

Hybridation hydraulique ou électrique

Architectures concurrentes ou complémentaires ?

On s'accorde à reconnaître que les transmissions hybrides relèvent les défis actuels présentés par la consommation des véhicules et leurs émissions polluantes, de même que par le bruit, la productivité et l'usure des freins. Des ressources considérables sont consacrées au développement de ces motorisations et leur application dans des secteurs pertinents.

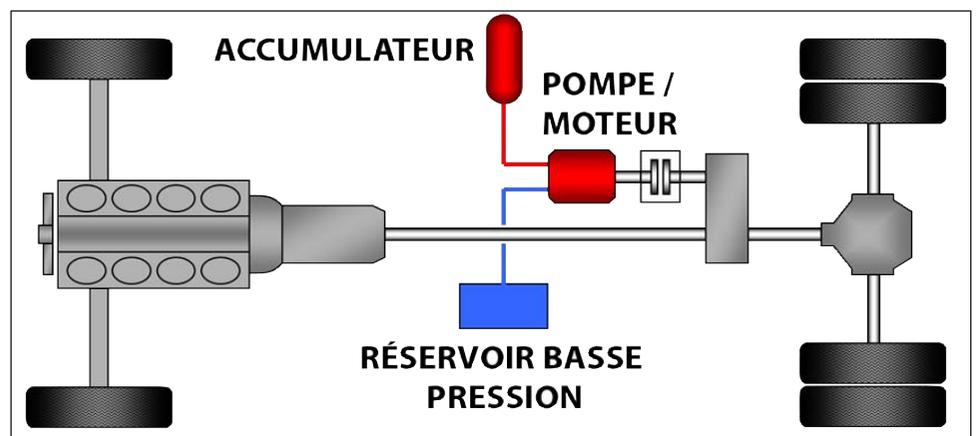
Pour les utilitaires et les poids lourds, la problématique consiste avant tout à récupérer et à stocker l'énergie perdue lors du freinage. Cet article fait le point sur les solutions existantes adaptées aux véhicules commerciaux ainsi qu'aux engins de manutention et de chantier.

► « Un véhicule hybride fait appel à différentes sources d'énergie pour se mouvoir.

Une hybridation hydraulique met en oeuvre un moteur thermique associé à un ensemble pompe-moteur-accumulateur hydrauliques, alors que dans un système hybride électrique, l'association se fait avec un groupe électrique moteur-générateur, l'énergie étant emmagasinée dans des batteries par exemple. Dans les deux cas, il peut s'agir d'un montage en série ou en parallèle.

Avec une hybridation hydraulique en parallèle, le système hydraulique vient se greffer sur la transmission classique du véhicule. En revanche, une hybridation hydraulique en série remplace complètement l'architecture classique, une transmission hydraulique as-

Figure 1 : Système hybride hydraulique parallèle



surant l'entraînement des roues motrices.

Ces systèmes permettent l'un et l'autre de récupérer et d'emmagasiner l'énergie de freinage normalement dissipée sous forme de friction et de chaleur. Une motorisation hybride a pour but de valoriser au maximum l'énergie perdue.

Hybridation hydraulique

L'hybride hydraulique utilise comme second système de propulsion soit une pompe et un moteur, soit un organe bifonctionnel, pour charger un accumulateur à pression élevée et valoriser cette source d'énergie, selon le

mode de conduite du véhicule. Lors d'un ralentissement, l'accumulateur absorbe l'énergie engendrée par la transmission, ce qui contribue au freinage, tandis qu'en accélération l'énergie est restituée au moteur hydraulique sous forme de couple, ce qui réduit la charge sur le moteur thermique.

- Hybride hydraulique parallèle. Dans ce montage en parallèle, un système hydraulique contribue à l'entraînement de la transmission mécanique (figure 1).

Ce système a deux régimes de fonctionnement : régénération et couple d'appoint.

