

EXPÉRIENCES D'AMATEUR

Pour construire et comprendre un accélérateur magnétohydrodynamique

par Jean-Pierre Petit et Maurice Viton

Le fait que des champs électrique et magnétique, de nature statiques, puissent engendrer des forces et donc mouvoir des objets, semble plus relever du pouvoir du magicien que des lois de l'austère physique. Or, le principe des accélérateurs magnétohydrodynamiques est connu depuis longtemps, en fait, depuis Faraday; celui-ci en vérifia l'exactitude sur les eaux de la Tamise traversées par le champ magnétique terrestre.

On peut fabriquer un accélérateur linéaire très simple agissant sur l'eau. Le matériel nécessaire consiste en une cuvette de plastique à fond plat, deux lames de rasoir, un bouchon, un aimant (un barreau aimanté), une ou deux piles de 4,5 volts (ou une batterie) et un peu de sel de cuisine. On ajoute le sel à l'eau pour accroître sa conductivité électrique, à raison d'environ une cuillerée à soupe de sel pour un grand verre d'eau.

Pour monter l'expérience, disposez la cuvette horizontalement sur l'aimant (avec éventuellement des blocs de bois pour assurer l'équilibre du tout). L'aimant crée un champ magnétique vertical dont le sens importe peu. Emplissez alors la cuvette d'eau salée en ajustant la hauteur d'eau à quatre ou cinq millimètres. Ceci fait, préparez une paire d'électrodes parallèles à l'aide du bouchon et des deux lames de rasoir auxquelles seront fixés des fils d'alimentation susceptibles d'être connectés sur la pile (ou éventuellement sur une batterie). L'écartement optimal des électrodes est de quelques millimètres, cinq ou six par exemple. Disposez ensuite le bouchon sur ses pieds de lames de rasoir au fond de la cuvette (voir figure 1). Dès que la tension est appliquée aux bornes des électrodes, un courant passe dans l'eau salée. Comme ce courant est perpendiculaire au champ magnétique créé par l'aimant, une force, la force de Laplace agit en entraînant l'eau salée. Les courants électriques engendrés dans l'eau salée sont perpendiculaires

aux plans des électrodes (les lames de rasoir). La force de Laplace est perpendiculaire au courant électrique et au champ magnétique vertical: l'eau salée, mue par cette force, s'écoule horizontalement entre les électrodes. Le sens de l'écoulement est indiqué par la règle des trois doigts.

Il existe une façon très simple de matérialiser l'écoulement de l'eau: il suffit de laisser tomber quelques gouttes d'encre à stylo en amont de ce mini-accélérateur. En quelques secondes, l'action de cet accélérateur aura pompé, vers l'aval, la masse fluide contenant l'encre.

Plus la tension appliquée est élevée et plus le courant électrique est fort.

