

# SCIENCE, PROGRES ET AVENIR

Le magazine qui fait réfléchir

Les transports de demain,  
synonyme de progrès

# **PUBLICITE**

# EDITO



Depuis toujours les hommes se sont déplacés pour explorer : à pied d'abord, puis à l'aide d'animaux. Dans une recherche perpétuelle d'efficacité, ils ont créé de nouveaux moyens de transport toujours plus rapides, permettant d'aller toujours plus loin, de déplacer toujours plus de personnes ou transporter toujours plus de marchandises.

Le XXème siècle a vu l'avènement du pétrole comme source d'énergie principale pour nos déplacements. Avec nos voitures, nos avions, nos bateaux, nous n'avons jamais autant voyagé, nous n'avons jamais autant échangé de biens, commercé et tout cela à des vitesses que nous n'avions jamais connues.

Cependant, toutes ces inventions, pour autant qu'elles atteignent des niveaux de performance jamais atteints, ont négligées les aspects environnementaux. Depuis la fin du

siècle dernier, le réchauffement climatique et la pollution sont devenus des problèmes majeurs pour la planète.

Face à cela, de nouveaux moyens de locomotion apparaissent. Ils cherchent à allier utilité, efficacité et écologie. Le progrès est défini comme une évolution régulière de l'humanité, de la civilisation (Larousse), mais un progrès ne peut pas négliger l'environnement. Les transports de demain devront être utile à l'Homme, tout en préservant la planète.

Dans le magazine de ce mois-ci, nous nous attacherons à faire le point autour de ces problématiques, et plus précisément celles concernant les transports humains.

Un prochain numéro traitera du transport des marchandises.

# RACONTE MOI LE FUTUR



# SOMMAIRE

## **LES IMPACTS DES TRANSPORTS ACTUELS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE 1**

CONSEQUENCES DES GAZ A EFFET DE SERRE 2

CONSEQUENCES DES POLLUANTS 4

CONSEQUENCES DES INFRASTRUCTURES 8

## **LES SOLUTIONS 9**

LES SOLUTIONS ACTUELLES : VEHICULES  
ELECTRIQUES, TRANSPORTS EN COMMUN, BIOMASSE 10

ETUDE DE CAS : HYPERLOOP, LE TRANSPORT DE DEMAIN ? 18

Interview Exclusive : Heloise Michel & Hervé Mazzoni de Systra 27

LES SOLUTIONS DE DEMAIN 32

## **CONCLUSION 35**

# LES IMPACTS DES TRANSPORTS ACTUELS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE



La quasi-totalité des transports actuels reposent sur l'utilisation d'**énergie fossile**. Voitures, camions, navires, avions (et trains dans beaucoup de pays) que nous utilisons actuellement nécessitent du carburant pour avancer.

Ces carburants sont, au choix, des carburants classiques (essence, diesel), des biocarburants (éthanol, gaz de pétrole liquéfié (GPL), du gaz naturel pour véhicule (GNV et le bioéthanol).

Ces carburants ont tous un grand inconvénient : ils rejettent (plus ou moins) des molécules polluantes et des **gaz à effet de serre**.

Nos déplacements, le transport de nos marchandises, en perpétuelle augmentation contribuent donc fortement au réchauffement climatique et fragilisent de jour en jour un peu plus notre santé et l'équilibre de notre planète.

Tout cela pourrait nous mener vers une situation apocalyptique !

Quelles sont les conséquences de cette pollution ? Par quoi se traduit le réchauffement climatique ? Quels sont les impacts des transports actuels sur notre santé ? Explications.

# CONSEQUENCES DES GAZ A EFFET DE SERRE

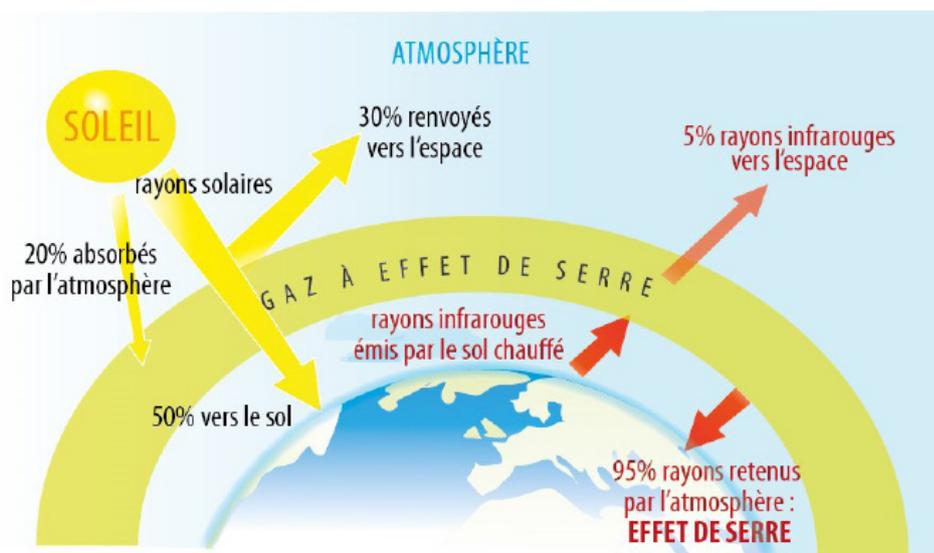


## **Le réchauffement climatique, c'est quoi ? Et quelles sont ses conséquences ?**

Le dioxyde de carbone ou  $\text{CO}_2$  est une molécule, invisible à l'oeil nu, composée d'un atome de carbone et de 2 atomes d'oxygène.

Le réchauffement climatique, ou dérèglement climatique, c'est l'augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre. Ce phénomène a débuté dans les années 1850, avec les débuts de l'ère industrielle. Durant le XXème siècle, la température du globe a augmenté entre  $0,6^\circ\text{C}$  et  $1^\circ\text{C}$  en France métropolitaine.

Si la vie a pu s'installer sur notre planète, c'est en partie parce qu'elle a une atmosphère assez unique. Cette atmosphère contient certains gaz qui laissent entrer certains UV du soleil, mais qui bloquent une partie des rayons infrarouges que la Terre émet après avoir été touchée par les UV (phénomène d'effet de serre). Ainsi, la Terre a une température moyenne de  $15^\circ\text{C}$  au lieu de  $-18^\circ\text{C}$ , qui permet la vie, et son atmosphère nous >>>



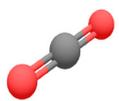
Effet de serre schématisé (source anonyme)

>>> protège des météorites, de certains rayons cosmiques...

Cependant, l'activité humaine, dont les transports, rejettent toujours plus de gaz à effet de serre, comme le CO<sub>2</sub> ou le méthane CH<sub>4</sub>, dans l'atmosphère.

des glaciers, acidité des océans (ils sont de 30% plus acides qu'auparavant), disparition de certaines espèces, augmentations de la fréquence des catastrophes naturelles comme les inondations, sécheresses, cyclone, mise en danger des habitants des côtes et des îles que l'on les appelle alors réfugiés climatiques.

Avec l'utilisation des transports actuels, et avec des déplacements qui vont s'intensifier avec l'augmentation de la population, si aucun progrès n'est fait sur ce sujet l'Humanité risque gros.



### Le dioxyde de carbone : ami et ennemi

Il ne faut pas accuser le dioxyde de carbone à tort ! En quantité raisonnable, le CO<sub>2</sub> est vital aux végétaux qui, par la **photosynthèse**, fabriquent de l'O<sub>2</sub> et des molécules organiques.

Lorsque nous ventilons (ou respirons dans le langage courant), nous in-

spirons du dioxygène (O<sub>2</sub>) vers nos poumons et nous rejetons dans l'air du dioxyde de carbone. Donc, d'une certaine manière le CO<sub>2</sub> nous est vital à nous aussi, puisque grâce aux plantes, notre O<sub>2</sub> est renouvelé.

Cependant, depuis la révolution

industrielle l'augmentation des transports à combustion ou la déforestation, entraîne la diminution de production d'O<sub>2</sub> et de recyclage du dioxyde de carbone: le cycle du CO<sub>2</sub> est dérégulé et il devient néfaste.

## CONSEQUENCES DES POLLUANTS

En 2013, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) classe la **pollution** (ainsi que le Diesel et les moteurs d'essence) comme un facteur cancérigène. L'exposition aux particules fines réduit de 8 mois l'espérance de vie en France.

Certaines particules comme les oxyde d'azote, ozone, monoxyde de carbone ou les particules fines dont la moitié provient des émissions du trafic routier, seraient à l'origine de 7 millions de décès chaque année dans le monde.

