerne la durée du maintien du carburant en phase liquide : 72 heures pour un poids lourd (un week-end), 1 heure pour la compétition (formation de la grille de départ).

Une autre différence concerne la pression maxi, de 21 bars en poids lourd, et 7 bars en compétition. « *Le besoin en isolation thermique est moindre, observe Pierre Tipner, de Forvia. Une autre solution que le vide peut alors être implémentée, et la forme du réservoir n'est plus nécessairement cylindrique.* » Il peut alors prendre une forme presque rectangulaire et être inséré plus facilement derrière l'habitacle, comme pour les barquettes à essence. Travaillant habituellement pour l'aéronautique civile et la défense, Aresia



La Journée d'étude « High Performance Hydrogen » a réuni plus de 70 experts du moteur à combustion d'hydrogène.



Réservoir cryogénique exposé par Aresia.

exposait un réservoir cryogénique démontable et réparable pour les poids lourds, ainsi qu'une maquette dévoilant un système innovant de distribution à l'état final gazeux, sans cryopompe ni cryovanne à débit variable : l'hydrogène liquide est dirigé vers des réservoirs tampons de compression isochore et, dans chacun d'eux, il passe à l'état gazeux par étapes de réchauffement via un circuit échangeur.

Les moteurs hydrogène gagnent en puissance

Le programme hydrogène d'Alpine vise à offrir un produit excitant, à faibles émissions de gaz à effet de serre ou polluants de l'air, et à haut rendement. « *L'injection directe d'hydrogène révèle des enjeux plus complexes que ceux que nous avons déjà relevés en Formule 1* », assure Pierre-Jean Tardy chez Alpine. Ce challenge est par ailleurs accru par la décision de maintenir un mélange pauvre afin d'éviter les émissions de NO_x , ce qui complexifie la fonction de turbosuralimentation (pression de suralimentation et temps de réponse). Le développement actuel avec un rapport volumétrique de 12,5 :1 délivre 595 kW à 7 500 tr/min (170 kW/l) avec un lambda de 1,65 (mélange pauvre) et un taux d'injection d'eau ($\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$) de 0,45. Un test avec rapport volumétrique de 14,5 :1, mais avec un lambda réduit à 1,16 (lambda 1 = mélange stœchiométrique) et un taux d'injection d'eau de 1,64, a permis d'atteindre 609 kW à 7 500 tr/min. En contrepartie, le rendement précédemment à 40,2 % chute à 36,7 % en raison de points d'allumage modifiés. Les prochains tests porteront notamment sur une injection d'hydrogène à plus basse température et plus haute pression afin d'optimiser le stockage et le conditionnement de l'hydrogène liquide.

Le motoriste ardéchois Pipo Moteurs a adapté son 4-cylindres 2 l multivictorieux en Rallycross afin de répondre à la demande de l'IFPEN, qui souhaitait investiguer les capacités de la motorisation à hydrogène pour la haute densité de puissance. Le moteur à injection directe et lambda compris entre 1,8 et 2,5 développe 220 kW à 5 500 tr/min (110 kW/l), une performance d'autant plus remarquable qu'elle est obtenue sans injection d'eau ni bien sûr d'émissions de NO_x . « *Nous allons tester des pressions de combustion supérieures, un nouveau turbocompresseur, peut-être VGT, et un système d'injection à plus grand débit* », révèle Thibault Gaulain, de Pipo Moteurs.

Développements nécessaires sur l'injection d'hydrogène et d'eau

Phinia fournit actuellement des systèmes d'injection directe à sept projets de courses automobiles. Les moteurs de compétitions bénéficient d'une version spécifique de son système DI-CHG10H : sa pression d'alimentation monte à 60 bars au lieu de 40, passant ainsi le débit maxi de 10 à 15 g/s, tout en maintenant un diamètre de buse de 7,5 mm seulement. « *Concernant le stockage liquide, nous travaillons actuellement sur un injecteur acceptant un fonctionnement avec un hydrogène gazeux à -40°C , une solution qui intéresse également les constructeurs de poids lourds* », indique Laurent Doradoux, de Phinia. La compétition est également un excellent démonstrateur d'endurance : les produits sont conçus pour 100 millions d'injections, soit trois fois la durée de la course des 24H du Mans.

Le projet de Bosch Engineering et Ligier est légèrement différent de ceux d'Alpine et Pipo Moteurs, puisque son objectif est l'utilisation de l'hydrogène sur une voiture sportive de route. La Ligier JS2 RH2 est ainsi dotée d'un V6 biturbo 3,0 l équipé d'injecteurs piézo-électriques à injection directe d'hydrogène sous 60 bars. Ces derniers peuvent fournir un débit maxi de 16,5 g/s sous 80 bars, sans lubrification. « *Le moteur fonctionne en mélange pauvre sous faible et moyenne charge, et à lambda 1 à pleine charge* », indique Lionel Martin, chez Bosch Engineering. Lors du fonctionnement en mélange stœchiométrique, Bosch a réussi à traiter les émissions de NO_x au niveau Euro 7 uniquement avec des catalyseurs 3-voies, donc sans avoir recours à un système SCR. Les étapes de purges sont en cours de mise au point.

