

INGÉNIEURS DE L'AUTO

FÉV-MARS 2026 #899

L'Interview

Yann Vincent, ACC
« 30 GWh de batteries
produites à l'horizon
fin 2027 »

Focus

Le haut potentiel
des batteries
à tension variable

Dossier

Cybersécurité :
la clé de l'automobile
logicielle



Pleins Feux

L'Europe ouvre la voie au véhicule intermédiaire

La recherche et développement constitue un pilier stratégique de la compétitivité industrielle française, en particulier dans l'automobile, secteur fortement exposé à la transition énergétique et aux transformations technologiques. Le maintien d'un tissu solide de R&D en France est essentiel pour préserver la souveraineté technologique du pays, attirer les investissements et sécuriser les emplois qualifiés.

Or, plusieurs menaces pèsent sur ce pilier : concurrence internationale accrue, coûts plus élevés de la recherche en France comparativement à des pays hors d'Europe, pression sur les marges des constructeurs, et accélération de l'innovation dans les domaines de l'électrification, des logiciels embarqués et de l'IA.

Pour maintenir la force de notre industrie automobile et de notre ingénierie, il est essentiel de préserver nos centres de R&D, souvent associés à un réseau mondial pour soutenir la compétitivité globale et répondre à nos besoins de développements et de marchés locaux.

Cela implique de définir une véritable stratégie de développement fondée sur des centres de compétences clairement identifiés, tout en maintenant au cœur de nos régions les pôles d'innovation, les équipes d'avant-projets, les plateformes et les modules technologiques. Préserver cette organisation, c'est préserver notre avance technologique.

Un plan d'action efficace inclut le maintien en France des centres décisionnels et plateformes d'ingénierie; la création de filières territoriales associant constructeurs, équipementiers et PME; l'anticipation des reconversions via des programmes de formation certifiants; la participation active des associations professionnelles pour défendre les intérêts de la filière; et enfin, l'accompagnement des entreprises par l'État pour sécuriser les investissements de long terme.

Il ne s'agit pas de protectionnisme, mais de pragmatisme. Comme le font tous les grands pays industriels, nous devons articuler une stratégie de développement adossée à un contenu local fort en R&D afin de protéger nos emplois d'ingénieurs et d'assurer la souveraineté technologique du pays.

La SIA s'inscrit pleinement dans cette dynamique : continuer à structurer et renforcer la filière, transmettre les compétences clés et garantir à la France une position de leader dans l'automobile de demain. Continuons à nourrir nos envies et notre passion, tout en préservant à la fois nos emplois et notre planète.

Bonne lecture.

Jacques Lestideau
Directeur général de la SIA



Sommaire



30 Pleins Feux

L'Europe ouvre la voie au véhicule intermédiaire

46 Le Dossier

La cybersécurité à l'heure de l'automobile logicielle



18 L'Interview

Yann Vincent, directeur général d'ACC

« Nous progressons et montons en cadence pour répondre aux besoins de Stellantis et de Mercedes »

6 Baromètre

Chiffres clés

10 Focus

Des batteries intelligentes à tension variable pour plus d'autonomie

14 Écoles

L'ESTACA Formula Team lance sa saison 2026

16 Nouveaux Talents

Gaming Engineering, le « serial soudeur »

18 L'Interview

Yann Vincent, directeur général d'ACC

22 L'actu en brèves

30 Pleins Feux

L'Europe ouvre la voie au véhicule intermédiaire

34 Congrès/Conférences SIA

- Le Forum des Communautés d'Experts
- ICE Hydrogène : toujours dans la course ?
- Un nouveau segment entre quadricycle et automobile : utopie ou nécessité ?
- NVH : Road profile identification using artificial neural networks

46 Le Dossier

La cybersécurité à l'heure de l'automobile logicielle

65 Le cahier des entreprises

Éditeur : Société des Ingénieurs de l'Automobile. 2, rue de Presbourg, 75008 Paris. Tél. : 01.41.44.93.70 – Fax. : 01.41.44.93.79. © 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, Catarina Malta-Barata. **Direction artistique et maquette** : Eve Taberna. **Secrétariat de rédaction** : Lila Mars. **Conférence de rédaction** : Christophe Aufrère, Nathalie Bouad, Thierry Bourdon, Luc Bourgeois, Jacques Graizon, Nouredine Guerrassi, Emmanuel Lescaut, Jacques Lestideau, Luc Marbach, Frédéric Martin. **Crédits photos** : Auto-innovations, BMW, Centrale Nantes, Cetim, Dacia, Exwayz, Fabrice Foucher, Innovauto, JEC Composites, Mercedes-Benz, Michelin, Porsche, Renault/Christel Sasso/Planimoteur, SIA, Stellantis, TomTom, Union européenne, Valeo, VEDECOM, Volkswagen, Yasa (Adobe Stock : 935489459, 769199426, 828033161). **Éditeur Délégué** : SynerJ 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 Il, 52200 Langres. N° ISSN 0020-1200. Ce numéro comporte 68 pages.
Origine du papier : Italie. Taux de fibres recyclées : 0 %. Certification : PEFC. Eutrophisation : Pot 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.



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.



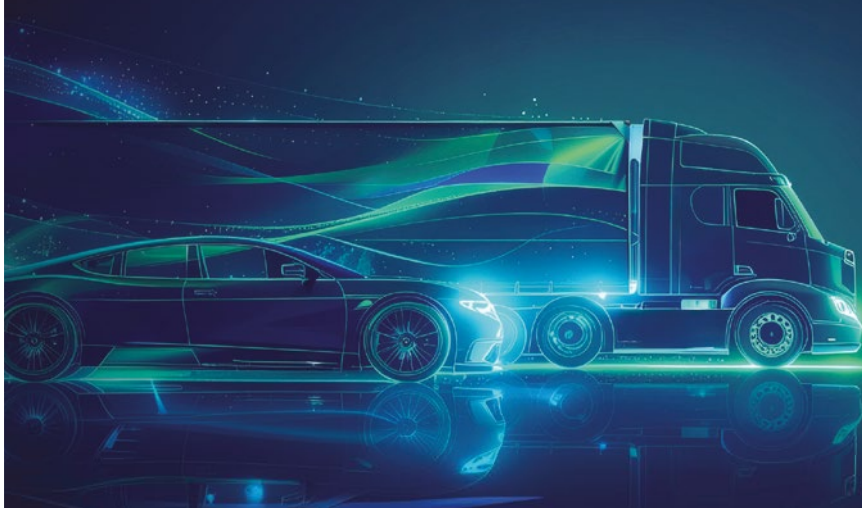
Ne manquez rien !