### Les effets des molécules polluantes sur la santé

L'air que nous respirons est composé à 99% de dioxygène et d'azote, ce qui est une bonne chose, mais il reste néanmoins composé de certains polluants. On en retrouve deux types: les polluants primaires et secondaires. Les polluants primaires (oxydes de carbone, oxydes de soufre, oxyde d'azote, particules fines...) sont directement issus des sources de pollution comme le trafic routier, et les polluants secondaires (ozone, dioxyde d'azote) sont issus de réactions chimiques entre plusieurs gaz. La pollution de l'air peut avoir différents impacts en fonction des facteurs (durée d'exposition, sensibilité des individus...).

## • Les effets sur les poumons

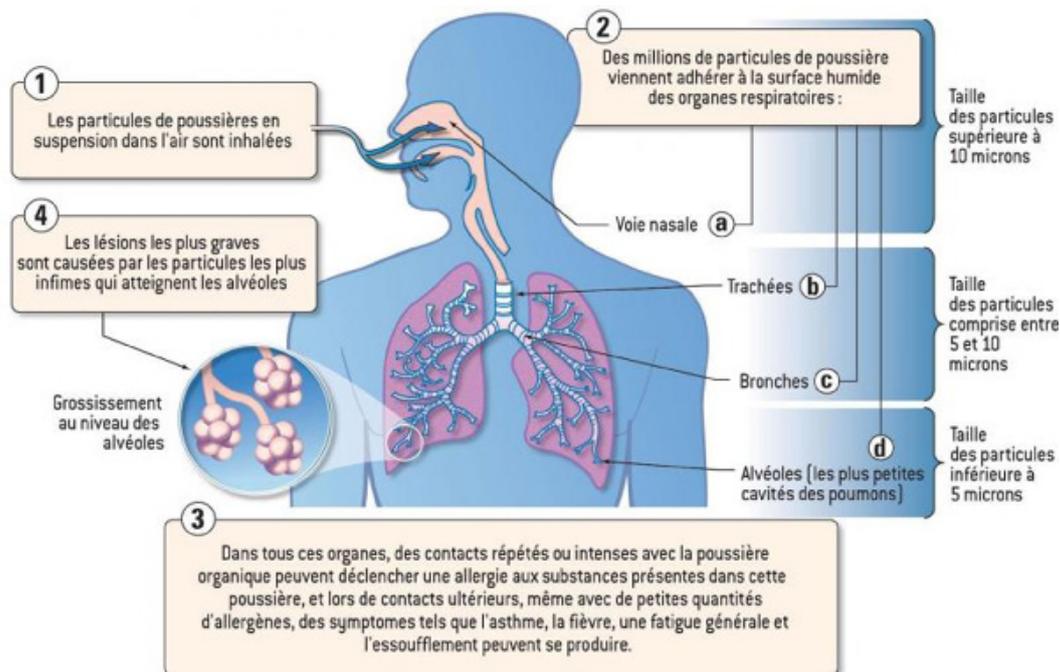
La voie respiratoire est la principale entrée des polluants, elle les laisse pénétrer vers les poumons .

Les particules assez fines arrivent à passer à travers

les alvéoles pulmonaires et gonflent celles-ci.

Au contraire, lorsqu'elles sont trop grosses, elles se collent à la surface humide des autres organes respiratoires (bronches,

trachées ou voie nasale). Elles empêchent ainsi une bonne absorption de l'oxygène.



### Conséquence des particules fines sur les poumons

Source : OMER7A (Académie de Toulouse, AERIS, OMP, LCSQA)

## • Les effets sur le cœur

Parmi ces molécules polluantes, il existe des grosses et des fines particules. Les grosses particules sont arrêtées par le nez et les muqueuses des poumons, cependant, ce n'est pas le cas des très fines particules, ultra fines particules et nanoparticules, qui peuvent aller tout au fond de l'appareil respiratoire et passer dans le sang.

Les conséquences sont multiples : une altération de

la viscosité sanguine et une augmentation de la coagulation, une réduction de la saturation en oxygène, puisque les polluants prennent en quelque sorte la place de l'oxygène dans le sang, et un risque accentué de thrombose périphérique, caractérisée par l'obstruction d'un canal par un caillot de sang. Dans le cas des oxydes d'azote, très nombreux dans les épisodes de pic de pollution, ces molécules déclenche

un **stress oxydatif** dans la cellule, et perturbe le fonctionnement des mitochondries et donc de la cellule. Ces éléments cellulaires étant très nombreux au niveau du muscle cardiaque, les oxydes d'azote peuvent alors être responsables de dysfonctionnement du cœur (infarctus du myocarde, les coronaropathies, l'angine de poitrine, troubles du rythme cardiaque ou encore l'accident vasculaire cérébral)

## • Les effets sur le cerveau

Les nanoparticules les plus fines, de diamètre inférieur à 200 nanomètres peuvent entrer dans le cerveau par les nerfs olfactifs.

Certaines de ses particules sont magnétiques, et sont par conséquent toxique pour le cerveau, car elles y produisent des **radicaux libres** dans les

cellules, radicaux qui sont associés à des maladies comme Alzheimer.

## • Les effets sur la peau

Sous l'effet du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et de particule fines, notre peau perd certaines de ses protections naturelles, comme son film

hydrolipidique. Le vieillissement cutané de notre peau et alors plus rapide. En absorbant certains polluants rejetés par les transports, notre peau de changer

de couleur et devenir plus terne. L'ozone entraîne des inflammations de nos tissus, ce qui provoque des irritations et des allergies.

## • Pollution et cancers

**~ Qualité de l'air ~**  
**LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE**  
**quels effets ?**

*La qualité de l'air a des répercussions principalement sur notre santé et sur l'environnement. Ces effets peuvent être immédiats ou à long terme (affections respiratoires, maladies cardiovasculaires, cancers...).*

**SUR NOTRE SANTÉ**

**Les polluants atmosphériques peuvent nous affecter :**

- par **voie respiratoire**, principal point d'entrée de l'air et donc des polluants
- par **voie digestive** : les polluants présents dans l'air peuvent contaminer notre alimentation
- par **voie cutanée**, qui reste marginale

**Leurs effets dépendent :**

- de leur **composition chimique**
- de la taille des **particules**
- de nos **caractéristiques** (âge, sexe...), **mode de vie** (tabagisme...) et **état de santé**
- du degré d'**exposition** (spatiale et temporelle), de la **dose inhalée**

**SUR NOTRE ENVIRONNEMENT**

**Les polluants atmosphériques ont des incidences sur :**

- les cultures** : L'ozone en trop grande quantité provoque l'apparition de taches ou de nécroses à la surface des feuilles et entraîne des baisses de rendement, de 5 à 20%, selon les cultures ;
- les bâtis** : Les polluants atmosphériques détériorent les matériaux des façades, essentiellement la pierre, le ciment et le verre, par des salissures et des actions corrosives ;
- les écosystèmes** : Ils sont impactés par l'acidification de l'air et l'eutrophisation. En effet, certains polluants, lessivés par la pluie, contaminent ensuite les sols et l'eau, perturbant l'équilibre chimique des végétaux. D'autres, en excès, peuvent conduire à une modification de la répartition des espèces et à une érosion de la biodiversité.

**LE SAVIEZ-VOUS ?**

**Il ne faut pas confondre pollution de l'air et gaz à effet de serre (GES).**

- **Les polluants de l'air**, composés de gaz toxiques ou de particules nocives, ont un effet direct sur la santé et les écosystèmes ;
- **Les GES** sont responsables du changement climatique. Ils restent très longtemps dans l'atmosphère mais ont peu d'effets directs sur la santé (à l'exception notable de l'ozone, qui est aussi un polluant de l'air).

**JUSQU'À 100 MILLIARDS D'EUROS**

C'est le coût annuel total de la pollution de l'air extérieur en France, évalué par la commission d'enquête du Sénat, dont 20 à 30 milliards liés aux dommages sanitaires causés par les particules.

www.developpement-durable.gouv.fr | France Écologie Énergie | ecologieEnergie

Les cancers étant dus à de nombreux facteurs (hérédité et facteurs environnementaux), il est difficile d'étudier précisément leurs causes.

