

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, [La Nature N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875](#)

1. - La toupie magique

Tout le monde connaît aujourd'hui le petit appareil qui se trouve entre les mains de nos enfants sous le nom de toupie magique. Composé d'un disque massif muni d'un axe pouvant tourner sur deux pivots, reliés par un cercle de métal, ce jouet au repos n'offre rien de particulier, c'est un ensemble complètement inerte qui, comme tous les corps, obéit aux lois de la pesanteur. Mais vient-on à imprimer au disque un mouvement de rotation rapide, tout change, ce corps inerte semble avoir pris une vie propre; si nous voulons le déplacer, il résiste et semble vouloir forcer la main qui le tient, à le suivre dans certaines directions et à exécuter des mouvements différents de ceux qu'elle cherche à lui imprimer.

Bien plus, il paraît s'être affranchi dans une certaine mesure des lois de la pesanteur ; si nous le plaçons sur son pivot, au lieu de tomber comme il le ferait lorsque le disque est immobile, il va conserver la position horizontale ou inclinée que nous lui avons donnée, l'extrémité libre de son axe décrivant lentement un cercle horizontal autour du point d'appui de l'autre extrémité.

Peu de personnes sont assez familiarisées avec les théories de la mécanique rationnelle pour comprendre ces phénomènes et souvent la toupie achetée pour amuser un enfant, devient un objet d'étonnement ou d'étude pour son entourage.

Nous ne prétendons pas ici exposer mathématiquement les raisons qui font que les faits ne peuvent se passer autrement que nous le voyons, mais le principe de mécanique sur lequel a été construite cette toupie ayant une grande importance scientifique, nous voulons l'exposer en quelques mots à nos lecteurs et leur faire connaître une application des plus intéressantes que tente d'en faire en ce moment un habile ingénieur anglais.

Il suffit d'avoir quelques notions de méca-

nique pour savoir qu'un corps en mouvement, soumis à l'action d'une force tendant à lui imprimer un autre mouvement suivant une direction différente, suivra une troisième direction qui est dite résultante des deux autres; cette résultante se rapprochant d'autant plus d'une des directions primitives que le mouvement correspondant est plus rapide par rapport à l'autre. Si par exemple vous frappez une bille qui passe devant vous, de manière à la chasser normalement à sa direction, elle ne semblera obéir qu'en partie à votre impulsion et continuera sa marche suivant une direction oblique, la vitesse qu'elle avait déjà, se composant avec cette impulsion pour produire le mouvement résultant. Si elle passe très vite et que vous frappiez doucement, elle se dérangera à peine de sa direction. Si au contraire elle va lentement et qu'elle reçoive un choc violent, elle s'échappera presque exactement dans la direction dans laquelle elle a été frappée.

Hé bien ! Ce qui se passe lorsqu'un corps tend à prendre en même temps deux mouvements de translation se produit encore lorsqu'il s'agit de mouvements de rotation ; c'est-à-dire que si une force vient agir sur un corps en rotation de manière à lui imprimer un mouvement de même nature autour d'un autre axe, il en résultera un troisième mouvement autour d'un troisième axe dont la direction se rapprochera le plus de celui autour duquel se fait la rotation la plus rapide, Appliquons ce principe très simple à notre toupie et nous allons voir immédiatement que la magie n'a absolument rien à revendiquer dans ces mouvements si bizarres ait premier abord.

Lorsque après l'avoir lancée nous la posons sur son pivot, son axe soutenu, horizontalement par exemple, par une de ses extrémités ; nous avons eu présence deux mouvements: d'abord celui que nous lui avons imprimé et en second lieu le mouvement de rotation que tend à lui faire prendre la pesanteur, autour d'un second axe également horizontal, passant par le point d'appui et perpendiculaire au premier. Il en résultera donc une rotation autour d'un troisième axe placé entre les deux premiers, c'est-à-dire également dans le plan horizontal passant par le

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, *La Nature* N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875

pivot. Mais tandis que l'axe matériel de la toupie, pour obéir à ce mouvement résultant, ira prendre sa nouvelle position, la pesanteur continuant à agir, l'aura de nouveau déplacé et porté un peu plus loin, de sorte qu'en cherchant à atteindre cette position d'équilibre que la pesanteur fait constamment fuir devant lui, il tournera autour du point d'appui.