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 : misez 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.



AGENDA DES FORMATIONS 2026

SUR LES TECHNOLOGIES

La technologie du véhicule électrique
Composants et fonctionnement

14 avril
Présentiel

2-3 juillet
Distanciel

Fonctions de conduite du véhicule
Des ADAS à la mobilité autonome

18 mai
Présentiel

17-18 nov
Distanciel

Cybersécurité du véhicule connecté

1er avril
Présentiel

1er oct
Présentiel

SUR LES NORMES

L'essentiel de la norme ISO 26262

19-20 mai
Présentiel

6-7 oct
Présentiel

L'essentiel de la norme ISO/SAE 21434
Cybersécurité automobile

27-28 mai
Présentiel

19-20 nov
Présentiel

SUR LA QUALITÉ / LA FIABILITÉ

Les outils de la sûreté de fonctionnement
Principes et enchaînements

5-6 juin
Présentiel

5-6 nov
Présentiel

Fiabilité des produits
De l'évaluation au plan de validation

8 au 10 juin
Présentiel

2 au 4 déc
Présentiel

Pour toute information
ou réserver votre place





Nouvelle formation - Automotive Cybersecurity Professional

L'augmentation de la surface d'attaque cyber pour les véhicules et la montée en puissance des exigences émanant des constructeurs ont fait de la cyber sécurité du produit automobile un enjeu majeur pour l'avenir de la filière.

L'entrée en vigueur de la réglementation UN R155 en Europe dès 2022 a induit une accélération des activités d'ingénierie cyber pour permettre l'homologation et la mise sur le marché des nouvelles générations de véhicules.

C'est désormais au tour de la Chine, de l'Inde et des Etats-Unis de mettre en place des réglementations de cyber sécurité pour le produit automobile. Le sujet est à présent global et représente une condition absolue pour continuer à travailler avec les entreprises du secteur automobile.

La disponibilité de ressources qualifiées et opérationnelles en cyber sécurité du produit automobile, dans un contexte de concurrence sans précédent sur les talents, fait partie des principaux sujets de préoccupation des entreprises du secteur pour répondre aux exigences croissantes et de plus en plus complexes de leurs clients.

Pour répondre à ce besoin, la SIA s'est appuyée sur des experts reconnus dans le domaine pour concevoir une nouvelle offre de formation accélérée.

Ce cycle de formation de 5 jours permet de fournir un socle de connaissances nécessaires à des ingénieurs ou à des techniciens souhaitant acquérir une compétence opérationnelle pour une mise en pratique à court terme.

Ce parcours est adapté à des professionnels en poste en ingénierie ou en bureau d'étude, à des professionnels souhaitant se reconvertir vers les métiers de la cyber sécurité ainsi qu'aux étudiants en fin de cycle ou en doctorat souhaitant se spécialiser dans les métiers de l'ingénierie de la cyber sécurité embarquée.

La formation est exclusivement dispensée en français avec quelques exemples et illustrations en anglais.



1ère session du 22 au 26 juin 2026 en présentiel à Paris

Avec le support de :

Fiev
ÉQUIPER LE FUTUR
PP 1.0/11/2020/2021

SNECI



YANN VINCENT
Directeur général
d'ACC

“ Nous progressons et montons en cadence pour répondre aux besoins de Stellantis et de Mercedes ”

ACC poursuit sa courbe d'apprentissage et la montée en compétences de ses équipes, en résolvant progressivement les difficultés rencontrées au cours des derniers mois. Le sujet des contrôles qualité et de la qualification des moyens pour checker à 100% les cellules produites est traité. Les efforts s'intensifient sur la maîtrise du taux de rebuts et les coûts associés : une condition sine qua non de l'augmentation des volumes de production tout au long de l'année 2026, pour répondre aux besoins de Stellantis et de Mercedes. La capitalisation des connaissances issue du premier bloc de production facilitera le lancement et la montée en cadence du deuxième bloc.

La stratégie d'ACC a-t-elle évolué au cours de ces derniers mois ?

Yann Vincent : Fondamentalement, nous nous focalisons sur ce dont nous disposons. Cela se résume en deux points principaux : tout d'abord une chimie NMC, des produits définis et actuellement en production pour Stellantis et qui le seront bientôt pour Mercedes. Le second point est consti-

tué de notre appareil industriel. Il comprend le premier bloc de production à Billy-Berclau/Douvrin, qui a démarré les premières livraisons de série fin 2024 pour Stellantis. Le second bloc lancera sa production au cours de l'année 2026 pour livrer tout d'abord Mercedes et ensuite Stellantis. Avec cela, nous sommes globalement en ligne avec ce qui figurait dans notre plan initial.

Plus précisément, quels ont été les aménagements ou changements apportés à votre plan initial, dont les premières moutures datent de 2020 ?

