Impact environnemental des déplacements à longue distance : quelles sont les alternatives à l'avion au kérosène, fort émetteur en CO2 ?

La décarbonation du secteur des transports, qui représente **¼ des émissions mondiales**, est un défi majeur de la transition énergétique, pour lequel l'innovation joue un rôle crucial.
L'objectif de cet atelier était **d'analyser les évolutions passées** de quatre grandes catégories de moyens de transport (transport routier, aérien, naval et ferroviaire) et **d'examiner les tendances** à l'œuvre pour tenter de prédire à quoi ressembleraient les transports de demain. Répartis en quatre groupes, nous avons effectué l'analyse des quatre moyens de transport étudiés à l'aide de la méthodologie SOT, présentée ci-dessous.

Principe de la méthodologie SOT

Le **System Operator Tool** (SOT) est une méthodologie précise permettant d'étudier notamment l'évolution future des moyens de transport longue distance. Cet outil permet **d'étudier un système** en identifiant ses sous-systèmes et super-systèmes dans le présent ainsi que le passé et en utilisant les tendances observées pour essayer **de prédire ses futures transformations**. Ainsi les SOT permettent de prendre du recul sur l'histoire du système mais aussi sur sa structure et de s'inspirer des transformations qui l'ont mené jusqu'à son état actuel.

Illustration à travers le cas des transports routiers

Le **super-système du camion**, c'est à dire l'ensemble dans lequel il évolue est donc constitué des conducteurs de poids-lourds, des entreprises de transport et de l'ensemble des infrastructures routières (autoroutes, stations-services). Le **sous-système** est l'ensemble de ses composants : cabine, moteur, remorque, pneus…

Par le passé, les véhicules motorisés se sont substitués aux charrettes afin de transporter plus de marchandises, plus rapidement et dans de meilleures conditions de confort. Les tendances futures laissent présager l'apparition de camions autonomes, électriques ou propulsés par hydrogène, constitués de matériaux plus légers, avec comme objectif **de réduire les émissions** et **renforcer la connexion** et la communication entre l'ensemble des usagers de la route.

Prototype de camion du futur

System Operator Tool					
	Past	*Trends*	**Present**	*Trends*	**Future**
Supersystem I (infrastructure)	Chemins, palefreniers	Infrastructure plus simple à déployer, Developpement de centres urbains et de leur connexion, nouveaux véhicules, de nouvelles routes sont créées puis des autoroutes de grand débit	Distributeur, producteur et consommateurs, entreprises de transports routiers, routes et autouroutes, Infrastructures de consommables	Plus d'interconnexion et de communication	Distributeurs et consommateurs, Routes et autoroutes, interconnexion des usagers Electrification de certaines portions de route pour recharger les camions
System	Charette 30-50 km par jour jusqu'à 5 tonnes de cargaison	Plus rapide Pus de volume transportable Plus d'autonomie, parcours de plus grandes distances	**Camion 500-1000 km par jour jusqu'à 30 tonnes de cargaison 80 à 100 m3 poids de 10 tonnes à vide**	Plus grande autonomie et de distances parcourues Moins de dépendance à l'humain Plus de charge utile par la suppression d'équipement de confort et de conduite Plus de camions sur les routes (réduction des distances inter camions)	Camion du futur ? Camion semi-autonomes et autonomes 2000 km par jour jusqu'à 2T à vide de moins
Subsystem	roues, chevaux, charretier, attelage	Matériaux plus résistants et plus durables, plus de confort pour le conducteur (cabine)	Conducteur, Moteur (diesel, essence, hybride ou électrique), roues, pneus, remorque, carburant, cabine, réservoir à essence	Réduire consommation et pollution (véchicules électriques ou hybrides, matériaux plus légers comme la fibre de carbone, véhicules autonomes sans conducteur), design épuré	Ordinateur de bord, Moteur (electrique ou hybride, propulsion à hydrogène, trolley), batteries, roues, pneus, remorque, batterie et dispositif de recharge, capteurs et caméras

L'innovation dans l'aérien

Parmi les premiers moyens de transport aériens on trouve le **dirigeable**, apparu au XXe siècle et utilisé à des fins militaires ou pour des vols commerciaux. Sensible aux conditions climatiques, facilement inflammable, il a conduit à de nombreux accidents. **L'invention du moteur** et plus généralement les avancées technologiques dans le domaine de l'aviation ont permis le développement de **l'avion moderne**.
Aujourd'hui, la nécessité de **diminuer l'impact environnemental** et de tendre à une aviation décarbonée mènent au développement de nouveaux modèles d'avions basés sur des progrès technologiques et de conception aérodynamique. Sont développés des prototypes d'avions basés sur d'autres formes d'énergie : **à propulsion électrique** (HY4), **solaire**, **hybride** (Zunum) ou de **nouveaux designs plus aérodynamiques** (Boeing) ou encore des modèles mi-aériens, mi-terrestres tels que **l'Hyperloop**.

