CONFORT ACOUSTIQUE ET VIBRATOIRE - LES NOUVEAUX DEFIS

Société des Ingénieurs de l'Automobile

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

PSA PEUGEOT CITROËN

RENAULT Passion for life

Ch Zhang et L Gavric

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

3 - Excitations propres aux nouvelles chaînes de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

5 – Conclusions et remarques

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

3 - Excitations propres aux nouvelles chaines de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

5 – Conclusions et remarques

Contexte du marché actuel de l'automobile

- Dans le passé, le confort acoustique et vibratoire (NVH) a été considéré comme une performance secondaire pour une voiture

- Dans le marché automobile actuel, le NVH est devenu une performance discriminante, permettant de positionner le produit dans le haut de gamme et ainsi de garantir les meilleurs résultats commerciaux

- Le défi des acousticiens n'est plus uniquement de faire une voiture silencieuse, mais de contribuer à la conception d'une voiture performante à la fois en NVH, en masse, en consommation et en coût

Défis NVH et solutions potentielles

> Dans le contexte économique et sociétal d'aujourd'hui, caractérisé par la conscience écologique accrue du consommateur, cette conférence abordera les sujets complexes tels que :

- performance acoustique et gain de masse
- excitations spécifiques aux nouvelles chaînes de traction
- nouvelles technologies et leurs impacts sur NVH

> Les défis :

- comment réconcilier allègement et confort acoustique et vibratoire ?
- comment atténuer l'excitation de plus en plus sévère des moteurs modernes à combustion interne ?
- le contrôle actif fait-il partie des solutions acoustiques de demain ?
- quelles sont les limites de la génération de sons artificiels dans le véhicule ?
- cette technologie de sonorisation offre-t-elle la possibilité de masquer les bruits indésirables et de créer des ambiances sonores valorisantes ?

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

3 - Excitations propres aux nouvelles chaines de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

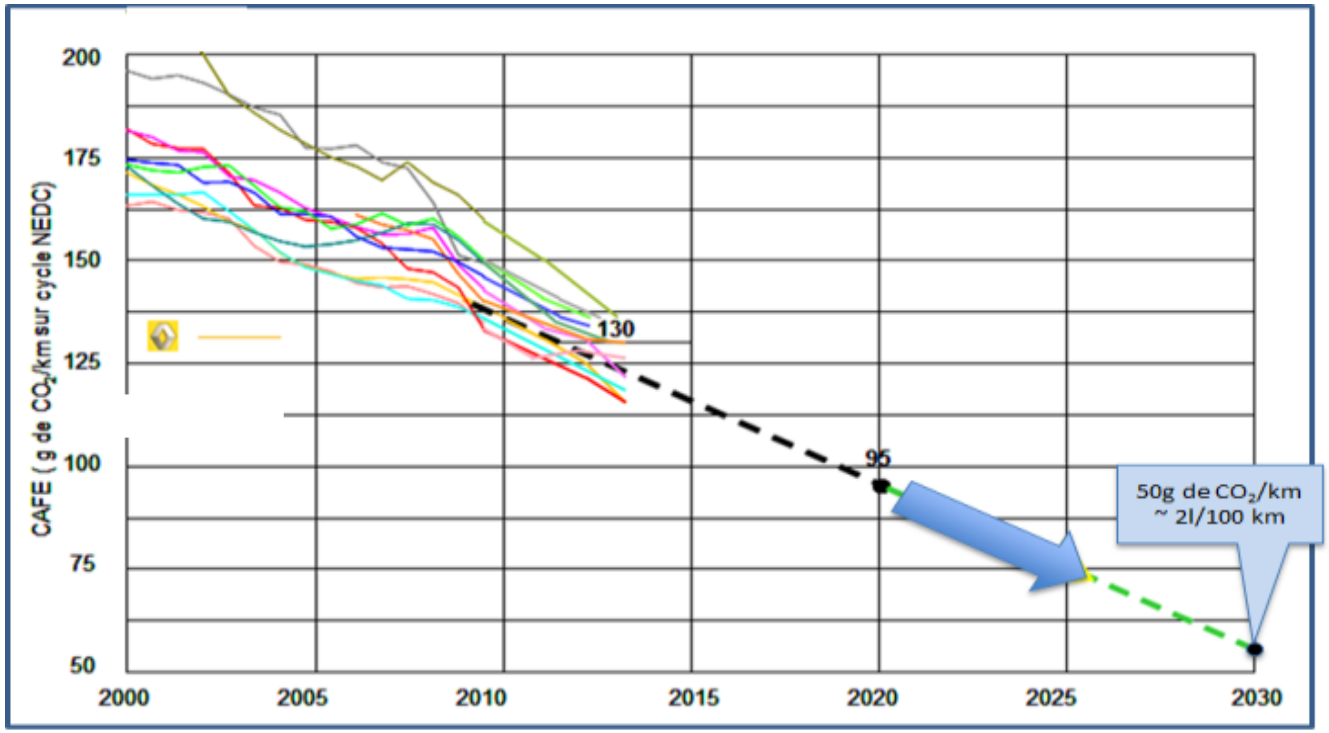
4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

5 – Conclusions et remarques

Feuille de route de la réduction de l'émission CO2

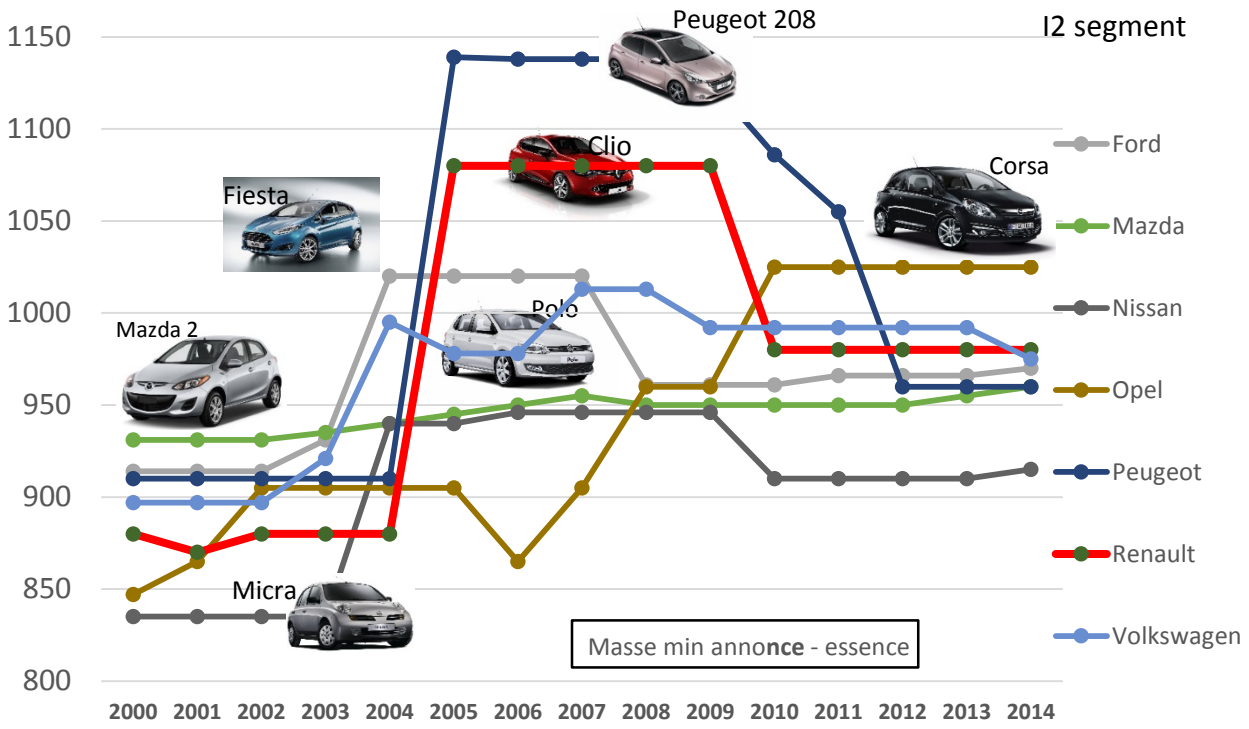
> En 2020, la cible d'émissions de CO2 est de 95g/km (CAFE Europe) sur une trajectoire de 50g/km en 2030

> 1 % de réduction masse équivaut à 0,5 % de réduction d'émission C02



4

Evolution de masse lors des 15 dernières années



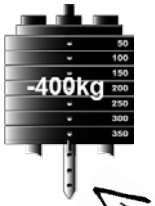
> Question : l'allègement dégrade-t-il forcément le confort acoustique de la voiture ?

Eolab : vitrine des technologies de la voiture de 2025

> Consommation : 1L/100 km soit 22g d'émission CO_2/Km

> Allègement -400 kg, Aérodynamique -30% de SCx et Technologie de 'Z.E. Hybride'

Les impacts sur le confort acoustique



PHEV 3cyl PWT

SCx -0.200m²

Rétroviseur par caméra

Les paramètres favorables

- ✓ Mode EV au ralenti
- ✓ HEV au démarrage
- ✓ Faible excitation aérodynamique
- ✓ ANC en B/M fréquences

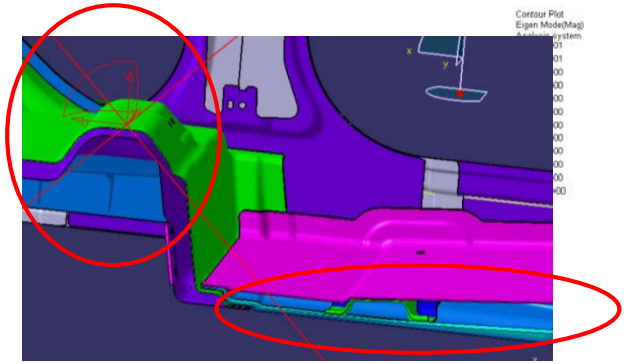
Risques

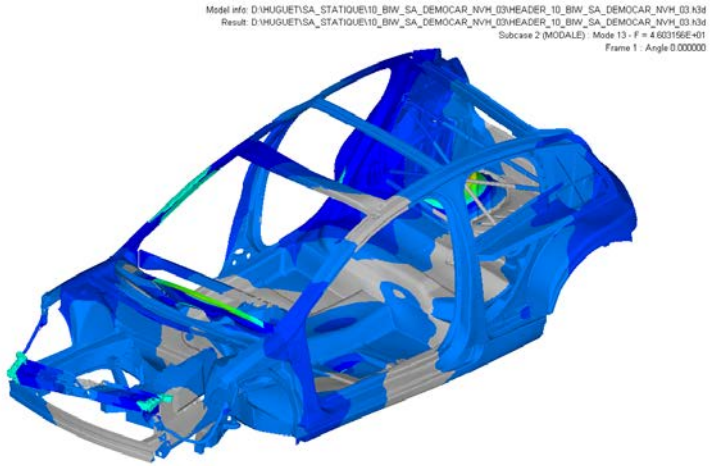
- ✓ Insonorisation
- ✓ Rigidité de la caisse
- ✓ Pneu bas friction (+ excitation en bruit de roulement)

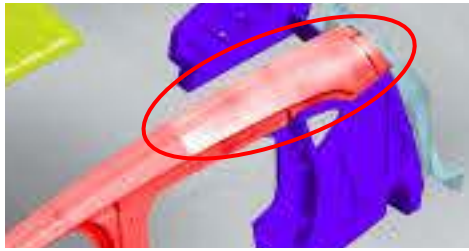
La rigidité de la caisse : Eolab vs Clio 4

> Nœud de superstructure en alu moulé : pour améliorer la rigidité.

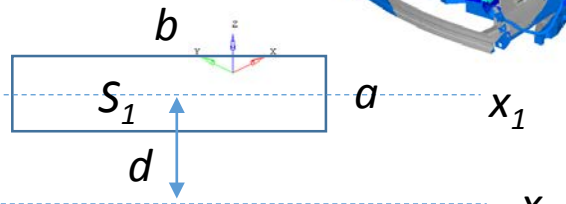
> Plancher composite double parois : pour augmenter l'inertie de la section de soubassement.







$$I_1 = \frac{ba^3}{12}$$



$$I_2 = I_1 + S_1 \mathrm{d}$$

Si *a=1* et *d=10*, $\frac{I_2}{I_1} \approx 120$

	CLIO IV	EOLAB
Mode de torsion	42	46
Modes locaux >100Hz	✓	✓

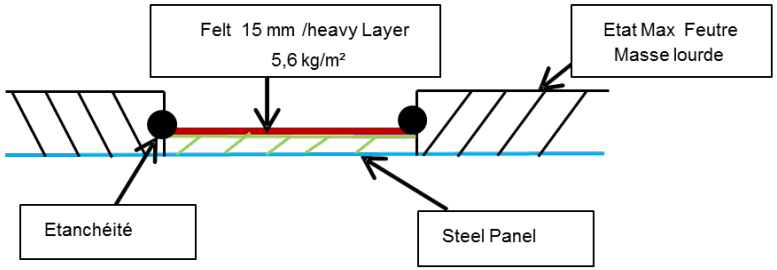
$I_{double} >> I_{simple}$

Isolation moyen et hautes fréquences

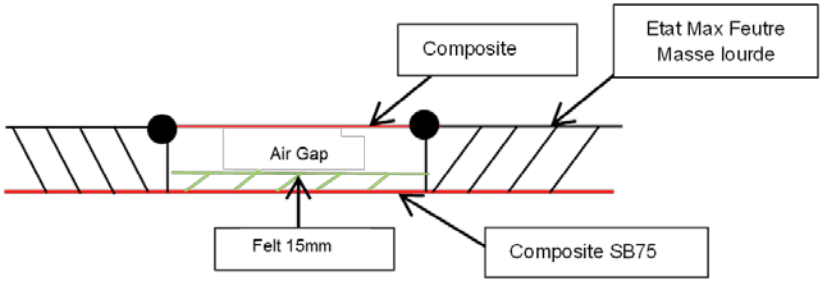
> Plancher composite double parois → excellent traitement des MF et HF

