

# TECHNO FUTUR

ÉDITION SPÉCIALE

## HYPERLOOP : LE TRANSPORT DU FUTUR ?



ÇA POLLUE ?  
C'EST DANGEREUX ?  
C'EST RAPIDE ?

# AGENDA



## UN PHÉNOMÈNE RÉCENT

3 p3 | L'agenda  
p4 | Introduction

## LE FONCTIONNEMENT

6 p8 | Le magnétisme...  
p10 | ...dans l'Hyperloop

## LA POLLUTION

12 p14 | L'effet de serre

## LES DANGERS

16 p20 | Les catastrophes naturelles

## À RETENIR

22 p22 | Les incontournables  
p24 | Les grandes lignes

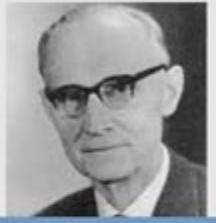
## POUR S'AMUSER

26 p26 | Jeux  
p28 | Expérience



1984

Hermann Kemper, un ingénieur allemand, invente le train à sustentation magnétique.



2004

Le transrapid de Shanghai est la première ligne au monde à utiliser cette technologie.



2012

Elon Musk annonce le projet Hyperloop. Selon lui, c'est un nouveau mode de transport, différent de la voiture, du bateau, de l'avion et du train.



2013

Elon Musk lance le projet Hyperloop, une évolution du maglev, car maintenant, le train est une capsule projetée dans un tube sous vide.



2016

Le premier test public de l'Hyperloop a lieu. Le train a atteint les 185 km/h sur 50 mètres, à Las Vegas.



2017

Hyperloop One bat le record de vitesse, il atteint les 310 km/h en seulement 300 mètres, et sur une distance de 437 mètres.



2020

Hyperloop One, la compagnie la plus avancée aujourd'hui, espère transporter des marchandises entre Dubaï et Abou-Dabi, qui ont déjà fait une levée de 160 millions de dollars.



2021

Hyperloop One compte transporter des passagers entre Dubaï et Abou Dhabi.

# L'HYPERLOOP LE TRANSPORT DU FUTUR

LE PROJET FOU D'UN TRAIN QUI VA À 1200KM/H ET QUI POURRA RELIER PARIS-MOSCOU EN 1H, C'EST POUR BIENTÔT !



L'Hyperloop est un projet lancé par Elon Musk en 2013. Il ressemble en de nombreux points au Maglev de par son fonctionnement ou son but, même si ce dernier a déjà été mis en service.

Même si c'est Elon Musk qui a eu l'idée, il a ouvert son projet à la concurrence et trois entreprises sortent du lot : Virgin Hyperloop One et Hyperloop Transportation Technologies (HTT), toutes les deux états-unies et Transpod, qui est canadienne. Virgin Hyperloop One a par exemple réussi deux expérimentations à Las Vegas.

Ces entreprises sont également intéressées par le marché français, il y a par exemple Transpod qui est présent à Limoges ou HTT présent à Toulouse.

Tous ces projets avancent et vont très rapidement, certains parlent même d'une ligne dès 2020 entre Abou Dabi et Dubaï. Le but est finalement de créer une alternative plus rapide que les trains d'aujourd'hui, car la vitesse de ce transport va en effet atteindre les 1 200 km/h.

L'Hyperloop se sert du magnétisme pour faire léviter la capsule, elle-même placée dans un tube à très basse pression, presque sous vide. Le départ et l'arrivée de la capsule se fait grâce à un système électromagnétique avec l'énergie de panneaux solaires placés sur le tube.

# L'HYPERLOOP... C'EST RAPIDE ?



## FUN FACT

En s'arrêtant, l'Hyperloop va produire de l'énergie et donc de l'électricité ! Et à la fin de son trajet, l'Hyperloop aura généré plus d'électricité qu'il n'en aura consommée ! Impressionnant !



## FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement de l'Hyperloop n'est pas si complexe qu'il n'en a l'air. Il y a trois éléments importants : un tube sous vide, de la lévitation et une propulsion magnétique.

Tout d'abord, la capsule est mise en sustentation électromagnétique. C'est une formule compliquée pour simplement dire qu'elle lévite, grâce à des aimants (voir pages suivantes). Comme il est en sustentation, l'Hyperloop n'a aucun contact physique avec les rails, ce qui limite énormément les frottements.

Toujours dans l'optique de réduire les frottements, les ingénieurs ont pensé à un tube sous vide, car dans le vide, la capsule n'aurait alors aucun frottement avec l'air. Toutefois, elle doit rester aérodynamique car le vide du tube n'est pas total, mais partiel (99,9% de vide). Une fois propulsé dans ce vide, l'Hyperloop avancera à 1200km/h, soit un tout petit peu moins que la vitesse du son (1234km/h). C'est grâce à cette absence de frottement qu'il peut atteindre des vitesses exorbitantes !

Pour le freinage, l'Hyperloop s'arrêtera aussi avec la force magnétique.

# QU'EST CE QUE... LE MAGNÉTISME

## LES CHAMPS MAGNÉTIQUES

Tous les matériaux sont constitués d'atomes, eux-mêmes composés d'un noyau autour duquel gravitent des électrons. Ces électrons tournent autour du noyau, mais aussi sur eux-mêmes ! Ces mouvements génèrent un champ magnétique. Cependant, ce phénomène ne se produit que sur les matériaux magnétiques (cobalt, fer, beaucoup d'acières, nickel). Cela ne fonctionne donc pas sur le bois par exemple.

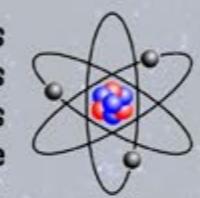


schéma  
d'un atome

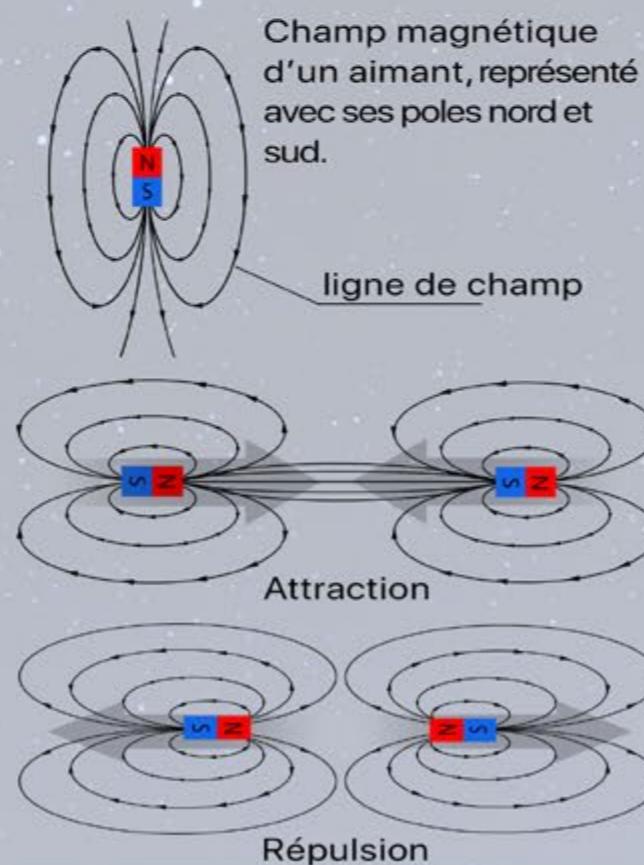
## LES AIMANTS

Un aimant a deux pôles : le pôle nord, et le pôle sud. Les lignes de champ magnétique vont du nord vers le sud.

