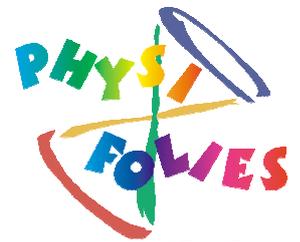


Les Supraconducteurs



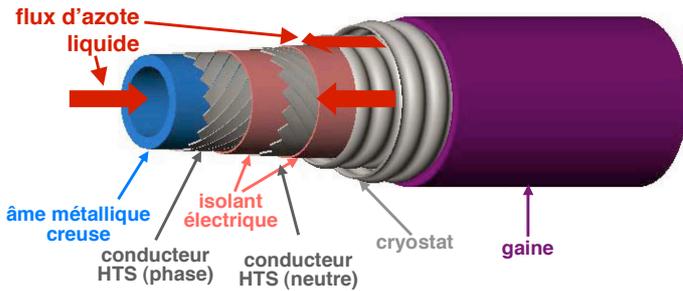
www.physifolies.fr

Applications industrielles

Des câbles électriques sans pertes

Les supraconducteurs permettent d'envisager de nombreuses économies en matière de transport d'énergie, par rapport aux lignes haute tension traditionnelles. Tout d'abord, il n'y a **plus de pertes d'énergie** dues à l'échauffement des câbles (effet Joule). Mais aussi, comme les câbles ne chauffent plus, on peut les rapprocher les uns des autres, et envisager des **lignes haute tension souterraines moins encombrantes**.

Mais la première chose à faire est de **construire des câbles**. Or les supraconducteurs à haute température (HTS) sont des céramiques : on réalise en fait des rubans que l'on vient enrouler sur une âme métallique :



Vous avez dit Tesla ?

Le Tesla est l'unité de mesure du champ magnétique. À Lille, le champ magnétique terrestre vaut $58 \mu\text{T}$. Les valeurs ci-contre donnent la masse qui peut être soulevée avec un aimant de 1,4 cm de diamètre.

1 T	→	6,1 kg
1,2 T	→	8,8 kg
4 T	→	98 kg
10 T	→	612 kg

Des électroaimants géants

Un électroaimant, c'est tout simplement un ensemble de bobines de fils électriques. Sa puissance est proportionnelle au nombre de spires de la bobine et au courant qui le traverse. Un électroaimant puissant nécessite donc un courant élevé, mais un courant élevé fera fondre le fil : on a donc recouru aux supraconducteurs. Dans la plupart des cas, il s'agit encore de supraconducteurs à basse température, refroidis à l'hélium liquide car la technologie des HTS est trop récente pour avoir déjà pénétré ces marchés.

Les appareils d'imagerie par Résonance Magnétique (IRM) utilisent des électroaimants supraconducteurs développant une induction typique de 3 Tesla (ci-contre).



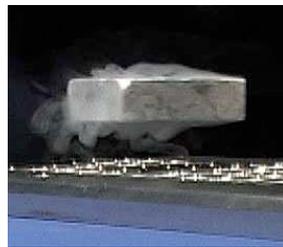
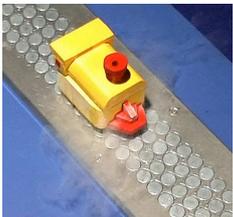
Le nouvel anneau de collision de particules du CERN, le LHC, fait 27 km de long (ci-dessous). Il est situé près de Genève, à cheval sur la France et la Suisse. Ses électroaimants ont nécessité 7000 km de



câble supraconducteur. Ils seront traversés par des courants de 40 000 A, pour produire des champs de 10 T. L'un des détecteurs associés, le CMS, détient le record du monde : 4 Tesla sur un volume de 460 m^3 . L'énergie stockée serait capable de soulever la tour Maine-Montparnasse de 2 m, ou de satelliser un homme sur la station spatiale internationale !

Des trains à lévitation magnétique

L'effet Meissner permet de faire léviter des supraconducteurs au-dessus d'aimants. En mettant des supraconducteurs dans un train, on peut donc le faire léviter au-dessus d'une voie constituée d'aimants.



Avantages des Maglev par rapport aux trains traditionnels

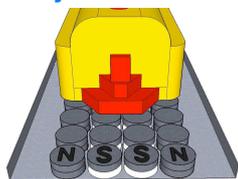
Ils ne polluent pas le long de leur trajet.
Ils sont plus rapides.
Leur exploitation revient beaucoup moins cher.