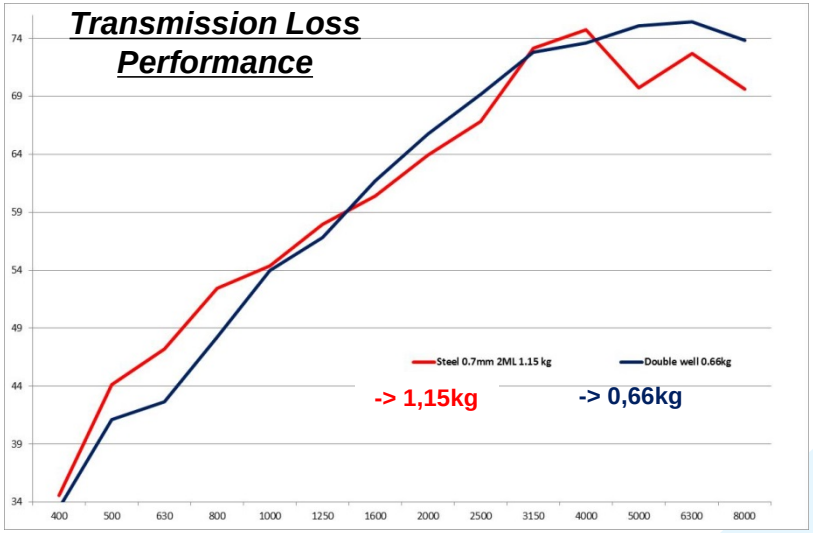
> Une solution double effet → rigidité de la caisse et meilleure isolation

Config 1 : Steel Panel 0,65 mm/ felt thickness15 mm / Heavy Layer 5,6 kg/m²



Config 2: Composite Layer (SB75) / Felt 15mm / Air Gap / Composite Layer



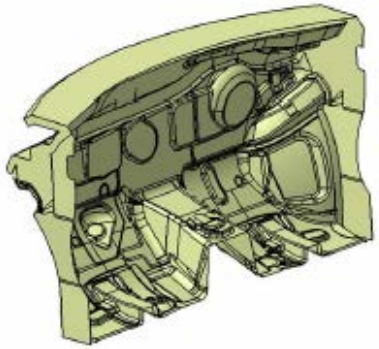


Même efficacité d'isolation mais 2 fois plus léger

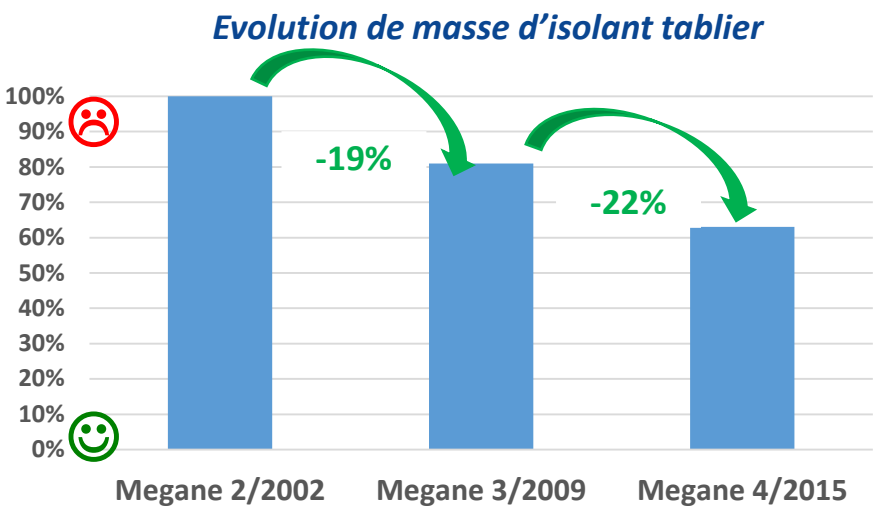
EOLAB – vitrine pour 2025

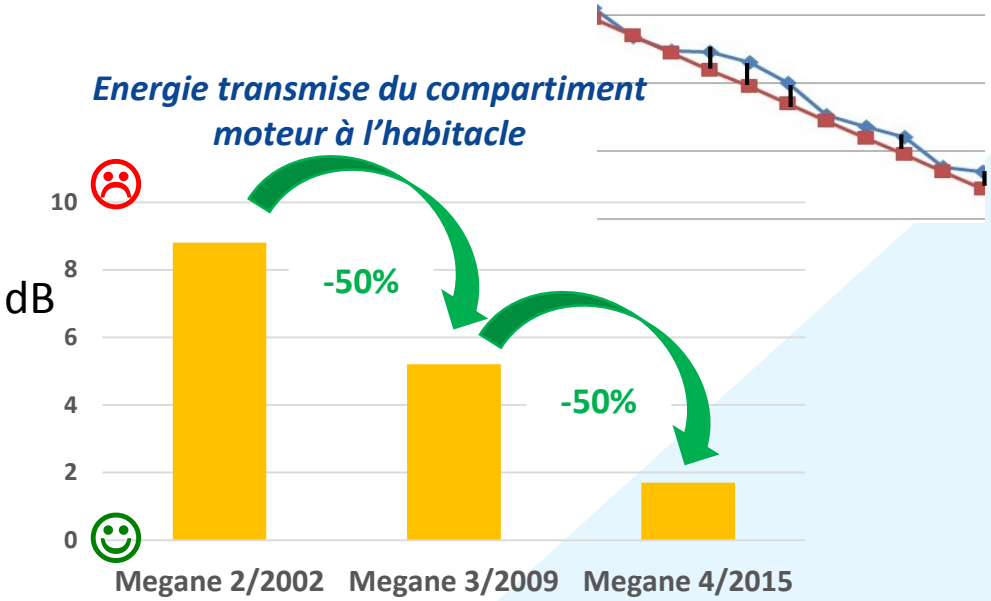
Quels sont les techniques d'allégement pour les voitures 2015 ?

Evolution de l'isolant tablier



- Du tablier Mégane 2 au tablier Mégane 4
- Allègement -37% et Performance d'isolation +75%
- Entre Mégane 2 et 3 : Kaizen de conception et amélioration des traversées.
- Entre Mégane 3 et 4 : Nouvelle technologie avec l'effet d'absorption maximisé

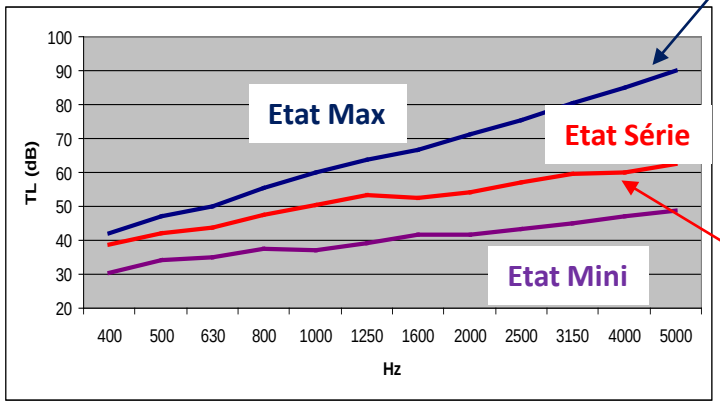




Perte de l'efficacité due aux traversées

> Les traversées mal traitées : +10 dB de perte en hautes fréquences

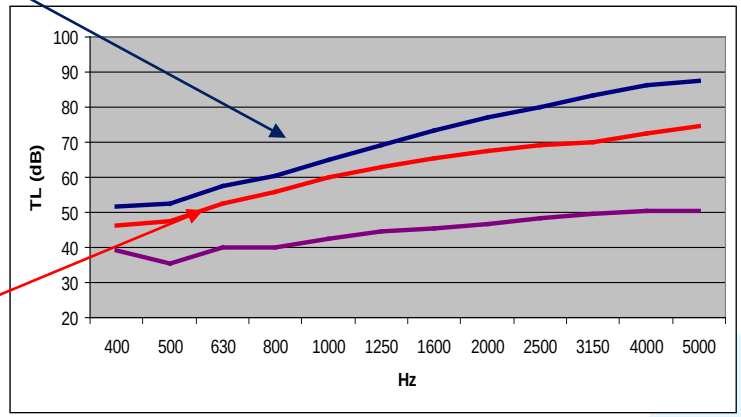
Silhouette 1 (mauvais)

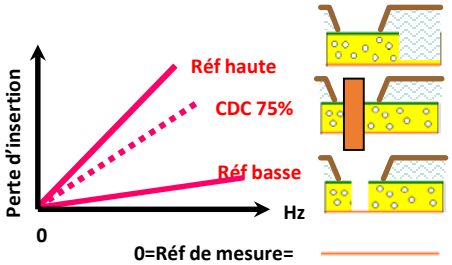


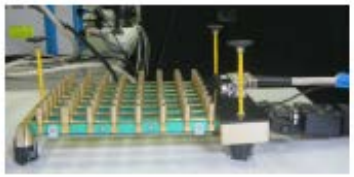
Sans Traversées

Série

Silhouette 2 (bon)



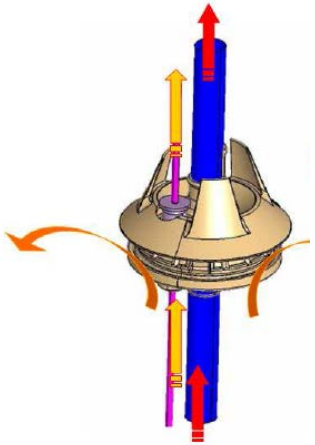


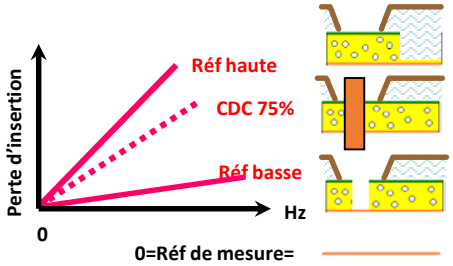


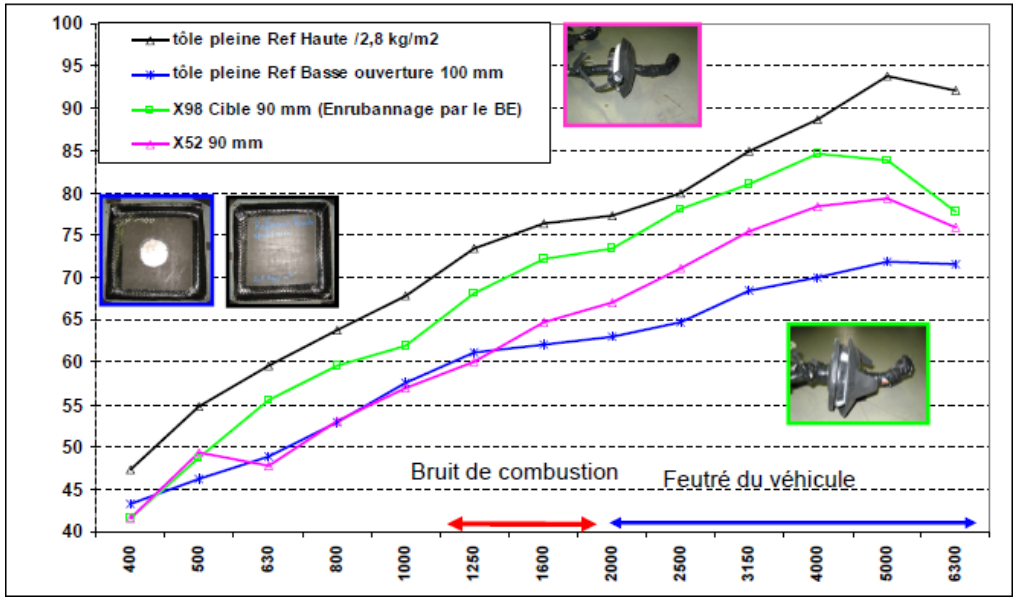
Traitement d'un composant traversant par petite cabine

> Analyse holographique pour identifier les zones faibles

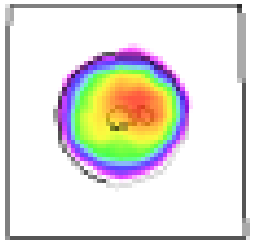
> Correction suite au diagnostic : 6 dB d'amélioration