- Régénération : au freinage, l'appareil hydraulique fonctionne comme une pompe entraînée par la transmission du véhicule, pour pressuriser l'azote de l'accumu-

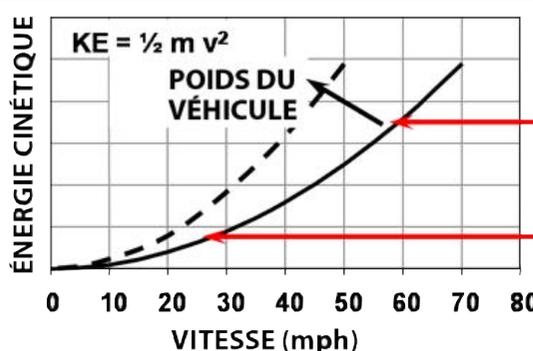
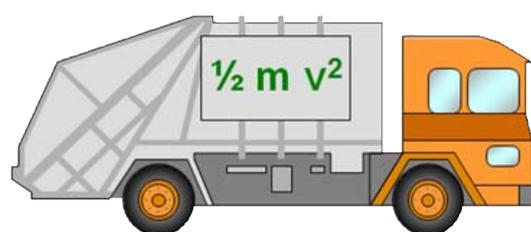


Figure 2 : Récupération de l'énergie cinétique



lateur en chargeant ce dernier à l'aide du fluide contenu dans le réservoir basse pression. Ce freinage régénératif permet de recycler environ 70% de l'énergie cinétique produite par la décélération (figure 2).

- Couple d'appoint : en phase d'accélération, l'appareil hydraulique fonctionne comme un moteur, utilisant la haute pression de l'accumulateur pour contribuer au

couple de transmission et ainsi à la propulsion du véhicule.

• Hybride hydraulique série.

Avec une architecture en série, le système hydraulique remplace la transmission mécanique, l'énergie cinétique étant transmise aux roues motrices par un convertisseur de couple hydraulique (figure 3).

- Propulsion : dans le cas d'une motorisation hybride hydraulique

en série, une transmission hydraulique est accouplée à la sortie du moteur thermique. Le système hydraulique met en oeuvre pompes, moteurs et accumulateurs pour récupérer, stocker et recycler l'énergie, le rendement du moteur thermique étant ainsi optimisé d'une part par la variation en continu de la transmission hydraulique (appelée CVT « Continuously Variable

Transmission »), et de l'autre par la fonction de régénération. Il a été démontré que des économies importantes de carburant sont possibles avec une hybridation hydraulique série.

- Régénération : le système hydraulique emmagasine l'énergie pour la restituer en fonction des besoins, de manière similaire à l'hybridation hydraulique parallèle.