Pour qu'un objet soit attiré par un aimant, il faut qu'il soit dans ce champ magnétique.

Si on met un pôle nord d'un premier aimant près d'un pôle sud d'un deuxième aimant, les lignes de champ passent d'un aimant à l'autre, ce qui les fait s'attirer.

A l'inverse, si deux pôles identiques de deux aimants différents sont face à face, les lignes de champ ne peuvent pas passer de l'un à l'autre, alors ils se repoussent.



## LES ÉLECTRO- AIMANTS

Avec un courant électrique, on peut produire un champ magnétique, en enroulant plusieurs fois le fil sur lui-même. On peut augmenter la puissance de ce champ magnétique en enroulant le fil conducteur autour d'un axe, ce qui crée une bobine ! Quand le courant passe dans la bobine, le champ magnétique est fortement augmenté, selon le nombre de spires (d'anneaux fait autour de l'axe). Si l'axe est conçu dans un matériau ferromagnétique (comme du fer, du cobalt, du nickel), alors on appelle cela un électroaimant !

On peut encore augmenter la puissance d'un électroaimant en augmentant le nombre de spires, ou en augmentant l'intensité du courant électrique.

## À SAVOIR

Il y a une différence entre sustentation et lévitation. En fait, la sustentation est une forme de lévitation : c'est de la lévitation par électromagnétisme. Ainsi, la lévitation est uniquement le fait d'un objet de rester en suspension au-dessus du sol, sans contact physique. L'électromagnétisme le permet grâce à des électroaimants régulés, c'est alors de la sustentation électromagnétique.

## CRÉER DE L'ÉLECTRICITÉ À PARTIR D'ÉLECTROAIMANTS

Si on approche un aimant d'une bobine, alors le champ magnétique de l'aimant agit sur les électrons dans la bobine : il les met en mouvement. Cela crée un courant électrique.

C'est ainsi que fonctionnent les alternateurs des centrales électriques, grâce à de la vapeur par exemple, on fait tourner un gros électroaimant, à l'intérieur d'une multitude de bobines, ce qui génère de l'électricité.

## LE TRAIN À SUSTENTATION

Les premiers trains expérimentaux à sustentation électromagnétique ont été lancés dans les années 70. Ils sont appelés « Transrapid ».

La première ligne commerciale, c'est-à-dire ouverte au public, de transrapid, a été mise en service en Chine en 2004. Elle reliait l'aéroport de Shanghai à son centre-ville, en 8 minutes !

Les avantages des trains à sustentation électromagnétique, sont le fait qu'ils peuvent prendre des virages plus serrés que les trains classiques, et peuvent aussi monter des pentes jusqu'à 10%, alors qu'un train classique était limité à des pentes de 3%.

## LA LÉVITATION

Tous les côtés du train sont équipés d'electroaimants, ici matérialisés par un carré gris labelisé d'un B. La voie, elle, est équipée de plaques d'acier.

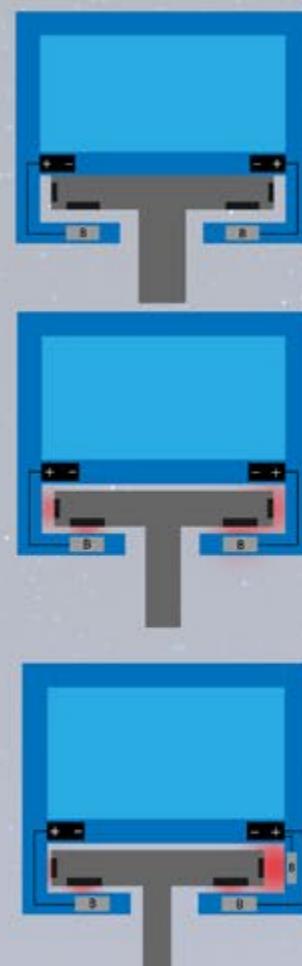
Sur le schéma ci contre, les électroaimants sont désactivés, ainsi le train est à l'arrêt et n'est pas en sustentation.

Lorsque le courant circule dans les bobines, il génère un champ magnétique. Les plaques d'acier sont donc attirées. Mais comme elles sont fixées à la voie, c'est le train qui se soulève.

Un système électronique permet de gérer la puissance du champ magnétique afin que le train n'entre jamais en collision avec la voie (par en dessous).

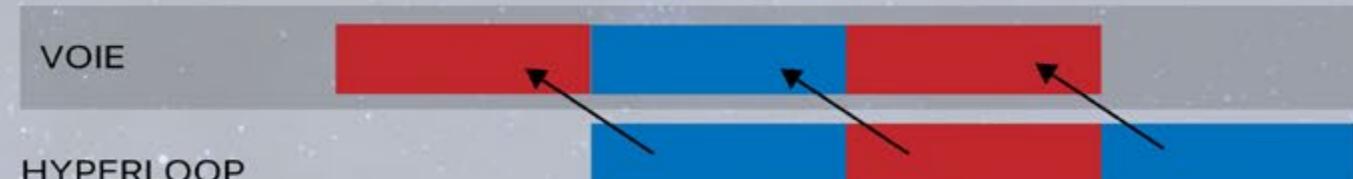
Il faut aussi éviter que le train ne touche les bords de la voie. Pour cela, les côtés du train sont aussi équipés de bobines, et les bords de la voie, d'un rail d'acier. Ainsi, si le train s'écarte des rails d'un côté, le champ magnétique à l'opposer va augmenter, ce qui va l'attirer plus vers la plaque et donc le remettre comme il faut.

Voilà comment un train lévite. Mais une fois que le train ne touche plus la voie, il faut encore qu'il se déplace !



## LE DÉPLACEMENT

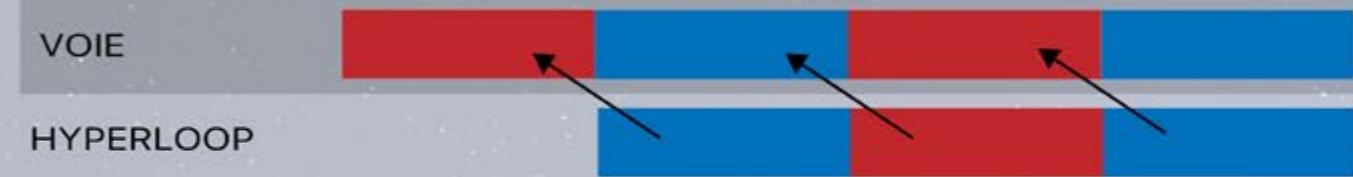
Pour déplacer l'Hyperloop, comme pour la lévitation, il s'agit d'électromagnétisme. En effet, les électroaimants de la voie et du train se présentent comme ceci :



Ainsi, les pôles magnétiques nord (matérialisés en rouge) et les pôles magnétiques sud (matérialisés en bleu) s'attirent, comme le montrent les flèches. Le train se retrouve alors dans cette position par rapport à la voie :



Maintenant les pôles nord et sud s'attirent toujours, mais ne font plus avancer le train car ils sont déjà bien placés. Pour cela, il faut inverser le sens du courant de la voie, et alimenter les bobines d'après pour que le train continu.



# L'HYPERLOOP... ÇA POLLUE ?

## GÉRER LA POLLUTION DE L'AIR

Quand on pense à la pollution, la première pollution qui nous vient à la tête est la pollution de l'air. L'Hyperloop serait *a priori* écologique : Il fonctionnerait uniquement à l'énergie solaire. En effet, des panneaux solaires seraient disposés tout le long du tube et l'alimenteraient en énergie. En plus l'Hyperloop pourrait créer de l'énergie en ralentissant par un principe d'énergie cinétique.