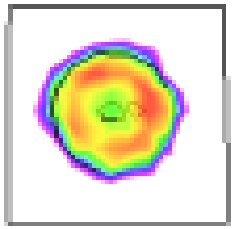




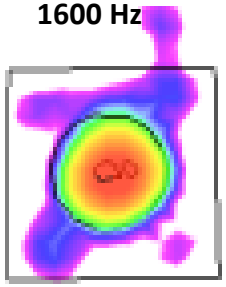
4000 Hz



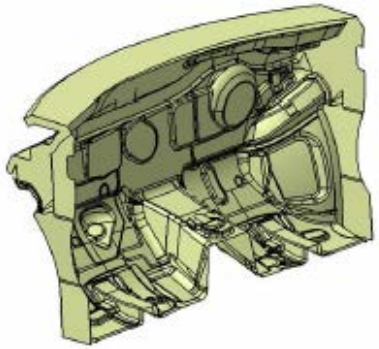
6300 Hz



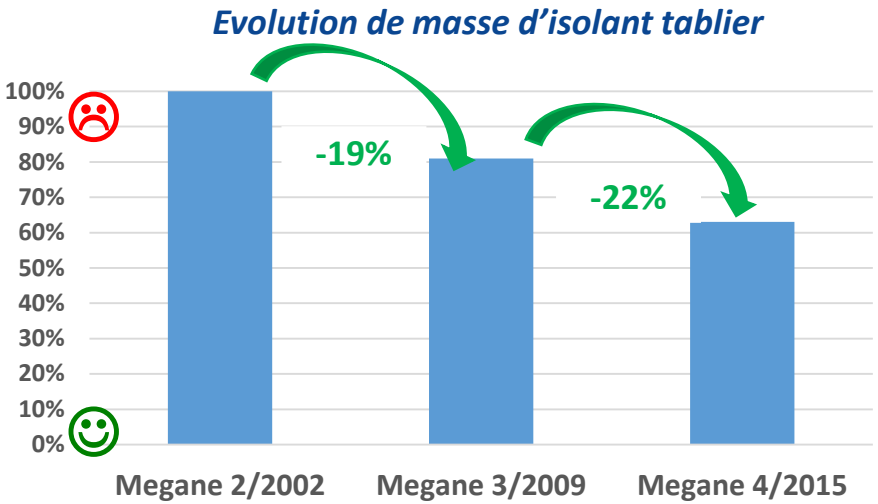
1600 Hz

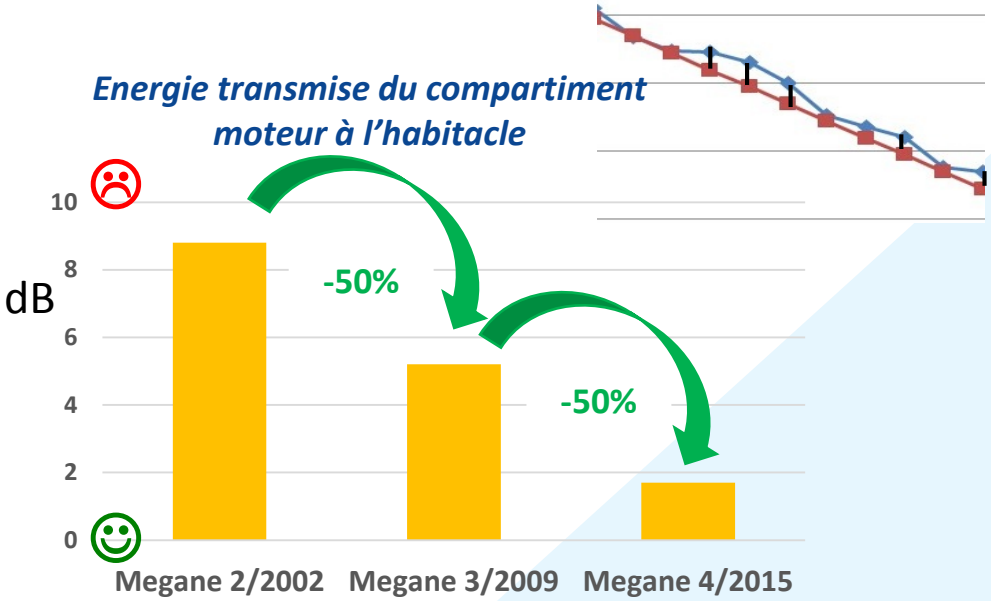


Evolution de l'isolant tablier



- Du tablier Mégane 2 au tablier Mégane 4
- Allègement -37% et Performance d'isolation +75%
- Entre Mégane 2 et 3 : Kaizen de conception et amélioration des traversées.
- Entre Mégane 3 et 4 : Nouvelle technologie avec l'effet d'absorption maximisé





Evolution des technologies de l'insonorisation

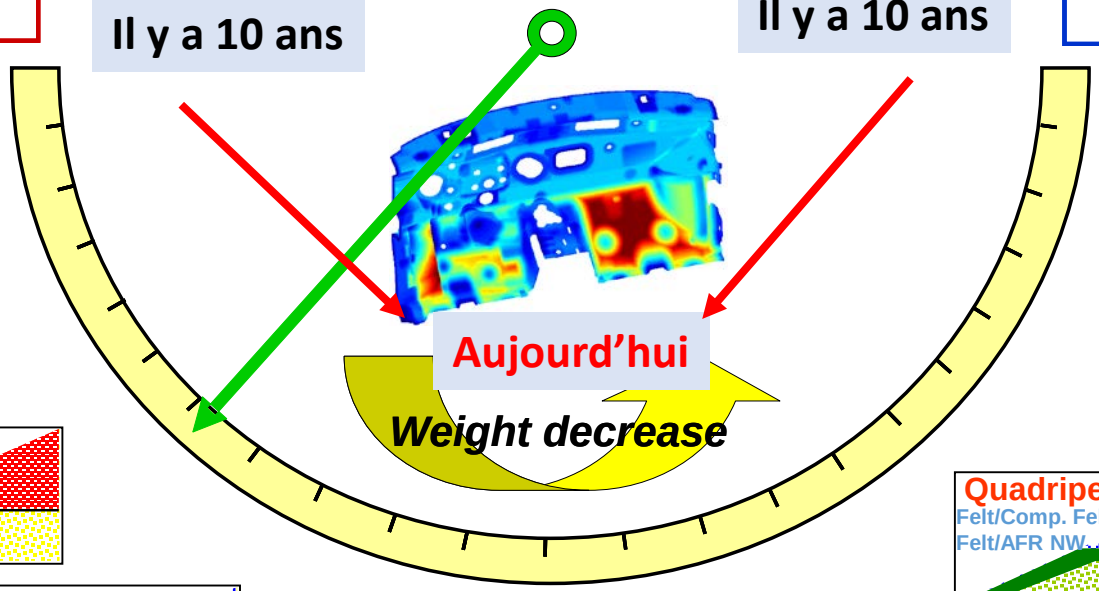
faurecia

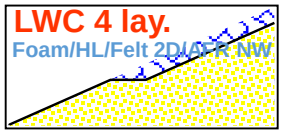
Insulation

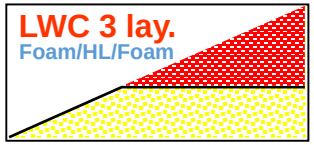
Absorption

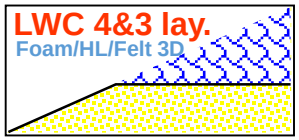
Il y a 10 ans

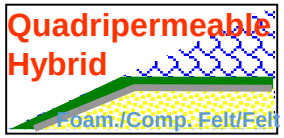
Il y a 10 ans

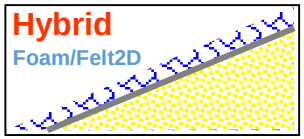


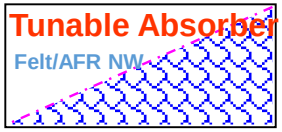


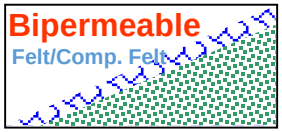










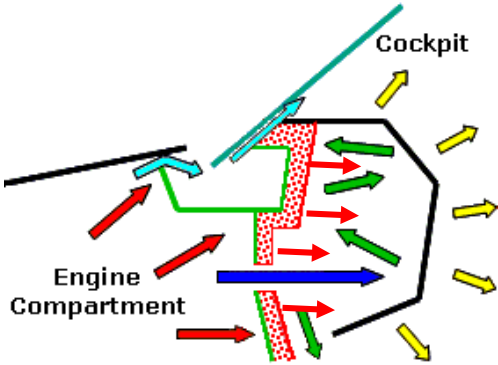


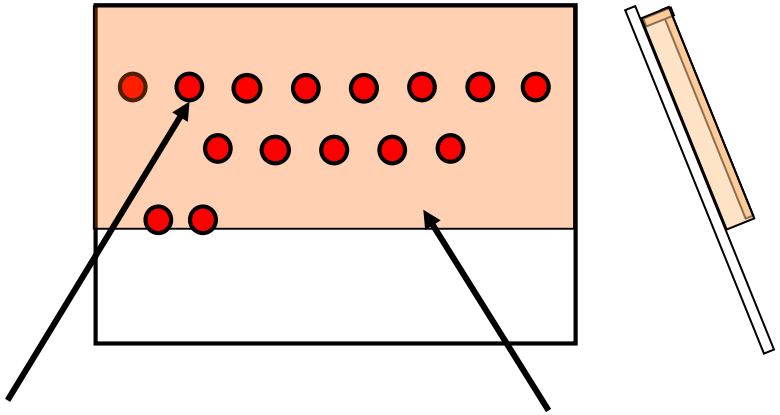
Mixed Insulation/Absorption

Bon ratio masse / performance acoustique

Optimisation de l'insonorisation isolation/absorption

> Effet de l'isolation renforcé par l'absorption
> Efficacité d'absorbant maximisée dans un volume confiné – zone sous PdB
> Une étude (numérique et expérimentale) commune à Renault/Faurecia pour valider le principe

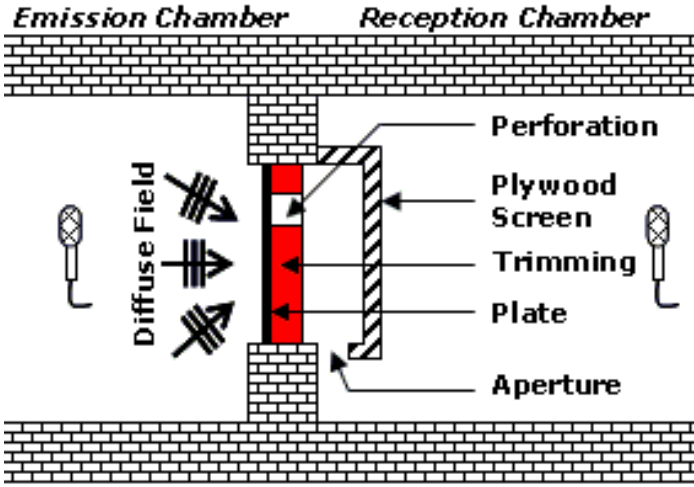




Trous : simuler des traversées

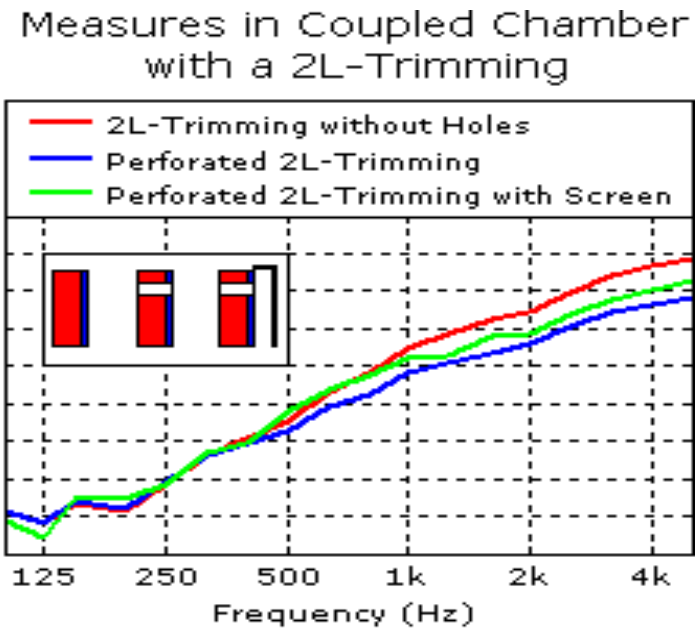
Echantillons :

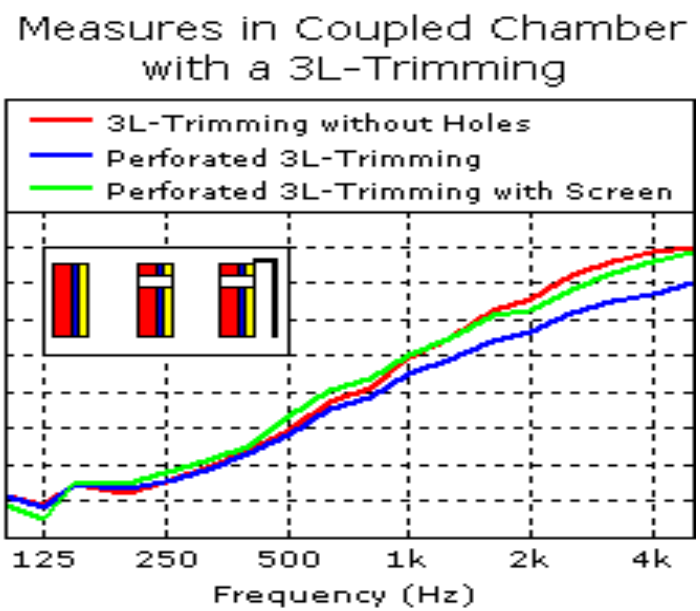
- **2 couches classiques**
- **3 couches avec absorption**

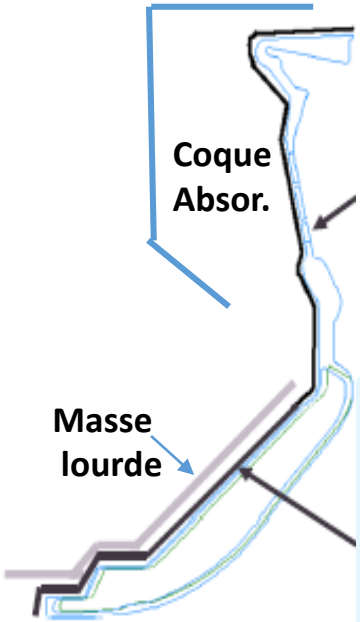


Etude commune Renault/Faurecia

- 3 configurations d'essai : référence, troué, troué avec écran (PdB)
- 2 couches : l'écran apporte peu
- 3 couches : avec l'écran, on retrouve l'efficacité de la référence







La configuration <u>absorption+écran</u> compense la perte due aux trous de l'échantillon

Résumé des impacts masse sur NVH

> Tous les constructeurs font des efforts pour l'allègement, en moyenne -100 kg pour le nouveau modèle par rapport au modèle remplacé

> Malgré la forte réduction de masse, la prestation acoustique reste à un bon niveau

> Cette performance est due :

- à la prise en compte des basiques dans les règles de conception
- au progrès des moyens numériques et expérimentaux
- à la collaboration entre constructeurs et fournisseurs
- aux innovations en permanence

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

3 - Excitations propres aux nouvelles chaines de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

5 – Conclusions et remarques

Groupe Motopropulseur (GMP) de demain

> Le moteur à combustion interne alimentera 90% des véhicules 2020-2030, selon différentes études

> Les nouveaux GMP se doivent :

- de respecter les objectifs CO2
- de diminuer la consommation de carburant
- d'atteindre les objectifs d'émission de polluants

tout en atteignant les objectifs NVH et d'agrément

> Les avancées technologiques du GMP de demain sont :

- <u>moteur</u> : réduction de cylindrée, désactivation de cylindres, compression variable, cycles thermodynamiques efficaces
- <u>transmission</u> : possibilité accrue de fonctionner à bas régime / fort couple
- <u>autres</u> : hybridation, stop & start

Moteurs à faible cylindrée et fort couple

> Le downsizing des moteurs thermiques consiste à mettre plus d'air et plus de carburant dans un petit moteur afin de générer plus de puissance