Y.V. : L'évolution principale par rapport à 2020 réside dans la mise en pause des deux projets d'extension, en Allemagne et en Italie, pour être mieux en phase avec la croissance

YANN VINCENT est depuis 2020 le directeur général d'ACC (Automotive Cells Company). À ce titre, il a dirigé la mise en place et le démarrage des opérations de l'entreprise. Diplômé de l'École Centrale de Paris (1980) et titulaire d'un MBA de l'INSEAD (1989), Yann Vincent a commencé sa carrière au sein du groupe Renault en 1982 où il a exercé diverses fonctions, notamment directeur de la qualité en 2005 et directeur des opérations d'AvtoVAZ en mars 2008 en Russie. En 2009, il rejoint Alstom Transport au poste de Chief Operating Performance et membre du comité exécutif. En juin 2014, Yann Vincent revient dans le secteur automobile en rejoignant le groupe PSA, à la demande de Carlos Tavares, au poste de directeur industriel de PSA, et devient également membre du comité exécutif du constructeur.

des ventes de véhicules électriques, moins rapide que prévu. Nous avons préféré limiter l'accroissement de nos capacités de production. Pour chacun des deux sites, ACC avait acheté les terrains, mais les travaux de construction n'avaient pas commencé. Nous avons arrêté les précommandes passées relevant d'équipements demandant de longs délais d'approvisionnement. Par ailleurs, notre système de production repose sur des blocs de production de 15 GWh. Initialement, nous étions partis sur des tranches de 8 GWh; nous nous sommes aperçus en 2021 que nous pouvions densifier la production et nous avons saisi cette opportunité. Nous utilisons mieux le site et les surfaces disponibles.

« Nous avons implanté un contrôle qualité systématique des cellules »

Quels sont les observations et les enseignements tirés du démarrage de la production sur ce premier bloc ?

Y.V. : Cela s'est révélé plus long et coûteux que prévu. Nous avons considéré initialement que le contrôle qualité des cellules pourrait être réalisé de manière fréquentielle. Tout au long du premier semestre 2024, nous avons cru que le process nous garantirait l'inexistence des défauts. Si nous avions réussi, le contrôle fréquentiel aurait suffi. Or, nous sommes arrivés, mi-2024, à la conclusion que cela n'était pas suffisant et qu'il fallait contrôler la qualité de toutes les cellules produites. 100 % de celles-ci sont observées aux rayons X pour identifier les problèmes et les non-conformités. Dans la mesure où nous ne pouvons pas garantir à 100 % l'absence de certains défauts,

nous n'avons pas d'autre possibilité qu'un contrôle systématique. Ce dispositif en ligne, alors qu'un contrôle fréquentiel était prévu hors-ligne, a demandé quelques aménagements et a nécessité un investissement conséquent. En 2024 et jusqu'au premier semestre 2025, nous avons souffert de limitations de capacité pour ces raisons de contrôles qualité. Nous avons terminé l'installation des scanners en ligne au cours de l'été.

Désormais, quelle est la situation ?

Y.V. : Après l'étape de l'installation, il a fallu apprendre au système à identifier une bonne et une mauvaise cellule. Nous avons appris cela à la machine avec un logiciel d'intelligence artificielle. L'enjeu est évidemment d'amener le système à une certitude d'identification « bon » ou « mauvais ». Cette phase de qualification des moyens nous a pris plus de temps que prévu. Nous estimions pouvoir redémarrer en septembre 2025 avec

un système performant, il ne l'est que depuis décembre. Voilà quel a été le point extrêmement limitant en 2025. Désormais, ce blocage est derrière nous.

Quelles performances visez-vous, et à quel rythme pensez-vous accélérer la production ?

Y.V. : Nous rencontrons un second point qui nous demande beaucoup de travail. Il s'agit des taux de rebuts qui n'ont pas baissé aussi vite que ce que nous ambitionnions. Ces rebuts se traduisent par une consommation de cash plus importante que prévu. En ce début d'année 2026, nous essayons de trouver le point d'équilibre entre les volumes qui progressent, mais pas trop vite pour tenir compte de nos coûts de scraps. Ces derniers déterminent notre cadence de production. Nous mettons tout en œuvre pour réduire ces scraps.

Quelles sont les causes de ces scraps, et quelles mesures mettez-vous en œuvre ?

Y.V. : Il s'agit à la fois d'une question de chimie et de process. Il n'y a pas de raison unique. Il s'agit d'un grand nombre de détails tels la qualité des électrodes, leur process de découpe, l'opération de soudure en fin de remplissage de la cellule, pour n'en citer que quelques-uns. Nous venons de résoudre des problèmes d'épaisseur de la cellule. Quand celle-ci est trop faible, cela peut se manifester pendant l'usage de la batterie par du « lithium plating » qui va réduire les performances de la cellule de manière très



ACC estime que la chimie NMC offre encore des perspectives de gain à deux chiffres, notamment sur la capacité.



Depuis mars 2024, Stellantis détient 45 % des actions d'ACC, Mercedes-Benz 30 %, et TotalEnergies 25 %.

significative. Cela provient d'un écart dimensionnel de quelques microns.

« Sur le plan propreté, notre univers de production est proche de celui de la pharmacie ou du semi-conducteur »

Comment résolvez-vous ces difficultés de production ?

Yann Vincent : Dans le domaine de la production, nous apprenons tous les jours. Nous avons engagé une coopération avec un partenaire chinois, EVE, qui est notamment un fournisseur de BMW. Cette entreprise est spécialisée dans le management de la production des batteries lithium-ion et nous accompagne sur l'une de nos lignes de fabrication. Notre coopération porte également sur le transfert de compétences vers nos autres lignes. Les travaux sur la première ligne nous permettent de démontrer que le potentiel de production est bien réel. Dans un second temps, nous accompagnons nos opérateurs et techniciens pour qu'ils puissent dupliquer sur les futures lignes les méthodes observées sur le premier bloc de production (BBD1). Nous avons lancé les premiers travaux au niveau du deuxième bloc (BBD2) en août 2023, à un moment où nous n'avions pas encore de retour d'expérience puisque la production n'avait pas démarré à BBD1. Nous avons notamment compris que la propreté extrême de la production était un facteur clé.

Notre univers de production n'a rien à voir avec celui de l'automobile. Nous sommes plus proches de celui de la pharmacie ou du semi-conducteur.