En revanche, l'Hyperloop serait un gros pollueur lors de sa création. Pour le construire il faudrait des tonnes de béton, de métal et de carbone, ce qui créerait énormément de CO<sub>2</sub> lors de leur production et extraction. De plus, l'énergie solaire ne pourrait pas être utilisée pour certains projets : en Allemagne par exemple, il y a trop de brouillard et de nuage pour fonctionner uniquement à l'énergie solaire. Mais toutefois, selon les scientifiques, l'Hyperloop resterait beaucoup moins polluant que les autres moyens de transport tels que la voiture, le train ou encore l'avion.

## RÉDUIRE LA POLLUTION SONORE ET VISUELLE

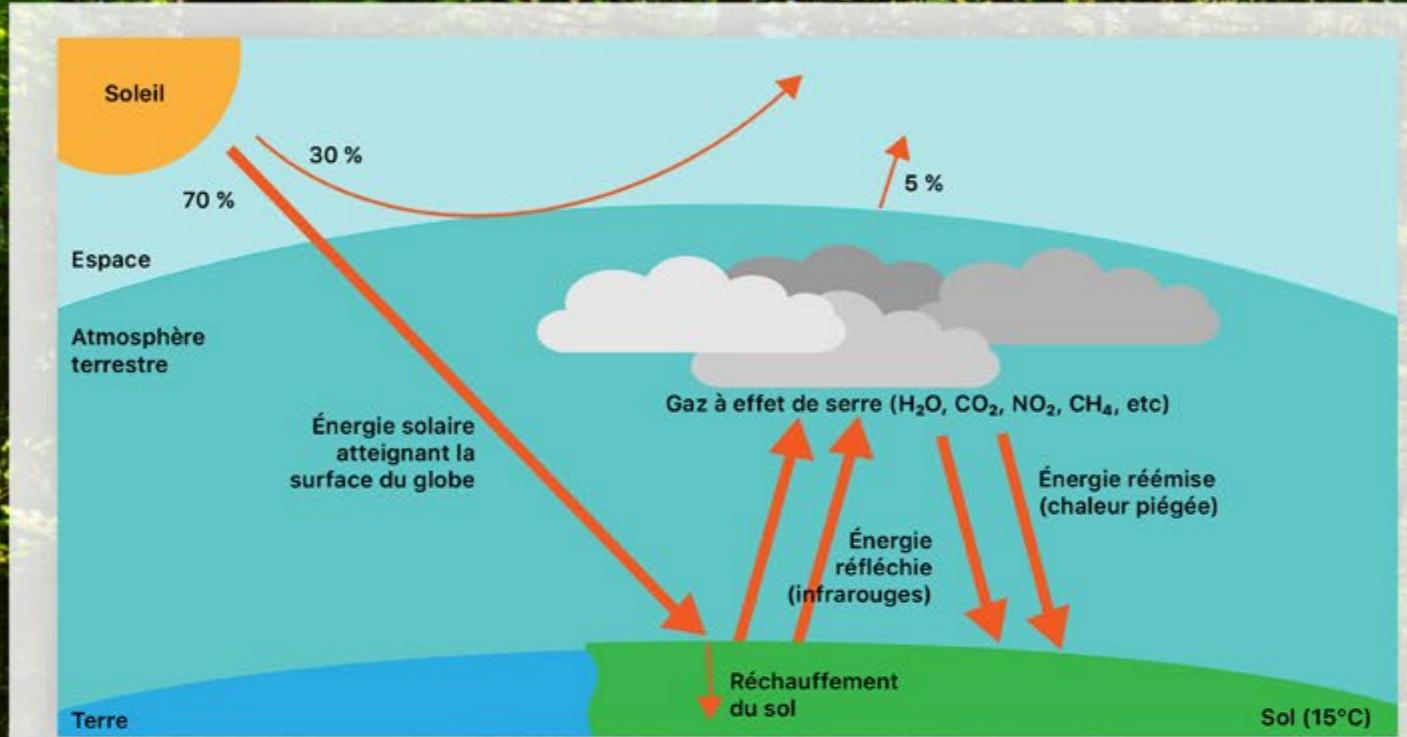
D'autres types de pollution ont besoin d'être étudiés. Effectivement, la pollution sonore est aussi un très gros problème de nos jours ; de nombreux habitants se plaignent du bruit de l'avion qui passe près de chez eux ou encore des TGV. L'Hyperloop, lui, serait très propre de ce côté-là. En effet, comme il se déplace dans le vide, l'Hyperloop n'émet ni son, ni vibration. Pour ce qui est de la pollution visuelle, un énorme tube trônant à 10 mètres de haut pourrait être assez désagréable, c'est pour cela qu'une solution a été trouvée : faire passer l'Hyperloop sous la terre !

Grace à cette méthode et au fait que l'Hyperloop n'émet ni son ni vibration, il serait possible de le faire passer proche des villes voire même dans les villes ! Mais cela reste très coûteux et n'est donc pas envisagé dans tous les projets. Rappelons quand même qu'un tube reste aussi imposant que des rails de chemin de fer avec les caténaires, ou qu'un tarmac avec un aéroport !

## À SAVOIR

De nos jours la pollution est un problème majeur, à tel point qu'aujourd'hui la principale problématique lorsque des scientifiques travaillent sur la création d'un nouveau moyen de transport est la pollution. Le but ultime est de faire en sorte que les transports polluent moins.

# QU'EST CE QUE... L'EFFET DE SERRE

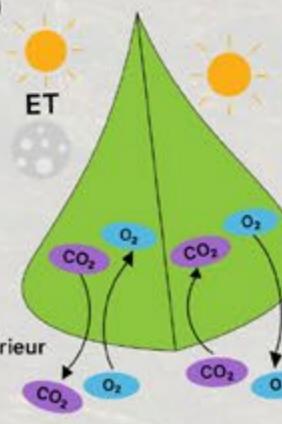


## LES GAZ À EFFET DE SERRE

Le soleil émet beaucoup de rayons, de l'ultra-violet à l'infrarouge en passant par la lumière visible. Mais seulement une partie de ces rayons réchauffe notre atmosphère. Certains rebondissent sur l'atmosphère, d'autres sur les nuages et d'autres sur le sol. Finalement, 70% des rayons réchauffent la planète. L'essentiel de ces rayons est capté par le sol, qui se réchauffe et émet à son tour des rayons vers l'espace : ce sont des rayons infrarouges. Une petite partie de ces infrarouges se disperse dans l'espace tandis que la grande majorité est piégée par les gaz à effet de serre. Ce sont ces derniers qui vont réchauffer l'atmosphère.

## D'OÙ VIENNENT CES GAZ ?

Certains gaz à effet de serre sont produits par la nature elle-même. Le plus important d'entre eux est la vapeur d'eau qui provient principalement de l'évaporation des océans. La terre peut absorber des gaz à effet de serre tels que le CO<sub>2</sub> grâce aux arbres et aux plantes, mais ce sont surtout les océans qui absorbent le CO<sub>2</sub>. La terre en produit également, par exemple sous forme de gaz carbonique lors d'éruption de volcan, mais aussi à travers les végétaux lorsqu'ils respirent, comme le montre le schéma ci-contre.



## LE PROBLÈME

Pendant des milliers d'années, la production et la consommation de dioxyde de carbone est restée identique, soit 585 gigatonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Le problème, c'est que depuis la révolution industrielle l'Homme s'est mis à consommer énormément d'énergies fossiles ; une consommation qui produit un surplus de dioxyde de carbone dans l'atmosphère : plus de 7 gigatonnes par an. Tout ce dioxyde de carbone est notamment créé à cause de nos moyens de transport, tels que la voiture, le train ou encore l'avion qui sont très polluants.