- vu que les pertes mécaniques sont, en général, proportionnelles aux dimensions du moteur, elles sont maintenues constantes
- le moteur devient plus efficace, il consomme moins de carburant, il est plus léger pour une puissance identique

> Le down-speeding est une stratégie qui fait fonctionner le moteur à bas régime/fort couple → ce qui permet de diminuer la consommation du carburant

- le moteur génère un couple important à bas régime avec un acyclisme résultant d'un niveau élevé

> La réduction du nombre de cylindres est considéré comme un downsizing ultime

- la technologie des moteurs à combustion interne imposent une limite inférieure de cylindrée unitaire → pour poursuivre la diminution de cylindrée du moteur, le nombre des cylindres doit être réduit

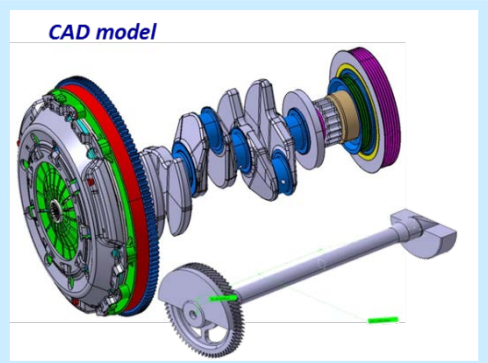
Réduction du nombre de cylindres

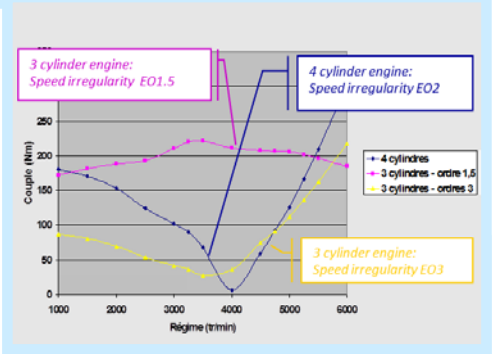
> Le comportement NVH des moteurs 2 et 3 cylindres diffère des moteurs 4 cylindres, de par:
- l'équilibrage des forces d'inertie
- l'acyclisme dû aux forces de gaz
- la perception du bruit due au contenu fréquentiel

> Les forces d'inertie des moteurs 2 et 3 cylindres peuvent être compensées en utilisant un arbre d'équilibrage

> L'acyclisme des moteurs 2 et 3 cylindres est plus bas en fréquence
- 2 et 3 cylindres H1 et H1.5, respectivement
- 4 cylindres H2

> L'excitation basse fréquence des moteurs 2 et 3 cylindres peut croiser les modes du véhicule (châssis, LAS) et générer des niveaux vibratoires élevés





Autres technologies pour l'efficience des GMP

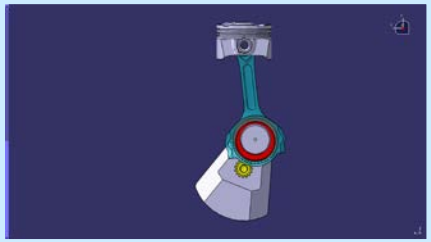
> La désactivation de cylindres se fait en charges partielles du moteur

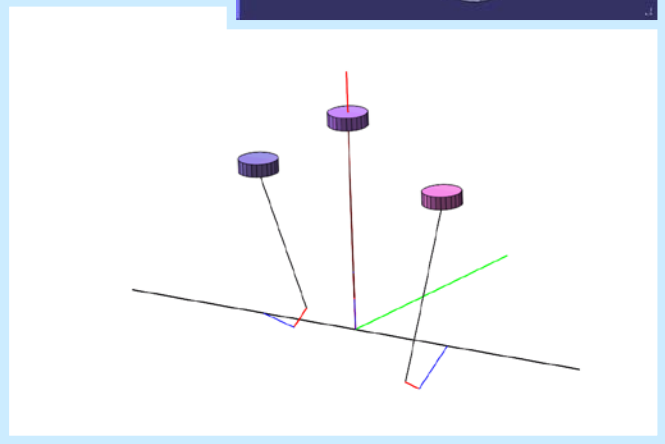
- l'alimentation en carburant est coupée pour certains cylindres et les soupapes correspondantes sont fermées
- les pertes par pompage et mécaniques sont réduites
- la cylindrée effective de travail diminue
- la période entre 2 combustions augmente ainsi que l'acyclisme résultant

> Le taux de compression variable (TCV)

- augmente l'efficacité globale du moteur en modulant la puissance du moteur en fonction de la demande
- optimise le taux de compression et la puissance maximale (limite cliquetis)
- utilise les cycles efficaces de type Miller

> Création d'excitations BF supplémentaires



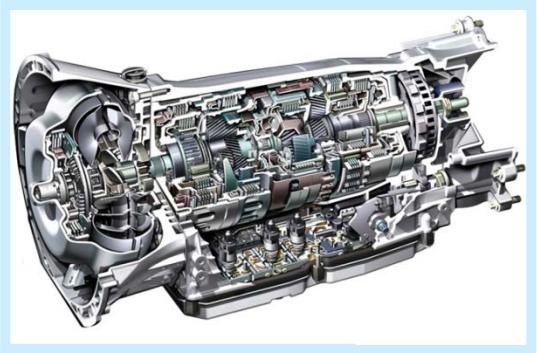


Transmissions automatiques efficientes

> L'efficacité des transmissions automatiques modernes (avec convertisseur hydraulique) s'est considérablement améliorée :
- la conception du convertisseur de couple a progressé au titre du rendement
- des systèmes à ressorts intégrés dans la transmission améliorent le filtrage d'acyclisme
- les stratégies de lock-up (fermeture de CT) sont développées afin de minimiser la dissipation d'énergie pendant les décollages et transitions

> Les transmissions avec double embrayage (sans convertisseur hydraulique) ont gagné des parts de marché

> Elles permettent toutes au moteur de fonctionner à bas régime/fort couple
- amélioration du NVH par la réduction du régime moteur, donc du niveau sonore
- réduction de la consommation de carburant



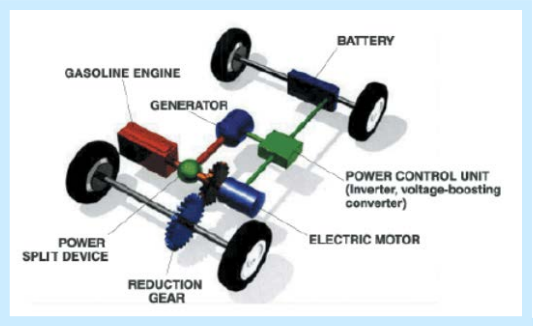
Stop & Start et Hybridation

> Le système Stop&Start contribue au confort NVH et la consommation

- le temps d'arrêt du véhicule correspond à 20% de l'ensemble du cycle NEDC
- il est obligatoire pour les véhicules hybrides
- Le NVH du Stop&Start devient un enjeu majeur car il se substitue au confort ralenti par son occurrence

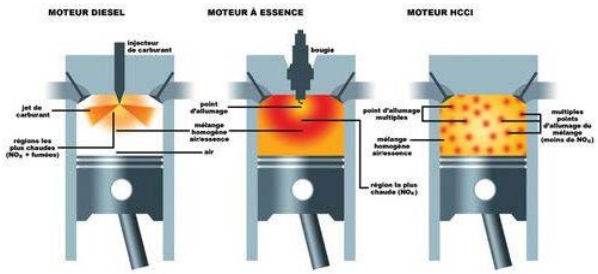
> Les impacts NVH communs à toutes les technologies d'hybridation sont :

- le son du moteur à combustion interne ne masque plus les autres bruits
- il existe des bruits nouveaux comme celui des machines électriques (sirènes, sifflements)
- les transitions entre les différents modes de fonctionnement peuvent générer des variations brusques de couple
- le niveau de bruit dans le véhicule n'est pas corrélé linéairement : ni à la vitesse, ni au régime moteur, ni à sa charge

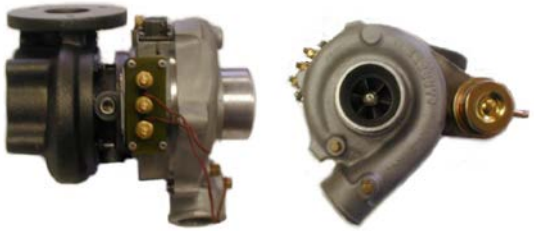


Autres technologies émergentes

> Suspensions innovantes du groupe motopropulseur
- cale moteur commutable (à 2 ou plusieurs états)
- contrôle dynamique des propriétés de filtrage
- batteurs actifs



> Technologies qui minimisent les frottements
- généralisation du revêtement DLC
- utilisation de roulements à billes



> Technologies de combustion innovantes
- combustion stratifiée - essence
- Homogeneous Charge Compression Ignition - HCCI

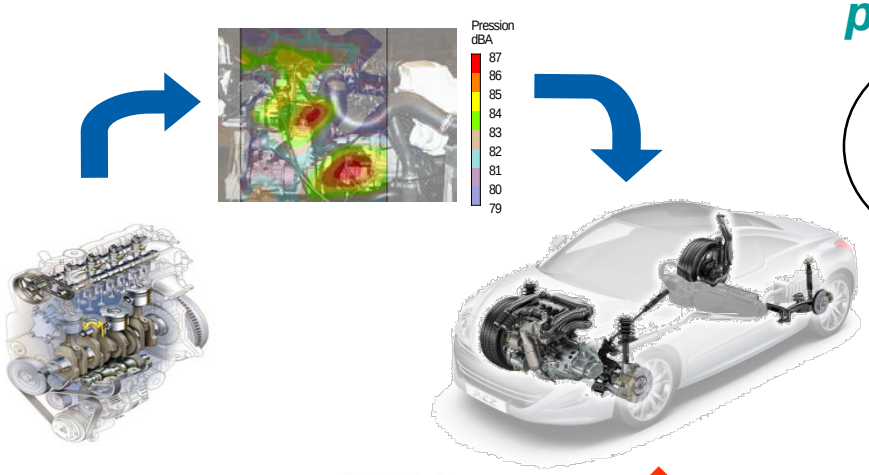
> Turbocompresseur innovant
- entraîné par moteur électrique (bas régime ou tout régime),
- à plusieurs étages et combinés avec compresseurs de différents types

> Véhicule électrique BEV
- avec range extender - groupe électrogène pour recharger la batterie

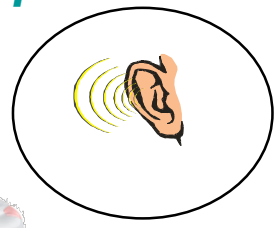
> Systèmes de récupération d'énergie à l'échappement

Transmission d'excitation vibro-acoustique GMP

Transfert aérien du bruit
- direct / intérieur
- indirect / extérieur



Bruit perçu par le client



Compartiment moteur

Intérieur véhicule

Transferts solidiens principaux :

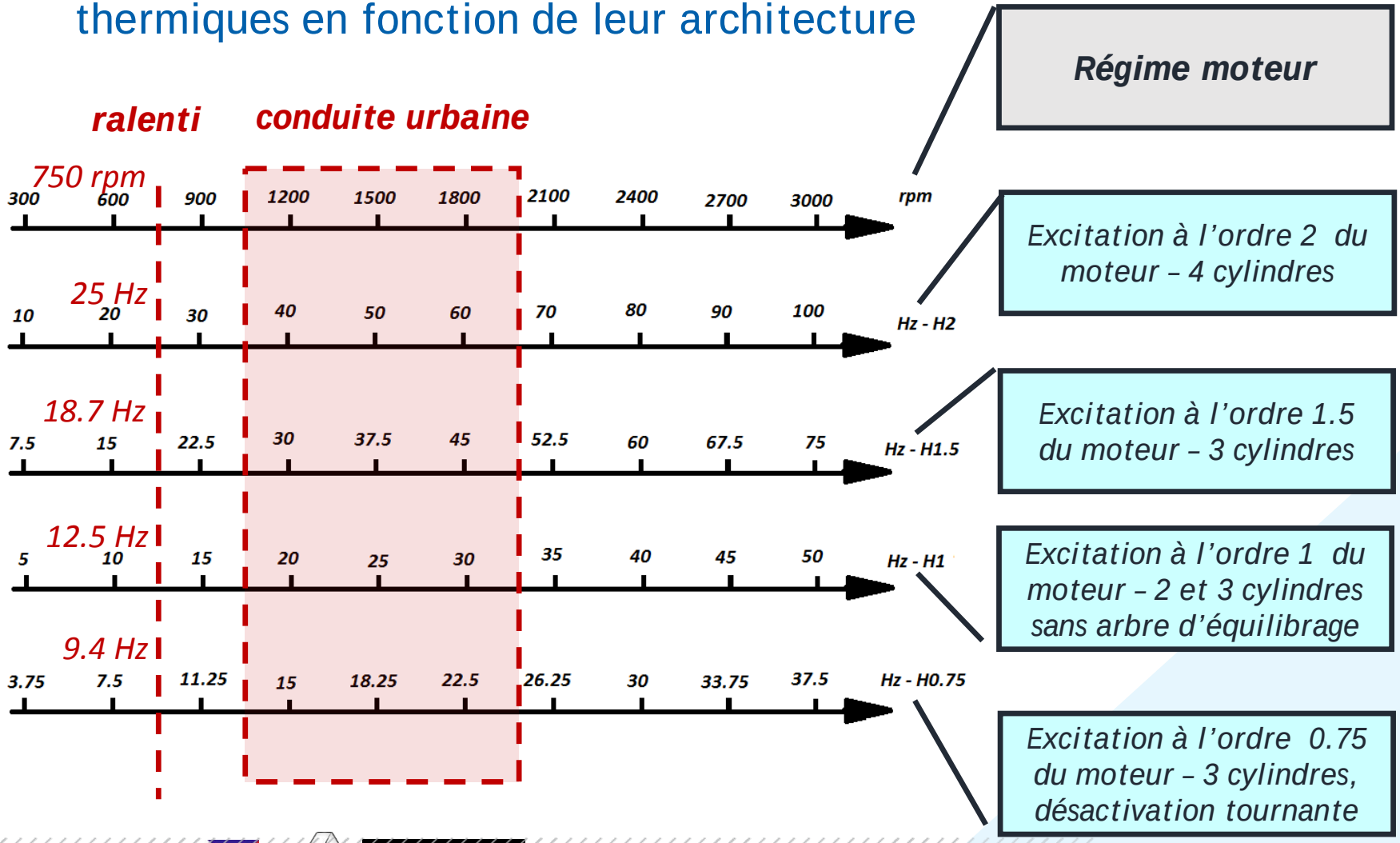
- cales élastiques (suspension)
- chaîne cinématique