IFP Énergies Nouvelles estime que le mélange pauvre est à privilégier sur l'ensemble de la plage d'utilisation, en raison du rendement supérieur, de l'absence de NO_x et du risque moindre d'auto-allumage. Cependant, il est difficile d'éviter le lambda 1 lors des phases transitoires et à pleine charge. L'injection d'eau est nécessaire, mais elle doit être optimisée afin de limiter la masse du réservoir, les interactions avec l'huile et les pertes d'efficacité. Olivier Laget, de l'IFPEN, révèle par exemple que le temps d'évaporation des films d'eau semble trop long par rapport à la durée du cycle. ●

Yvonnick Gazeau



La table ronde a permis aux experts de débattre sur les spécificités et l'avenir du moteur à hydrogène.

Adhérez à la SIA

La SIA, c'est quoi?

Depuis 1927, la Société des Ingénieurs de l'Automobile (SIA) fédère les acteurs qui font avancer l'industrie automobile et ses technologies : constructeurs, équipementiers, sociétés d'ingénierie, start-up, PME-PMI, écoles, universités et centres de recherche. Véritable société savante, forte de douze Communautés d'Experts, la SIA favorise le partage des connaissances et l'émergence des expertises qui façonnent l'automobile et la mobilité du futur.



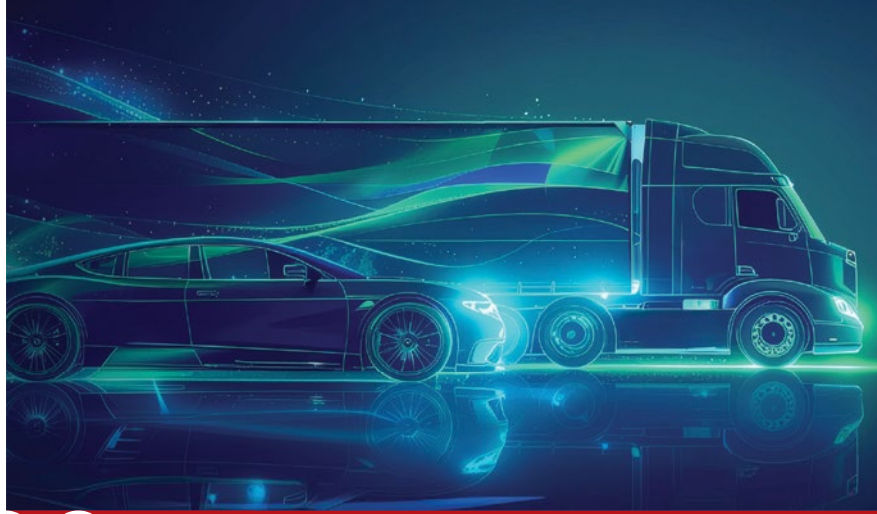
Ne manquez rien !

En tant que membre, accédez à l'ensemble des activités de la SIA : ateliers, conférences mensuelles, articles techniques, revue bimestrielle et annuaires privés des experts du secteur. Bénéficiez également de tarifs préférentiels sur les congrès, journées d'études et formations, pour monter en compétences tout en restant au cœur des innovations de l'automobile.



Sociétés : restez en pointe

La SIA vous ouvre les portes d'un réseau réunissant des constructeurs, équipementiers, écoles et sociétés partenaires. Vous pourrez également échanger avec nos Communautés d'Experts sur des thématiques stratégiques.



Pour toute information : nathalie.bouad@sia.fr



Pourquoi adhérer ?

En adhérant à la SIA, vous ne faites pas que rejoindre un réseau, vous devenez acteur des grandes évolutions de l'industrie automobile. Une occasion unique de gagner en visibilité. Événements, contenus exclusifs et connexions stratégiques vous attendent.



Écoles et universités :

mettez sur le bon réseau

Offrez-vous un accès privilégié à un réseau d'ingénieurs et d'industriels clés de l'automobile et profitez de ressources pédagogiques pour enrichir vos enseignements (revue *Ingénieurs de l'Auto*, publications scientifiques exclusives, challenges pour les étudiants sur des thématiques innovantes). Pour vos équipes pédagogiques, bénéficiez d'accès exclusifs à nos congrès et journées d'études.



Déjà plus de 100 sociétés et 24 écoles font confiance à la SIA, parmi les acteurs majeurs de l'industrie automobile et de l'enseignement supérieur en France.



Pourquoi pas vous ?

Rejoignez un écosystème qui fait avancer l'automobile.