On observe également l'émergence de **nouveaux modèles d'aéronefs à usage personnel pour de courte distance** (Uber, Airbus, Lilium...), dont la plupart sont de type VTOL (vertical take-off and landing). Parmi tous ces nouveaux modèles, certains constitueront peut-être le transport aérien de demain, pour les longs courriers ou bien les déplacements personnels.

L'innovation dans le ferroviaire

Concernant le ferroviaire, les systèmes ont également énormément évolué. Ainsi, nous pouvons mentionner comme premier ancêtre du train, le Diolkos, sorte de bateau traîné sur des pavés par des hommes au VIème siècle avant JC pour traverser l'isthme de Corinthe. S'en est suivi le **train à vapeur** fonctionnant au charbon et se déplaçant sur des rails assez identiques à ceux que l'on connaît aujourd'hui. Cependant, dans le but de **diminuer la pollution des trains**, de proposer davantage de **confort aux usagers** et grâce à **l'invention de nouveaux moteurs**, les trains d'aujourd'hui sont apparus, à savoir les **trains diesel et les trains électriques.**

Dans le monde, 31% des lignes sont électrifiées, le reste fonctionnant au diesel. De plus, de nouvelles innovations pointent leur nez et pourraient s'imposer comme une alternative viable à l'avion au kérosène. On peut notamment citer **les trains à sustentation magnétique** comme le MAGLEV et l'hyperloop, ainsi que les **trains à hydrogène**. Ces trains, de plus en plus propres, rapides, silencieux et efficaces, permettront de **répondre à une demande croissante**. Enfin, **les trains de nuit**, que l'Europe souhaite promouvoir, pourraient constituer nos déplacements longue distance de demain.

L’innovation dans le transport maritime

Enfin, parmi les premiers moyens de transport maritimes, nous retrouvons **les bateaux à voiles** et **les bateaux à vapeur** fonctionnant au charbon. Ce moyen de transport a profité des avancées technologiques et de l’arrivée du **moteur à fuel** pour prendre plusieurs formes : **cargo** (marchandise), **ferry** et **paquebot** (transport de passagers) et voir ses capacités de stockage de marchandises et de d’aménagement pour passager s'accroître considérablement.

Ces évolutions se sont accompagnées de **l’aménagement d’interfaces au sol** : ports, porte-conteneurs, plateformes multimodales. Le trafic maritime ayant explosé ces dernières décennies et avec lui la pollution due aux navires, des voies de réduction de l'émission de carbone sont à l’étude. Notamment, l’installation **de voiles de traction** à l’avant des cargos permettrait de réduire significativement la consommation d'énergie en s’aidant du vent tout en évitant l’encombrement ou le poids de mâts et de voiles. Aussi, les **bateaux à hydrogène** pourraient bien être les bateaux du futur.

Conclusion

Aujourd’hui, **l’innovation en lien avec les transports** est principalement guidée par une **volonté de réduire les émissions**. Le transport fluvial maritime est probablement le mode de transport le plus avantageux au global combinant coût, capacité et impact environnemental, mais sa place risque de rester marginale à moins de **s’orienter vers un monde moins globalisé**. En France, **la part du fret ferroviaire est assez basse** et demande encore à être relancée, grâce à l’innovation technique (trains autonomes) et les **décisions politiques** (taxe sur les camions en Suisse par exemple). Enfin, les projets tels que **l’hyperloop** viennent concurrencer l’avion sur le fret de petites marchandises à transport rapide tandis que les camions sont en pleine ébullition avec notamment le développement des camions autonomes "propres" électriques, trolley ou propulsés par hydrogène pour des transports longues distances.

Sources :

1) https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/voiture-top-5-camions-futur-64300/
2) https://www.lesnumeriques.com/voiture/decollage-reussi-pour-lilium-jet-vtol-cinq-places-electrique-n87067.html
3) http://www2.assemblee-nationale.fr/content/download/69715/711345/version/1/file/Hyperloopp.V13.pdf

Pour aller plus loin :

- SOT methodology : https://drive.google.com/file/d/18QDa4E12y3HWcyBFWVczYWguAgEPcr7s/view?usp=sharing