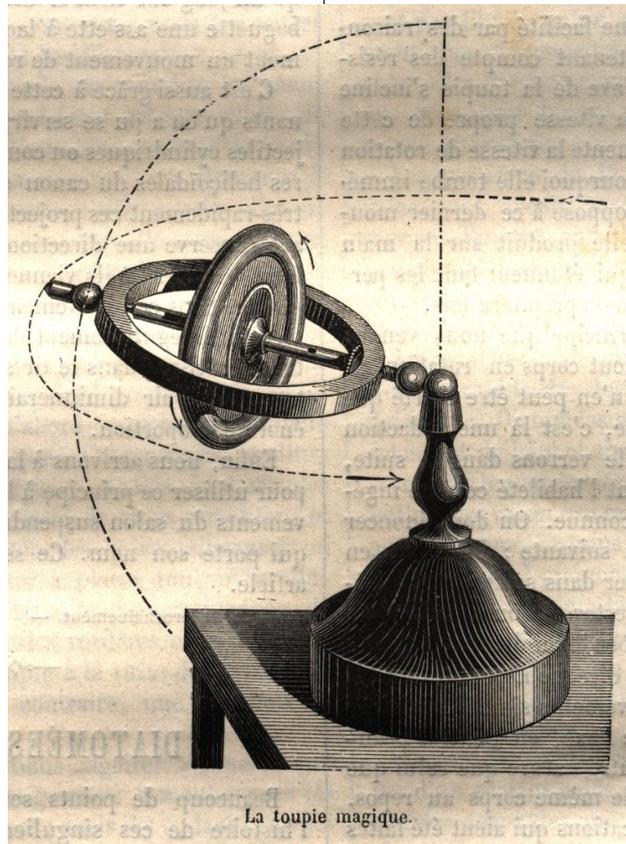
D'après ce que nous avons dit, on comprendra facilement que plus le mouvement imprimé à la toupie sera rapide, celui dû à la pesanteur restant constant, plus l'axe du mouvement résultant sera près de son axe matériel, et conséquemment plus le mouvement de rotation de l'ensemble autour du pivot sera lent.

Ainsi s'explique facilement ce fait, en apparence incompréhensible, de la pesanteur, force verticale, produisant un mouvement de rotation dans un plan horizontal.

On explique avec la même facilité par des raisonnements analogues et en tenant compte des résistances passives pourquoi l'axe de la toupie s'incline peu à peu, à mesure que la vitesse propre de cette dernière décroît et qu'augmente la vitesse de rotation autour du point d'appui, pourquoi elle tombe immédiatement si un obstacle s'oppose à ce dernier mouvement ; pourquoi enfin elle produit sur la main qui la tient des réactions qui étonnent tant les personnes qui la saisissent pour la première fois.

On énonce souvent le principe que nous venons d'expliquer en disant que tout corps en rotation rapide reste dans son plan et n'en peut être

écarté que par une force considérable, c'est là une rédaction vicieuse qui, comme nous le verrons dans la suite, a trompé M. Bessemer, dont l'habileté comme ingénieur est cependant bien connue. On doit énoncer ce principe de la manière suivante : Un corps en rotation rapide tend à rester dans son plan, c'est-à-dire que son axe tend à rester toujours parallèle à lui-même, et au lieu d'obéir simplement à toute force tendant à changer sa direction, par suite de la combinaison des deux mouvements simultanés, il se produit un déplacement de l'axe, en général beaucoup plus faible et d'une autre nature que celui que produirait cette force sur le même corps au repos.



La toupie magique.