Ce process d'acquisition de connaissances n'avait pas été réalisé au démarrage de la ligne de production ?

Y.V. : En fait, nous avons plusieurs fournisseurs de machines et d'installations : coréens pour la partie chimie, une entreprise chinoise pour le calandrage et deux autres chinoises pour l'assemblage et la finition des cellules. Nous nous sommes aperçus que ces entreprises sont des producteurs de

machines mais ne maîtrisent pas totalement le process. Cela correspond aux projets qu'ils ont menés avec nos concurrents chinois et coréens qui, eux, connaissent le process et réalisent la mise au point finale de leur ligne de production. D'ailleurs, les producteurs coréens de machines sont eux-mêmes souvent des spin-offs de leurs clients producteurs de batteries. Ici, chez ACC, nous n'avions pas saisi l'importance d'avoir un ensemblier responsable de la totalité du process et ce, tout particulièrement pour notre première installation d'une ligne de batteries, alors que les Chinois et les Coréens ont de l'antériorité sur ce sujet.



ACC produit aujourd'hui des batteries pour Stellantis dans son premier bloc. Le second va débuter courant 2026 pour alimenter Mercedes-Benz.

Finalement, quels sont les objectifs des mesures et actions mises en place ?

Y.V. : Dans le domaine de la qualité, nous sommes au niveau demandé par le client. Ce n'est pas du tout un souci et c'est même un très grand motif de satisfaction. Le principal enjeu se trouve dans l'augmentation des cadences, et celles-ci dépendent du cash-out que nous coûtent les déchets de production. Toute notre planification est adossée au cash. Nous nous appuyons sur une prévision de réduction des scraps pour déterminer quels sont les volumes que nous pouvons produire.

Quelles sont les aides spécifiques que vous apportent vos clients au sujet de la trésorerie d'ACC ?

Y.V. : Nos deux clients, Stellantis et Mercedes, nous aident substantiellement avec des avances de paiements. Par ailleurs, ils restent des actionnaires fidèles d'ACC, tout comme TotalEnergies. Depuis mars 2024, Stellantis détient 45 % des actions d'ACC, Mercedes-Benz 30 % et TotalEnergies 25 %.

Le dispositif « Battery Booster » annoncé par la Commission européenne en décembre 2025 peut-il aider ACC à surmonter cette difficulté de cash ?

Y.V. : Oui, ce dispositif nous intéresse, il pourrait nous aider, mais il reste à en connaître les modalités. Au-delà de l'enveloppe annoncée et la



Les gammes Long Range de Peugeot, Citroën et DS (ici la DS8) sont équipées de batteries ACC.

notion de prêts à taux zéro, rien n'est défini en pratique. À ce jour, nous ignorons quelle entité va prêter des fonds, à qui, et avec quels dispositifs de remboursement.

Les volumes de scraps importants constituent-ils un élément favorable au développement de la filière de recyclage des batteries et de leurs composants ?

Y.V. : Cette industrie du recyclage est encore très embryonnaire en Europe. Pour nos principaux scraps, nous travaillons avec Umicore qui est le fournisseur de notre matériau actif de cathode. De manière générale, le procédé de recyclage est assez consommateur d'énergie avec un rendement qui est peu élevé. Nous travaillons aussi avec Orano qui développe un procédé d'hydrométallurgie plus vertueux et permettant de récupérer plus de matière. La résolution des sujets techniques est en cours, mais le projet industriel doit encore être validé. Nous observons qu'il existe une initiative intéressante dans les Hauts-de-France avec l'entreprise Battri, mais elle ne concerne que la black mass. En fait, peu de projets de recyclage en cours de déploiement en Europe ont franchi l'étape de l'industrialisation, car les investissements sont tout de même significatifs, et leur rentabilité future dépend de la quantité de batteries en fin de vie qui reviendra dans leur process. Ces volumes dépendent de la croissance des ventes de véhicules électriques

neufs. Pour le moment, je constate beaucoup d'attentisme concernant les projets de sites de recyclage. Or, ces derniers sont fondamentaux.

« Nous avons des potentiels d'évolution importants pour la chimie de notre batterie »

Quels sont les nouveaux développements et les perspectives d'évolution dans le domaine de la chimie ?

Y.V. : Tout d'abord, notre chimie est un actif important et nous allons la faire évoluer pour encore optimiser les temps de recharge et augmenter les capacités avec des perspectives de gain à deux chiffres. Il y a du potentiel en faisant évoluer les matériaux. Nous pensons qu'une part importante du marché restera en NMC. Pour les petites voitures et leur volume limité dédié aux batteries, je pense que le NMC reste une bonne solution permettant d'offrir suffisamment d'autonomie.

Quelles perspectives chiffrées pouvez-vous nous confier ?

Y.V. : Nous avons l'objectif d'atteindre un volume de batteries produites de 30 GWh. Nous y serons fin 2027, début 2028 avec BBD1 et BBD2. Nous prendrons, dans le courant de cette année, des décisions concernant d'autres tranches. ●

Propos recueillis par Bertrand Gay



Challenge Etudiant.e.s Réduction de Modèles

Journée d'étude IA & Simulation

21 mai 2026
Poissy - Forum Armand Peugeot



Sponsorisé par



MORE INFO



Student poster Session

Congrès SIA Powertrain

17 & 18 juin 2026
Lille



Sponsorisé par



MORE INFO



NeMMo Pitch Challenge

Congrès SIA New Materials for future Mobility

1 & 2 juillet 2026
Rennes



Sponsorisez cet
événement

MORE INFO



Les évènements SIA 2026



Future-Proofing SDV

Journée d'étude

5 février 2026, Bosch, Saint-Ouen, France

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



Powertrain

Congrès international

17 & 18 juin 2026, Lille Grand Palais, Lille, France

- 60 présentations // 500 participants
- Voitures de démonstration
- Exposition & Offres de visibilité