Pendant une récente étude a montré que l'excès d'émissions de particules diesel (4,6 millions de tonnes) était associé à 38 000 décès prématurés (accidents vasculaires cérébraux, infarctus ou cancers du poumon) en 2015 principalement dans les pays de l'Union européenne, en Chine et en Inde. Certaines populations atteintes du cancer du poumon ont en communs une forte exposition à la pollution de l'air. >>>

Source : ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

>>> C'est pourquoi on considère les particules polluantes comme cancérigènes.

## **Le bruit**

Tout d'abord, il faut faire un petit voyage dans le corps humain et partir au niveau des oreilles (évident n'est-ce pas?). Dès la naissance, nous avons 15 000 cellules sensorielles non-régénératives dans l'oreille interne. Elles s'usent à partir de 20 ans dans la normale mais la présence d'intensité sonore, nuisances sonores (bonjour les voitures, trains et avions!) accélèrent l'usure. Les conséquences sont bien là : baisse d'audition précoce, surdité précoce, acouphènes.

Mais comme tout est lié, cela a un impact important sur la santé psychique. Il y a une création d'un véritable stress voire d'une anxiété qui varie en fonction des individus. Dans certains cas extrêmes, il peut même y avoir une évolution vers un état dépressif que l'on peut observer chez les personnes qui habitent à proximité de lieux particulièrement bruyants comme les grands axes routiers, les autoroutes ou les aéroports. Le sommeil peut aussi se montrer perturbé, être moins réparateur, entrecoupé de réveils ou composé d'apnée du sommeil. Avec tout cela, l'individu pourra avoir des troubles de la mémoire.

## CONSEQUENCES DES INFRASTRUCTURES

Les infrastructures ont un impact sur le milieu et donc sur ses habitants, qu'ils soient des hommes ou des animaux. Elles créent des modifications des milieux aquatiques car l'eau de pluie s'écoule en emportant les résidus de pollution (métaux, hydrocarbures) causant des perturbations dans les stations d'épuration.

Les infrastructures constituent des effets de coupure pour les individus et la faune. Les chemins sont coupés ce qui cause des problèmes de franchissement. Chez l'homme cela allonge le parcours des piétons et des cyclistes, accroît la séparation des communautés, modifie le fonctionnement urbain ou encore diminué l'intérêt touristique, tandis que chez les animaux, cela morcèle le domaine de la vie des espèces causant des problèmes de reproduction,...

Il y a aussi une déforestation afin de construire des routes, des aéroports. Cela séparerait les espèces, réduit leur milieu et limite leur développement. Les matériaux composants nos routes actuelles sont également un problème pour l'environnement. En effet, le bitume dont elles sont composées est fait de 30% de pétrole brut, et de carbone. Avec l'abrasion des roues sur la route, certaines particules fines se détachent et finissent dans l'air que nous respirons.



### **Le saviez-vous ?**

A Londres, un ours en peluche nommé Toby est équipé d'un dispositif analysant la qualité de l'air et alerte les passants en toussant quand la pollution est trop importante. Il fait ainsi réagir les passants, et les pousser peut être à faire un geste pour améliorer leur air.

# LES SOLUTIONS



Aujourd'hui, pour lutter contre les problèmes actuels et futurs, des solutions existent et peuvent être mises en place. Cependant, ces solutions répondent-elles vraiment aux enjeux de notre planète ?



## LES SOLUTIONS ACTUELLES : VEHICULES ELECTRIQUES, TRANSPORTS EN COMMUN, BIOMASSE

### Les voitures électriques ou hybrides



*Une voiture 100% électrique : la Tesla model S*

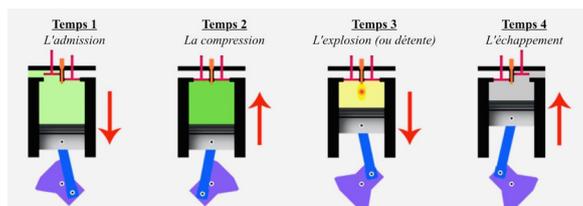
Responsable de 16% des émissions humaines de CO<sub>2</sub>, le trafic routier mondial contribue en grande partie à l'effet de serre. Pour lutter contre cela, il est urgent de trouver de nouvelles alternatives de transport et des solutions rapides pour limiter les émanations provenant des véhicules terrestres. L'Union Européenne a depuis longtemps pris conscience de l'urgence et va continuer à limiter les émissions de gaz nocifs. D'ici 2030, elle exige que les émissions de CO<sub>2</sub> soient diminuées de 30%.

# UN MOTEUR COMMENT CA MARCHE

## Le fonctionnement des moteurs à explosion

Les moteurs à explosions fonctionnent tous de la même manière, en 4 temps :

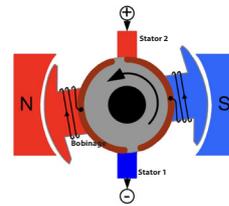
- 1) Temps 1, Admissions :** Le mélange d'air et d'essence sous forme de gaz arrive dans la chambre à combustion. Le piston descend, aspirant le mélange.
- 2) Temps 2, Compression :** Le piston remonte comprimant ainsi le mélange air-essence.
- 3) Temps 3, Explosion :** La bougie émet une étincelle provoquant une explosion du mélange, la pression fournit permet de faire redescendre le piston.
- 4) Temps 4, Échappement :** Le piston remonte grâce à l'énergie cinétique et les gaz sont évacués par le pot d'échappement.



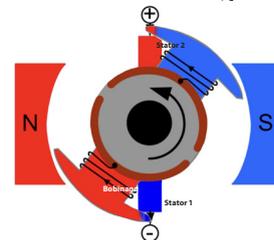
Les mouvements de montée et de descente du piston lié à un système d'engrenage permet ensuite par transmission de force, de faire rouler les roues de la voiture.

## Le fonctionnement des moteurs électriques

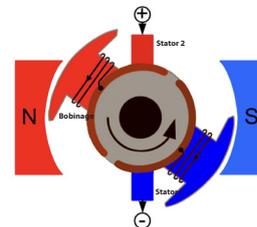
Un moteur électrique est composé d'un rotor (qui tourne), de 2 stators (qui ne bougent pas) de 2 aimants, l'un négatif, l'autre positif, et d'un bobinage.



- 1) Le courant par du pôle négatif du générateur et arrive au niveau du premier stator. Le champs magnétique dans la bobine 1 est donc négatif. Les champs magnétiques de la bobine et de l'aimant S étant les mêmes, ils se repoussent et le bobinage tourne alors.



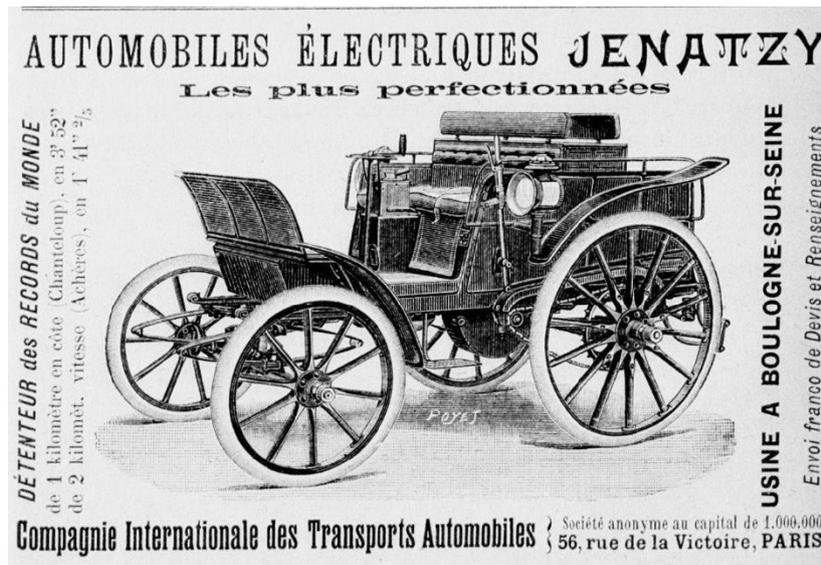
- 2) le bobinage tourne alors et les champs magnétiques dans les bobines commencent à s'inverser.



- 3) le champs magnétiques de la bobine 2 et désormais négatif. La bobine va donc elle aussi être repousser et tout le bobinage va tourner. Le bobinage joue le même rôle que le piston dans un moteur à explosion : il est liés par un système d'engrenage aux roues de la voiture. Ce phénomène va continuer jusqu'à ce que le courant électrique soit arrêté.

