

Projet SYNTEC- INGÉNIERIE 2018

LES WAGONS AUTONOMES



CAILLE Rose
CAMPAGNIE Perrine
HASLE Gautier
RADDADI Allan
ROBILLARD Anne
VERKIMPE Damien

CONTEXTE

Quid des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de particules fines actuellement ?



- Le secteur du transport est le plus gros contributeur de GES en France, il en représente 29% en 2018.
- le transport de marchandises représente à lui seul 40% d'émission de CO2 dans ce secteur, à 80% dû aux camions.
- Un camion de 50 tonne émet à lui seul 80.5 g/tonne/km sur l'autoroute.
- Le fret ferroviaire, à l'impact environnemental moindre, ne représente en revanche que 9.3% du transport intérieur en 2016.

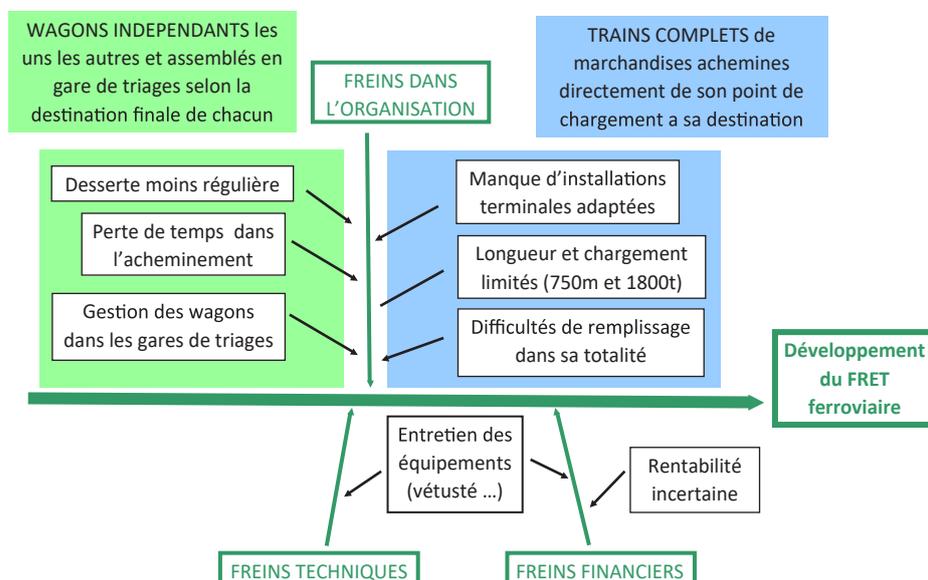
PROBLÉMATIQUE

Comment développer le transport ferroviaire de marchandises, alors qu'il est actuellement si peu utilisé, malgré les avantages évidents qu'il présente d'un point de vue environnemental ?

Pourquoi aussi peu de fret ferroviaire actuellement ?

• Le rail a souffert de l'ouverture à la concurrence, un désastre pour la filière. L'ensemble des acteurs du fret ferroviaire sont en situation déficitaire. Le rail et son système de financement et de fonctionnement sont largement désavantagés face à la route qui est subventionnée et dont les coûts sont soit externalisés, soit partagés.

• Deux systèmes de FRET :