Inconvénients des Maglev par rapport aux trains traditionnels

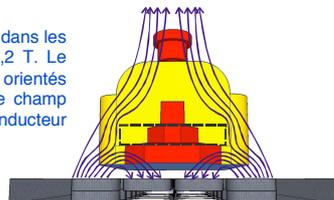
À cause de leur vitesse, ils sont extrêmement bruyants : à 500 km/h, le JR Maglev génère pratiquement le même niveau de bruit qu'un avion (un petit jet). L'origine du bruit est exclusivement liée au déplacement et au frottement de l'air sur le train. Les infrastructures sont extrêmement coûteuses à mettre en place, et ne seront donc rentabilisées qu'à très long terme.

Si le train lévite, il n'a plus aucun contact ni frottement avec la voie, et il faut donc peu d'énergie pour le faire avancer. En fait, seule la résistance de l'air va limiter sa vitesse.

Le système de lévitation

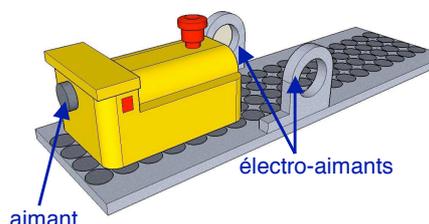


Les aimants au néodyme utilisés dans les rails produisent un champ de 1,2 T. Le Nord et le Sud des aimants sont orientés de façon à ce que les lignes de champ « enveloppent » le supraconducteur contenu dans la locomotive.



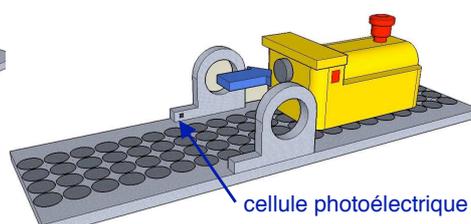
Un système de propulsion ?

L'effet Meissner permet seulement de faire léviter le train, mais encore faut-il le faire avancer ! On peut donc prévoir de rajouter un moteur traditionnel. Comme il n'y a que le frottement de l'air, il n'aura pas besoin d'être puissant. Mais il y a plus astucieux : comme il y a déjà des aimants dans la voie, on va utiliser un mode de propulsion magnétique. Pour cela, on remplace certains des aimants permanents par des électroaimants, dont on inverse la polarité au passage du train. Sur notre train, on pourrait monter le dispositif suivant :



aimant

électro-aimants



cellule photoélectrique

On a rajouté un aimant sur la locomotive et des électroaimants sur la voie. Avant le passage du train, les électroaimants sont à l'arrêt.

La cellule photoélectrique permet de détecter le passage de la locomotive, qui déclenche l'allumage des bobines de l'électroaimant. Celui-ci est conçu pour générer un champ magnétique qui repousse l'aimant rajouté sur la locomotive : celle-ci est donc accélérée

Les Maglev dans le monde

Le maglev est le nom générique pour les trains à lévitation magnétique. Derrière ce terme se cache en fait plusieurs systèmes. Aucun des trains en service ou en test actuellement n'utilise encore la technologie montrée ci-contre.

Le **Transrapid** est développé en Allemagne. Il utilise la lévitation magnétique standard, sans supraconducteur. Une ligne commerciale de 30 km est exploitée depuis 2003 entre Shanghai et son aéroport (7mn 20s à la vitesse maximale de 431 km/h). La ligne doit être prolongée jusqu'à Hangzhou (200 km, fin des travaux en 2010).

Le **JR-Maglev** japonais est encore en phase de test. Il fonctionne aussi sur le principe de la lévitation magnétique standard, avec des électroaimants supraconducteurs refroidis à l'hélium liquide. Il détient le record de vitesse pour un train (581 km/h). Actuellement, la ligne expérimentale, d'une cinquantaine de kilomètres de long, devrait à terme être intégrée dans une liaison Tokyo-Osaka.



Le **Limino**, à Aichi, près de Nagoya, au Japon, est le premier maglev urbain, une sorte de métro qui desservait l'exposition universelle de 2005. Il compte 9 stations sur 8,9 km de long et une vitesse de pointe de 100 km/h.

De nombreux autres projets existent dans le monde. Citons la liaison entre l'aéroport de Munich et le centre-ville, la liaison Londres-Glasgow, la liaison entre le sud de la Californie et Las Vegas. Les projets les plus ambitieux concernent des Vactrains : ce sont des maglevs qui circuleraient dans des tunnels basse pression. Dans ces conditions, le frottement de l'air ne limite plus la vitesse des trains, qui pourraient circuler jusqu'à **8000 km/h**. Le projet le plus avancé est le **Swissmetro**, réseau de tunnels qui relierait les principales villes suisses à 500km/h. Le projet le plus futuriste est un tunnel transatlantique qui mettrait **Paris à moins d'une heure de New-York** tout en supprimant la pollution engendrée par les avions. Mais ce n'est pas pour demain...