Autres transferts solidiens :

- commandes BV et moteur

Fréquences d'excitation de plus en plus basses

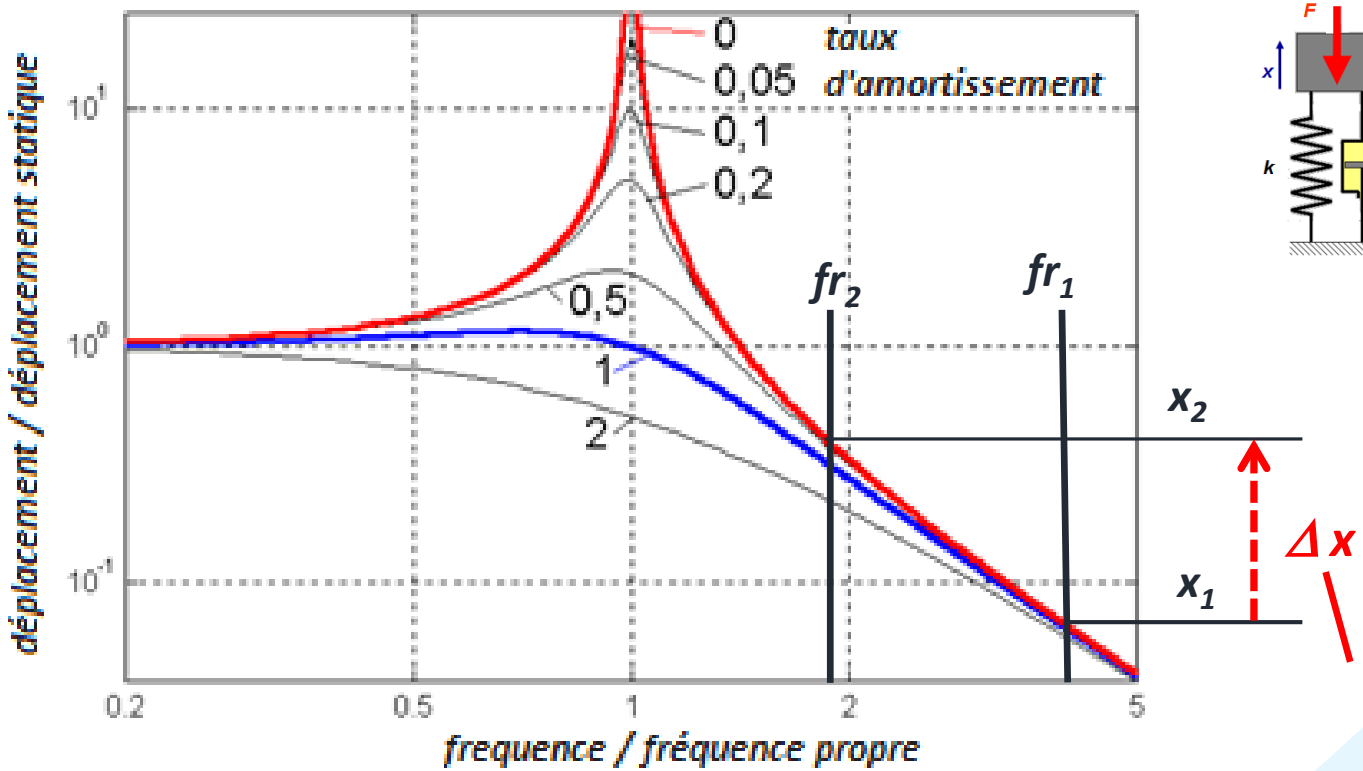
> Les fréquences d'excitation des moteurs thermiques en fonction de leur architecture

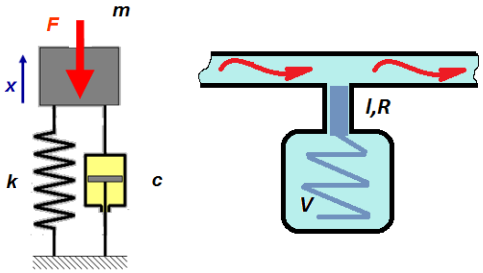


Efficacité du filtrage en fonction de fréquence

> La réponse d'un système à 1 degré de liberté en fonction de la fréquence d'excitation

- le système masse-ressort
- le résonateur d'Helmholtz





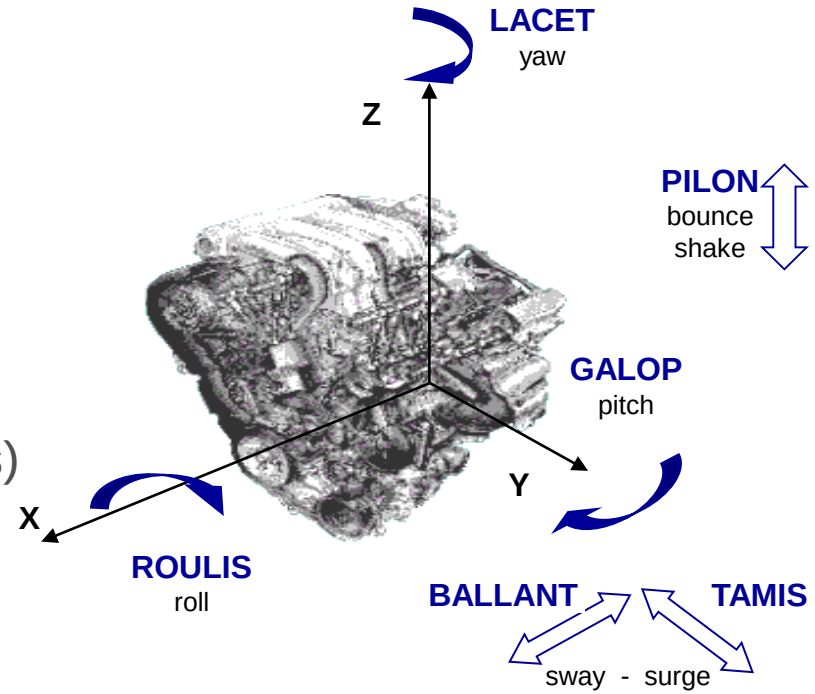
ΔX – est de 12 dB / octave*

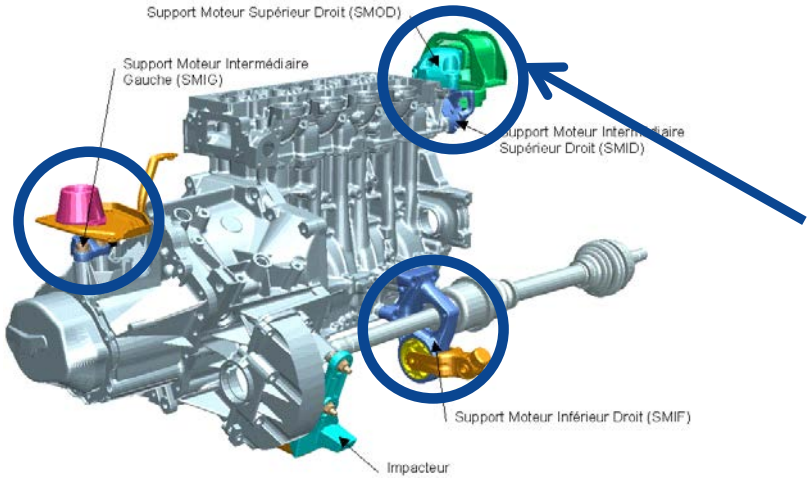
L'amplitude est 4 fois plus élevée quand la fréquence d'excitation diminue de moitié

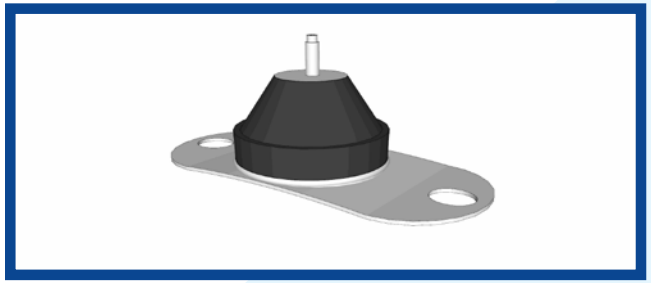
Suspension Groupe Motopropulseur (GMP)

> Le GMP est excité par un torseur généré par le moteur en fonctionnement

- le torseur = 3 forces et 3 moments
- l'excitation en roulis provient de la génération du couple
- les autres excitations proviennent des masses en mouvement (forces inertielles)
- la suspension pendulée = 2 cales et 1 biellette anticouple





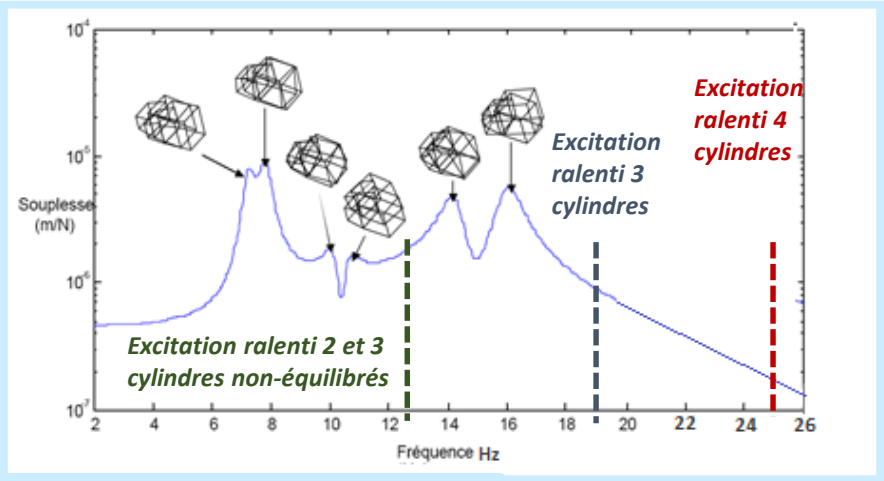


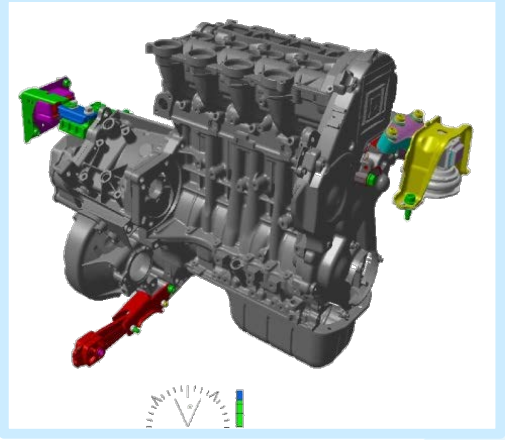
Suspension GMP et transmission vibratoire

> Le GMP est un corps rigide suspendu par des cales

- le GMP suspendu possède 6 ddl, donc 6 modes propres, soit 6 fréquences de résonance
- lors de la conception de la suspension GMP, les fréquences de résonance sont positionnées en dessous du ralenti (excitation moteur)
- un ralenti à 750 rpm excite pour
  - un 4 cylindres à 25 Hz
  - un 3 cylindres à 19 Hz
  - 2 et 3 cyl sans AE à 12,5 Hz

> L'excitation des moteurs 2 et 3 cylindres croise les résonances d'une suspension GMP conçue pour un moteur 4 cylindres



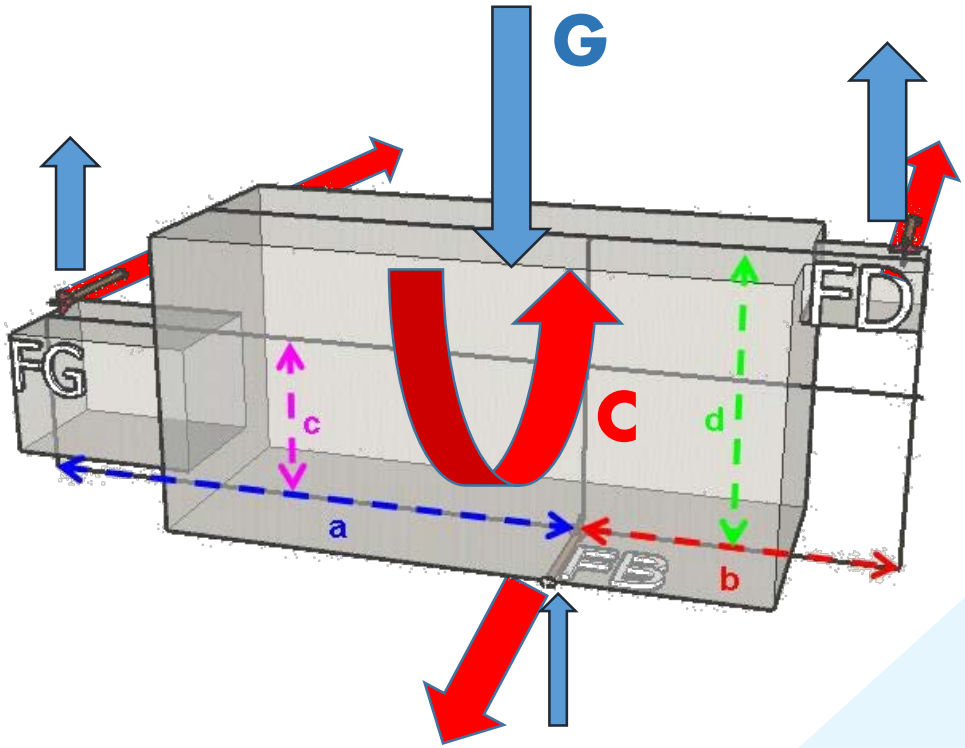


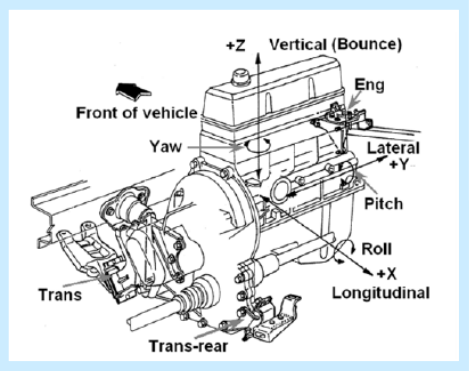
Précharge de suspension GMP et filtrage vibratoire