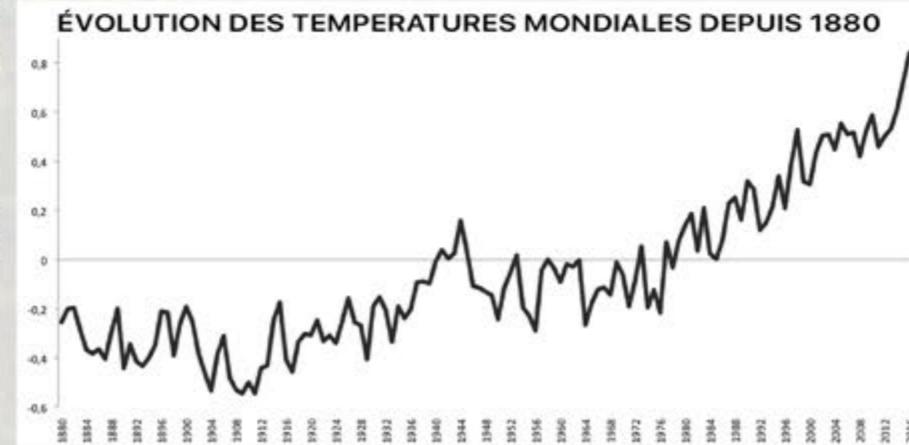
C'est justement l'un des avantages de l'Hyperloop : il pollue beaucoup moins. Nous pouvons imaginer que dans un futur proche, l'Hyperloop ait une importance majeure dans les déplacements humains, et pourrait contribuer à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> créées par l'Homme.

Les scientifiques ont observé qu'aujourd'hui, la nature absorbe plus de dioxyde de carbone qu'elle n'en rejette. Chaque année, les forêts et les plantes emmagasinent 1,5 gigatonne de plus par an, et les océans 2 gigatonnes, ce qui n'est pas assez pour absorber la production humaine. Résultat, il y a actuellement 750 gigatonnes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, ce qui a eu pour effet depuis 1850 de faire monter la température de la terre de 0,6°C. Mais le dioxyde de carbone n'est pas le seul gaz émis par l'homme.

1 gigatonne = 10<sup>9</sup> tonnes = bateau le plus lourd x 10 000 000 du monde

## L'IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT

À cause du réchauffement climatique dû à l'effet de serre, le niveau des océans monte de plus en plus. Cela est en partie dû à la fonte des glaciers, mais surtout à cause de la dilatation de l'océan ; car plus l'eau est chaude, moins elle est dense et elle prend donc plus de place. Certaines îles vont même être rayées de la carte, certaines le sont déjà... De plus, des phénomènes naturels tels que les cyclones deviendront plus fréquents et de plus en plus violents. Des records de chaleur et de sécheresse sont aussi prévus, souvent accompagnés par des feux de forêt. Plus surprenant, des épisodes de froid polaire en Europe sont prévus ! En effet, le réchauffement climatique, dont les températures ont été reportées ci-dessous, perturbe le phénomène naturel du Gulf stream, un courant marin chaud venant des Caraïbes apportant de la chaleur en Europe. Sa disparition laisserait le froid polaire envahir l'Europe.



# L'HYPERLOOP C'EST DANGEREUX ?

La sécurité sera un facteur décisif de la réussite du projet, l'Hyperloop devra donc être un transport sûr, que ce soit pour les personnes qui iront à bord ou encore pour les marchandises à bord.



## UNE SOLUTION AUX SÉISMES

L'Hyperloop peut être à la surface et dans le sol et peut donc être exposé à de nombreux aléas comme des séismes, des tornades ou encore des inondations. Les séismes constituent le plus gros problème et de nombreux moyens ont été pensés pour y remédier. Il y a par exemple la création d'un nouveau béton en fibre polymère qui améliorerait grandement la résistance aux tremblements de terre.



Béton fibré

Le tube aurait une grande flexibilité et la capsule aurait un système d'urgence intégré en cas de problème, incluant un système de freinage d'urgence et la possibilité d'un contrôle à distance de cette dernière. Cependant, tout cela concerne uniquement l'Hyperloop hors de la terre, car le tube sous-terrain se déplacera avec le sol, ne lui causant aucun dégât en cas de séisme ! Le déploiement de l'Hyperloop qui se fera dans des zones à hauts risques sismiques, devra compter de nombreux dispositifs antisismiques.

## LE DISPOSITIF

Construire un système à pylônes dont le tube n'est pas fixé rigidement en un point, réduira le risque sismique et diminuera l'utilisation de joints de dilatation. Ces joints empêcheront également le matériau de changer de taille à cause d'un changement de température ou du temps. Il est ainsi très important d'y penser car sans ces joints, l'Hyperloop pourrait être très facilement endommagé. Cela permet donc à l'Hyperloop de survivre à l'épreuve du temps plus facilement. Entre les pylônes et le tube, on pourra placer deux amortisseurs latéraux et un vertical. En amortissant les chocs et les secousses créées par les tremblements de terre,

ces installations devraient réduire considérablement le risque sismique et même le supprimer.



Amortisseurs d'un pont

## LE RISQUE INCENDIE

Un autre problème pourrait mettre en danger la vie des passagers de l'Hyperloop : c'est le risque d'incendie. Tout d'abord, l'embarquement des passagers sera très contrôlé pour éviter tout objet inflammable dans la capsule. Ensuite, un système anti-incendie sera mis en place avec par exemple la présence de détecteurs de fumée au plafond ou encore d'extincteurs. Un incendie dans le tube à l'extérieur de la capsule n'est pas envisagé en raison de l'absence de comburant à cet endroit.



Le triangle du feu est un modèle qui permet de comprendre les éléments nécessaires au départ d'un feu. Le comburant est très souvent l'oxygène, mais comme le tube est sous vide, il n'y a pas d'oxygène, donc pas de risque d'incendie.



### ATTENTION

Un autre type de problème de sécurité peut se poser, celui du terrorisme.

En effet, avec son nombre de passagers non négligeable, sa taille ou le fait qu'il soit terrestre, l'Hyperloop pourrait en être la proie.

En cas de perte d'oxygène dans la capsule, des masques à oxygène seront à disposition des passagers, comme dans les avions !



## LES AVANTAGES DU TUBE

Tous les phénomènes pouvant normalement déstabiliser et causer des dégâts aux appareils sont évités grâce au fait que la capsule est entièrement isolée par le tube. Par exemple, toutes les conditions météorologiques, comme le vent, la neige ou même les tempêtes de sables, ne sont pas un problème. De la même manière, aucun animal ne pourra s'entrechoquer avec la capsule et la déstabiliser. Cet aspect est également intéressant d'un point de vue de la protection des animaux puisqu'ils ne pourront pas se faire tuer à cause d'un choc avec la capsule. En revanche, pour ne pas se contredire, Hyperloop One promet de ne pas passer dans des zones écologiquement fragiles comme des forêts ou des parcs nationaux, pour ne pas gêner les animaux ou ne pas déforester.

# LES CATASTROPHES NATURELLES

## LES SÉISMES

Un séisme est un mouvement brusque, une secousse de l'écorce terrestre, produite à une certaine profondeur, en un point : l'épicentre. La lithosphère, qui est la croûte terrestre et une partie du manteau terrestre, est découpée en plaques tectoniques. Ces plaques vont avoir tendance à effectuer des mouvements dans différentes directions et donc produire des interactions entre elles. Ces interactions vont ainsi exercer des contraintes sur les roches, ce qui va amener à une libération soudaine de cette énergie accumulée provoquant de grandes secousses.