High Performance Hydrogen Internal Combustion Engine

Journée d'étude

19 mars 2026, Université d'Orléans, Orléans, France

- 8 présentations // 100 participants



NeMMo

Congrès international

1 & 2 juillet 2026, Couvent des Jacobins, Rennes, France

- 25 présentations // 200 participants
- Exposition & Offres de visibilité



Sécurité holistique & Fiabilité

Journée d'étude

31 mars 2026, FIAP Paris, France

- 18 présentations // 60 participants



Vision

Congrès international

23 & 24 septembre 2026, Les Pyramides, Port-Marly, France

- 40 présentations // 500 participants
- Voitures de démonstration
- Exposition & Offres de visibilité



Simulation & IA

Journée d'étude

21 mai 2026, Ile-de-France, France

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



Système batterie

Journée d'étude

Octobre 2026, environs de Lille, France

- 10 présentations // 100 participants

Nous contacter :



Estelle FORA-PORTHAULT
estelle.fora@sia.fr - +33 6 76 62 24 87

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

Road profile identification using Artificial Neural Networks (“proof-of-concept” for the APACHE system time series analysis)

G. Thomas¹, A. Geslain², C. Pézerat², C. Thevenard³, T. Antoine³

¹ ENSIM – École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans.

² Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), UMR 6613, Institut d'Acoustique – Graduate School (IA-GS), CNRS, Le Mans Université, France.

³ Renault Group

Over the past year, the Île-de-France region has been surveyed by Megane E-Tech vehicles equipped with the APACHE measurement system (Appraisal of Pavement Acoustic Characteristics and Energy Efficiency), aiming to map the acoustic condition of roads, a key factor in traffic noise (SIA NVH 2023, Antoine Thomas, “Road noise pollution: a breakthrough approach”). More recently, the Le Mans Métropole area launched a similar program, enhanced by specific analyses of particular APACHE signals from ENSIM teams, which assess road “transients” based on time recordings. This work presents a proof-of-concept approach using artificial neural networks (ANNs) to reconstruct road profiles from onboard APACHE sensor measurements. The methodology is based on a state-space formulation of a quarter-vehicle model, which captures the vehicle's vertical dynamic behavior, and combines inverse problem solving with a multilayer perceptron (MLP). The results demonstrate the model's ability to identify pavement irregularities from

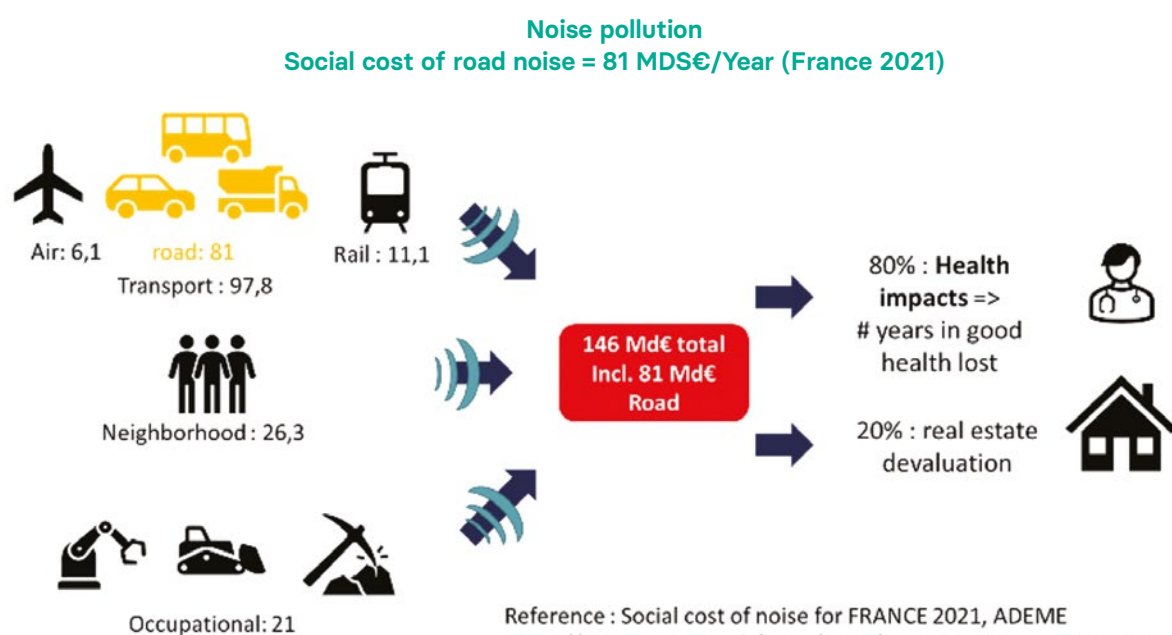
vertical dynamic responses alone. This approach paves the way for mobile, onboard monitoring, transforming vehicles into mobile sensors capable of simultaneously assessing road acoustic conditions and pavement health.

Keywords: Artificial neural networks, vehicle dynamics, road profile, APACHE sensor.

Introduction

Noise pollution

Road traffic noise pollution accounted for €81 billion out of a total €147 billion in the estimated social cost of noise pollution in France in 2021, considering combined impacts on public health and real-estate depreciation, including property devaluation. Today, tyre-road interaction noise (i.e., rolling noise) has become the dominant acoustic source in modern passenger vehicles, and constitutes virtually the entire noise





Example of mapping generated from APACHE data and simulation results from Bruitparif.

contribution for battery electric vehicles (BEVs). The regional noise observatory Bruitparif reported that pavement-based mitigation delivers the highest cost-benefit ratio among actionable levers, with an impact factor of 1 to 17. It is therefore essential to acquire spatially resolved knowledge of pavement acoustic condition — data that remain largely unavailable despite the major economic and acoustic implications of road resurfacing and maintenance planning. This is precisely the objective of APACHE, which turns instrumented vehicles into mobile sensors capable of sensing road condition. By combining geospatial processing and geomatics analysis, these measurements enable the generation of high-resolution pavement condition cadasters to support data-driven optimization of maintenance works. The integration of this information into environmental noise models substantially improves model predictability and reduces epistemic uncertainty, yielding a marked enhancement in rolling-noise exposure assessment¹. (SIA NVH 2025 – Mietlicki Antoine, “Environmental noise model updating using real world road quality data”).