## Un peu d'histoire

L'idée d'une voiture roulant à l'électricité est apparue dès la première moitié du XIXème siècle. Le premier véhicule électrique date de 1834, la première commercialisation a lieu en 1852 et l'invention de la batterie à plomb en 1859 permet d'envisager un développement des ventes. Ainsi vers 1900, 38% des taxis New Yorkais sont électriques. Mais en 1908, avec l'arrivée de la Ford T et des techniques de production de masse, les véhicules thermiques bon marchés, meilleurs en autonomie et en poids, vont supplanter les véhicules électriques.



### *L'une des premières voitures électriques*

**Depuis la fin du XXème siècle, des progrès considérables ont été réalisés par de nombreuses marques automobiles pour réaliser différents types de voitures électriques :**

- Les véhicules 100% électriques, avec batterie et moteurs électriques, et une autonomie qui peut aller de 300 km à 500 km environ
- Les véhicules hybrides, rechargeables ou non, avec une autonomie limitée entre 30 et 50km en mode totalement électrique
- Les véhicules à hydrogène, avec un réservoir d'hydrogène sous pression et une pile à combustible qui convertit le gaz en électricité pour alimenter le moteur électrique. Même si pour le moment le réseau de distribution d'hydrogène est très limité (20 stations en France en 2018, 40 à l'horizon 2020), avec une recharge de 3min, son autonomie est de 500 kms.

**Les points positifs de ces nouvelles technologies sont indéniables :**

- Sur la route, rien à dire : un véhicule thermique classique émet en Europe en moyenne 111g de CO2/km alors que les véhicules 100% électriques n'émettent pas de CO2 ou de gazs polluants. Les véhicules hybrides, sans supprimer toute la pollution, émettent entre 20% et 30% en moins, de gazs polluants.
- Autre point non négligeable, l'utilisation de voitures électriques réduit considérablement les nuisances sonores.

**Mais il faut regarder de façon globale ces nouveautés pour mesurer plus précisément leur empreinte écologique :**

Pour ceux qui en ont les moyens, acheter une voiture électrique, hybride ou à l'hydrogène c'est se don-

ner bonne conscience et participer concrètement à la lutte contre le réchauffement climatique. Cependant, la

voiture verte n'est pas aussi propre que ce que l'on entend souvent...

### **La production de la batterie**



*Mine de lithium en Australie (Western Australia)*

Le principal point négatif des véhicules électriques et hybrides qui contiennent une batterie, est lié justement à cette batterie. Sa production exige de nombreux métaux rares

(Lithium, Cobalt, Nickel, Manganèse) dont les ressources ne sont pas illimités et dont la production génère le plus souvent une énorme empreinte écologique. Pour être épurés, certains matériaux doivent être traités à l'acide ou avec de nombreux produits chimiques nocifs. Ainsi, en Chine, à Baotou, l'exploitation minière de ces métaux a donné naissance au plus grand lac d'acide sur Terre. De même, le lithium extrait dans les déserts de sels chiliens consomme des quantités phénoménales d'eau, et rejette de nombreux produits toxiques.

Vu sous cet angle, la pollution est juste déplacée de nos villes au pays producteurs de matériaux (lorsqu'il y a des batteries) et des voitures.

### **La production d'hydrogène :**

Pour ce qui est des véhicules à hydrogènes, c'est la production même d'hydrogène qui pose question. En effet ce gaz est aujourd'hui à 90% d'origine fossile. Pour synthétiser l'hydrogène, la pratique la plus courante est par la vapeur d'eau et la chaleur : les atomes de carbone, et de méthane se dissocient, puis se reforment séparément pour former du Dihydrogène et de l'autre du CO<sub>2</sub>.

La production d'hydrogène produit donc des gaz à effet de serre.

## **La production de l'électricité :**

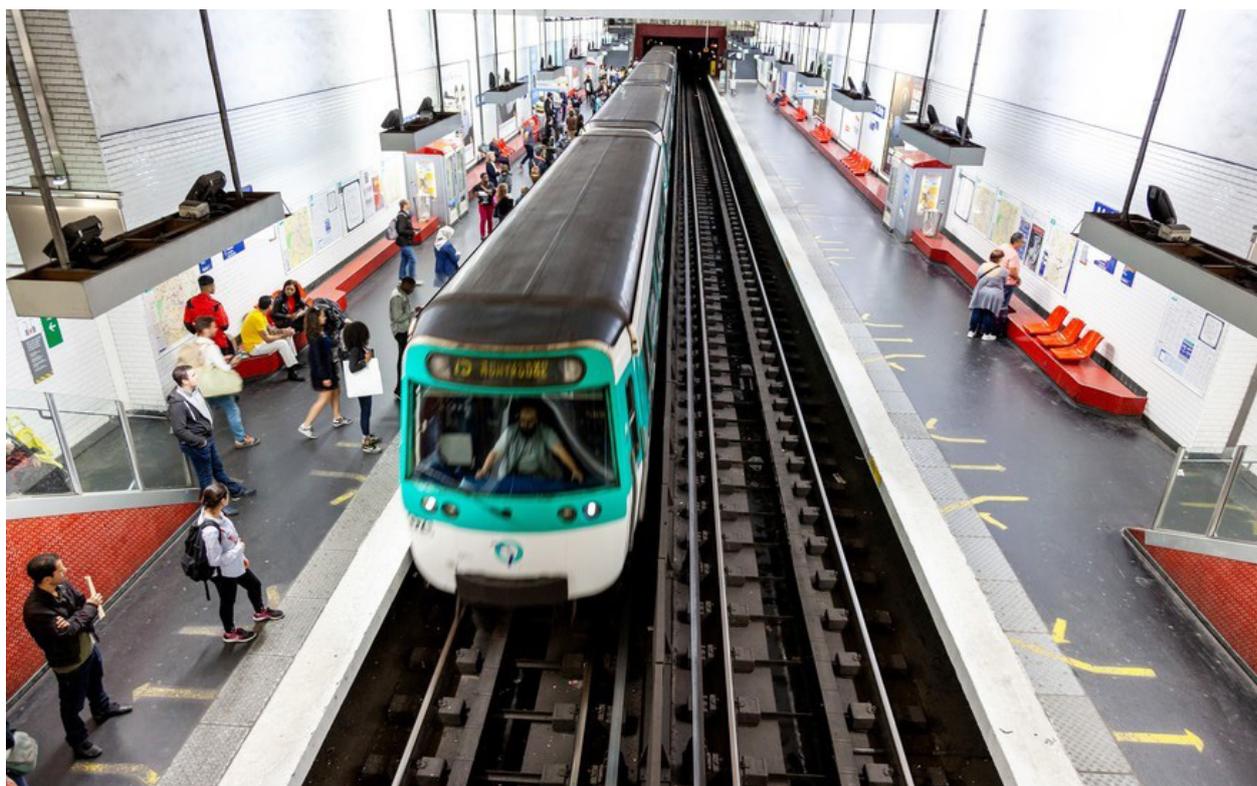
Dernier point, et pas des moindres, une voiture électrique, quand on roule, c'est bien. Mais il faut également s'intéresser à l'énergie qu'elle utilise et à savoir plus précisément comment elle est produite. Et là, forcément, si l'électricité est produite au charbon, son émission totale de CO2 sera supérieure à un modèle thermique.

## **Conclusion :**

Les voitures électriques, et hybrides, au premier abord, permettent de « rouler propre ». Mais il faut élargir la réflexion et l'analyse, penser à toute la chaîne de production et à celle de son énergie pour mesurer plus finement. De nombreuses études parfois contradictoires ont essayé d'estimer l'empreinte écologique globale des véhicules électriques. Une des dernières études en date de l'Ademe (en collaboration avec la Fondation pour la nature et l'homme et European Climate Foundation) semble prouver que sur la durée de vie moyenne d'un véhicule (150 000 km), un véhicule électrique sera trois fois moins polluant que son équivalent à essence.

Donc, bien utilisé avec de l'électricité produite durablement, les voitures électriques peuvent être une alternative( plus chère toute de même) aux voitures à essence.

## Les transports en commun, agir ensemble contre le réchauffement climatique



*Métro parisien*

Au-delà des problèmes de pollution, il est de plus en plus difficile de se déplacer en voiture dans les villes à cause du manque de place pour se garer, des embouteillages (un français passe en moyenne 22h/an dans les embouteillages, parfois près du triple pour les Parisiens). C'est pour cela que beaucoup de personnes préfèrent se déplacer en transports en commun : plus pratiques, plus rapides, plus économiques et qui en plus contribuent fortement à limiter le réchauffement climatique.