Ces secousses pouvant être très destructrices, se déroulent principalement à la frontière des plaques sismiques. Elles sont appelées « séismes inter plaques ». Les endroits propices à de violents tremblements de terre étant ainsi connus, la construction des infrastructures de l'Hyperloop se fera donc de manière adaptée.

## LA FAILLE DE SAN ANDREAS

La Californie est une région centrale du projet Hyperloop, les lignes californiennes sont parmi les plus avancées et Elon Musk a d'abord imaginé ce projet pour la Californie. La particularité de cet état est d'être situé à la frontière entre la plaque pacifique et la plaque nord-américaine, formant la faille San Andreas (tracé rouge sur la carte) et étant en proie à des séismes réguliers et destructeurs. C'est donc naturellement que trouver un système sismique efficace a été un besoin majeur et un des grands enjeux du projet.

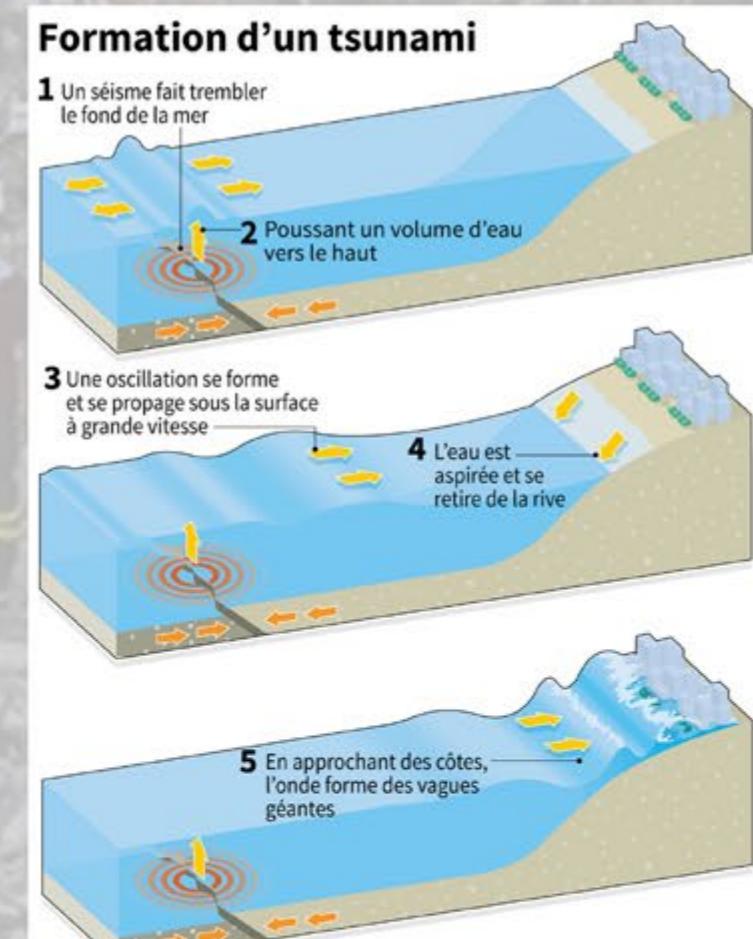


Nous pouvons voir sur la carte ci-contre que la ligne d'Hyperloop évite le plus possible la faille de San Andreas et la coupe en un point seulement par nécessité de rallier les deux villes. De plus, les reliefs trop prononcés, au nord et à l'Ouest, sont évités, pour faciliter la mise en place de l'Hyperloop.

## LES TSUNAMIS

Un tsunami est une catastrophe naturelle pouvant être dévastatrice pour les infrastructures. Il est créé la plupart du temps par un séisme dans un milieu aquatique mais peut aussi être la conséquence d'un glissement de terrain sous-marin ou d'une éruption volcanique. Il est souvent bien plus destructeur que le phénomène l'ayant provoqué comme par exemple en mars 2011 au Japon où le tsunami a causé plus de 90 % des victimes et la plupart des dégâts matériels malgré le séisme de magnitude 9 et l'explosion de la centrale nucléaire de Fukushima.

Comme illustré ci-dessous, le séisme entraîne l'apparition d'ondes créant des mouvements de l'eau présente à la surface de la lithosphère. Les ondes étant à l'origine de ce mouvement se déplacent à une vitesse variant de 500 à 1 000 km/h jusqu'à arriver près des côtes où la vitesse chute pour arriver à une dizaine de km/h à cause de la diminution de la profondeur de l'eau. L'énergie elle ne va pas varier, causant ainsi l'arrivée d'une vague de très grande taille. Une vague de moins d'un mètre au large peut avoir une dizaine de mètres sur la côte. La vague aura également une très grande intensité car libérera toute l'énergie d'un coup.



La encore, le tube de l'Hyperloop va servir de protection, car l'eau déversée par le tsunami n'empêchera pas la circulation, et ne ravagera pas les capsules déjà en voie, à l'inverse des trains. De plus, le fait que le tube soit surélevé réduit aussi le risque de décombre qui viennent entraver la voie.

Au delà de cet aspect pratique, cette fonctionnalité permettra de sauver des vies ! Car grâce à l'Hyperloop, on pourra évacuer des villes facilement, rapidement et sans danger !



# LES INCONTOURNABLES



## ELON MUSK

Né le 28 juin 1971 à Pretoria, Afrique du Sud.

Il est de nationalité américaine.

Il a étudié à la Warton School et à Stanford.

Il est à l'origine des entreprises : SpaceX (fusées), Tesla (voitures électriques), The Boring Company (construction de tunnels), et beaucoup d'autres.

Sa richesse actuelle est estimée à 20,8 milliards de dollars.

Elon Musk est un entrepreneur américain, qui est à l'origine de beaucoup d'entreprises très connues. C'est sa vision du monde futuriste qui l'a amené là où il est aujourd'hui. En effet, il croit beaucoup à l'intelligence artificielle, aux robots, et à l'accès au plus grand nombre de technologies réservées aujourd'hui à seulement quelques personnes très riches ou très qualifiées.

“ Quand Henry Ford a inventé des voitures fiables et bon marché, les gens disaient « Non, mon cheval fait très bien l'affaire ! ». Il a fait un pari très risqué, et ça a fonctionné.

Elon Musk



## RICHARD BRANSON

Né le 18 juillet 1950 à Londres, Royaume-Uni.

Il est de nationalité britannique.

Il est le fondateur du groupe Virgin (Virgin Radio, Virgin Galactic...) et est à l'origine d'autres entreprises.

Sa richesse actuelle est estimée à 5,1 milliards de dollars.

Richard Branson est un entrepreneur britannique. Son groupe, Virgin, possède des activités très diversifiées et connaît un succès international. Comme Elon Musk, Richard Branson prévoit d'envoyer des personnes dans l'espace, grâce à son entreprise Virgin Galactic. C'est grâce à ses gros investissements dans Hyperloop One que les lignes Dubaï - Abou-Dabi et San-Francisco - Los-Angeles vont être construites.

## LES CHIFFRES À RETENIR

**20 - 30** : personnes par capsule

**1234KM/H** : vitesse du son

**11 000 000€** : par km de tube  
(moins cher que le TGV : 15 à 30 millions €/km)

**1000HM/H** : en 5 minutes, c'est l'accélération de l'Hyperloop

**1200HM/H** : vitesse de l'Hyperloop

**9.4** : magnitude des séismes auxquels le béton en fibre peut résister

**2013** : date de l'annonce du projet par Elon Musk

**40 000 000€** : investissement sur 5 ans promis par HTT

**30 ANS** : retour sur investissement

**99.9%** : de vide dans le tube

# LES LIGNES MAJEURES D'HYPEROLOOP

## DUBAI – ABOU-DABI

**OUVERTURE :** L'ouverture de la ligne Dubaï-Abou-Dabi est prévue pour 2020, ce qui fera d'elle la première ligne d'Hyperloop au monde.