> La suspension GMP doit supporter les charges statiques ainsi que les charges dynamiques
- le poids de moteur - statique
- le couple de moteur - statique
- les charges vibratoires – dynamique

> Les cales préchargées doivent assurer le filtrage des forces dynamiques

> Les précharges statiques du GMP
- augmentent la rigidité apparente des éléments de suspension
- réduisent l'efficacité du filtrage
- et ainsi, augmentent le niveau des efforts transmis à la caisse

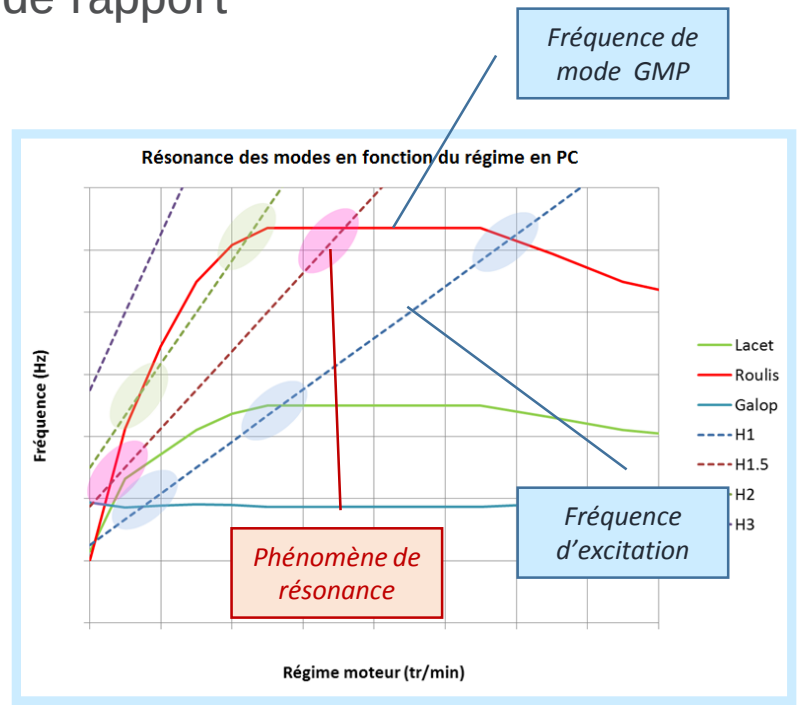


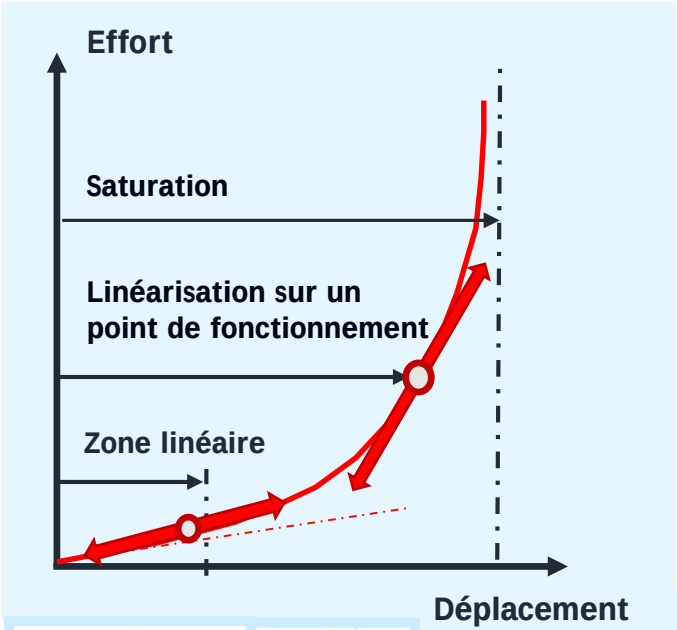


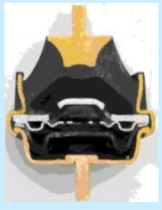
Précharge et modes de suspension GMP

> La précharge de la suspension GMP augmente la raideur des cales

- les cales sont des éléments dont la raideur est fortement non-linéaire
- la prise en compte de la précharge est importante pour les BVA et les situations de vie telles que le décollage et le changement de rapport



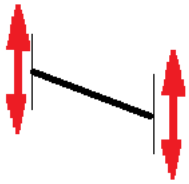
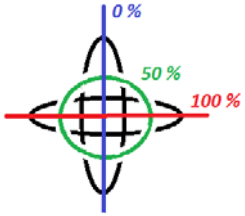
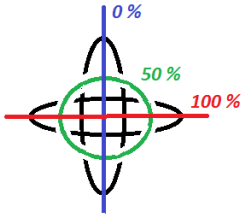
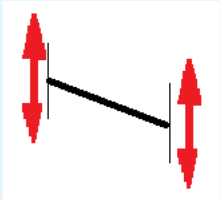




Excitation par les forces inertielles du moteur

> Les masses en mouvement génèrent les forces inertielles

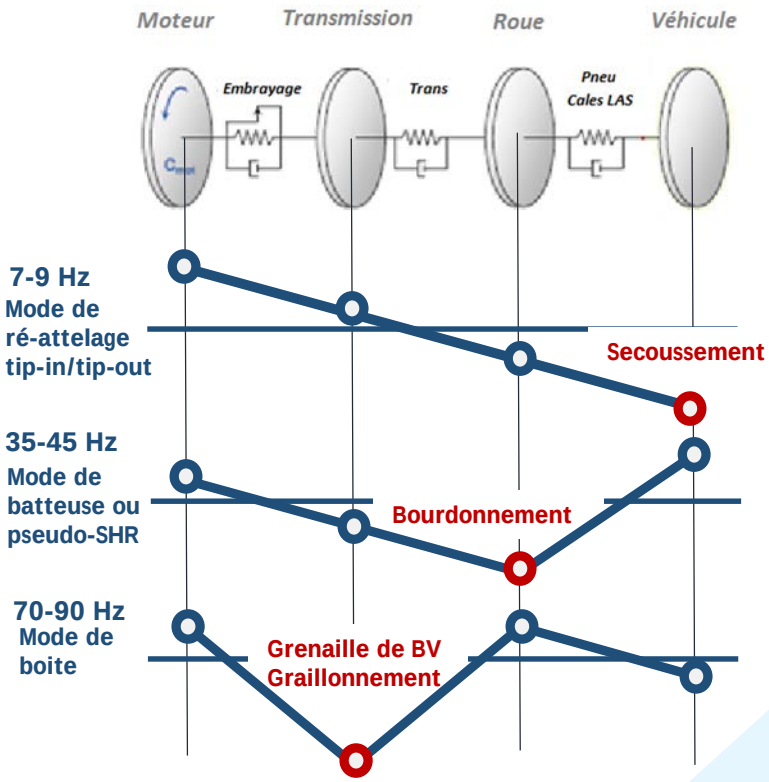
- différents mouvements résultent de l'architecture, du nombre de cylindres, de l'équilibrage des masses alternatives

Architecture de moteur: N cylindres en ligne	***Ordre Moteur – H1 Mouvement de vbq***	***Equilibrage H1 Masses alternat.***	***Ordre Moteur – H2 Mouvement vbq***
4 cylindres			
3 cylindres			
2 cylindres			

Chaîne de traction

> Le modèle de chaîne de traction (CT) comprend :
- moteur (attelage mobile et volant)
- embrayage (ressorts et hystérésis)
- boite de vitesses et pont
- transmissions transversales
- roues et pneus
- inertie du véhicule

> La chaîne de traction (CT) peut être modélisée par 4 inerties et 3 éléments élastique et amortissants
- 3 modes de ce modèle correspondent aux phénomènes du confort acoustique et vibratoire (NVH)



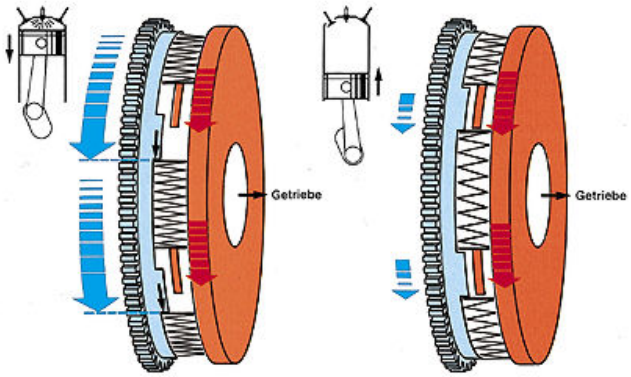
Filtration d'acyclisme par DVA

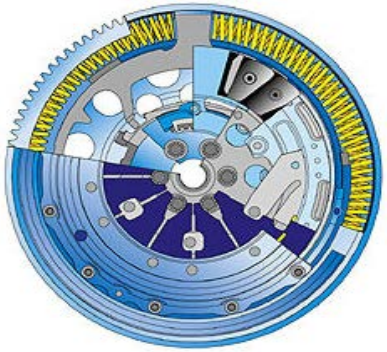
> Le volant moteur simple devient insuffisant pour filtrer les acyclismes

> Le DVA (Double Volant Amortisseur) est devenu l'élément incontournable des chaînes de traction des GMP à fort couple aux bas régimes (fort acyclisme)

- il comprend un volant primaire fixé sur le vilebrequin, un système de filtration (ressorts et hystérésis) et le volant secondaire fixé sur la boîte de vitesses via l'embrayage
- il transforme le mode dit « de boîte » en mode dit « de DVA » situé en dessous de l'excitation au ralenti, par l'ajout d'inertie à la BV

> L'efficacité du filtrage du DVA dépend fortement du positionnement fréquentiel du mode de DVA (objectif : le plus bas possible/excitation par l'acyclisme)





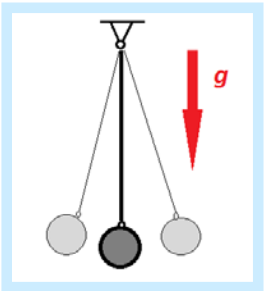
Filtration d'acyclisme par batteur pendulaire

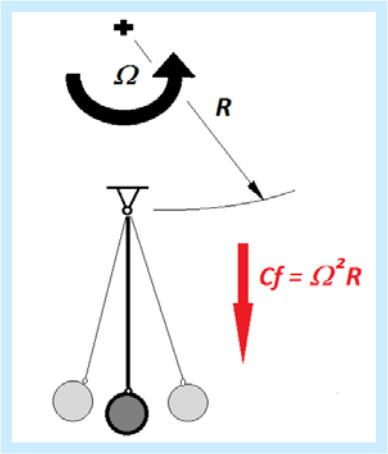
> Le filtrage de l'acyclisme par la chaîne de traction peut être amélioré en ajoutant le batteur pendulaire centrifuge

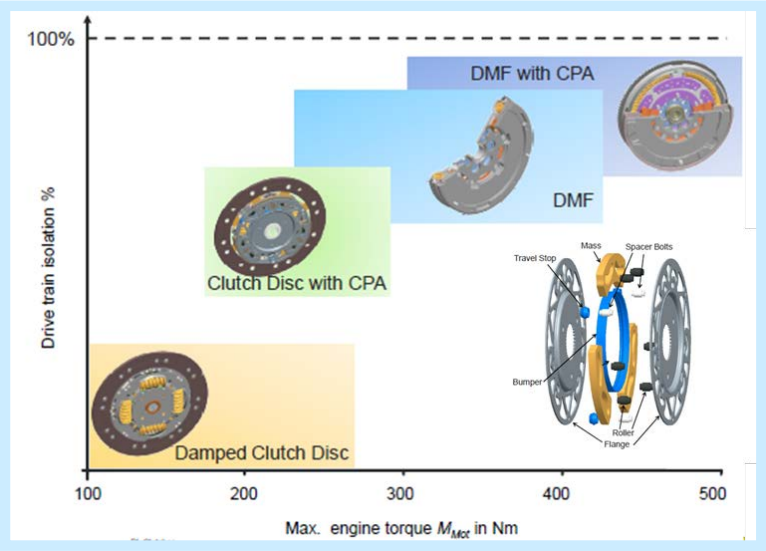
- le pendule centrifuge est un batteur qui fonctionne dans un champ de force centrifuge au lieu du champ gravitationnel
- l'amplitude du champ de force centrifuge croit avec le régime
- le batteur filtre autour d'un ordre moteur (Hn) et pas autour d'une fréquence fixe comme le batteur ordinaire gravitationnel

> Le batteur peut être ajouté sur le système de volant simple ainsi que sur le DVA.