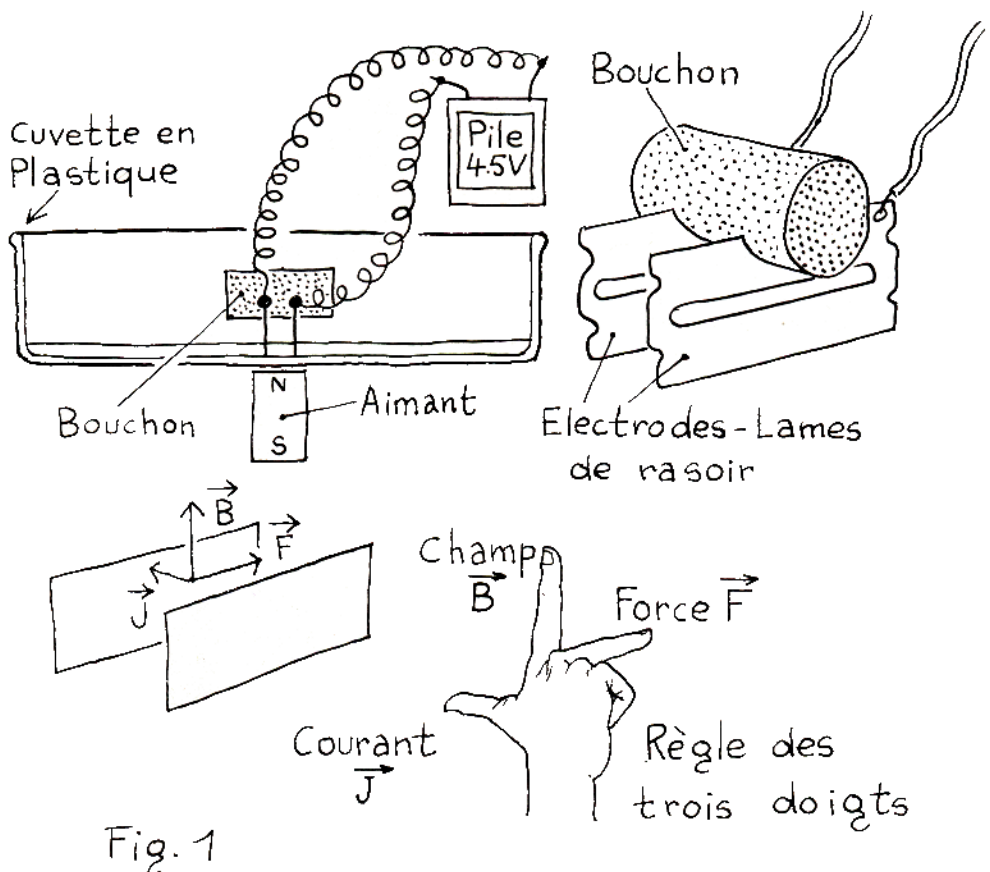
Mais, en pêchant par excès on se heurtera au phénomène d'électrolyse qui se traduit par l'apparition de bul-