**LONGUEUR :** La distance totale sera, selon les estimations actuelles, de 124km pour relier les deux villes.

**COMPAGNIE :** La compagnie sur ce projet est Hyperloop One.

**TEMPS :** Le temps prévu est de seulement 12 minutes ! En voiture ce trajet se ferait en 3h05 ; et en avion, en 48 minutes.

**INVESTISSEUR :** La firme de Richard Branson a investie plus de 80 millions de dollars dans le projet. Hyperloop TT a prévu d'investir 40 millions de dollars.

**FLUX :** L'entreprise Hyperloop One pense être en capacité de transporter 10 000 passagers par heure. C'est le projet le plus ambitieux de tous en terme de flux.

**TRAJET :** La ligne d'Hyperloop part de l'aéroport de Dubaï pour aller à l'aéroport d'Abou-Dabi, en passant par l'aéroport d'Al Maktoum, situé entre les deux villes.

Certains imaginent même la ligne s'enfoncer plus loin dans Abou-Dabi, pour aller jusque dans la ville même. D'autres imaginent seulement des navettes qui feraient la liaisons entre l'aéroport et la ville.



**OUVERTURE :** L'ouverture de la ligne San Francisco-Los Angeles est prévue, selon Hyperloop One pour 2021. Ce sera donc la première ligne d'Hyperloop des États-Unis ; là où l'idée est née. Toutefois, cette estimation est donnée par Hyperloop One. D'autres chercheurs s'accordent à dire qu'une ouverture en 2022 semble plus réaliste vue l'avancée actuelle du projet.

**LONGUEUR :** La distance totale sera, selon Hyperloop One, d'environ 350km.

**COMPAGNIE :** Il y a plusieurs compagnies travaillant sur la côte Ouest des États-Unis, mais Hyperloop One est la plus avancée, et c'est elle qui ouvrira la première ligne.

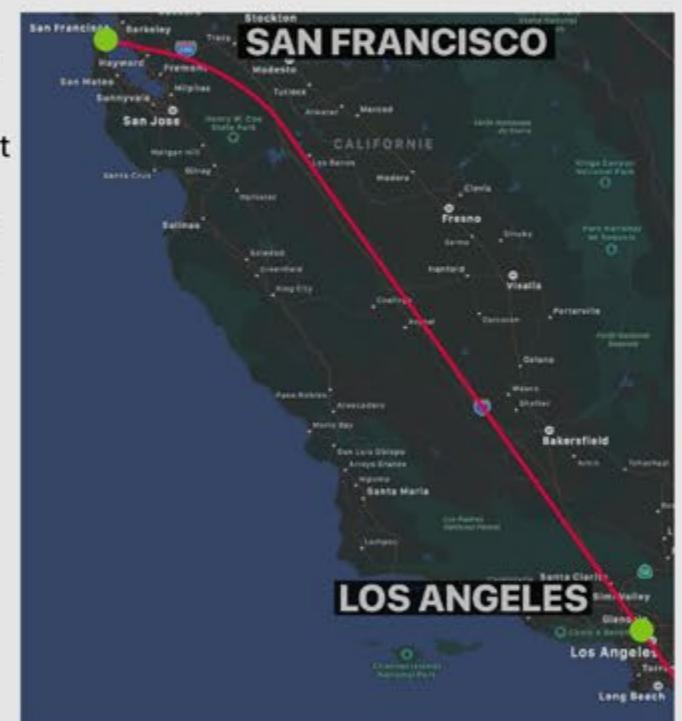
**TEMPS :** Hyperloop One pense pouvoir relier San Francisco à Los Angeles en seulement 36 minutes, contre 5h30 en voiture et 1h30 en avion !

**INVESTISSEUR :** Hyperloop One investit continuellement dans le projet. De plus Virgin Group a levé plus de 300 millions de dollars pour le projet.

**FLUX :** L'entreprise Hyperloop One pense être en capacité de transporter 10 millions de personnes chaque année, soit environ 1200 passagers par heure.

**COÛT :** Le coût est estimé aux alentours de 9 milliards de dollars selon Elon Musk, soit 25 millions de dollars au kilomètre.

**TRAJET :** La ligne d'Hyperloop part de San Francisco pour aller jusqu'à Los Angeles. Son tracé a dû être minutieusement étudié pour habilement contourner la faille de San Andreas. Plusieurs versions du tracé existent, en passant par Fresno ou Sacramento par exemple, mais le tracé le plus crédible reste la ligne directe entre les deux villes.



# QUIZ

# MOTS FLÉCHÉS

**1. Quelles sont les lignes prévues en France ?**

- Paris - Toulouse     Paris - Lyon
- Paris - Bordeaux     Paris - Limoges

**2. Quelles sont les énergies utilisées ?**

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Solaire  | <input type="checkbox"/> Magnétique |
| <input type="checkbox"/> Éolienne | <input type="checkbox"/> Nucléaire  |

**3. Quelle durée serait Paris - Moscou ?**

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 8 heures   | <input type="checkbox"/> 1 heure  |
| <input type="checkbox"/> 30 minutes | <input type="checkbox"/> 2 heures |

**4. Quelle serait la vitesse de l'Hyperloop ?**

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1200 km/h | <input type="checkbox"/> 2100 km/h |
| <input type="checkbox"/> 1000 km/h | <input type="checkbox"/> 1224 km/h |

**5. Quelle compagnie ne travaille pas sur le projet "Hyperloop" ?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Transpod      | <input type="checkbox"/> The Boring Company |
| <input type="checkbox"/> Hyperloop One | <input type="checkbox"/> BigLoop            |

**6. Quelle serait la quantité de vide dans le tube de l'Hyperloop ?**

- 100%
- 99,9%
- 99%
- 90%

**7. À quoi servirait le nouveau béton en fibre de polymère ?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Le rendre plus beau      | <input type="checkbox"/> Améliorer la résistance |
| <input type="checkbox"/> Le rendre moins polluant | <input type="checkbox"/> aux séismes             |

**8. En quelle année la première ligne va être ouverte ?**

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 2025 | <input type="checkbox"/> 2020 |
| <input type="checkbox"/> 2028 | <input type="checkbox"/> 2030 |

**9. Quel a été le premier train à utiliser la sustentation magnétique ?**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Le maglev   | <input type="checkbox"/> L'Hyperloop   |
| <input type="checkbox"/> Le monorail | <input type="checkbox"/> Le transrapid |