Une des plus belles applications qui aient été faites de cette théorie est due à M. Foucault. Le Gyroscope qui porte son nom est un disque pesant, dont l'axe est supporté par une suspension à la Cardan, de manière à pouvoir, quelle que soit la position de l'attache du système, conserver dans l'espace une direction constante. De sorte que si le disque est, au moyen d'un mécanisme

spécial, mis en rotation rapide, on pourra faire subir à cette attache tous les déplacements possibles sans faire varier le plan dans lequel se meut le gyroscope. En supposant donc ce point d'attache fixé d'une manière relativement immobile, mais entraîné par le mouvement de la terre elle-même, le plan de rotation du disque seul ne participera pas entièrement à ce mouvement. Il sera bien, il est vrai, à moins d'être placé rigoureusement au pôle, entraîné dans le mouvement de translation général, mais il restera constamment parallèle à lui-même et semblera se dépla-

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, La Nature N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875

cer par l'apport aux objets environnants qui obéissent plus complètement que lui au mouvement de rotation du globe autour de ses pôles.

Ainsi se trouve donc pris sur le fait et démontré de visu le mouvement de notre planète.

C'est, en vertu du même principe que nous voyons se passer tous les jours sous nos yeux, une foule de phénomènes avec lesquels nous sommes tellement familiarisés qu'ils ne nous frappent plus. Ainsi, c'est parce que le cerceau tend à rester dans son plan de rotation qu'il roule droit sans tomber ni dévier, c'est pour la même raison que les toupies tournent verticalement sur leur pointe ou lorsqu'elles sont inclinées décrivent une série de cercles concentriques, qu'un jongleur tient si facilement sur la pointe d'une baguette une assiette à laquelle il imprime adroitement un mouvement de rotation rapide, etc., etc.

C'est aussi grâce à cette propriété des corps tournants qu'on a pu se servir, dans l'artillerie, de projectiles cylindriques ou coniques. En effet, les rayures hélicoïdales du canon de l'arme faisant tourner très rapidement ces projectiles sur eux-mêmes, leur axe conserve une direction invariable pendant tout leur parcours et ils viennent frapper le but de leur pointe. Sans ce mouvement de rotation ils pirouetteraient irrégulièrement dans l'espace, et outre que toute précision dans le tir serait impossible, la résistance de l'air diminuerait leur portée dans une énorme proportion.

Enfin, nous arrivons à la tentative de M. Bessemer pour utiliser ce principe à la régularisation des mouvements du salon suspendu, placé à bord du navire qui porte son nom.

2. - Le navire à salon suspendu «Le Bessemer»

Depuis fort longtemps on se préoccupe de rendre moins pénible aux voyageurs le passage de la Manche. Une foule d'idées plus ou moins

sérieuses ont été mises en avant, et si le projet de creuser un tunnel est entré tout dernièrement dans une voie qui doit conduire à la réalisation de cette grandiose entreprise, il faudra encore un certain nombre d'années avant qu'on puisse faire, sans transbordement, le trajet de Paris à Londres.

Les ingénieurs continuent donc, surtout en Angleterre, à chercher les moyens d'améliorer une traversée qu'on ne peut encore éviter. Des navires d'une construction toute différente, de celle ordinairement en usage, ont été dernièrement lancés, mais jusqu'ici aucun n'a pu, par une mer un peu dure, conserver une stabilité suffisante pour éviter à ceux qui sont à bord les souffrances du mal de mer.

M. Bessemer a voulu résoudre la question autrement ; conservant à son navire, à peu de chose près, la forme et les dimensions ordinaires, il a eu l'idée hardie de suspendre le salon dans lequel doivent se tenir les voyageurs de telle manière qu'il ne participe pas aux mouvements imprimés par les vagues.

Dans son premier projet il laissait ce salon complètement libre, un système de suspension à la Cardan lui permettant de conserver sa position horizontale quelle que soit celle de la coque du navire ; mais un examen plus attentif de la question lui fit craindre que par une forte mer ce salon très pesant, ne prit un mouvement d'oscillation capable de compromettre non seulement la sécurité des passagers qui s'y tiendraient, mais celle du navire lui-même.

Il renonça donc à laisser son salon suspendu abandonné librement à ses mouvements et les difficultés mécaniques lui firent borner ses efforts à annuler les effets de roulis, ceux du tangage étant d'ailleurs beaucoup moins considérables.