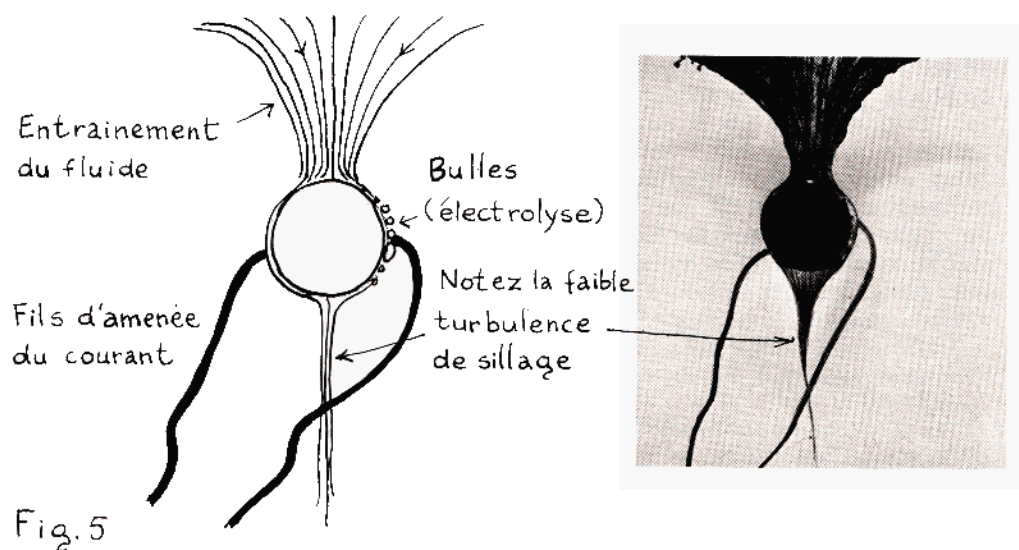
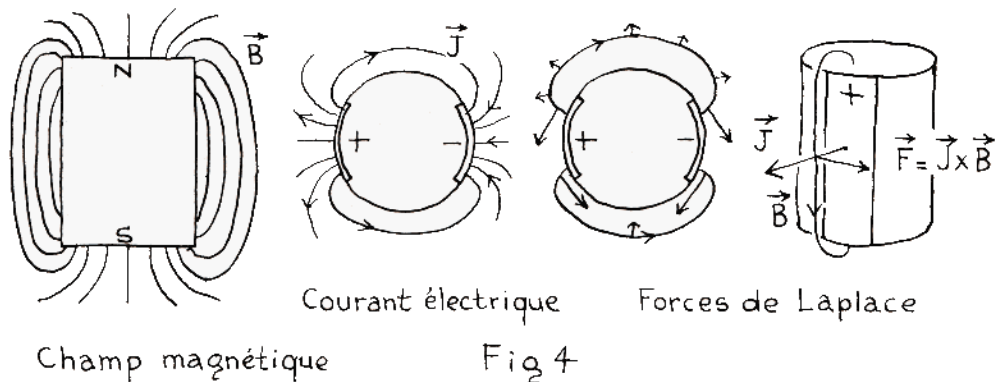
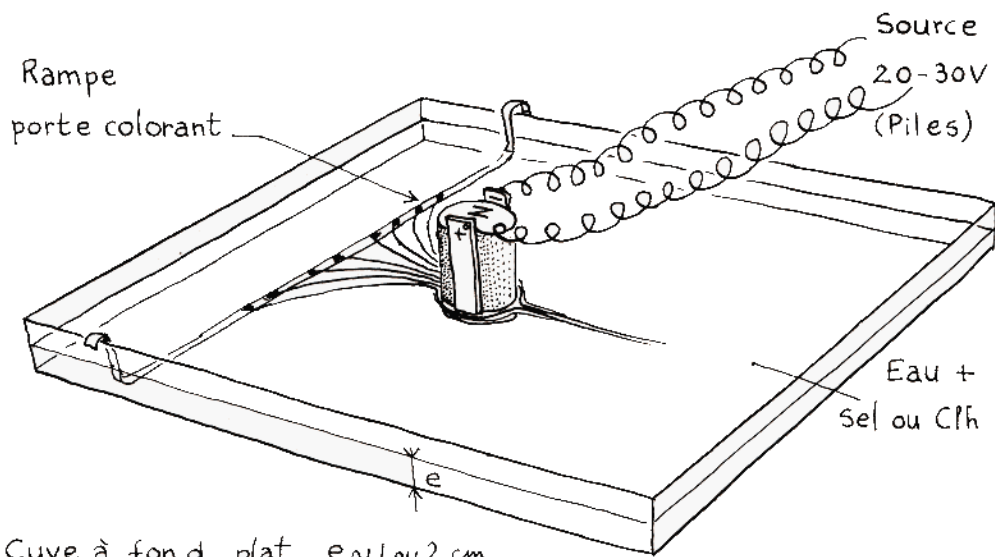
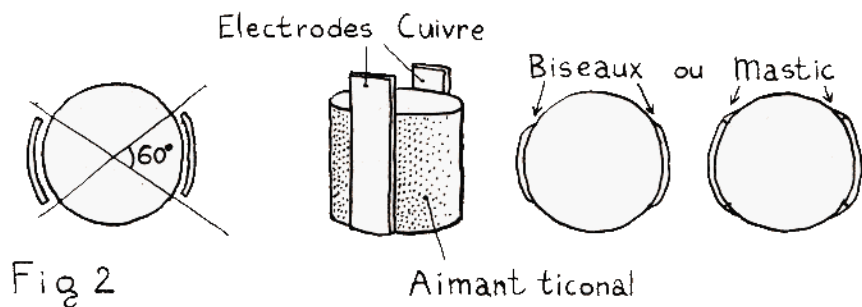
les au voisinage des électrodes. On se contentera donc d'utiliser l'appareil pendant un temps limité, sous peine de voir le dégagement gazeux masquer complètement le phénomène que l'on se proposait de mettre en évidence.

Ce type d'accélérateur MHD pourrait être utilisé pour propulser des navires, la seule contrainte étant de disposer à bord d'une puissance installée suffisante. Le principe serait également applicable à la propulsion des avions. Si par exemple, on pouvait disposer à bord du Concorde des accélérateurs de Faraday dans les nacelles contenant les réacteurs, on pourrait le faire voler... à l'électricité. Des solénoïdes supraconducteurs devraient créer, dans ces tuyères magnétohydrodynamiques, un champ magnétique de plusieurs dizaines de milliers de gauss, tandis qu'un générateur de courant haute tension assurerait le passage d'un courant dans l'air ionisé (plasma) d'une électrode à l'autre, de plusieurs milliers d'am-pères.