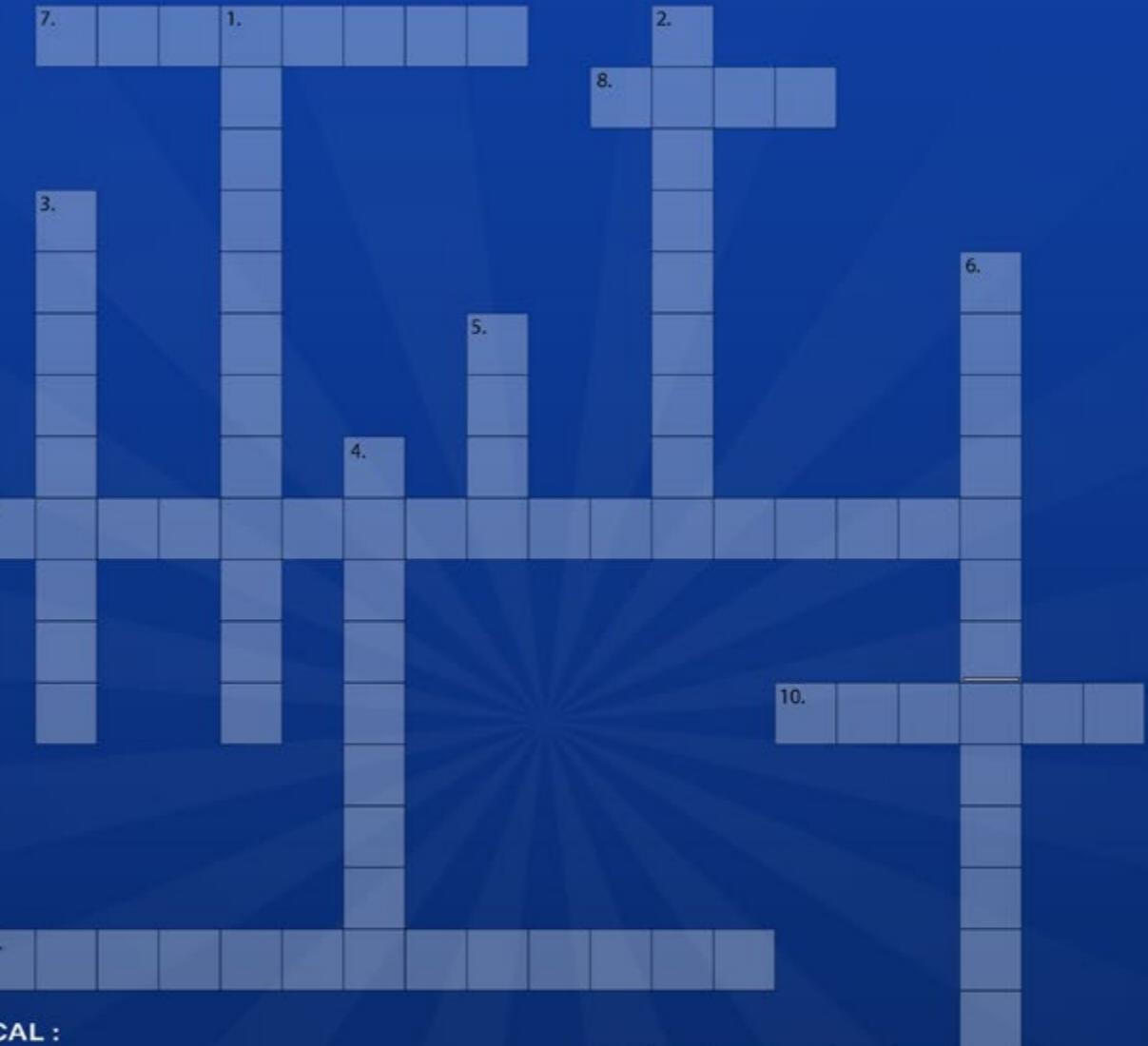
**10. Quel est le prix au kilomètre de l'Hyperloop ?**

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 11 000 000€ | <input type="checkbox"/> 30 000 000€ |
| <input type="checkbox"/> 10 000 000€ | <input type="checkbox"/> 20 000 000€ |

## NOTE

10

6 : 99,9%. 7 : résistance aux séismes. 8 : Soleil. Magnétique. 9 : LE transrapid. 10 : 11000000€.



### VERTICAL :

1 : état d'un corps maintenu à faible distance au-dessus d'une surface et sans contact avec elle, par une force verticale dirigée de bas en haut et équilibrant le poids du corps.

2 : type d'énergie qui correspond à celle d'un corps de masse donnée lorsqu'il se déplace.

3 : projet de train à sustentation électromagnétique mis dans un tube sous vide, et qui peut atteindre les 1200 km/h.

4 : dégradation de l'environnement par des substances, des déchet ou des nuisances.

5 : événement imprévisible.

6 : dispositif permettant de récupérer une partie du rayonnement solaire, et de le convertir en électricité.

### HORIZONTAL :

7 : poussée exercée par un fluide sur tout corps avec lequel il est en contact.

8 : endroit dépourvu d'air, de gaz ou de matière.

9 : partie de la physique qui étudie les interactions entre courants électriques et champs magnétiques.

10 : secousse du sol résultant de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches.

11 : objet qui offre peu de résistance à l'air.

12 : compartiment divisé en plusieurs parties servant à transporter du fret ou des passagers, à une grande vitesse.

# L'EXPÉRIENCE À FAIRE À LA MAISON

## PRÉREQUIS

Pour mieux comprendre le principe de la lévitation, nous vous proposons de faire une petite expérience facile à réaliser : l'expérience de Laplace. Pour cela, vous aurez besoin du matériel ci-dessous.

Évidemment ce matériel se trouve rarement chez soi : n'hésitez pas à demander à votre collège ou lycée de vous aider !

Il s'agit de créer un circuit électrique, en série.

### MATÉRIEL

- 1 générateur (6, 12V)
- 1 interrupteur
- 1 aimant en U
- 1 petite tige de cuivre (10 cm)
- 2 grandes tiges de cuivre (30 cm)
- Des fils électriques



Expérience à réaliser avec un adulte !

## 1 LE GÉNÉRATEUR

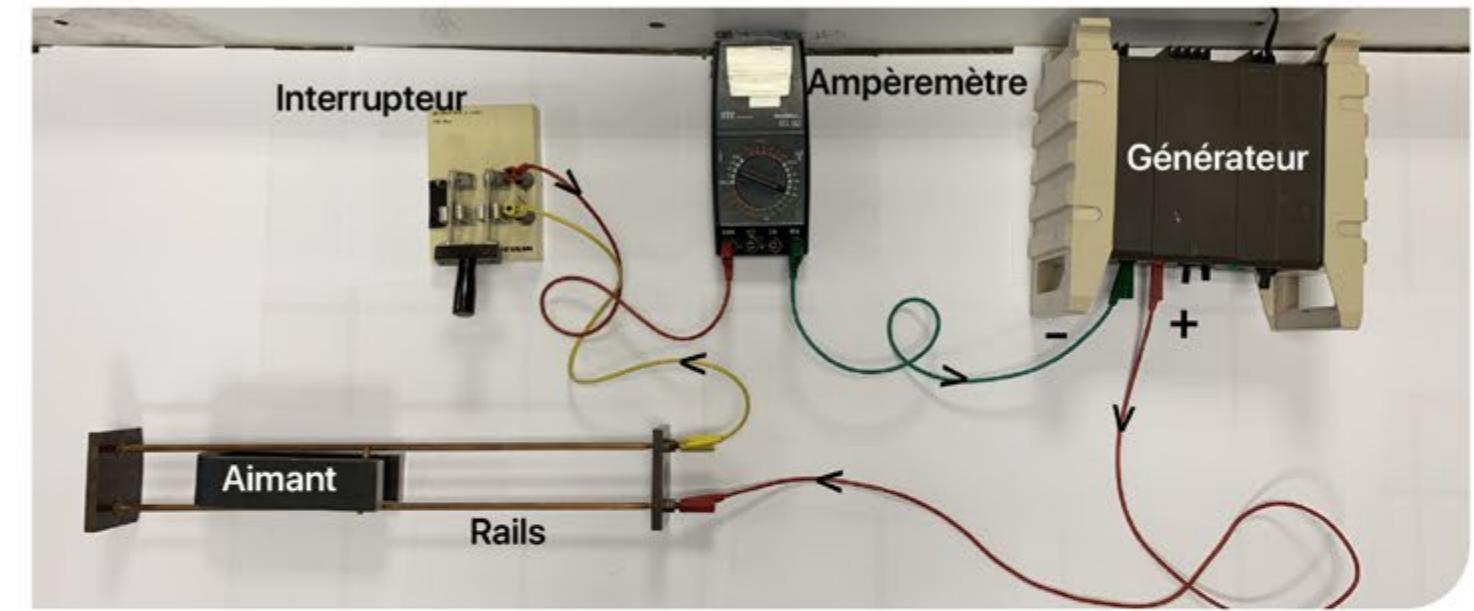
Tout d'abord, vous devez brancher votre générateur à une prise de courant. Réglez-le sur 12 Volts puis branchez 2 fils électriques dans les bornes positives et négatives. Réglez-le en « courant continu ».