Dans un premier essai, fait au moyen d'un appareil disposé à cet effet, il chercha s'il ne serait pas possible, en agissant au moyen de presses

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, La Nature N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875

hydrauliques sur un salon simplement suspendu sur deux tourillons, placés suivant l'axe du navire, de lui imprimer des mouvements constamment inverses de ceux du roulis, de manière à obtenir une immobilité relative. Cet essai réussit pleinement et il fut prouvé qu'un agent attentif, placé à bord du navire et se guidant sur des repères convenables, pouvait parfaitement diriger l'action des presses, de manière à empêcher le plancher du salon de s'écarter sensiblement de la position horizontale. Restait seulement à combiner un mécanisme, tel que l'action de cet agent fût aussi restreinte que possible, et qu'il ne pût, en aucun cas, par son inadvertance, produire un danger plus grand que celui qu'on cherchait à éviter.

Après plusieurs tâtonnements, la réussite vint couronner les efforts de l'inventeur, et déjà quelques voyages en mer ont prouvé l'efficacité des dispositions adoptées. Nous ne pouvons ici, sans entrer dans des détails trop techniques et trop minutieux, qui nous feraient sortir de notre cadre, en donner une description complète. Qu'il nous suffise de dire que, grâce à ces dispositions, le salon abandonné à lui-même, soit par suite de l'inattention du surveillant, soit par suite d'un dérangement dans le mécanisme, est peu à peu ramené à sa position normale, par rapport à la coque du navire, et en devient solidaire comme dans un navire ordinaire.

Nous décrivons cependant ici un mécanisme auquel avait un instant songé M. Bessemer, pour supprimer le surveillant et rendre son appareil complètement automatique. Il avait voulu utiliser, dans ce but, la stabilité bien connue du plan de rotation d'un volant massif animé d'un mouvement rapide. Mais, faute d'avoir assez approfondi la théorie que nous avons exposée précédemment et de s'être rendu un compte parfaitement exact des forces en jeu, il avait construit un engin dont les dispositions ne satisfaisaient pas à toutes les conditions voulues pour remplir le but cherché. Mais, hâtons-nous de le dire, tout imparfait qu'était son appareil, il avait pour origine une idée féconde et il lui était facile de le modifier de manière à faire disparaître les vices qui

en eussent rendu l'emploi inutile.

Cet appareil ayant un instant vivement préoccupé l'opinion publique en Angleterre et étant, croyons-nous, susceptible d'autres applications; nous le décrivons tel qu'il avait été conçu, bien que M. Bessemer y ait renoncé depuis, et ait remis aux mains d'un employé de chair et d'os la manœuvre de ses presses hydrauliques.

Notre dessin ne représente que la partie essentielle de l'appareil, c'est-à-dire le gyroscope, ainsi que le désigne assez improprement l'inventeur.

A est un volant massif de deux pieds de diamètre environ, maintenu sur un arbre B au moyen d'une rondelle et d'un écrou faisant pression sur une fusée conique.

C et D sont les coussinets dans lesquels tourne cet arbre, et M une sorte de crapaudine hydraulique sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure.

L'enveloppe métallique qui sert d'attache aux différentes parties de l'appareil est désignée par la lettre E ; elle porte deux tourillons T et T' sur lesquels est suspendu tout l'ensemble qui, de la sorte, ne peut que tourner autour de l'axe commun de ces deux tourillons, axe qui est lui-même parallèle à celui du navire.

Enfin X est un contrepoids destiné à équilibrer le tout autour de ces mêmes tourillons.

Il nous reste maintenant à indiquer comment on peut, sans difficulté, imprimer au volant et à son axe la vitesse énorme de 5000 tours par minute. M. Bessemer a, du reste, parfaitement résolu ce difficile problème et la disposition qu'il a imaginée fait le plus grand honneur à son habileté, du reste bien connue.

