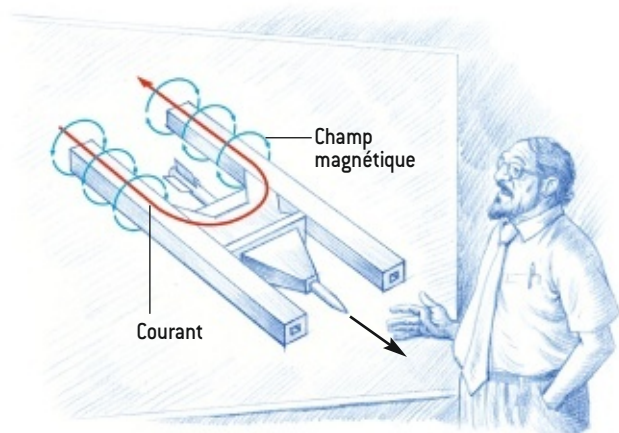




2. UN CANON ÉLECTROMAGNÉTIQUE engendre une force de Laplace sur le projectile. À la différence de l'expérience des « rails de Laplace », le champ magnétique n'est pas fourni par un aimant extérieur, mais par le courant circulant dans les rails lui-même (tout courant électrique engendre un champ magnétique autour de lui). Pour un courant assez fort et un écartement des rails réduit, le projectile subit un champ intense et bien orienté.

3. L'UTILISATION DE CANONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES pour placer en orbite basse des petits satellites de quelques kilogrammes est envisagée. Dans l'un des projets ayant été étudiés, le dispositif de lancement, incliné de 30 degrés, est long de 180 mètres, tandis que le projectile a une longueur de trois mètres et un diamètre de 12 centimètres ; la puissance de la source d'électricité doit être d'une dizaine de mégawatts, afin de fournir une énergie de l'ordre du gigajoule pour chaque tir.

Pour ce faire, on peut profiter du fait que les deux conducteurs qui apportent le courant à la tige créent eux-mêmes un champ magnétique. Quel est son ordre de grandeur ? Il nous est donné par la définition de l'ampère : c'est l'intensité d'un courant électrique qui, en circulant dans deux conducteurs linéaires parallèles distants de un mètre, crée entre ces deux conducteurs une force de 2×10^{-7} newton par unité de longueur. Cette force étant le produit de l'intensité électrique (un ampère) par le champ magnétique, on en déduit que le champ magnétique créé par un courant de un ampère à une distance de un mètre est de 2×10^{-7} tesla.

Profiter doublement du courant

Considérons maintenant le test effectué en 1917 par Fauchon-Villeplée. Le courant électrique envisagé était de 5 000 ampères et l'écartement des conducteurs était de l'ordre du centimètre. Comme le champ produit par un courant est inversement proportionnel à la distance du conducteur, si l'on compare cette situation à celle de la définition de l'ampère, un courant 5 000 fois plus intense et un écartement 100 fois plus petit entraînent un champ magnétique 500 000 fois plus élevé, c'est-à-dire... 100 milliteslas, soit le double du champ de

l'aimant permanent que nous avons considéré, et avec la même orientation.

C'est la bonne surprise : dès que l'on dépasse quelques kiloampères, plus besoin d'aimant permanent ! Le champ magnétique créé par les rails qui apportent le courant à la tige suffit à propulser cette dernière (voir la figure 2). Pour le courant et l'écartement considérés, on calcule que la force est de l'ordre de cinq newtons, ce qui produit sur une masse de 50 grammes une accélération de 100 mètres par seconde carrée ; d'où, au bout de deux mètres, une vitesse de 20 mètres par seconde. En pratique, pour augmenter le champ magnétique et donc l'accélération, Fauchon-Villeplée a placé de chaque côté des rails une dizaine de fils conducteurs parallèles où circule le même courant.

Ainsi, le principe du canon électromagnétique est simple. Toutefois, les obstacles ne manquent pas. Outre la question de la résistance des matériaux, tant du canon que du projectile, un problème délicat est celui du contact entre le projectile-conducteur et les rails. À faible vitesse, ce contact s'établit facilement, mais ce n'est plus le cas à plusieurs centaines de mètres par seconde. Il se produit alors un arc électrique qui peut détériorer le rail. En outre, la matière vaporisée par les frottements et l'arc électrique reste dans le canon, s'ionise et crée un plasma

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>



Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr

BIBLIOGRAPHIE

C. Avril *et al.*, Development of advanced thermoplastic composite projectiles for high-velocity shots with the PEGASUS railgun, *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 39(12), pp. 3391-3395, 2011.

R. Jones, The rail gun : A popular demonstration of the Lorentz force, *American Journal of Physics*, vol. 68(8), pp. 773-774, 2000.

I. R. McNab, Early electric gun research, *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 35(1), pp. 250-261, 1999.

conducteur, lequel fait court-circuit et réduit notablement la force propulsive.

Un autre problème est celui de l'ouverture du circuit électrique lorsque le projectile quitte le canon. Si l'on ne veille pas à dériver à cet instant le courant injecté, un arc électrique intense se crée à la bouche du canon. Et il faut contrôler l'échauffement intense de tout le système, surtout dans la perspective de tirs à répétition.

Scientifiques et ingénieurs se sont attaqués à ces problèmes et on assiste depuis une dizaine d'années à des performances impressionnantes. Le propulseur PEGASUS, de l'Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis, avec un courant maximal d'un million d'ampères et un écartement des rails de quatre centimètres, exerce une force de plus de 100 000 newtons sur une charge de 360 grammes. L'accélération

résultante, plus de 30 000 fois celle de la pesanteur, lui fait atteindre au bout de six mètres une vitesse de plus de 2 000 mètres par seconde. Et le canon développé pour la marine américaine, avec un courant cinq fois plus intense et une longueur de 18 mètres, éjecte à une vitesse du même ordre un projectile de 20 kilogrammes.

À l'instar de Jules Verne, on peut rêver utiliser un tel canon pour envoyer des projectiles dans l'espace (voir la figure 3). Des projets ont été chiffrés et ce n'est plus totalement irréaliste. Deux points sont à régler : il faut pouvoir mettre en orbite des charges d'une dizaine à une cinquantaine de kilogrammes, et surtout procéder avec une accélération modérée, qui ne détériore pas le contenu. Ces canons spatiaux, s'ils voient le jour, devront ainsi mesurer quelques centaines de mètres de long.

XX^e OLYMPIADES DE PHYSIQUE FRANCE

TENTEZ L'AVENTURE DE LA RECHERCHE

Inscrivez-vous sur
www.odpf.org



inscriptions
à partir du
1er mai 2012
sur www.odpf.org

Organisées par :




Les inscriptions à l'édition 2012/2013 des Olympiades de Physique France sont ouvertes

Vous encadrez ou avez encadré pour un TPE ou un Atelier scientifique un groupe de lycéens motivés et enthousiastes, poursuivez l'aventure en inscrivant cette équipe aux XX^e Olympiades de Physique France.

Cette participation permettra à vos élèves de mettre en valeur leur travail et de partager leur intérêt avec d'autres passionnés de sciences et de physique.

Les Olympiades sont aussi l'occasion de promouvoir les sciences expérimentales dans votre établissement et auprès des nouveaux lycéens.

Informations et inscriptions :

<http://www.odpf.org>

Cloture des inscriptions : **30 octobre 2012**

Sélections régionales : **12 décembre 2012**

Finale et exposition des projets au Palais de la Découverte : **8-9 février 2012**

Les Olympiades de Physique France sont organisées par l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie et la Société Française de Physique.

udppc