## 2 LE CABLAGE

Maintenant il faut faire le montage. Reliez le fil de la borne positive à une tige de cuivre, et le fil de la borne négative à un interrupteur ou à un ampèremètre. L'ampèremètre est facultatif : il sert seulement à mesurer le courant. Si vous le faites, vous devez ensuite utiliser un autre fil électrique pour le brancher à l'interrupteur.

Pour terminer, il ne vous manque plus qu'à relier avec un dernier fil l'interrupteur à l'autre tige de cuivre. Et voilà ! N'oubliez pas de mettre l'aimant entre les deux grandes tiges puis de mettre la petite tige sur les deux grandes tiges. Votre montage est prêt ! Si tout s'est bien passé, il devrait ressembler à celui-là :



## 3 LE TEST

Pour tester l'expérience, il ne vous manque plus qu'à activer l'interrupteur ! Vous observerez les principes de l'Hyperloop : la petite tige (capsule de l'Hyperloop), est propulsée grâce à l'électromagnétisme. Elle a ensuite de l'énergie cinétique, même si le courant est éteint. En revanche, contrairement à notre capsule d'Hyperloop, elle perd rapidement son élan car elle n'est pas sous vide, et les frottements avec l'air et avec les deux autres tiges la ralentissent.



Avant l'activation de l'interrupteur



Après l'activation de l'interrupteur

Si vous n'avez pas l'occasion de réaliser cette expérience, vous pouvez voir le résultat sur la vidéo du QR Code. Prenez votre téléphone et scannez le !



Il existe une formule pour calculer « la force de Laplace » :  $F = \mathcal{B} \cdot I \cdot l$ . Avec  $F$  la force de Laplace,  $\mathcal{B}$  la valeur du champ magnétique,  $I$  la valeur du courant et  $l$  la longueur de la petite tige.

# BIBLIOGRAPHIE

- 1 Alexis Orsini | Constructeurs, calendrier, projet : tout ce qu'il faut savoir sur l'Hyperloop | consulté le 06/01/19  
<https://www.numerama.com/tech/275951-constructeurs-calendrier-projets-tout-ce-quil-faut-savoir-sur-lhyperloop.html>
- 2 Brian Dodson | Beyond the hype of Hyperloop : an analysis of Elon Musk's proposed transit system | consulté le 03/01/19  
<https://newatlas.com/hyperloop-musk-analysis/28672/>
- 3 Castaing Magalie | Un nouveau béton composite antismoisissure | consulté le 16/10/18  
<https://journalducomposite.com/liens/nouveau-beton-composite-antismoisissure/>
- 4 Celin Hélène, Lerouge Eve, Grenot Elise | L'hyperloop | consulté le 09/10/18  
<https://journalducomposite.com/liens/nouveau-beton-composite-antismoisissure/>
- 5 Chatillon Léo | Inspiration : 15 citations d'Elon Musk | consulté le 03/01/19  
<https://www.codeur.com/blog/citation-elon-musk/>
- 6 Force de Laplace | consulté le 29/01/19  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Force\\_de\\_Laplace](https://fr.wikipedia.org/wiki/Force_de_Laplace)
- 7 Generation Challenge | Hyperloop in Dubaï in 2020 | consulté le 06/01/19  
<https://www.youtube.com/watch?v=mK85--PpvAY>
- 8 Gil Bousquet | Hyperloop le train du futur avance | consulté le 20/11/18  
<https://www.ladepeche.fr/article/2018/10/13/2887577-hyperloop-le-train-du-futur-avance.html>
- 9 Hyperloop | consulté le 09/10/18  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperloop>
- 10 Hyperloop TT à Toulouse : découvrez la première capsule du futur train à ultra grande vitesse | consulté le 09/10/18  
<https://www.ladepeche.fr/article/2018/10/02/2880345-hyperloop-tt-toulouse-decouvrez-premiere-capsule-futur-train-ultra-grande.html>
- 11 Hyperloop TT présente sa première capsule en vibranium pour les passagers | consulté le 26/11/18  
[https://hitek.fr/actualite/hyperloop-quintero-one-capsule-passager-elon-musk\\_17494](https://hitek.fr/actualite/hyperloop-quintero-one-capsule-passager-elon-musk_17494)
- 12 Jim Edwards | Here's what happens if the Hyperloop crashes | consulté le 27/01/19  
<https://www.businessinsider.com/heres-what-happens-if-the-hyperloop-crashes-2013-8>
- 13 Jonathan Sare | Kézako : comment fonctionne l'effet de serre | consulté le 07/01/19  
<https://www.futura-sciences.com/planete/videos/fonctionne-effet-serre-2132/>
- 14 Laurent Marcaillou | HyperloopTT mettra en service son premier train aux Emirats | consulté le 06/01/19  
<https://www.lesechos.fr/18/04/2018/lesechos.fr/0301583302077.htm>
- 15 Le prototype de l'Hyperloop dévoilé à Dubaï | consulté le 06/01/19  
<https://thegoodlife.thegoodhub.com/2018/02/27/le-prototype-de-hyperloop-devoile-a-dubai/>
- 16 Maglev | consulté le 16/10/18  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Maglev>
- 17 Mark Harris | Faster, Cheaper, Cleaner | consulté le 09/10/18  
<https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/04/hyperloop-plan-environment-elon-musk-sustainable-transport>
- 18 SpaceX | Hyperloop Alpha | consulté le 16/10/18  
[https://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop\\_alpha-20130812.pdf](https://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha-20130812.pdf)
- 19 Sarah Sermondadaz | Hyperloop : le train du futur à l'essai dans un village limousin | consulté le 9/10/18  
[https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/hyperloop-le-train-du-futur-a-l-essai-dans-un-village-limousin\\_126587](https://www.sciencesetavenir.fr/sciences/hyperloop-le-train-du-futur-a-l-essai-dans-un-village-limousin_126587)
- 20 Sustentation électromagnétique | consulté le 03/01/19  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Sustentation\\_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sustentation_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique)
- 21 The Boring Company | FAQ | consulté le 29/01/19  
<https://www.boringcompany.com/faq/>
- 22 VALIN Muriel | Un train à 1200 km/h : pas si fou ! | Science & vie | 01/09/16 | N°1187 | p86-91
- 23 Vidéo – Dubaï-Abu Dhabi : première ligne commerciale de l'Hyperloop | consulté le 06/01/19  
<https://www.aeronewstv.com/fr/industrie/recherche-innovation-aeronautiques/4174-dubai-abu-dhabi-premiere-ligne-commerciale-de-l-hyperloop.html>
- 24 Virgin Hyperloop-One | Facts & Frequently asked questions | consulté le 03/01/19  
<https://hyperloop-one.com/facts-frequently-asked-questions>

Amaury **CAMBIER**, textes  
Hector **LORAND**, textes  
Elliot **MAISL**, textes et mise en page  
Sani **HAGINO**