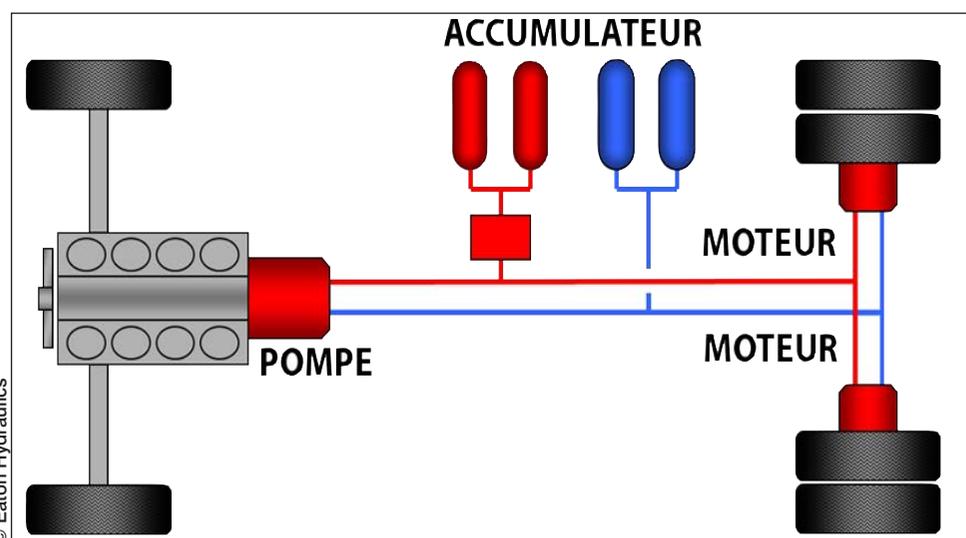


Figure 3 :
Système hybride
hydraulique série

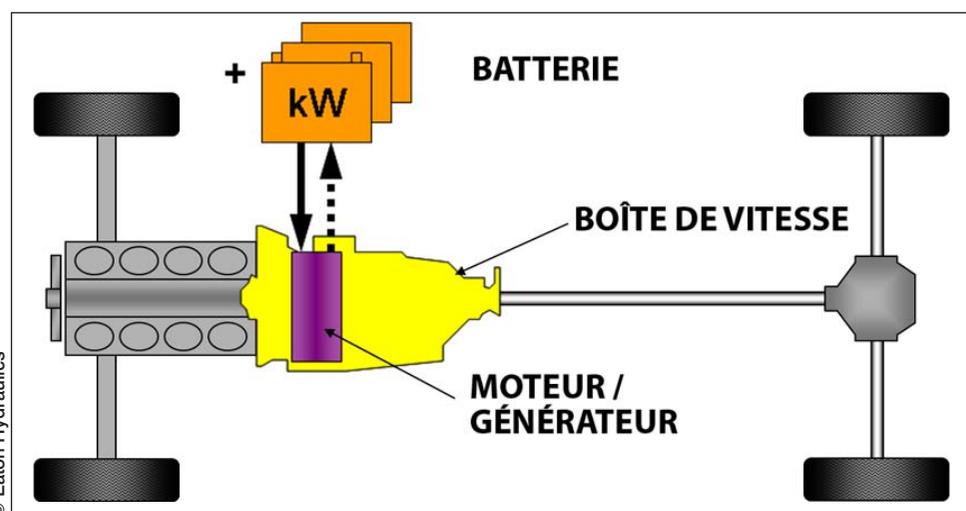


Figure 4 : Système
hybride électrique
parallèle

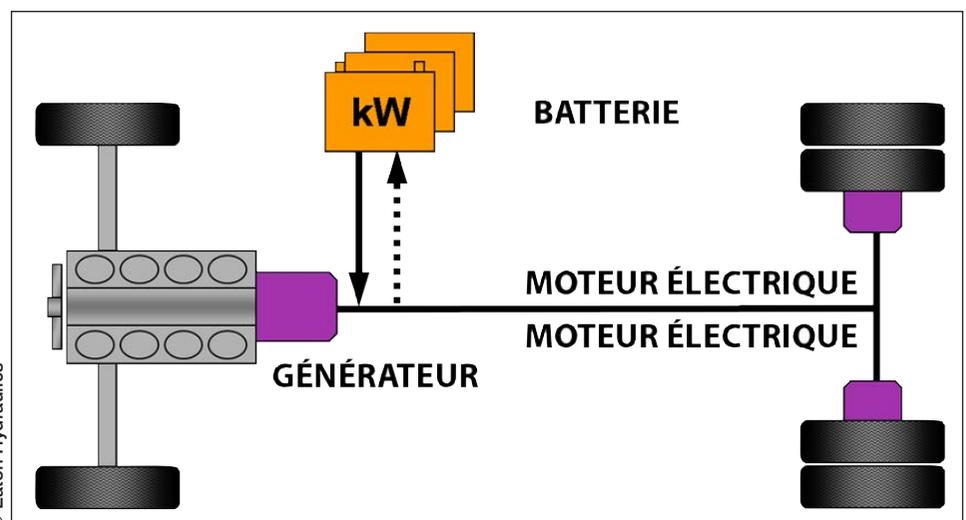


Figure 5 : Système
hybride électrique
série

Hybridation électrique

Un moteur-générateur électrique récupère l'énergie normalement dissipée lors du freinage pour charger des batteries d'accumulateurs.

Le véhicule est paramétré pour utiliser cette énergie à certaines vitesses, voire fonctionner ponctuellement exclusivement en régime électrique. Le circuit électrique fournit également une alimentation accessoire ne nécessitant pas la mise en marche du moteur, ce qui contribue aux économies de carburant et à la réduction des nuisances.

Bien que les systèmes hybrides électriques aient une capacité de stockage plus importante, leur puissance est généralement inférieure à celle des solutions hydrauliques.

• Hybride électrique parallèle.

L'hybride électrique parallèle conserve la transmission classique, tout en offrant la possibilité d'augmenter le couple moteur. Le moteur-générateur électrique est implanté entre l'embrayage automatique et la transmission (figure 4).

• Hybride électrique série.

Dans le cas de l'hybridation électrique série, la transmission du véhicule est remplacée par le système hybride, l'énergie étant transmise électriquement du moteur aux roues motrices (figure 5). Cette architecture nécessite un niveau d'intégration poussé.

Application

Suivant les contraintes de l'utilisation envisagée, une hybridation particulière offrira la meilleure solution.

Les hybrides hydrauliques sont



Figure 6 : Système Eaton de démarrage assisté HLA® (Hydraulic Launch Assist™)

mieux adaptés aux véhicules demandant des pointes de puissance de courte durée, par exemple pour la collecte de déchets.

Les hybrides électriques en revanche conviennent bien aux véhicules nécessitant une puissance modérée soutenue, tels que les véhicules d'entretien à nacelle ou de livraison en zone urbaine.