Solution idéale, séduisante, non polluante, mais parfaitement impraticable. Nul constructeur ne saurait en effet fabriquer un générateur électrique capable de développer quelque 200 mégawatts électriques, suffisamment compact et léger pour pouvoir être installé à bord de l'appareil.

Revenons en milieu aqueux. Le lecteur est maintenant invité à construire un accélérateur d'une géométrie sensiblement différente: au lieu de pomper le fluide à l'intérieur d'une tuyère, nous allons agir cette





fois directement sur l'écoulement extérieur; c'est l'hydrodyne.

Le meilleur site expérimental est un évier en émail bien blanc. En France, si on manque de pétrole, on a des éviers! L'élément de base de la maquette est un barreau aimanté en Ticonal, corps qui a la propriété d'être un bon isolant électrique. Le diamètre de cet aimant peut être de un à cinq centimètres (trois serait une bonne moyenne). Il devra avoir au moins un centimètre de longueur. Sur les flancs de ce cylindre, on collera des électrodes cintrées en cuivre. L'angle au centre, correspondant à l'envergure de chacune des électrodes, doit représenter environ 60 degrés. Ces électrodes sont parallèles à l'axe du barreau aimanté (voir figure 2).

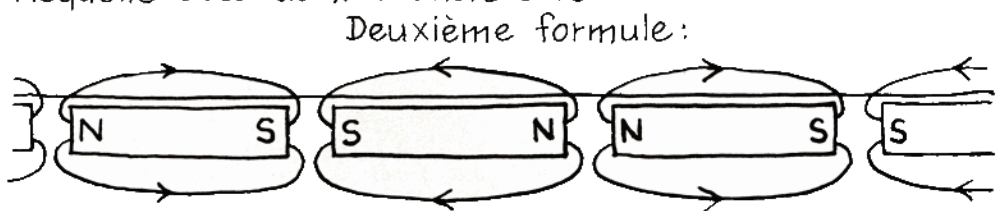
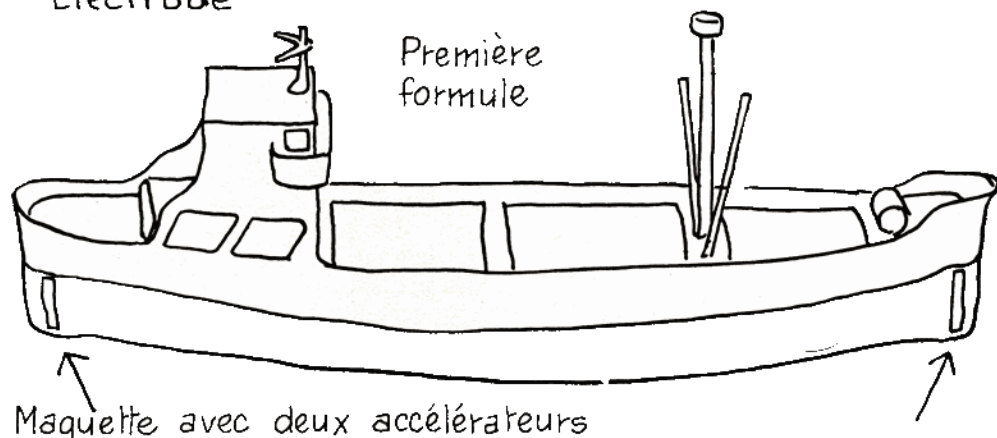
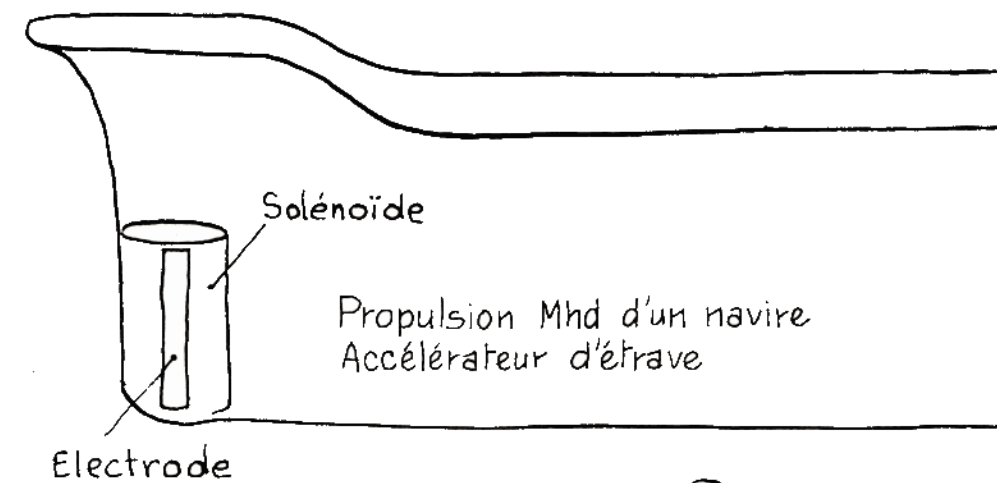
Pour ne pas nuire à l'écoulement fluide autour de la maquette, les bords des électrodes pourront être biseautés. On pourra aussi faire disparaître le ressaut à l'aide de mastic de carrossier convenablement poncé.