APACHE

APACHE is an embedded acquisition and processing unit integrating four core functions:

- signal conditioning of two triaxial accelerometers based on A2B sensor technology,
- GPS-based localization and vehicle speed estimation,
- 4G/5G wireless communication,
- onboard intelligence to manage data acquisition and execute predefined preprocessing routines.

The system generates two types of outputs:

- 1 Hz preprocessed measurements from six channels logged each second into CSV files,
- event-triggered recordings stored as WAV signals with a pre-trigger buffer, initiated when an acceleration threshold is exceeded, to capture full transient road events (e.g., speed bumps or potholes).

The CSV outputs are used to generate the pavement condition maps presented above, while the WAV recordings are intended for quantifying the severity of the captured road events. This topic constitutes a core research focus in which ENSIM teams are directly involved.

Modeling of Vehicle Vertical Dynamics

The vehicle's vertical dynamic behavior is modeled using the quarter-car representation, as illustrated in Figure 4.

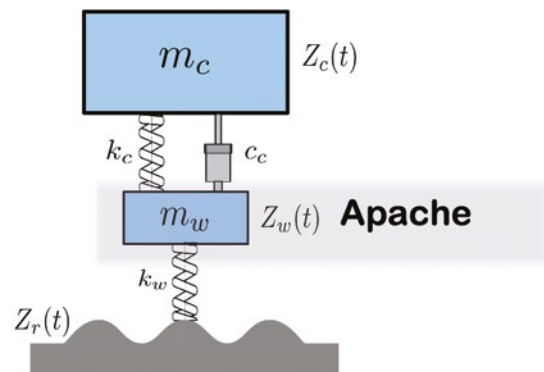


Figure 4: Quarter-car model and APACHE sensor placement.

The displacement of the sprung mass m_c is denoted $Z_c(t)$. The displacement of the unsprung mass m_w is denoted $Z_w(t)$.

The suspension consists of a linear spring with stiffness k_c and a damper with coefficient c_c . The tire is modeled as a linear spring with stiffness k_w . All parameters (m_c, m_w, k_c, c_c, k_w) are assumed to be constant.

The vehicle's bouncing dynamics, modeled under the assumption of a linear suspension and a purely elastic linear tire, are described using a state-space formulation: $\dot{X}(t) = AX(t) + BZ_r(t)$ and $Y(t) = CX(t)$. The state vector $X(t)$ aggregates the displacements and velocities of the sprung and unsprung masses. The state matrix A is fully defined by the vehicle's physical parameters. The road loading is represented by the profile $Z_r(t)$ and applied through the input matrix B . The observation matrix C performs the linear mapping from the system state $X(t)$ to the measured output $Y(t)$. The APACHE sensor provides a direct measurement of the vertical acceleration of the unsprung mass, constituting the mesurand $Y(t)$.

The direct problem involves exciting the system with a road profile $Z_r(t)$, computing the state vector $X(t)$, and then mapping it to determine the vertical acceleration of the unsprung mass $Y(t)$, which is the quantity measured by the APACHE sensor.

The inverse problem starts from the measured unsprung mass acceleration $Y(t)$, to reconstruct the state vector $X(t)$ in order to estimate the road profile $Z_r(t)$.

Road Profile Estimation Using Artificial Neural Networks (ANN)

The inverse problem is addressed using a multilayer perceptron (MLP) designed to estimate the reconstructed road excitation profile $\hat{Z}_r(t)$. The network learns the functional mapping between the input $Y(t)$ (vertical acceleration

of the unsprung mass) and the reference output $Z_r(t)$ (road profile), previously obtained from the direct problem. The training strategy employs a point-to-point temporal association: for each sampling instant t_i of the temporal vector t , the model approximates the mapping ($Y(t_i) \rightarrow Z_r(t_i)$). Training is conducted on a large set of synthetic road profiles, including localized singularities (e.g., potholes, speed bumps) and stochastic irregularities, enriched with parametric variations in amplitude, effective spatial extent, event duration, and measurement noise. This diversity ensures robustness and generalization of the model under variable road conditions and sensor uncertainties.

To ensure the physical validity of the training data, the direct problem is solved using two complementary approaches: (i) an explicit fifth-order Runge-Kutta numerical scheme², and (ii) a semi-analytical solution based on the Magnus expansion³ applied to the state-space system. In the semi-analytical approach, the state is propagated from one temporal sample to the next as:

$$X(t_{i+1}) = e^{A\Delta t}X(t_i) + A^{-1}(e^{A\Delta t} - I)BZ_r\left(\frac{t_i+t_{i+1}}{2}\right)$$

where $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ is the identity matrix, and $Z_r\left(\frac{t_i+t_{i+1}}{2}\right)$

represents the road excitation applied at the midpoint of the interval. The mesurand $Y(t)$ is then obtained from the observation equation: $Y(t)=CX(t)$. Results, shown in Figure 5, indicate satisfactory agreement between the two solution methods, validating the dynamic consistency of the generated dataset.

During the test phase, the trained network is employed in inference mode using a synthetic acceleration measurement $Y_{\text{test}}(t)$, computed by solving the direct problem for a selected test road profile $Z_{r\text{test}}(t)$. The test profile is chosen to include typical road events representative of real-world surface irregularities. The evaluation aims to assess the network's ability to reconstruct the test road profile solely from $Y_{\text{test}}(t)$. Figure 6 presents (i) the synthetic acceleration signal $Y_{\text{test}}(t)$, (ii) the reference road profile $Z_{r\text{test}}(t)$, and (iii) the estimated profile $\widehat{Z_{r\text{test}}}(t)$ predicted by the MLP. Comparison between $\widehat{Z_{r\text{test}}}(t)$ and $Z_{r\text{test}}(t)$ allows evaluation of the reconstruction's fidelity and robustness.