En effet, le niveau de pollution des transports en commun (en g de CO<sub>2</sub> rejeté par kms parcourus par voyageur) est absolument imbattable. En 2017, pour la région parisienne, le niveau de pollution par type de transport s'établissait ainsi :

**Tramway :** 3,0 g / km

**Métro :** 3,4 g / km

**Train Transilien/RER :** 5,2 g / km

**Bus :** 96,6 g / km

**Voiture :** 166 g / km

Prendre les transports en commun c'est donc faire un geste positif pour l'environnement

## La biomasse

Le nom de ce carburant semble régler tous les problèmes de pollution des carburants fossiles. Une énergie à base de matière organique.

La biomasse est issue de la combustion, de la méthanisation (ou fermentation) de matières organiques ( le bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques), qui sont alors transformées en chaleur, en électricité ou en biocarburants. Dans le domaine des transports, ce sont plutôt l'électricité et les biocarburants qui nous intéressent.

### **La combustion :**

La chaleur produite par la combustion chauffe un réservoir d'eau, la vapeur d'eau alors produite entraîne ensuite une turbine reliée à un alternateur, permettant alors de produire de l'électricité.

### **La méthanisation :**

C'est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique due à l'action de microorganismes, comme des bactéries, dans un milieu sans oxygène. Ce phénomène est appelé la digestion anaérobie. On obtient alors un biogaz ou biométhane ( bioGNV), constitué de méthane (CH<sub>4</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui possède les mêmes propriétés et utilités que le gaz naturel. On peut ensuite le transformer en carburant.

### **Le saviez-vous ?**

Les biocarburants ne sont pas une nouveauté !

Les premiers moteurs de voiture fonctionnaient en brûlant de l'éthanol et pendant les deux Guerres mondiales, les biocarburants remplacés l'essence et le gazole alors difficiles à trouver. Rudolf Diesel, lorsqu'il inventa le premier moteur qui porte aujourd'hui son nom, utilisait de l'huile de cacahuètes.

## Avantages :

- La biomasse utilise des ressources renouvelables
- La biomasse rejette 80% de CO2 de moins que les énergies fossiles
- Les déchets organiques pouvant être utilisés sont variés . En Afrique par exemple, une centrale de biomasse utilise des excréments d'animaux comme combustible).

## Inconvénients :

- Le rendement énergétique est assez faible comparé à l'énergie hydraulique ou éolienne
- La surexploitation de la biomasse peut entraîner une déforestation importante qui amplifie le réchauffement climatique.
- Rejette tout de même du CO2, notamment le chauffage à bois
- Plus chère à produire que les énergies fossiles  
Cependant elle reste une alternative moins polluante aux énergies fossiles.

Cependant elle reste une alternative moins polluante aux énergies fossiles.

# ETUDE DE CAS : HYPERLOOP, LE TRANSPORT DE DEMAIN ?

## Qu'est ce que l'Hyperloop ?



À notre époque, où les échanges ne cessent de s'intensifier, de nombreux ingénieurs se mettent à la conquête de la rapidité. C'est nota-

mment le cas d'Elon Musk, fondateur de nombreuses entreprises, qui a donné naissance au projet Hyperloop, un moyen de transport révolutionnaire qui serait plus rapide que l'avion et qui permettrait de relier de grandes distances en un temps record. Cette révolution en termes de transport serait un moyen durable de transporter les hommes et les marchandises tout en respectant certains aspects environnementaux. Dans son concept initial, l'Hyperloop serait une capsule se déplaçant dans un tube sous basse pression grâce à un système de sustentation électromagnétique. Il serait propulsé par un champ magnétique créé par des moteurs linéaires à induction placés à intervalles réguliers à l'intérieur des tubes.



## Comment le projet a été mis en place ?

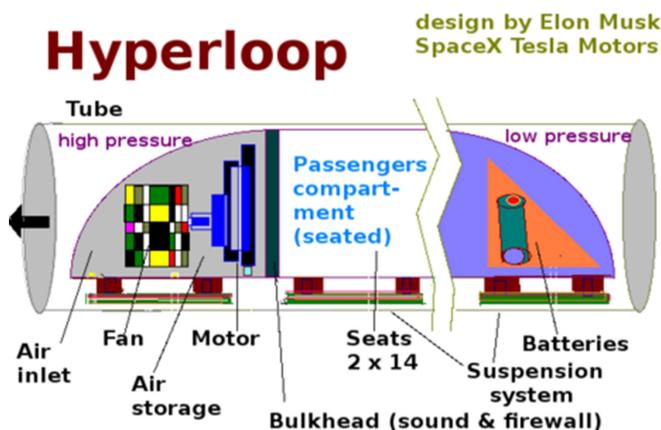


En juillet 2012, Elon Musk annonce le projet au PandoDaily tenu à Santa Monica en Californie et crée une filière au sein de son entreprise SpaceX destinée à promouvoir ce nouveau mode de transport.

Un an après, il publie sur les sites de Tesla et SpaceX une « version alpha » de son projet. Cet article comporte des schémas, des détails techniques, le design et le mode de fonctionnement de l'Hyperloop.

Il laisse ensuite son projet en « open source » : le principe est de mettre à disposition la totalité de ses recherches et idées, et de laisser n'importe quelle entreprise entamer un prototype si elle voit du po-

tentiel en ce projet. Les recherches sont ainsi encouragées et se font librement et volontairement puisque Elon Musk n'a déposé aucun brevet pour l'Hyperloop.



*Schéma de l'Hyperloop, pensé par Elon Musk*

## Quels sont les acteurs ?

### Trois programmes principaux

Aujourd'hui, plusieurs programmes travaillent séparément sur l'Hyperloop dont trois principaux :



Cette entreprise a été créée aux Etats-Unis en 2014. Elle a organisé dix lignes potentielles sur lesquelles des études seront lancées (aux Etats-Unis, Canada, Mexique, Angleterre et en Inde). Des lignes tests sont actuellement en cours dans le Nevada.



L'entreprise, créée en 2013 aux Etats-Unis, a obtenu un permis de construire en Californie en 2015. Elle a aussi eu un accord avec le gouvernement Slovaque, le gouvernement d'Abou Dabi, la République Tchèque dans la ville de Brno, la Corée et l'Inde, afin de travailler sur le développement d'un projet entre 2015 et 2017. Actuellement, des études de coûts sont en cours pour la liaison entre Cleveland et Chicago en 2018. Un centre d'innovation a également été fondé au Brésil. En 2019, de premiers tubes devraient être assemblés à Toulouse avec un objectif de 320 m, puis 1 km à 5,8 m de hauteur du sol. C'est l'un des projets les plus avancés.



Transpod est une startup canadienne, basée à Toronto créée en 2015. Le système Transpod a été conçu pour déplacer des véhicules à plus de 1000 km/h. >>>

>>> Ces programmes sont des groupes multidisciplinaires qui doivent trouver des solutions pour que leur projet puisse marcher, elles font donc des études complémentaires. C'est pourquoi elles font appel à des entreprises comme l'entreprise SYSTRA (voir interview) qui a un contrat d'études de sécurité depuis 2 ans avec Hyperloop One. Elle analyse tous les cas de défaillance (panne, accidents,...) pour l'Hyperloop, tout en respectant des normes et en apportant des preuves mathématiques sur certaines démonstrations de sécurité. Ces études sont nécessaires car les autorités publiques doivent donner leur autorisation avant que le service ne puisse être mis en place.

Des exemples de problèmes auxquels ils doivent faire face :

- une capsule percée : les passagers sont soumis au vide et ne peuvent donc plus respirer
- une dépressurisation : les chances de mort sont importantes
- une vitesse trop élevée : peut être dangereuse pour l'organisme humain

Ces études de sécurité veulent par exemple, créer un espace plus spacieux pour lutter contre la claustrophobie avec des écrans le long des parois par exemple, ou développer des systèmes de sécurité pour prévoir une évacuation d'urgence.

### **Universités et entreprises**

De plus, des concours de vitesse sont organisés par Space X, notamment le concours international Hyperloop Pod regroupant de nombreuses universités reconnues et visant à concevoir le concept des futures capsules Hyperloop. À la suite de ce concours, trois prototypes ont été sélectionnés pour un essai dans le tunnel construit par SpaceX. Cette compétition est également un moyen d'encourager les recherches et le développement du projet.