De l'eau, emmagasinée sous une pression considérable dans un réservoir spécial, au moyen d'une pompe à vapeur, pénètre dans l'appareil par un des tourillons perforé à cet effet, et,

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, *La Nature* N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875

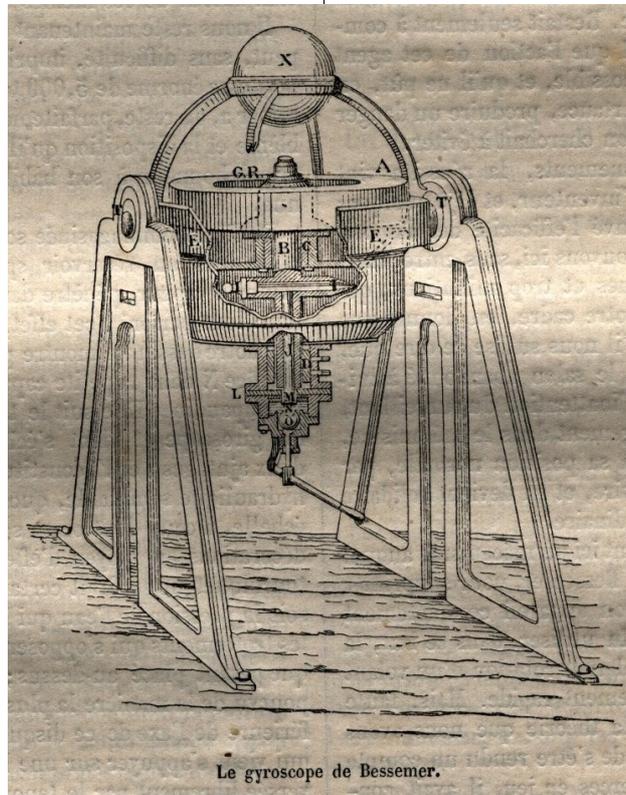
suivant un conduit que notre dessin ne montre pas, vient déboucher par l'orifice N dans la petite capacité qui se trouve sous la crapaudine. Elle suit le tube J percé dans l'arbre du gyroscope et vient s'échapper librement par les deux ajutages l et l', constituant ainsi un tourniquet hydraulique semblable, quoique sur une plus grande échelle, à ceux dont on se sert chaque jour dans les décorations au moyen d'effets d'eau. A lui seul, ce tourniquet ne suffirait certainement pas, quelle que soit la pression de l'eau qui l'alimente, pour vaincre les frottements qui s'opposent au mouvement du disque pesant placé au-dessus ; mais l'inventeur y a pourvu de la manière la plus heureuse. La partie inférieure de l'axe de ce disque porte un épaulement qui vient s'appuyer sur une bride en bronze L, traversée librement par le tenon plus petit qui termine cet axe.

Le diamètre de ce tenon, un peu plus faible que celui du trou dans lequel il passe, est calculé de manière que la pression de l'eau qui remplit la capacité S soit insuffisante pour soulever le volant et son arbre ; mais cette eau, passant par le faible espace annulaire qui existe entre ce tenon et les parois du trou, vient faire pression sur l'épaulement de l'arbre, le soulève légèrement et s'échappe tout autour de cet épaulement, de telle sorte que le poids du volant ne repose plus directement sur la bride L, mais sur une mince couche d'eau qui, par sa mobilité, rend les frottements à peu près nuls.

De cette manière le volant acquiert lui-même une mobilité extrême et la réaction de l'eau, s'échappant par les ajutages du tourniquet, suffit

pour lui imprimer une rotation rapide.

Ce n'est pas encore tout, une fois l'appareil lancé comment l'arrêterons-nous. Si nous fermons le robinet qui amène l'eau, l'axe n'étant plus soulevé par la pression va s'appuyer directement de tout son poids sur la bride L et, en raison de son énorme vitesse acquise, les surfaces en contact vont gripper, s'échauffer et, après quelques arrêts de ce genre, notre appareil sera hors de service. Aussi ne s'y prend-on nullement de cette manière.



Le gyroscope de Bessemer.