- le système pendulaire avec un DVA correspond au meilleur niveau de filtrage d'acyclisme







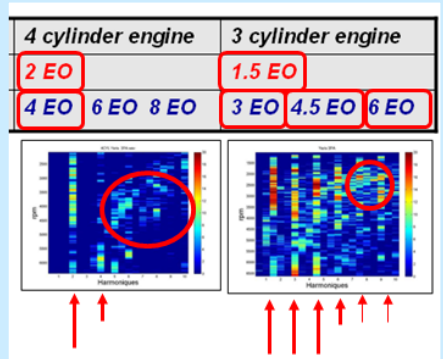
Emissivité acoustique GMP et bruits de bouches

> L'encapsulation de la base moteur porte une approche multi-prestations

- une isolation acoustique robuste du bruit du groupe motopropulseur,
- une réduction de la consommation carburant en conservant la chaleur du moteur (par réduction des pertes mécaniques par frottement)
- sans être intrusif à d'autres paramètres du moteur tels que couple, puissance, combustion
- les gains de CO2 (consommation carburant) peuvent être certifiés par les autorités de l'UE via une Eco-Innovation

> Les pulsations de pression à l'admission et l'échappement sont de fréquences plus basses

- l'augmentation des volumes de silencieux de l'échappement et de l'admission est requise
- le traitement actif de pulsations de pression est envisageable (actionneur à l'échappement)



Résumé des impacts sur le NVH (excitation GMP)

> Les résonances des systèmes de filtrage sont proches des régimes d'utilisation
- GMP plus léger (moins de filtrage, plus de vibrations)
- fortes pré-charges rigidifient les cales/plots (forts couples)
- rapports longs augmentent les fréquences modales de CT (mauvais filtrage)

> Les fréquences d'excitation sont plus basses
- utilisation des bas régimes (downsizing et down-speeding)
- réduction du nombre de cylindres (forces de gaz, pulsations adm/ech)
- forces d'inertie (moteurs 2 et 3 cylindres si pas d'arbre d'équilibrage)

> L'amplitude d'excitation est plus élevée
- augmentation des pression cylindres (iso-couple/nb combustion par tour)
- pas de régime d'extinction d'acyclisme pour les moteurs 2 et 3 cylindres
- forces d'inertie pas équilibrées (moteurs 2 et 3 cylindres)

> Le niveau et la coloration du bruit changent
- augmentation émissivité GMP : base moteur, admission et échappement
- coloration spécifique due à différents ratios forces de gaz / inertie
- bruit d'accessoires plus critique, car plus d'acyclisme (pas d'extinction)

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

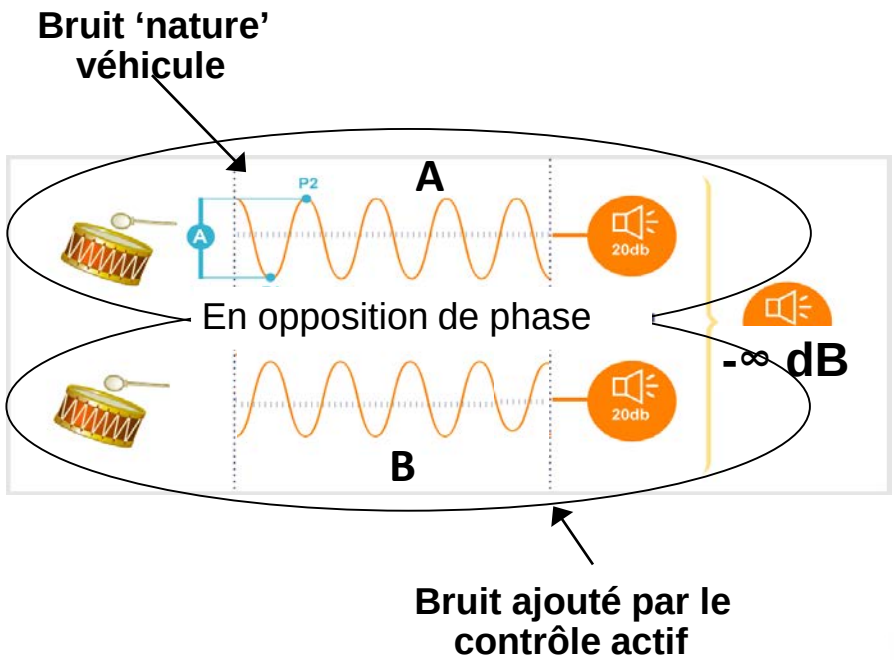
3 - Excitations propres aux nouvelles chaines de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

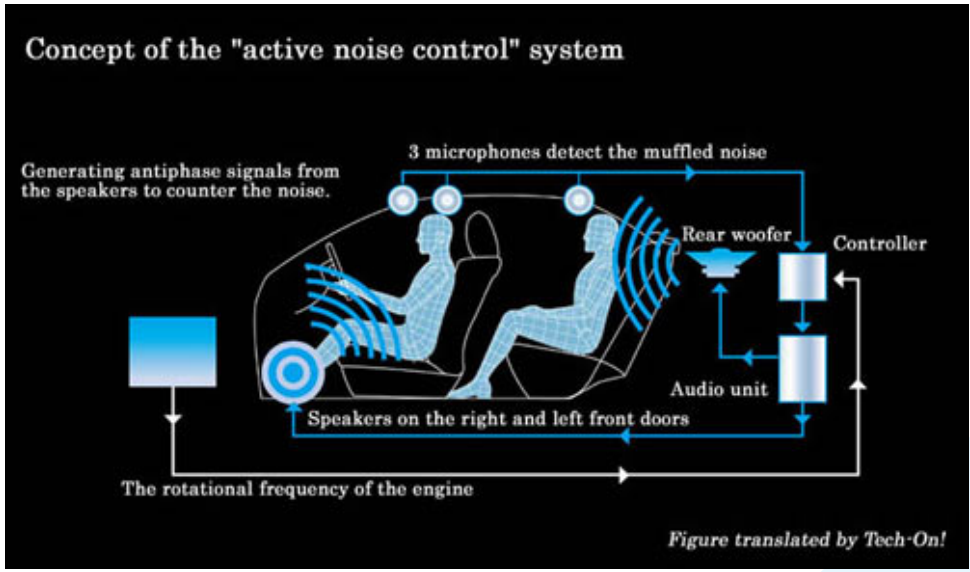
4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

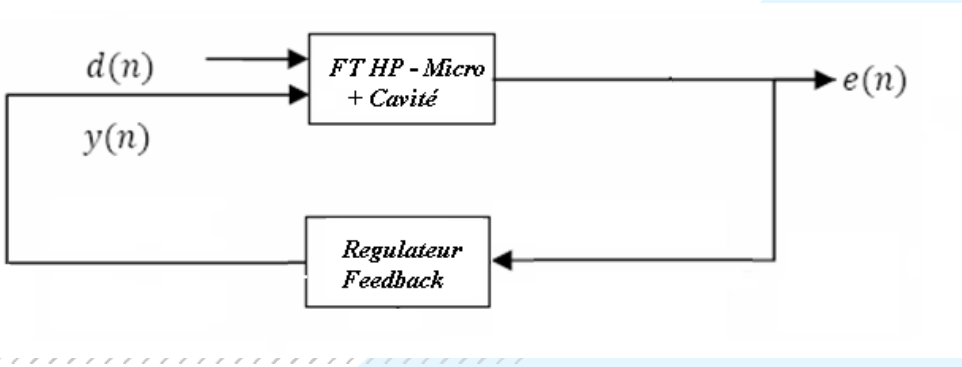
5 – Conclusions et remarques

Contrôle actif du bruit - ‘Active Noise Cancelation’

> C’est une solution alternative ‘légère’ en masse et efficace pour certaine prestation.

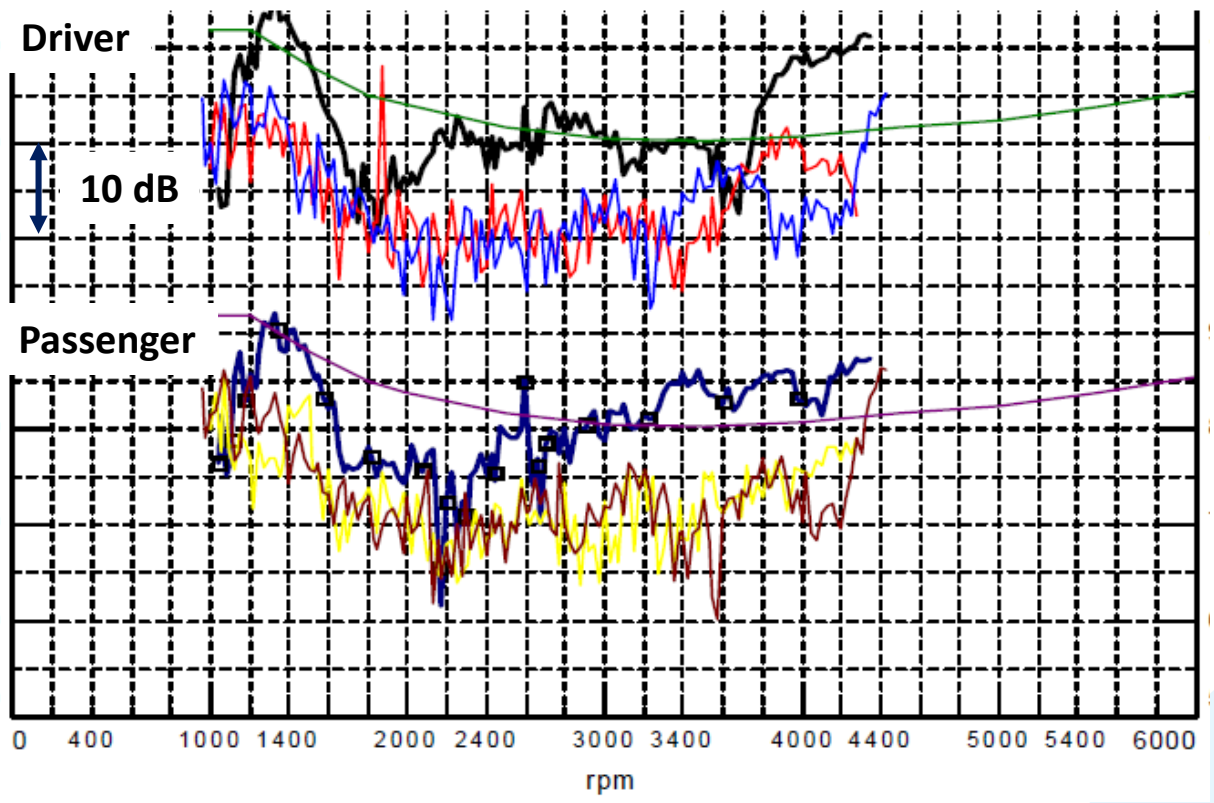






Exemple : nouvelle espace avec & sans ANC

Bourdonnement
Moteur Diesel



> Sans ANC, le bruit de moteur est correct pour un moteur diesel.

> Avec ANC, le bruit de moteur est au niveau d'un bon moteur essence. Application sur la version Initial Paris.

Etat de l'art : Applications Panasonic (données du 7 décembre 2010)

Panasonic
ideas for life

2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 ~

Co development With Honda

HONDA

INSPIRE

ELYSION

ODYSSEY

ACURA RL

Cylinder de-activation system booming

Cylinder de-activation system booming

Booming from exhaust

PILOT

Cylinder de-activation system booming

ACCORD

Cylinder de-activation system booming

TOYOTA

CROWN Hybrid

Low rpm booming for fuel economy

32 ANC models launched and 4 OEMs

GM

EQUINOX

Lock up booming

NISSAN

FUGA

Lock up booming

- Tendances :
  - Solution Panasonic
    - 3 constructeurs européens impliqués
    - Problématique associée à des nouvelles plate-formes

— — — —

ANC+ Enhancement

Véhicule électrique - quelques chiffres

> En 2014, 66112 VE vendu en Europe
> En 1ère semestre 2015, 45325 VE vendu en Europe.
> Les 4 premières marques Renault, Nissan, VW & Tesla font 80% du marché EV.

Selon l'enquête client sur ZOE, les 3 prestations les plus appréciées sont :

> Accélération et reprise
> Absence de bruits et vibrations
> Design, ligne

Prestation acoustique d'une voiture électrique

> Les clients apprécient la prestation acoustique d'une voiture électrique (1ère génération), car ils ont pris le véhicule avec moteur thermique comme référence.

> Sans le bruit masquant du moteur thermique, le nombre de bruits émergents - qui deviennent audibles - augmente. Ces bruits sont :

- souvent très aigus et mal perçus par les occupants de la voiture ;
- parfois sans relation avec les manœuvres du conducteur, ce qui génère des inquiétudes sur le bon fonctionnement de la voiture.

> Avec la démocratisation des VE :

- la référence du confort acoustique des clients ne sera plus celle des véhicules à moteur thermique
- la prestation acoustique redevient un critère concurrentiel pour les VE.

> Les 3 axes de progrès pour VE nouvelle génération sont :

- l'alerte sonore pour les piétons (**A**coustic **V**ehicle **A**lerting **S**ystem)
- l'atténuation des bruits émergents qui est à équilibrer avec le bruit aérodynamique et le bruit de roulement
- le design sonore pour créer une ambiance acoustique habitacle agréable

Sécurité vis-à-vis des piétons

> Fig. 1 : comparaison des bruits extérieurs générés par EV et véhicule ICE à différentes vitesses

> Fig. 2 : Essai commun PSA/Renault (30 personnes), distance de détection EV et ICE

Fig. 1

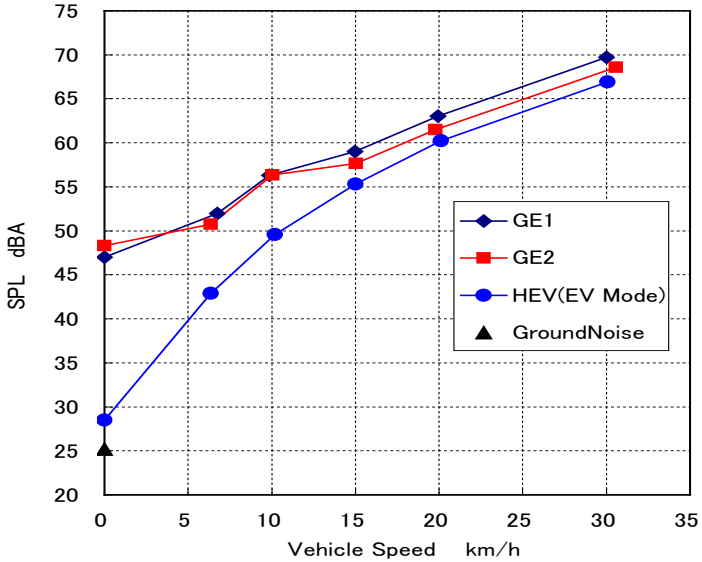


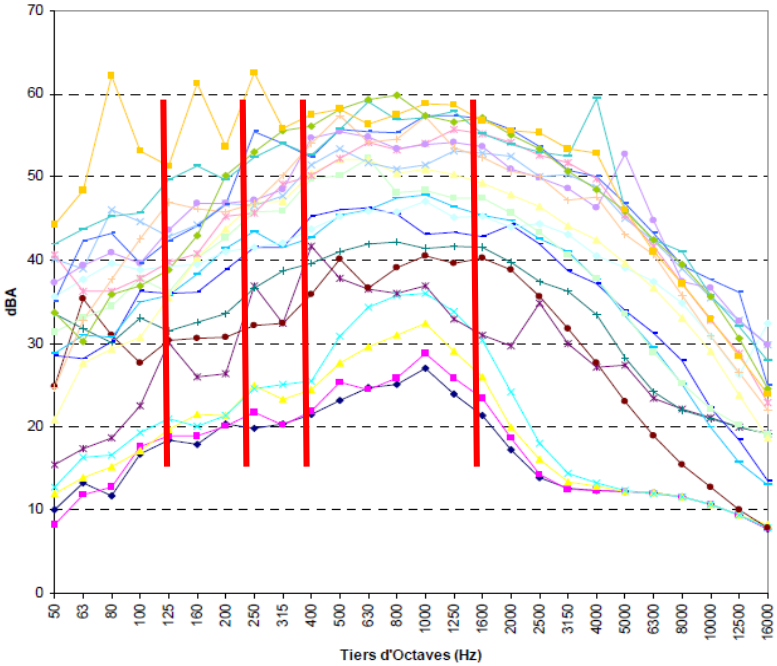
Fig. 2

> A 10 km/h, distance de détection 5m pour EV et environ 20m pour ICE

AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System)