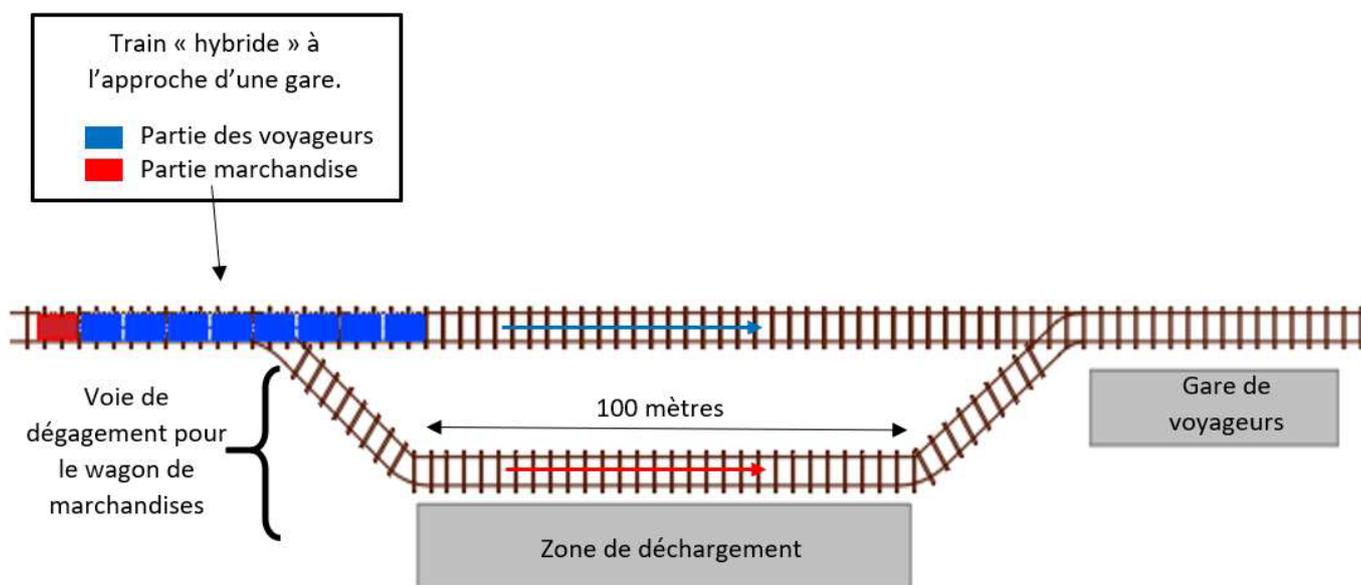
LES TRAINS HYBRIDES

En moyenne, les Intercités et les TER ont un taux de remplissage moyen respectif de 42% et 25% en 2016. On pourrait donc optimiser les convois de trains en **couplant des wagons de passagers avec ceux de marchandises** en fonction du nombre de voyageurs.

Une hybridation des trains permettra :

- Une plus grande amplitude horaire et une fréquence plus importante de **trains davantage remplis**.
- **Un passage du train intercity hybride dans toutes les villes**, grandes, petites ou moyennes en fonction des trajets de voyageurs. Ce système pourrait donc convenir à tous types d'entreprises, mêmes aux petites à faible tonnage. Elles auront accès à un mode de transport plus respectueux de l'environnement et adapté à la quantité qu'il souhaite transporter.
- **Un dynamisme et une rentabilité de toutes les lignes de voyageurs actuelles, partout en France**. Un tel maintien n'est pas négligeable dans une optique actuelle de développement durable.

On ne peut pas décharger le wagon de marchandise sur le quai de voyageurs en raison de l'espace entre le quai et le wagon. On choisit donc d'aménager les gares de voyageurs de la façon suivante :



Le train hybride arrive à proximité de la gare ; les wagons de marchandises qu'ils transportent se détachent du reste des wagons pour être dirigés vers la voie de déviation tandis que le train poursuit sa trajectoire vers le quai des passagers. Les passagers arrivent alors à destination. Quant aux wagons de marchandises, deux possibilités s'offrent à eux : soit ils sont déchargés et emmenés en zone de stockage où ils seront utilisés prochainement ; soit ils attendent dans la voie de déviation le prochain train qui les amènera à leur destination finale.

PROBLÈME

Comment amener proprement le wagon de marchandises jusqu'à la zone de déchargement ?

En effet, on déplace actuellement des wagons isolés au moyens de locomotives diésel, ce qui est contraire à notre volonté de réduction de GES et de particules fines.

LE WAGON AUTONOME

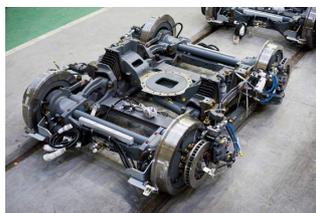
Le wagon autonome est doté d'une capacité à manœuvrer seul dans diverses situations, y compris pour aller et ressortir seul de la voie de dégagement. Le cheminement du wagon autonome peut être résumé comme suit :

Lorsqu'il est convoyé, le wagon est passif, tracté par la locomotive. A l'approche de son point de livraison, il va se désatteler. Piloté à distance, il va alors entrer dans d'évitement pour être.

Lorsque le train est en marche, le wagon est entraîné par son inertie, son désattelage est calculé en fonction de la distance restant à parcourir ainsi qu'une marge de sécurité afin d'effectuer la manœuvre sur un aiguillage à 30km/h.

LE MOTEUR

Le wagon est équipé d'un **moteur à courant continu** qui doit pouvoir déplacer la masse du wagon et les marchandises transportées vers la localisation voulue. Le wagon est propulsé par son inertie lorsqu'il est en marche, aidé d'un **boggie motorisé**. Equipé d'une machine à courant continu avec hacheur à thyristor, le moteur peut être soit en mode moteur lors des manœuvres, soit en génératrice lors du convoi afin de recharger la batterie. Cette méthode évite de coupler les wagons avec des câbles d'alimentation pour recharger les batteries, permettant ainsi une vitesse de manœuvre plus rapide.



Bogie motorisé

L'ATTACHE DU WAGON AU TRAIN

Le wagon est équipé du **système d'attache automatisé de Scharfenberg**. Il permet d'effectuer le couplage et le découplage des wagons de marchandises de manière automatique, rapide tout en étant en marche. Ce type de système répond exactement aux attentes d'un dispositif de couplage pour notre système puisqu'il permet d'être rapide et de désatteler les wagons durant le fonctionnement du convoi.



Attelage de Scharfenberg

LA BATTERIE EN LITHIUM-POLYMÈRE

La batterie doit être capable d'alimenter le moteur pendant le temps de la manœuvre, soit dix minutes. Le moteur pourrait donc être sollicité pendant 20 minutes. Or pendant cette durée, la puissance nécessaire pour déplacer la masse est très importante. Le diagramme de Ragone classe les batteries par catégories, en fonction de la densité massique de puissance et de la densité massique d'énergie. Il nous fournit donc la composition adaptée à notre situation.