The results of the inverse problem demonstrate a high correlation between the estimated profile $\widehat{Z_{r\text{test}}}(t)$ and the reference road profile $Z_{r\text{test}}(t)$ applied in the direct simulation. The most significant discrepancies occur during strongly

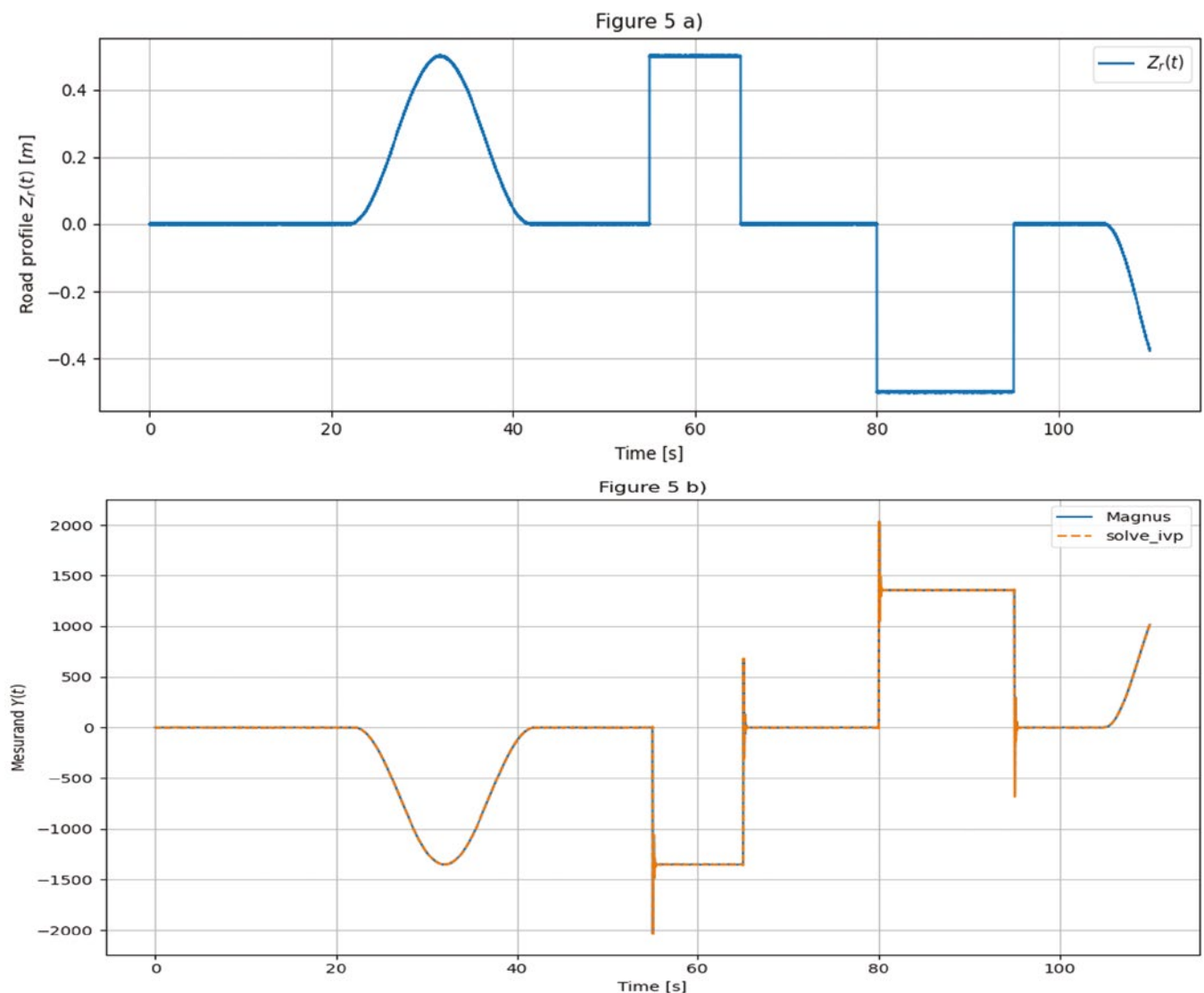


Figure 5: Resolution of the direct problem. a) The road profile $Z_r(t)$ is used to excite the system. b) The resulting acceleration $Y(t)$ is obtained using both the Runge-Kutta and Magnus expansion methods. The simulation parameters correspond to typical values ($m_c = 466.5$ kg, $m_w = 49.8$ kg, $k_c = 5700$ N/m, $c_c = 1300$ N s/m, $k_w = 135000$ N/m). The results show good agreement between the two methods of resolution.