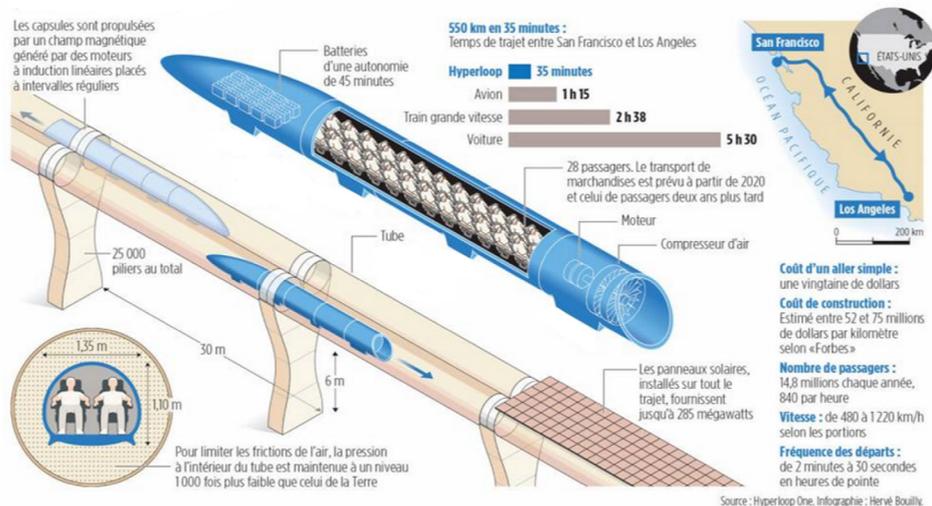
## Comment ça marche ?

Chaque groupe possède sa version de l'hyperloop, avec son propre fonctionnement, bien que le fonctionnement général soit le même dans chaque prototype.

Tout d'abord, on veut se débarrasser de l'air, de la pression atmosphérique en créant une enceinte close. Il faut ensuite élim-

iner le contact rail-roue qui cause des frottements (donc ralentit) et du bruit. Pour cela, on utilise la sustentation magnétique car l'élimination de l'air empêche l'usage d'un coussin d'air ; et plus précisément l'électromagnétisme, car l'hyperloop pèse près de 20 tonnes au minimum, or un aimant simple perd de sa force au fur et

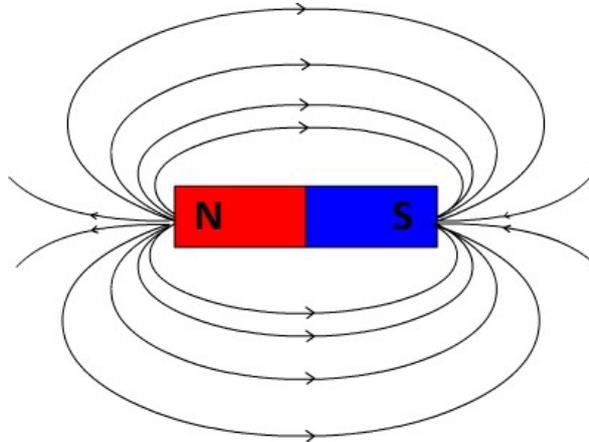
à mesure du temps. On appelle l'Hyperloop MAGLEV pour Magnetic Levitation. Il s'agit suite à cela, de mettre en place un système de guidage magnétique car le contact est impossible à une telle vitesse. Finalement, on utiliserait un moteur linéaire à induction (LIM) pour propulser l'Hyperloop.



## Qu'est-ce que le champ magnétique ?

Un champ est une grandeur ayant le caractère d'un champ vectoriel, c'est-à-dire caractérisée par la donnée d'une norme, d'une direction et d'un sens, définie en tout point de l'espace, permettant de modéliser et de quantifier les effets magnétiques du courant électrique ou des matériaux magnétiques comme les aimants >>>

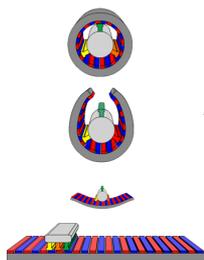
permanents. Les lignes de champ magnétique sont orientées du pôle Nord au pôle Sud à l'extérieur de l'aimant.



*Lignes du champ magnétique d'un aimant droit*

### **Qu'est-ce qu'un LIM ? Comment éviter le frottement rail-roue ?**

Un moteur électrique est constitué d'un rotor et d'un stator. Le stator est un aimant permanent à l'intérieur duquel tourne le rotor, aimant qui au cours de sa rotation induit un champ électrique dans les enroulements du stator du générateur. Dans un moteur linéaire à induction, le rotor et le stator sont déroulés et mis à plat.



*Mise à plat du rotor et du stator  
d'un moteur électrique*

L'Hyperloop fonctionne avec l'électromagnétisme, c'est-à-dire que les rails se composeraient d'électroaimants. En effet, on peut créer un aimant à l'aide d'un courant électrique. Pour cela, il faut enrouler le fil conducteur (une bobine de cuivre) autour d'un noyau ferreux. La tension électrique traversant la bobine crée un champ magnétique, on obtient ainsi un aimant. On a alors une voie composée d'électroaimants permanents (stator), une alternance entre des aimants de pôle sud et de pôle nord, alimentée par un courant alternatif. Sous le véhicule, est placé un rotor qui se déplace donc au-dessus du stator, empêchant ainsi grâce à la sustentation magnétique que la machine ne soit en contact avec le sol. Le but est de garder un air gap le plus mince possible afin que les champs mag-

nétiques ne s'échappent pas (environ 2mm). Pour que le courant puisse bien être assimilé tout au long de la ligne, il serait nécessaire d'utiliser des tubes en cuivre ou en aluminium, car l'acier n'est pas un bon conducteur, et de mettre des points d'injections de courant à intervalles réguliers.



*Noyaux ferreux entouré d'une bobine de cuivre, créant ainsi un aimant*

### **Comment éliminer le frottement de l'air ?**

Afin d'éliminer le frottement de l'air et d'ainsi augmenter la vitesse, l'Hyperloop devra se déplacer dans un tube sous basse pression. La création de ces tubes se fait dans le domaine de la sidérurgie, sous forme de segments que l'on assemble grâce à des joints. Cependant, il existe un risque de fuite s'il y a dilatation ou rétractation, pour lutter contre cela, il faut respecter l'amplitude thermique de chaque pays. Le but étant de créer une dépression à 1/10 d'atmosphère, soit 0,1 bar, dans un volume de près de 9,8 km<sup>3</sup>.

### **Comment régler le guidage ?**

On ajoute des aimants sur les côtés car les forces exercées sont jusqu'alors verticales ce qui est un risque car en cas de mouvement sur un côté, rien ne pourrait bien remettre l'Hyperloop en place. De plus, comme on cherche à garder un air gap le plus fin possible, il est nécessaire d'avoir des aimants sur les côtés qui assurent la répulsion ou l'attraction (selon ce qui est recherché) pour centrer le véhicule sur la voie.

## Quels sont les inconvénients ?

Ce projet bien que paraissant très attractif possède tout de même des inconvénients.

Malgré son apparence très attractive, le projet se heurte à des contraintes économiques très importantes, sachant que le coût de construction d'un tube serait de 5 millions d'euros le km auquel s'ajoute le prix à payer pour atteindre un vide poussé et le prix de l'électricité à utiliser. Il faudrait que beaucoup de personnes l'utilisent pour que le prix du billet soit abordable, ce qui nous amène à nous demander quel sera le prix du

service. Et donc : À qui sera-t-il proposé ?

De plus, l'Hyperloop serait sûrement mis en place dans des pays ou villes où les infrastructures sont peu nombreuses, car il a besoin de sa propre infrastructure et donc d'espace. Ainsi, dans des espaces déjà bien desservies, cela aurait peu d'intérêt car il devrait se situer hors de l'espace dynamique, et le temps gagné sur le trajet serait perdu par le temps pris pour se rendre à la gare. Pour l'instant, là où il a le plus de chance d'être mis en place est entre Dubaï et Abu Dhabi.

En outre, il est probable qu'il ne soit au départ utilisé que pour le fret, car les problèmes d'assurances empêcheraient de mettre la vie des hommes en danger, d'autant plus que l'Hyperloop représente un danger pour le corps notamment par les effets négatifs que peut avoir l'électromagnétisme, au centre du fonctionnement de l'Hyperloop, sur notre corps. (Voir article sur *Les effets de l'électromagnétisme sur le corps*)

## Quels sont les avantages ?

Les avantages importants qu'aurait l'Hyperloop restent toutefois indéniables.



### Train diesel

Durée du trajet	Vitesse maximale
6h	150km/h
Prix du billet	Propulsion
75€*	diesel

Polluant et lent : ce mode de transport n'est pas viable à long terme pour les sociétés modernes.