Le cylindre sera partiellement immergé dans de l'eau acidulée contenue dans l'évier. Au lieu de sel de cuisine, quelques pour cent d'acide chlorhydrique suffiront à donner au milieu une bonne conductivité électrique. On visualisera les filets fluides à l'aide d'un colorant : ce colorant sera disposé en grains, par collage, sur une tige qui sera immergée juste avant l'essai (voir figure 3). On peut utiliser des cristaux de bleu de méthylène, ou mieux, du vert brillant que l'on pourra se procurer aisément en pharmacie. Le plus simple est de déposer ce produit colorant en petits tas distants de cinq millimètres sur une table. On encollera d'abord la tige support que l'on appliquera rapidement sur ces tas pour y fixer une quantité convenable de colorant.

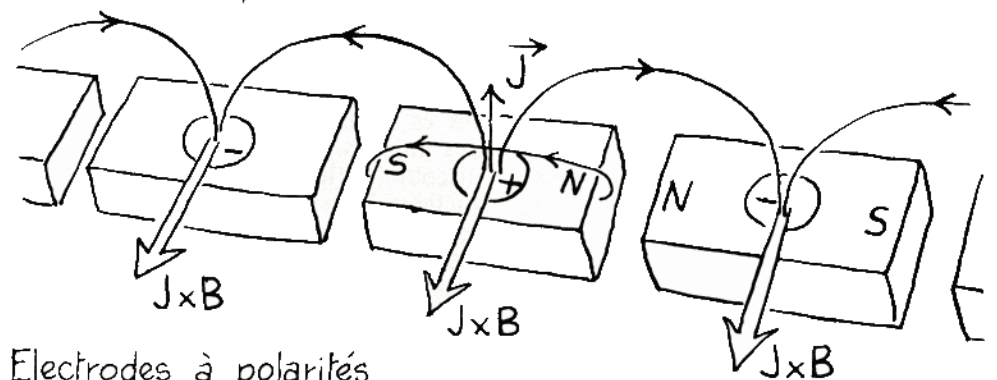
La tige porte-colorant ne devra être immergée que lorsque l'essai sera prêt. L'accélérateur magnétohydrodynamique en forme de cylindre sera connecté à une source de tension de 20 à 30 volts. Dans ces conditions, on observera un débit de courant inférieur à l'ampère dans le fluide.

L'entraînement de l'eau par les forces de Laplace est relativement rapide : les filets fluides se développent en une dizaine de secondes. Si on veut réaliser de bonnes photos, ou même un film d'expérience, il est recommandé d'opérer dans un local exempt de courants d'air et de bien laisser reposer le fluide avant l'essai, de manière à annuler tout mouvement de convection parasite.

Comment fonctionne cet hydrogyne? C'est simple : le barreau aimanté crée un champ magnétique tout autour de lui. Au voisinage des électrodes, celui-ci est, grosso modo, dirigé suivant les génératrices du cylindre. Le courant est normal à cette paroi. Les forces de Laplace



Allée d'aimants montés tête-bêche sous la paroi. Distribution du champ \vec{B}



Electrodes à polarités Alternées. Circulation du courant dans le fluide, et orientation des forces de Laplace tangentes à la paroi. La rangée d'aimants est disposée verticalement.