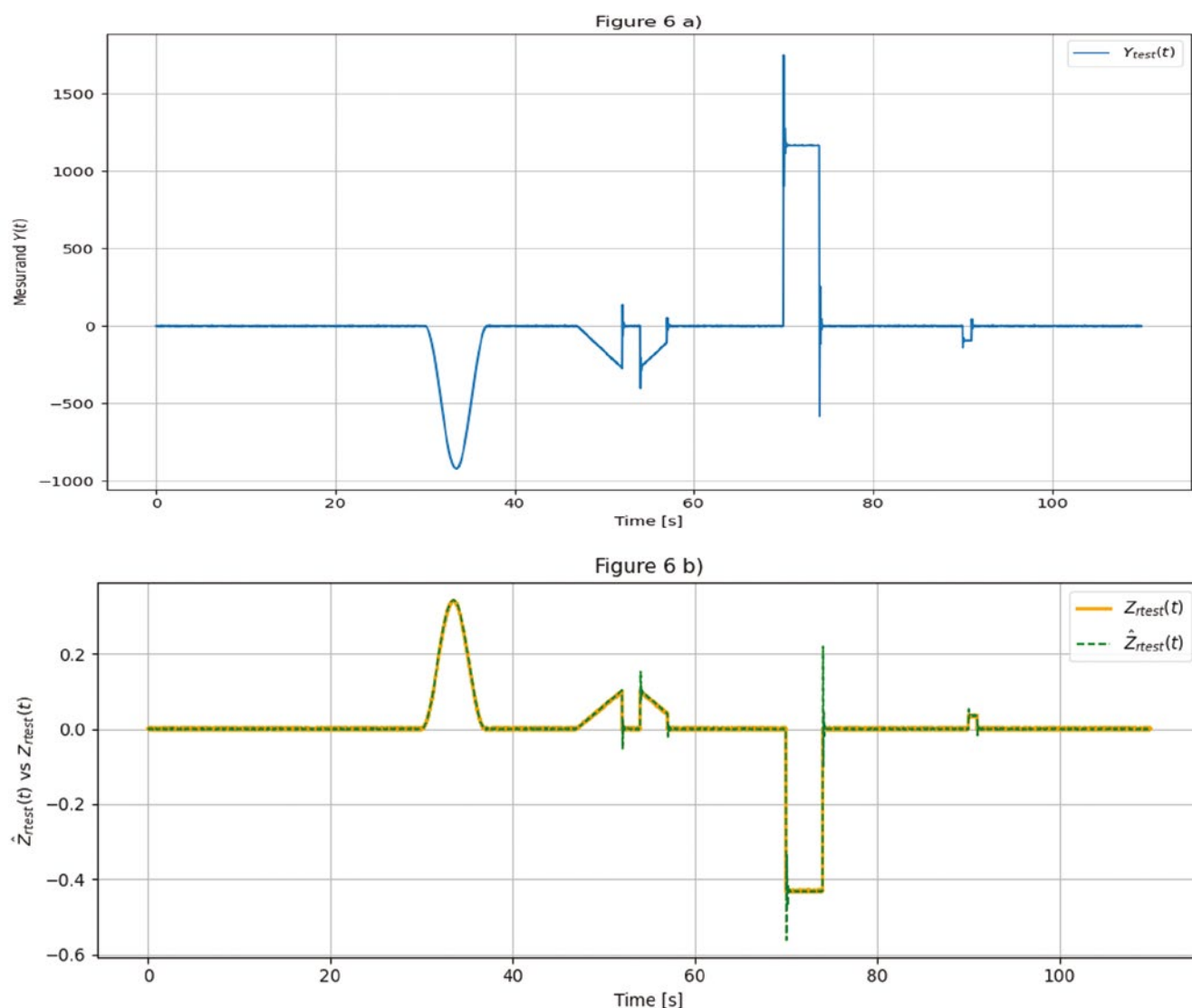


Figure 6: Resolution of the inverse problem.

- a) The acceleration $Y_{test}(t)$, obtained from the direct problem, serves as the input to the MLP.
 b) The results demonstrate that using the MLP to estimate the road profile $\hat{Z}_{r_{test}}(t)$ yields a strong correlation with the reference profile $Z_{r_{test}}(t)$ employed in the direct simulation. The largest discrepancies occur during highly transient events, where the system's dynamic response is dominated by its resonances.

transient events, where the system's response is dominated by its natural resonances, occasionally limiting the accuracy of the supervised reconstruction.

Conclusion and Perspectives

The results of this student project, presented as a proof of concept, confirm the relevance of using an artificial neural network-based approach to estimate road profiles from measurements provided by the APACHE sensor.

This method enables, a posteriori, the identification of the location, width, and depth of pavement irregularities from the WAV files recorded by the APACHE sensor, providing a practical approach to assess road condition, and enabling an assessment of "driving events" severity through geometrical assessment.

Transitioning from a proof of concept to full-scale integration requires experimental characterization of the vehicle, both on test benches and on track, to determine the actual values of vehicle parameters. The current concept, based on a state-space model of vehicle dynamics and an

inverse problem solved via artificial intelligence, offers the advantage of being extendable to more complex models, such as half-vehicle models (bounce-roll) or full-vehicle models (bounce-roll-pitch), as well as incorporating nonlinear suspension behavior and viscoelastic tire characteristics. ●

Acknowledgements

The authors wish to thank the participants of the APACHE Le Mans project, Le Mans Métropole, ENSIM – LAUM – IAGS, and Renault Group for their support.

References

- [1] SIA NVH 2025 – Mietlicki Antoine, "Environmental noise model updating using real world road quality data".
- [2] Dormand, J. & Prince, P. (1980). "A family of embedded Runge-Kutta formulae", Journal of Computational and Applied Mathematics.
- [3] Magnus W., "On the exponential solution of differential equations for a linear operator", Communications on Pure and Applied Mathematics, vol. 7 (1954), pp. 649-673.

	02.04	Aftermarket Day	Le tout nouveau rendez-vous pensé pour tous les acteurs de la rechange : pièce, pneu, peinture, carrosserie...
	15.04	La Personnalité Automobile de l'Année	Un prix qui célèbre depuis plus de 40 ans les figures emblématiques de l'industrie automobile.
	27.05	Les États-Majors du VO	La journée annuelle 100% business qui réunit toute la chaîne de valeur du marché des voitures d'occasion.
	09.06	Invest'Auto Day	Le rendez-vous incontournable des décideurs de la distribution automobile.
	07.09	Le Trophée de Golf de la Distribution Automobile	Une occasion exclusive de rencontres entre les distributeurs automobiles et les professionnels de la Rechange dans l'un des golfs les plus exclusifs de France.
	15.09	Fleet & Mobility Day	Une journée dédiée aux décideurs flottes et mobilités pour relever les défis actuels et optimiser les pratiques dans un secteur en pleine évolution.
	19.11	Les Grands Prix de la Distribution Automobile	Une soirée consacrée aux initiatives, innovations et résultats des acteurs de la distribution automobile, à travers 12 grands prix décernés par le Journal de l'Automobile.