

Ça plane... à bord du train Maglev !

Marre de perdre du temps au check-in de l'aéroport sur la route des vacances? Fatigué à l'idée de prendre votre mal en patience pour les heures de bouchons qui s'annoncent sur les routes? Le train à lévitation magnétique pourrait à l'avenir s'imposer comme une alternative rapide, sûre et économe en énergie aux moyens de transport conventionnels.



Le Transrapid de Shanghai lévite au-dessus de la voie et possède une vitesse de pointe de plus de 400 km/h. © Jon Allen

La force du magnétisme

Un train entre en gare à l'aéroport International de Pudong, Shanghai. Les passagers embarquent et là, surprise : aucune trace de roues, ni même de caténares ! Plus surprenant encore, il n'y a pas de contact entre le train et la voie, le convoi flotte littéralement un centimètre au-dessus de la piste ! Les portes se referment et le véhicule démarre vers sa destination, la station de métro de Longyang Road située à 30,5 km de là. Le train lévitant avale la distance en seulement 7 minutes à une vitesse moyenne de 261 km/h, atteignant même 431 km/h pendant 50 secondes !

Si cette prouesse technologique ne relève aujourd'hui plus de la science-fiction, c'est parce que les ingénieurs ont pu mettre à profit une des lois fondamentales du magnétisme : les pôles opposés de deux aimants s'attirent, tandis que les pôles de même nature se repoussent. Ainsi, en installant de puissants aimants dans un train et dans la voie qu'il suit, on s'arrange pour éviter tout contact physique entre eux. Puisque la lévitation est d'origine magnétique, ce type de train porte le nom de train à lévitation magnétique, ou Maglev (de l'anglais « magnetic levitation »).

Avantage ? Alors que le coût des énergies fossiles ne cesse de grimper, le besoin de développer des alternatives aux moyens de transport que nous utilisons habituellement se fait de plus en plus pressant. Ça tombe bien : le Maglev est moins énergivore que les trains conventionnels à haute vitesse, et à plus forte raison que l'avion. Par ailleurs, les coûts de maintenance et d'entretien des lignes Maglev sont fortement réduits, puisque la lévitation permet de supprimer complètement l'usure mécanique du matériel.

Historiquement, le premier train à lévitation était basé sur la lévitation sur coussin d'air. Celui-ci présentait l'avantage de diminuer le frottement des roues sur les rails, permettant de dépasser la limite de vitesse des trains classiques. En effet, avec des coussins d'air, seule la résistance de l'air extrêmement faible s'oppose encore au déplacement. Cependant, grâce aux progrès réalisés dans le domaine de l'électronique, dans le courant des années 70, cette technologie fut dépassée par la lévitation magnétique, qui présente plusieurs avantages : elle est beaucoup moins énergivore, moins bruyante et permet de réduire le poids des trains. L'Allemagne et le Japon furent les premiers pays à développer le Maglev. Ces deux pays poursuivirent des voies de développement basées sur des principes de fonctionnement différents, mais avec deux objectifs communs : concevoir un système capable de faire léviter le train et de le propulser.

Suspension électromagnétique...

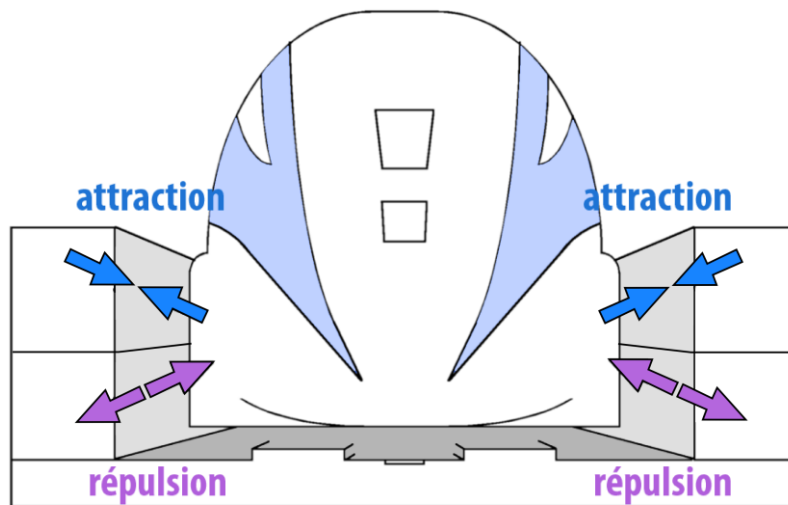


Principe de la suspension électromagnétique. Les aimants latéraux gardent le train centré sur le rail et l'empêchent de dévier de sa trajectoire. © Lycée de la Vallée de Chevreuse

L'Allemagne concentra ses efforts sur l'exploitation de l'attraction entre aimants pour faire léviter le train. L'idée est d'utiliser un train qui comprend deux bras se recourbant sous une piste formée d'aimants permanents. Les bras contiennent eux des électroaimants, c'est-à-dire des bobines de fil qui se transforment en aimants lorsqu'elles sont parcourues par un courant. En jouant sur l'intensité du courant grâce à un système électronique, on peut ajuster la puissance des électroaimants pour qu'ils soient attirés par la piste tout en restant à une distance constante de celle-ci. La force d'attraction entre les bras et la piste est suffisante pour battre la force de gravité et ainsi permettre au train de léviter.

Cette technique, appelée la suspension électromagnétique, présente l'avantage de maintenir le train magnétique en lévitation, même lorsqu'il se trouve à l'arrêt. La stabilité verticale est assurée par le système électronique qui contrôle les électroaimants, tandis que des aimants latéraux maintiennent le train au centre de la voie. Le train de Shanghai, le Transrapid, utilise cette technologie.

... ou suspension électrodynamique ?