- Hybride hydraulique parallèle (PHH).

Une motorisation hybride hydraulique parallèle peut se révéler un choix judicieux sur les poids lourds affectés notamment à la collecte des déchets (figure 6), qui sont soumis à des arrêts-départs incessants. En effet, l'énergie de freinage peut être constamment recyclée, ce qui se traduit par une nette amélioration du rendement.

En outre, un hybride hydraulique

parallèle offre la souplesse de deux régimes d'exploitation : économie ou performance.

- Economie : au démarrage,

seule l'énergie de freinage emmagasinée propulse le véhicule puis, à mesure que la pression tombe dans l'accumulateur, le moteur thermique intervient. Ce processus offre une économie de carburant appréciable.

- Performance : l'accélération est assurée à la fois par l'énergie du moteur thermique et de l'accumulateur hydraulique, jusqu'à épuisement de la pression dans ce dernier. Bien que ce mode de fonctionnement permette de réaliser des économies de carburant, son plus grand avantage réside en une meilleure productivité.

Les essais réalisés avec le système HLA® (tableau ci-dessous)

	Economie	Performance
Economies de carburant	-28.00%	-17.00%
Accélération	2.00%	26.00%
Productivité	-	+ 11,5%
Durée de vie des freins	>2	>2

ont mis en évidence des améliorations au niveau de la consommation, de la productivité, du freinage et des nuisances sonores. Les performances de cette solution Eaton sont particulièrement adaptées à la collecte des ordures ménagères ainsi qu'aux livraisons en ville.

• Hybride hydraulique série (SHH).

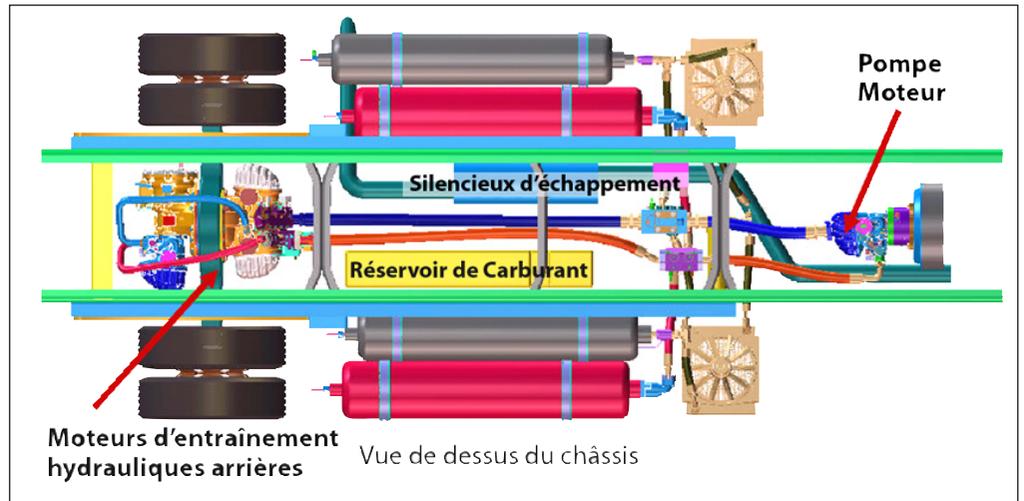
Les domaines d'utilisation des hybrides hydrauliques série sont plus nombreux que pour les équivalents en parallèle. Comme pour tous les systèmes hybrides, les avantages se font ressentir surtout sur les véhicules qui s'arrêtent souvent.

L'agencement en série convient bien pour l'amélioration de véhicules de manutention déjà équipés de transmissions hydrostatiques. C'est aussi une bonne solution pour les véhicules de messagerie.

Avec ses pompes, moteurs et accumulateurs hydrauliques servant à recycler l'énergie, cette technologie est comparable aux moteurs et batteries des véhicules hybrides électriques. Le rendement énergétique du moteur thermique est optimisé à la fois par la variation en continu de la transmission hydraulique CVT, et par le freinage régénératif (figure 7).

Certains systèmes hybrides hydrauliques sont intégrés au réseau de gestion électronique du moteur, qui fait appel à leur contribution dans les conditions susceptibles d'avoir le plus

Figure 7 : Système Eaton d'hybride hydraulique série



grand impact sur l'économie de carburant (jusqu'à 40-50%) et la réduction des émissions polluantes. Autant d'avantages qui se sont traduits aux Etats-Unis par l'adoption de tels systèmes par les services de messagerie internationaux ainsi que d'autres spécialistes de la distribution.