Les batteries pouvant tenir 1200s pour une densité de puissance massique importante sont les **batteries type Lithium-Polymère**. Ce sont des batteries légères, ce qui évite de pénaliser le wagon par un poids supplémentaire et d'avoir recours à une surmotorisation.

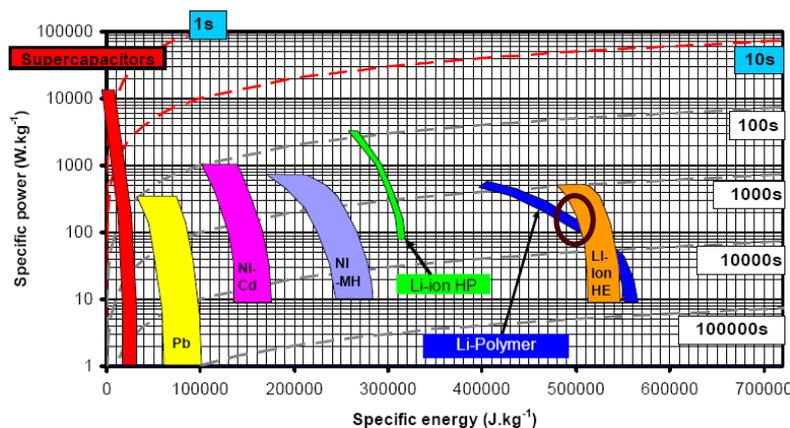
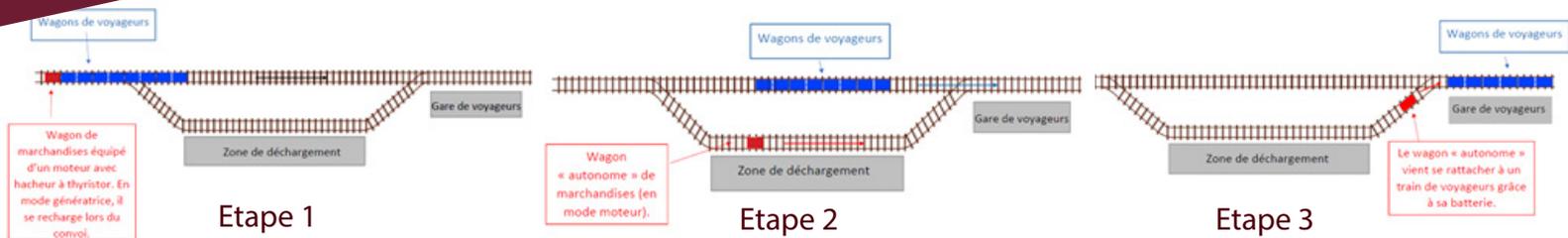


Diagramme de Ragone

IMPLANTATION DU PROJET

En somme, le cheminement du wagon autonome peut être résumé comme suit :



DE NOMBREUX AVANTAGES

- **Rentabilité des trains** pour le fret ferroviaire et aussi le transport de voyageurs : un train n'est rentable qu'à partir de 40 wagons.
- **Des émissions de CO2 minimisées** : les wagons autonomes ne génèrent pas de rejets de CO2 dans l'atmosphère.
- **La manœuvre du wagon ne ralentit pas la circulation des trains** : pas d'arrêts de trains sur la voie.
- Ce système **dynamise le transport ferroviaire de voyageurs**. Grâce aux trains hybrides, les voyageurs ont la possibilité de participer à ces trajets au lieu d'utiliser la voiture pour atteindre leur destination. Les trains hybrides permettront de rentabiliser les lignes de voyageurs actuelles. Dans une optique actuelle de développement durable, notre innovation permet de maintenir l'offre de transport par train partout en France tout en développant l'usage du fret.

MAIS QUELQUES LIMITES

- **L'emplacements des entreprises et agriculteurs** : une fois le wagon de marchandises arrêté dans la voie de détachement de la gare, il faut encore les acheminer jusqu'à leur destination finale, c'est-à-dire l'entreprise concernée. A terme, chaque entreprise devra disposer d'un accès sur la voie ferrée de déchargement, il suffira au wagon de se positionner à sa hauteur pour pouvoir être déchargé.
- **La place et poids de la batterie** dans le wagon autonome : assez puissante tout en étant suffisamment légère et de taille raisonnable.
- **Des limites économiques** : des aménagements coûteux de plusieurs centaines de millions d'euros sont à prévoir : la création de voies de déchargement dans un maximum de gares, l'aménagement de zones de déchargement et le déménagement des entreprises au bord de ces voies.

Cette innovation permettra de **redynamiser le système ferroviaire** tout en maintenant actif le transport de voyageurs partout en France. L'usage du train par tous et la sensibilisation des usagers sur les efforts effectués pour **amoindrir les émissions de CO2 et de particules fines** sont bien conformes à une optique de développement durable.

Actuellement, le fret ferroviaire n'est pas au cœur des recherches car c'est un système complexe. Nous sommes conscients que notre innovation a un coût mais **les wagons autonomes constituent un réel premier pas pour un transport de marchandises plus propre.**