Principe de la suspension électrodynamique. Les aimants du train interagissent avec les aimants de la piste pour suspendre le train 10 cm au-dessus de la voie. © Creative commons

Les Japonais tentèrent quant à eux de mettre en œuvre un autre mécanisme de lévitation utilisant à la fois la répulsion ET l'attraction entre aimants. Pour ce faire, des aimants placés dans le train interagissent avec des bobines de fil situées dans les parois de la piste. Dans des versions plus avancées, les aimants du train sont remplacés par des aimants supraconducteurs, plus puissants mais nécessitant un refroidissement préalable avec de l'azote liquide à -200°C .

Différence avec le cas précédent : les bobines ne sont ici pas alimentées en courant. Comment cela fonctionne-t-il alors ? En fait, une bobine de fil est sensible aux variations du champ magnétique qui la traverse. Plus fort encore, les bobines n'aiment pas ces changements et vont s'y opposer coûte que coûte. Par exemple, lorsque le train se rapproche d'une bobine, le champ magnétique qu'elle perçoit augmente et elle génère un champ magnétique opposé : elle se comporte exactement comme un aimant de même polarité qui repousse le train. Au contraire, lorsque le train s'éloigne, la bobine agit comme un aimant de polarité opposée et attire le train.

Ce mécanisme de lévitation, appelé suspension électrodynamique, est par conséquent naturellement stable, car il ramène le train à sa position initiale. En revanche, il présente un inconvénient majeur : le train doit être équipé de roues car à basse vitesse, le champ magnétique dans les bobines varie trop lentement et l'interaction entre le train et les bobines est insuffisante pour assurer la lévitation. De plus, les champs magnétiques intenses régnant à l'intérieur du train rendent obligatoire la prise de mesures concernant les voyageurs les plus sensibles, tels que ceux portant des pacemakers. Le train le plus rapide du monde, le SCMaglev, a atteint une vitesse de 581 km/h sur une piste d'essai en utilisant cette technologie.

Propulsion

Dans un cas comme dans l'autre, il reste cependant un problème à régler : comment faire avancer un train qui ne touche pas le sol ? La solution réside une fois encore dans l'utilisation de bobines. Les voies empruntées par les Maglev sont jalonnées de bobines alimentées par un courant variable. L'idée ici est de faire en sorte que les bobines situées en amont du train attirent les aimants qu'il contient, tandis que celles situées en aval repoussent le train. Ainsi, le train peut être efficacement accéléré : le Transrapid met seulement 2 minutes pour passer de 0 à 350 km/h. Vu sa vitesse élevée de

déplacement, le Maglev est pour l'instant le seul véhicule capable de concurrencer l'avion sur des distances inférieures à 1500 km.

Pour propulser les trains encore plus vite, il faut pousser encore plus loin la chasse aux pertes d'énergie. Des scientifiques ont donc proposé de placer un train à lévitation magnétique dans un tunnel dans lequel règne un vide poussé (l'intérieur du convoi serait bien entendu maintenu à pression atmosphérique). De cette manière, la résistance de l'air serait supprimée et des vitesses supérieures à 1000 km/h pourraient être atteintes ! Cette idée n'est pas qu'une utopie : le gouvernement suisse a créé dans les années 70 une société chargée de plancher sur la faisabilité d'une ligne Vactrain (de l'anglais « vacuum train ») pour relier plusieurs grandes villes du pays. Cependant, le projet baptisé Swissmetro fut abandonné en 2009 par manque de soutien financiers, mais d'autres pays tels que la Chine continuent les recherches pour développer cette technologie.

Un rêve devenu réalité

A l'heure actuelle, 3 lignes commerciales ont déjà été ouvertes pour le public : le Transrapid à Shanghai, le Linimo à Aichi (Japon) et l'UTM-02 à Daejeon (Corée du Sud). Par ailleurs, de nombreuses pistes d'essai ont été construites à travers le monde. Une des plus notables est celle empruntée par le SCMaglev au Japon, un train utilisant des aimants supraconducteurs. Ce véhicule a porté le record du monde de vitesse pour un train à 581 km/h et sera utilisé pour relier Tokyo à Nagoya d'ici 2025.



Prototype du SCMaglev japonais détenteur du record du monde de vitesse (581 km/h). © Creative Commons

Pourquoi l'utilisation du Maglev ne s'est-elle pas encore généralisée ? De nombreux projets ont été lancés aux quatre coins du monde pour démarrer l'installation de nouvelles lignes Maglev, mais bon nombre d'entre eux ont malheureusement été abandonnés en cours de route. La raison principale est le coût de construction des nouvelles lignes. En effet, contrairement aux trains à grande vitesse classiques qui ont pu bénéficier en partie du réseau préexistant, les trains à lévitation magnétique nécessitent l'installation de nouvelles voies, spécifiques et donc incompatibles avec les trains conventionnels. La construction du Transrapid a ainsi coûté 1,2 milliards de dollars à l'État chinois.

Par ailleurs, l'accident ayant eu lieu en 2006 en Allemagne et au cours duquel 23 personnes furent tuées suite à la collision entre un train et un véhicule de maintenance a laissé une image négative du Maglev, même si l'origine humaine du drame fut clairement avérée. Paradoxalement, cet événement apporta une preuve supplémentaire de la grande fiabilité de la technologie, car le train n'a pas déraillé malgré la violence du choc !

Malgré les obstacles politiques et financiers à franchir, il est permis de penser que les trains à lévitation magnétique occuperont dans les prochaines décennies une place de choix dans le panel des offres de transport. Des projets existent d'ailleurs aux Etats-Unis, en Chine et en Corée du Sud notamment.

Jérémy Brisbois, doctorant au Département de Physique de l'ULg