- Un son additionnel ajouté à un VE à basse vitesse pour alerter les piétons
- Le niveau = les véhicules ICE les plus silencieux, environ 60 dBA
- L'autorité USA juge que ce niveau est insuffisant. NHTSA propose 65 dBA (Nous pensons que ce niveau peut générer des nuisances sonores)
- La règlementation est en préparation dans différents pays

- Le bruit de fond mesuré dans différents quartiers et aux différents moments
- VSP : placer ses spectres pour distinguer le bruit de fond
- VSP adaptatif : le niveau de VSP change selon le niveau de bruit environnant



Bruits machine électrique et accessoires d'un VE

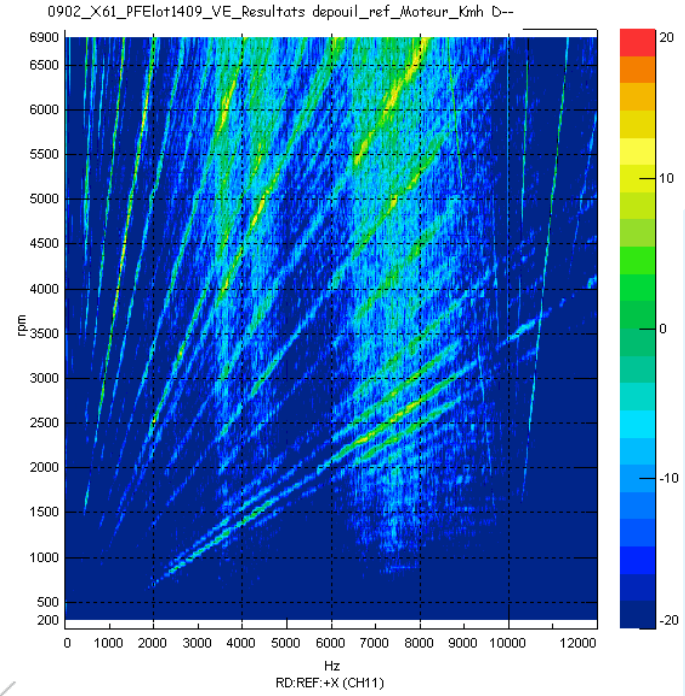
> Sources de bruits :
- Machine électrique et transmission : moteur électrique, réducteur, PEC, chargeur
- Refroidissement : moteur, composant électronique et batterie
- Accessoires : compresseur, récupération d'énergie, freinage (pompe à vide), …

> Sans le bruit du moteur thermique, ces bruit sont audibles et créent des gènes aux occupants de la voiture

> Il est parfois plus difficile de traiter tous ces bruits émergents que le bruit d'un moteur thermique

> Les solutions classiques :
- Réduire les vibrations et le rayonnement des sources
- Traiter les voies de transmission aérienne et solidienne

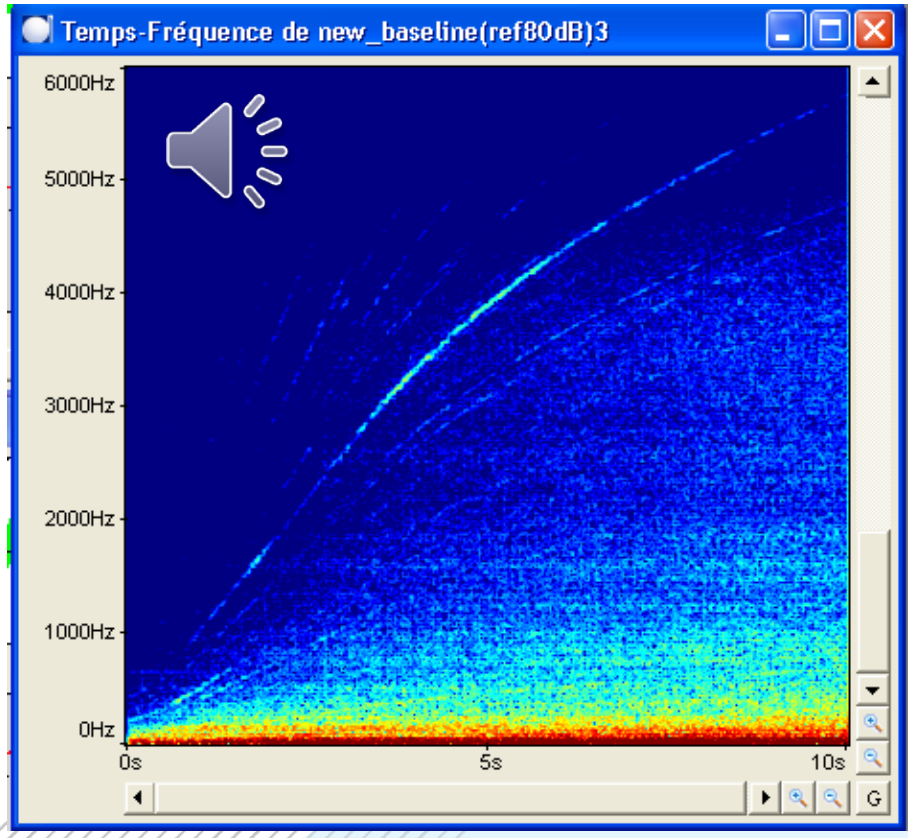
> Une idée nouvelle : masquage actif



Masquage actif du bruit indésirable

> Certains bruits émergents créent de la gêne pour les occupants de la voiture. Ce phénomène devient critique pour les EV et HEV (mode électrique)

> Est-ce qu'il est possible de masquer des bruits indésirables par un son plus plaisant ?



Exemple:

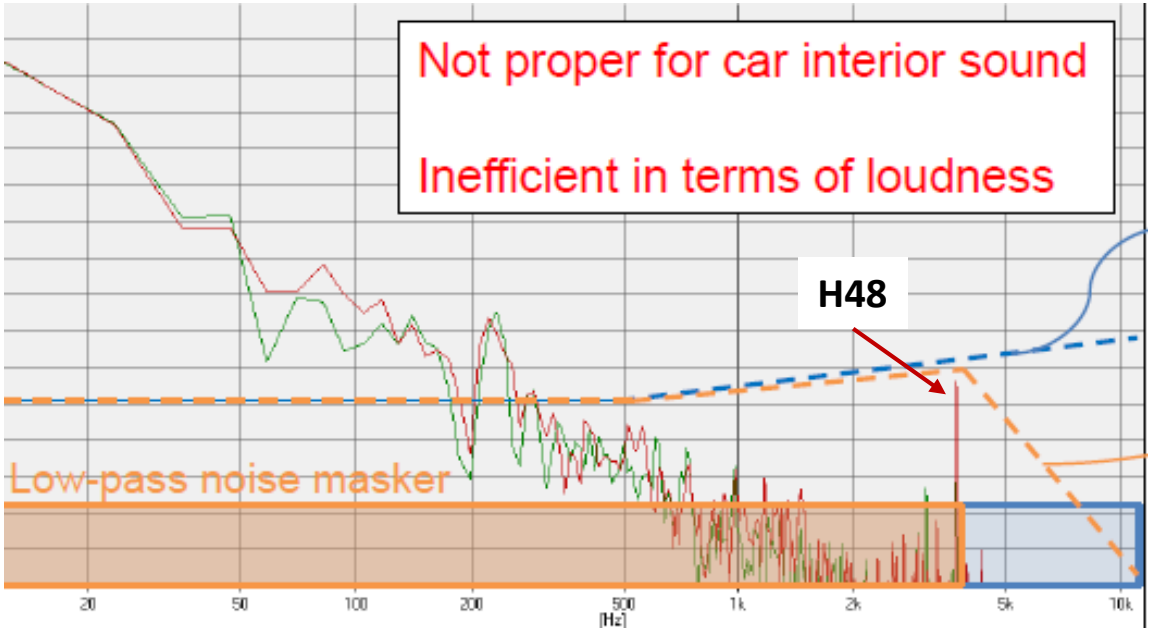
> Le bruit du moteur électrique (H48)

> Subjectivement gênant car :

- un bruit très aigu
- un bruit discontinu par rapport au fonctionnement du moteur

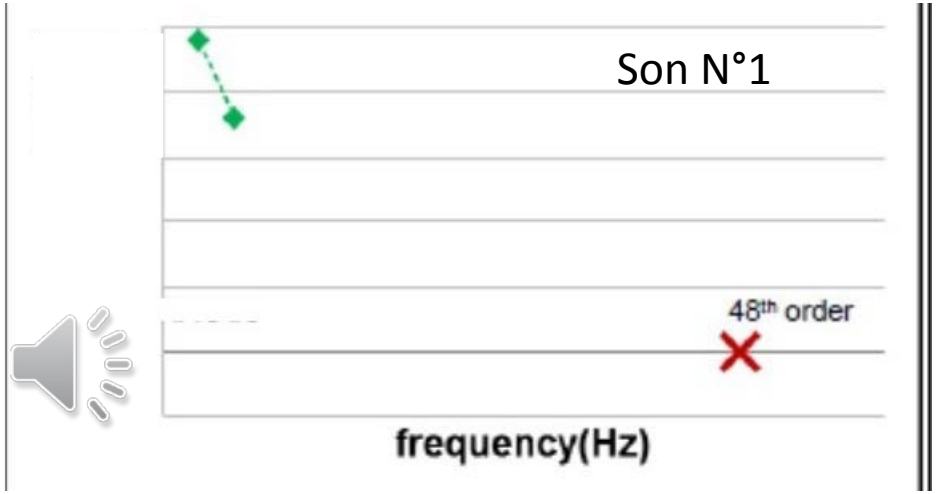
Exemple : Masquage du H48 du moteur électrique

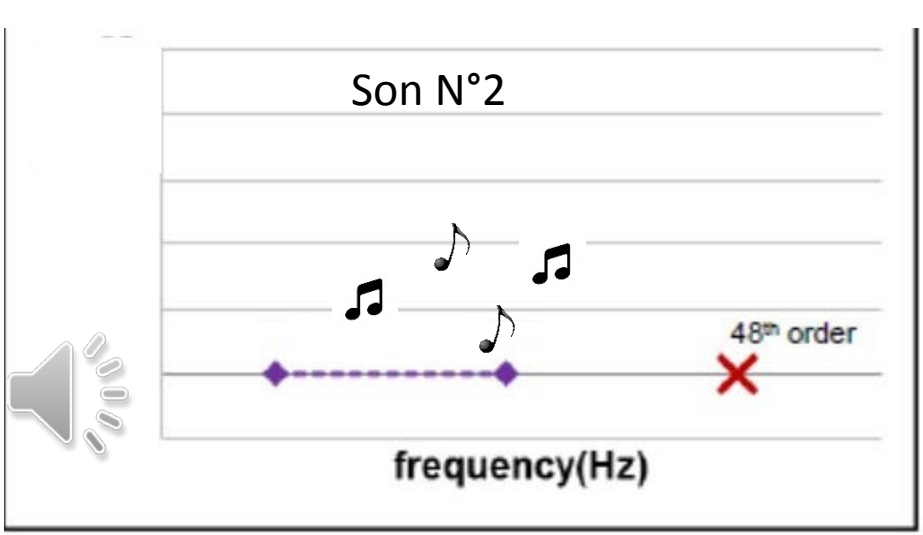
> Tentatives de masquer le H48 par un bruit blanc



> Avec le masquage, on entend plus le bruit H48, mais le son de masquage crée plus de gêne que le bruit initial (H48)

Exemple : Masquage du H48 du moteur électrique





Comité du jugement subjectif

	Origine	**Son N°1**	**Son N°2**
Préférence	5,03/10	5,67/10	5,73/10
Feedback en Accel	7,5/10	8/10	7/10

SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Sommaire :

1 – Introduction
- contexte actuel du marché automobile et défis NVH

2 - Performance acoustique et gain de masse
- EOLAB : vitrine des technologies des voitures de 2025
- optimisation d'insonorisation des voitures actuelles

3 - Excitations propres aux nouvelles chaines de traction
- nouvelles technologies moteur et GMP
- physique des phénomènes en jeu
- impact sur le comportement NVH
- filtrage innovant des excitations moteur

4 – Potentiels et limites des nouvelles technologies
- contrôle actif du bruit
- spécificité des véhicules électriques
- sonorisation des véhicules et masquage

5 – Conclusions et remarques

Conclusions et remarques

> La réduction de la masse des véhicules est une tendance forte, observée chez tous les constructeurs

- la prestation acoustique (NVH) est généralement préservée
- des efforts de conception supplémentaires compensent la perte de l'effet atténuant due à la masse enlevée

> Les GMP modernes et efficients (downsizing/down-speeding, 3 cylindres, STT, désactivation …) génèrent une excitation plus sévère :

- le filtrage des vibrations et acyclismes ainsi que le rayonnement acoustique est plus difficile à traiter
- une conception NVH dédiée de la base GMP et des éléments d'adaptation est nécessaire pour préserver les performances NVH

> Différentes technologies, dites actives, ont un potentiel important :

- réduction du bruit par contrôle actif
- masquage des bruits indésirables par création de sons artificiels
- la robustesse du masquage des bruits par sonorisation reste à démontrer pour chaque application et chaque situation de vie