### Avion

Durée du trajet	Vitesse maximale
1h 12m	840km/h
Prix du billet	Propulsion
185€*	kérosène

Les émissions carbone des avions sont une cause non-négligeable du réchauffement climatique.



### TransPod

Durée du trajet	Vitesse maximale
45 minutes	1200km/h
Prix du billet	Propulsion
50€	électrique

L'hyperloop de TransPod s'affranchit du besoin en énergie fossile et n'engendre pas d'émission carbone.

***L'évolution des transports selon l'entreprise Transpod pour un trajet entre Toronto et Montréal, les prix étant basés sur une réservation le jour même.***

Il nous permettrait de nous déplacer beaucoup plus rapidement. Sur le long terme, afin de faire fonctionner l'Hyperloop. Il représenterait une attraction

il serait moins polluant que les moyens de transport actuels comme le train touristique pour la région dans lequel il se trouve, dont il

sel ou le bateau. Elon Musk prévoirait en plus d'utiliser des panneaux solaires permettrait ainsi de booster l'économie.



*panneaux solaires*

## Interview Exclusive de Heloise Michel et Hervé Mazzoni de Systra



*Le mercredi 21 novembre 2018, M. Hervé MAZZONI (Transport System Expert) et Mme Héloïse MICHEL (Transportation Planner), travaillant à l'entreprise SYSTRA, ont eu la gentillesse d'accepter de nous rencontrer afin de nous expliquer la part de leur entreprise dans le projet Hyperloop.*

**Comment avez-vous obtenu votre contrat d'étude de sécurité avec Hyperloop One ?**

**M.MAZZONI :** C'est un de nos collègues qui est allé les voir et qui les a convaincus de nous donner ce contrat d'étude de sécurité. On a donc un département avec une quinzaine de personnes qui font des études de sécurité. En général elles coûtent chères et rapportent peu mais sont indispensables.

**Pour quand est prévu le projet Hyperloop ?**

**H.MAZZONI :** Il y a des effets d'annonce toutes les semaines, je suis abonnée à la newsletter et toutes les semaines je reçois: "C'est demain la veille du matin du grand soir." Les trois programmes sont en retard. Des échéances avaient été données pour fin 2018 mais n'ont pas été respectées.

**H.MICHEL :** En plus, ils reçoivent des investissements colossaux, donc ils doivent continuer les effets d'annonce pour justifier ces investissements

**Selon vous quels seraient les avantages de l'Hyperloop ?**

**H.MAZZONI :** L'intérêt que j'y vois, c'est qu'à défaut de transporter des gens, sauf peut-être entre Abou Dabi et Dubaï, tout ce qu'on peut attendre de la recherche et développement de l'Hyperloop permettra peut-être d'optimiser tout ce qui tourne autour de l'électromagnétisme. J'appelle d'ailleurs ce projet "l'éléphant blanc", car c'est rare et qu'on attend toujours de le voir.

## **Pourquoi est-ce que SYSTRA tient à participer au projet Hyperloops selon vos propos il apparaît avoir autant de limite?**

**H.MICHEL :** L'Hyperloop, est une question de communication, Elon Musk a réussi à y entraîner toutes les entreprises. Si on n'est pas dans l'Hyperloop, on est des "ringards". Donc même si c'est pour le critiquer, SYSTRA est obligé de dire qu'elle sait innover, être ouvert à toutes les solutions des problèmes actuels et donc participer au projet pour se faire connaître. Et c'est réciproque car Hyperloop One a également besoin d'entreprises.

**H.MAZZONI :** Mais cela reste la version communication, car dans la vocation interne de SYSTRA il faut faire du transport sûr, efficace, le moins cher possible et qui rend service au plus grand nombre, ce qui est selon moi aux antipodes du concept Hyperloop, qui doit aller vite là où ce n'est pas nécessaire, être cher et dont l'efficacité est à prouver car les solutions ne sont pas au point et l'aspect technique n'est pas totalement traité.

# Les effets de l'électromagnétisme sur le corps humain

Comme nous l'avons vu auparavant, l'Hyperloop fonctionne grâce à l'électromagnétisme, hors, il est important de se rendre compte qu'il peut avoir des effets nocifs importants sur la santé de l'être humain.

Un champ électromagnétique est l'association d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Le champ électrique est dû à l'interaction entre 2 charges électriques et le champ magnétique est lié à la circulation de charges électriques en mouvement.

## Effets directs des champs statiques, électriques ou magnétiques

Les champs électriques statiques peuvent provoquer des réactions cutanées. En effet, ils changent la répartition des charges électriques au niveau de la peau des personnes qui y sont exposées. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux. Les champs magnétiques statiques peuvent être à l'origine :

- d'une modification de **l'électrocardiogramme**
  - d'effets sensoriels (nausées, vertiges, goût métallique)
- Ces effets peuvent survenir en cas d'exposition à un champ magnétique statique de très grande intensité et lorsqu'on se déplace dans ce champ.

## Effets directs dus aux courants induits

Ces effets dépendent de la densité de courant induit, c'est-à dire le produit du champ électrique interne et de la conductivité du corps humain.

*Inférieure à 10 mA/m<sup>2</sup> : pas d'effet connu sur la santé*

*De 10 à 100 mA/m<sup>2</sup> : effets visuels et nerveux, soudure des os*

*De 100 à 1 000 mA/m<sup>2</sup> : stimulation des tissus excitables (neurones et myocytes)*

*Supérieure à 1 000 mA/m<sup>2</sup> : **fibrillation***

## Cancérogénicité

Des études épidémiologiques ont montré que les enfants vivant près de zones à haute tension ont un risque de leucémie

accru, donc les champs électromagnétiques à basses fréquences (30 khz à 300 khz) et à hautes fréquences (3 Mhz à 30 Mhz) ont été classés comme "peut-être cancérogène pour l'homme", car ces études sont insuffisantes pour déterminer définitivement si les champs à basses et hautes fréquences sont cancérogènes.

### **Troubles visuels**

Les personnes soumises à un champ magnétique variable peuvent être sujettes à des troubles visuels, caractérisés par la perception de taches lumineuses appelées magnéto phosphènes.

### **Hyperthermie due aux champs haute fréquence**

Lors de l'exposition à des champs hautes fréquences, l'énergie absorbée par les tissus peut entraîner une augmentation de la température du corps entier, appelée hyperthermie, ou d'une région du corps. Cependant, le corps humain est capable, jusqu'à un certain point, de lutter contre cet échauffement par la **thermorégulation**.

L'exposition accidentelle à de fortes puissances reste tout de même dangereux, car il peut entraîner des brûlures superficielles ou profondes.

### **Effet auditif dû aux impulsions hautes fréquences**

Certaines personnes peuvent percevoir un effet auditif, spécifique aux ondes pulsées hautes fréquences. Les radars sont les principales sources susceptibles de générer cet effet.

### **Effets indirects**

Les champs électromagnétiques peuvent être à l'origine d'effets indirects pouvant provoquer des dommages sur l'homme ou être à l'origine d'un incident ou d'un accident.

Il peut s'agir :

- du déclenchement d'une explosion ou d'un incendie à la suite de l'apparition d'étincelles
- d'un dysfonctionnement de systèmes com-

prenant des **composants électroniques**  
- de la projection d'objets ferromagnétiques  
en présence d'un champ statique puissant.

Les effets indirects spécifiques aux basses fréquences sont dus aux courants de contact qui apparaissent lorsqu'une personne touche un objet métallique isolé de la terre et se trouvant dans le champ. Les effets apparaissent à partir de certains seuils dépendant de la fréquence des ondes.

### **Effets sur les implants médicaux**

Les implants passifs (broches, plaques, vis,...) contenant des matériaux conducteurs, peuvent être parcourus par des courants induits qui entraînent l'échauffement des tissus en contact avec l'implant. Sous l'effet de champs magnétiques statiques intenses, il y a un risque de déplacement de l'implant par attraction lorsque l'implant est ferromagnétique.

Les implants actifs (stimulateur cardiaque, défibrillateur, stimulateurs neurologiques) peuvent subir des dysfonctionnements électriques et/ou électroniques (déprogrammation, reprogrammation, arrêt, stimulation ou inhibition inappropriés).

Les dispositifs médicaux actifs portés près du corps (pompe à insuline,...) peuvent aussi dysfonctionner lors de leur exposition à des champs électriques ou magnétiques dont l'intensité est pourtant parfois inférieure aux limites d'exposition fixées pour le public.