• Hybride électrique parallèle (PEH).

Si l'hybridation électrique parallèle fait aujourd'hui l'objet d'une attention particulière, cela est dû au fait que cette solution offre pour l'instant le meilleur rapport investissement/avantages.

Eaton propose un système hybride breveté associant à une motorisation diesel un groupe moteur-générateur électrique et batteries, et intégrant une transmission mécanique automatisée. A titre indicatif, il s'agit d'une transmission Fuller® UltraShift® AMT muni d'un em-

brayage à absorption d'effets de torsion. L'adoption de ces équipements étudiés pour le montage en série permet un gain appréciable de productivité à un coût particulièrement intéressant grâce à leur fiabilité doublée d'un très bon rendement énergétique.

Outre la transmission proprement dite, l'intégration d'organes de propulsion électrique à aimant permanent, circuit inverseur et accumulateurs lithium (Li-ion) contribue à en faire une option hybride rentable et fiable particulièrement bien adaptée aux utilitaires (figure 8).

Une configuration hybride électrique parallèle permet d'arrêter le moteur plutôt que de le laisser tourner au ralenti, un atout majeur en cas d'arrêts fréquents. En outre, le circuit électrique peut fournir l'énergie nécessaire à tous les accessoires de cabine, ou encore actionner la flèche ou la nacelle d'un véhi-

culé d'entretien. Si cette énergie est encore fournie dans de nombreux cas par le moteur diesel au ralenti, l'intégration des systèmes hybrides électriques dans les véhicules modernes nous rapprochent inexorablement de l'ère de la pile à combustible.

• Hybride électrique série (SEH).

Cette option permet une gestion du moteur visant à obtenir les conditions de fonctionnement les plus économiques, dans le but de réduire à la fois la consommation et les émissions polluantes. Cela peut se traduire par des économies de carburant de l'ordre de 40 à 50%.

Avenir prometteur

Qu'elle se fasse électriquement ou hydrauliquement, la régénération a un avenir prometteur.

Cependant, sur les poids lourds appelés constamment à s'arrêter et à repartir, la technologie des fluides est plus efficace. En effet, la rigidité et la densité d'un système hydraulique le rendent plus apte à transmettre une force rapidement, contrairement à une solution électrique d'encombrement comparable. Un choix judicieux sera donc dicté par l'application, c'est-à-dire l'affectation du véhicule et son mode de conduite ».

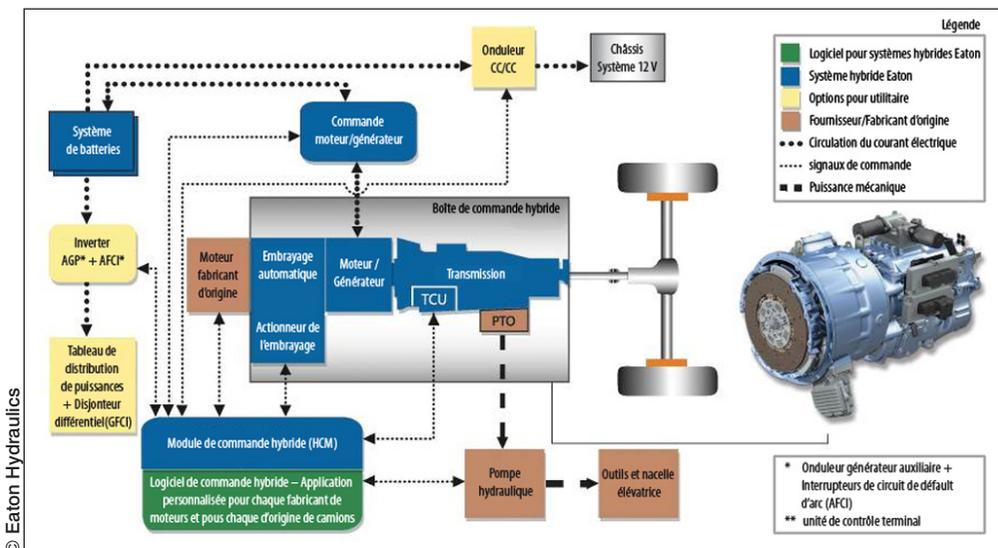


Figure 8 : Système Eaton d'hybride électrique parallèle

Article rédigé par Juergen Jasche et Robert Golin du Groupe Eaton Hydraulics