On voit en O un petit boulet calculé de manière à pouvoir fermer exactement l'orifice du tube I, et en-dessous un levier qui permet d'appliquer ce boulet sur cet orifice. Si donc, lorsque le volant est en mouvement, nous soulevons ce levier, le boulet O va faire cesser l'afflux de l'eau au tourniquet seulement ; il tournera avec l'arbre, et la pression suffira pour le maintenir sur son siège, de sorte que nous pourrions laisser le levier revenir à sa position normale. Les frottements dans les coussinets, et

au besoin un frein, auront vite arrêté le volant et nous pourrions faire cesser l'action de l'eau. Le boulet retombera alors dans sa niche et le tout sera prêt pour une nouvelle mise en marche.

Tel est l'ensemble du gyroscope de M. Bessemer; un levier le réunit au mécanisme de distribution des cylindres hydrauliques du salon et l'on conçoit sans peine que si ce gyroscope reste toujours horizontal, le point d'appui étant solidaire des oscillations du navire, il en résultera une inclinaison de ce levier, inclinaison qu'il sera facile d'utiliser pour régler l'action des cy-

Le gyroscope et ses applications

Giraudière, [La Nature N°85 - 16 janvier 1875 et N°102 - 15 mai 1875](#)

lindres qui doivent maintenir horizontal le plancher du salon.

Voyons maintenant le défaut de cet appareil. D'après la disposition adoptée, l'axe du cylindre ne peut prendre qu'un mouvement d'oscillation autour des deux tourillons, mais d'après ce que nous avons dit ailleurs, la résistance du levier de distribution, dans un coup de roulis, aurait pour effet de déplacer légèrement l'axe précisément dans un plan passant par ces deux tourillons, ces derniers s'y opposeront donc, produiront sur l'axe une certaine réaction, et il est facile de démontrer que cette réaction, combinée avec la résistance qu'oppose le levier, amèneront un déplacement identique à celui qu'occasionnerait cette dernière force agissant seule sur le gyroscope au repos.

Cela tient à ce que M. Bessemer a oublié qu'un gyroscope, soumis à des forces perturbatrices, n'occupe pas dans l'espace une position absolument invariable, mais que les déplacements de son axe occasionnés par ces forces sont tellement petits, comparativement à leur intensité, que l'on peut dire dans la plupart des cas qu'il ne sort pas sensiblement de son plan ; mais pour cela faut-il encore qu'il puisse obéir librement à ces déplacements si petits qu'ils soient, sinon la réaction très considérable des supports qui s'opposent à ces déplacements, se combinant avec la force perturbatrice elle-même, produira sur l'ensemble exactement le même effet que cette force perturbatrice agissant seule sur la masse du gyroscope au repos.

Pour rendre cet appareil utile, il aurait donc suffi de lui rendre sa liberté, c'est-à-dire de le suspendre de manière à lui permettre d'obéir à des mouvements de direction quelconque. M. Bessemer a sans doute reculé devant les difficultés qu'il a rencontrées pour réaliser cette condition, car, renonçant à son gyroscope, il a combiné un mode de régulation de la distribution de l'eau aux presses hydrauliques complètement

différent.

Son splendide navire¹ a déjà fait quelques traversées, et il s'est trouvé que, par l'heureuse combinaison de ses formes et de ses dimensions, il avait une stabilité bien plus grande que tous les navires jusqu'ici affectés au service du détroit, de sorte qu'en faisant même abstraction de la suspension du salon, les passagers y sont moins secoués que sur ces derniers.

Ses dimensions, beaucoup plus considérables, rendent, il est vrai, ses manœuvres un peu plus difficiles, surtout dans les ports étroits et peu profonds qu'il dessert. Cependant, grâce à sa parfaite symétrie aux deux bouts, à ses deux gouvernails, il ne faut pas douter que, lorsque son équipage le connaîtra un peu mieux, il ne fasse un excellent service et ne réalise un progrès marqué sur ses devanciers.

GIRAUDIÈRE

¹ Voir [Le bâtiment à vapeur «Le Bessemer»](#), *La Nature* N°72 — 17 Octobre 1874