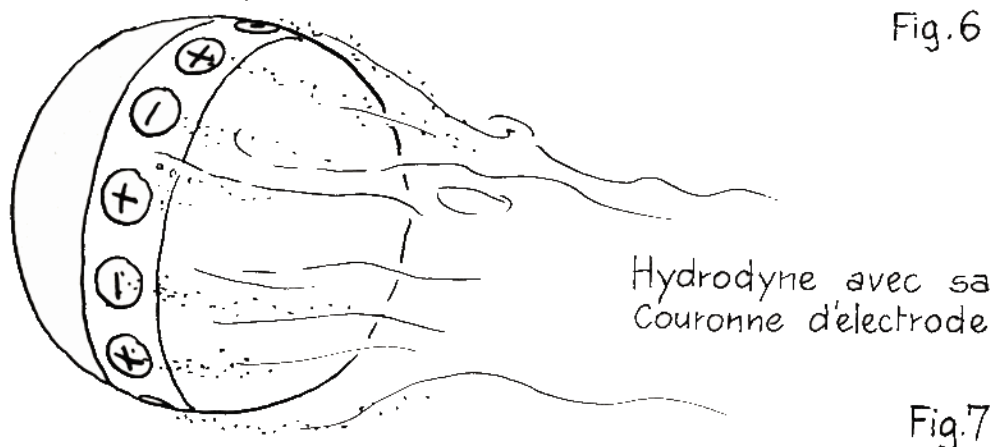


Fig.6

Fig.7

(règle des trois doigts) assureront donc un entraînement horizontal, parallèlement aux électrodes. En fait, le courant électrique s'épanouit dans toute l'eau entourant le modèle (voir figure 4). On a également représenté les forces de Laplace; comme celles-ci sont proportionnelles à la densité de courant électrique, ces forces surtout importantes au voisinage immédiat des électrodes. Le résultat correspond à la photo accompagnant cet article (voir figure 5). On distingue les fils d'amenée de courant et les ombres, sur le fond de l'évier, des filets colorés éclairés obliquement. Le lecteur pourra utiliser cette méthode pour photographier ou filmer des géométries variées.

Rien n'interdit d'imaginer un navire qui se propulserait à l'aide d'un système de ce genre. Il suffirait de disposer un demi-cylindre à la proue et un autre à l'étrave. Ce dispositif a pour effet secondaire d'éliminer le sillage turbulent, comme on n'aura pas manqué de le constater sur la photographie de l'expérience précédente. Mais une application plus originale concernerait la propulsion d'engins sous-marins. Imaginons une allée d'aimants, disposés tête-bêche et verticalement (voir figure 6). Ces aimants plats vont créer, au voisinage de la paroi du sous-marin, un champ magnétique alterné, sensiblement dirigé, parallèlement à la paroi. En face de chaque aimant il suffira de placer une électrode en alternant les polarités. De ce fait, on obtiendra des forces de Laplace parallèles (dans notre figure ces forces seraient perpendiculaires au plan de figure et dirigées du lecteur vers la feuille).

Enroulons maintenant cette allée d'électrodes sur elle-même et disposons-la, par exemple, sur l'équateur d'une sphère (voir figure 7). On obtient un hydrodyne de révolution capable d'évoluer sans bruit et, peut-être, assez rapidement sous les eaux. Le sous-marin de l'avenir aura-t-il un mode de propulsion magnétohydrodynamique?

On peut également envisager de construire un modèle réduit de navire comportant deux séries de rangées d'aimants et d'électrodes disposés sur chaque côté de la coque. En excitant une seule rangée (par exemple en mettant sous tension les électrodes correspondantes) on peut diriger le bateau vers la droite ou vers la gauche et le faire ainsi évoluer sur commande.

Comme dans tout véhicule hydrodynamique l'important est d'éviter les turbulences dissipatrices d'énergie. Aussi convient-il de soigner tout particulièrement la disposition des électrodes et des aimants pour éviter les angles vifs. Enfin pour ne pas perturber les champs magnétiques il est recommandé de construire le modèle réduit en plastique et en bois et non en métal. ■