### **Effets sur la grossesse**

L'exposition aux champs électromagnétiques ne semble pas accroître le risque de mauvais développement du système nerveux ou d'hyperthermie. Il n'empêche que la réglementation prévoit que lorsque, dans son emploi, la femme enceinte est exposée à des champs électromagnétiques, son exposition doit être maintenue à un niveau le plus faible possible et dans tous les cas, à un niveau inférieur aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques.

## LES SOLUTIONS DE DEMAIN

Au delà de l'hyperloop, les ingénieurs réfléchissent sans cesse à de nouveaux transports pour demain, pour résoudre les problèmes et préoccupations actuels.

### Voiture volante pour désencombrer le ciel

Pour désengorger les rues, éviter les embouteillages et réduire ainsi la pollution émise par les transports en ville, une idée futuriste est de concevoir des voitures volantes. Une chimère entre un avion et une voiture ... Mais est-ce réellement une solution durable et faisable ?

Plusieurs prototypes ont été imaginés, notamment celui de Pal-V, Liberty, qui ressemble à une voiture avec des hélices d'hélicoptères, qui une fois au sol, se replierait en 10 min à peine.

Cependant, une voiture volante, même en étant électrique, est soumise à de nombreuses contraintes. Tout d'abord, elle nécessite une licence de pilote privée, ce

qui réduit le nombre de personnes pouvant en posséder.

La contrainte majeure réside surtout dans les différentes réglementations. A Paris par exemple, il est interdit de survoler à moins de 2000m d'altitude. Il faudra également construire de nouvelles infrastructures, pour le décollage et atterrissage des véhicules, et on sait que l'espace en ville est et deviendra de plus en plus précieux, avec une population sur Terre qui sera à 65% urbaine en 2050.

L'argument de vente de ces engins est le gain de temps : survoler les embouteillages et ainsi arriver plus vite à destination. Si cette solution règle le problème du temps (le déplace-

ment est très rapide), il présente deux défauts rédhibitoires à ce jour : il ne permet pas de transporter beaucoup de passagers et surtout le coût par passager est extrêmement élevé. Ce n'est donc pas de sitôt que nous verrons des voitures voler dans le ciel...



*Le modèle Pal V*

## En route vers le futur

De nos jours, les routes sont revêtues de bitume, matériau issu de ressources fossiles, rares et dont les émissions de CO<sub>2</sub> élevées contribuent fortement au réchauffement climatique.



*Route de l'orne*

Il est donc important de considérer quels progrès pourraient être faits sur le sujet. De plus, le frottement des roues sur les routes, crée des particules fines qui sont rejetées dans l'atmosphère. Si on améliore les transports actuels, il faut donc que les infrastructures suivent. L'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) a imaginé un liant appelé Algoroute, à base d'algues. Remplacer le bitume par ce produit représenterait une économie considérable de produits pétroliers. D'autres essayent de développer des autoroutes solaires

car les routes étant presque constamment exposées à l'énergie solaire, elles auraient un potentiel important. L'électricité produite par la route pourrait alimenter les villes environnantes, les lampadaires et même les batteries des voitures électriques roulant dessus, par induction. Une route de 1 km de long et 2.800 m carré a été construite dans l'Orne, en 2016, et a permis d'alimenter une dizaine de foyer. Le projet a été financé à hauteur de 5 millions d'euros. Seul bémol de ce projet : le bruit. Certains riverains se sont plaint de la nuisance sonore, et la vitesse autorisée a alors été diminuée à 70km/h. Equiper

20% des routes et parkings (extérieurs) de France permettrait de couvrir la totalité des besoins en électricité du pays. En Chine, une route similaire a également vu le jour. Avec un futur plus électrique, les routes solaires pourraient aller de pair avec les nouveaux transports.

## Les transports en communs et partagés de demain

Selon Olivier Bancel, Directeur Général Opération Production de la SNCF que nous avons rencontré le 26 décembre, « les villes de nos jours sont adaptées aux transports actuels, les transports de demain devront s'adapter à l'organisation de nos villes et ne seront donc qu'une évolution des transports d'aujourd'hui ».



Selon Olivier Bancel, Directeur Général Opération Production de la SNCF que nous avons rencontré le 26 décembre, « les villes de nos jours sont adaptées aux transports actuels, les transports de demain devront s'adapter à l'organisation de nos villes et ne seront donc qu'une évolution des transports d'aujourd'hui ».

Les trains seront plus autonomes, on pourra ainsi en mettre plus sur une même ligne, et plus de personnes pourront être transportés. Aujourd'hui, de moins en moins de citoyens utilisent leurs voitures, et nous sommes de plus en plus à privilégier les transports en communs. Dans

le futur, selon Olivier Bancel, « les transports en communs et partagés seront majoritaires dans nos villes ». Plus économiques, écologiques et sociales, dans le cas du covoiturage, si on considère que les transports de Demain fonctionnent avec une énergie plus verte, alors les trois piliers du développement durable seront respectés, et on peut alors dire que ces transports seront un réel progrès pour l'Homme et son environnement.

Cependant, il existe certains points à prendre en compte dans la mise en place de transports partagés, comme les Autolib', ou Vélib' à Paris. Des transports de ce genre ne pourront

être mis en place que si les mœurs des sociétés le permettent, et les entreprises créatrices de transports devront prendre en compte une marge de dégradation. Par exemple, la société de Hong Kong Gobe.bike a mis un terme à son service de vélo en libre-service, sur le même principe que les Vélib', du fait d'un taux trop élevé de vols et dégradations.

Ces services ne pourront se maintenir que si le coût de production reste proportionnel au nombre de personnes qui les utilisent, cela n'a notamment pas été le cas pour l'Autolib', dont la suppression dans Paris a été votée dès l'été 2018.

# CONCLUSION

Les innovations d'aujourd'hui visent ainsi à lutter contre le réchauffement climatique de manière plus ou moins efficace, toutefois cette lutte est possible à plus petite échelle: en achetant une voiture électrique ou hybride, ou tout simplement en prenant les transports en communs. Quoi qu'il en soit, Demain, les transports seront une amélioration de nos transports actuels, en plus écologique et plus efficaces. Malheureusement, aller à l'école ou au travail en voiture volante est un rêve que l'on ne verra pas se réaliser de sitôt. Les solutions les plus probables pour le futur sont en réalité les moins futuristes.

## Définitions :

**Atmosphère :** L'atmosphère est, au sens large, une couche gazeuse qui enveloppe certains astres

**Composant électronique :** élément destiné à être assemblé avec d'autres afin de réaliser une ou plusieurs fonctions électroniques

**Électrocardiogramme :** examen médical courant permettant d'enregistrer l'activité cardiaque. Il est basé sur la mesure des courants électriques traversant l'organe à chacune de ses contractions

**Energie Fossile :** Désigne l'énergie produite à partir de composés issus de la décomposition sédimentaire des matières organiques, c'est à dire principalement composés de carbone. Elle englobe le pétrole, le gaz naturel et le charbon.

**Environnement :** ensemble des éléments qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins.

**Fibrillation :** arythmie, trouble du rythme cardiaque causée par une contraction asynchrone et trop rapide des oreillettes et des ventricules, entraînant une baisse des performances du cœur

**Gaz à effet de serre :** ce sont des gaz présents dans l'atmosphère terrestre. Leur rôle est d'intercepter les infrarouges émis par la surface de la Terre. Les gaz principalement présents dans l'air que nous respirons (le diazote et le dioxygène) n'en font pas partie. Les deux principaux gaz à effet de serre sont: la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et le gaz carbonique.

**Photosynthèse :** c'est une réaction biologique (qui se déroule uniquement le jour) permettant aux végétaux qui sont composés de chlorophylle de synthétiser des molécules organiques en utilisant l'énergie provenant de la lumière du Soleil dans la nature. Pendant ce phénomène, les plantes vertes consomment du dioxyde de carbone et rejettent du dioxygène.

**Pollution :** dégradation, principalement liée aux activités humaines bien qu'elle puisse avoir une origine entièrement naturelle, de l'environnement par des substances, des déchets ou des nuisances diverses.

**Radicaux libres :** atomes ou molécules instables cherchant à se lier à d'autres atomes et provoquant des réactions en chaîne .

**Stress oxydatif :** aussi appelé stress oxydant, c'est une agression des cellules de l'organisme par des espèces réactives à l'oxygène. Cette agression provoque un dérèglement du fonctionnement de la cellule .

**Thermorégulation :** mécanisme régulateur par lequel la température interne reste constante, chez les êtres vivants homéothermes, c'est-

à-dire dont la température moyenne, constante est indépendante du milieu ambiant