

# Machine de WIMSHURST

Par Jacques Legout

C'est une machine électrostatique assez simple et très efficace basée sur le principe de l'électrisation par influence.

## a). Electrisation par influence :

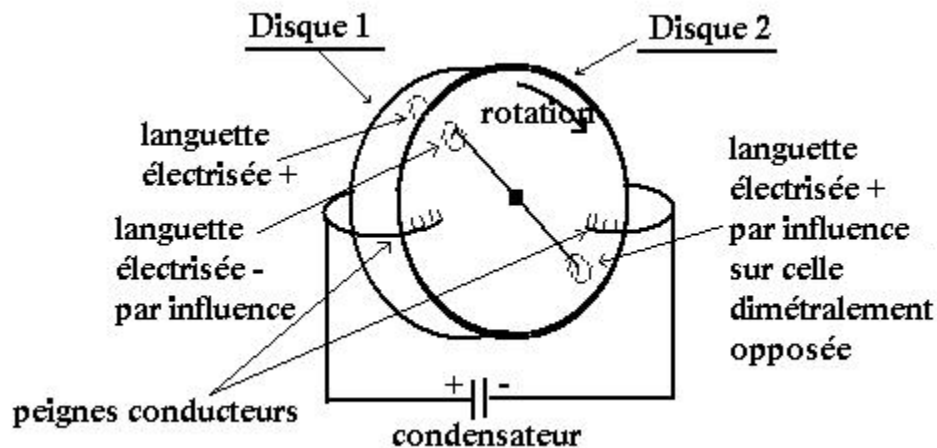
Rappelons que le principe en est le suivant : si l'on approche d'un corps électrisé un conducteur (que nous désignerons par A), celui-ci a ses charges électriques qui se séparent, les charges de même signe que celles du corps électrisé, donc repoussées par lui, se rassemblent sur la surface qui lui est opposée, tandis que les charges électriques de signe contraire à celles du corps électrisé, donc attirées par lui, se rassemblent en face de lui. Si alors on touche par un autre conducteur B la surface du conducteur A opposée au corps électrisé, les charges repoussées s'évacuent par ce conducteur B et il ne reste alors en excès dans le conducteur A que les charges de signe contraire à celles du corps électrisé. On dit alors que A a été électrisé par influence. Cette électrisation présente le grand avantage de ne pas avoir altéré l'électrisation du corps influençant. On peut donc recommencer à électriser ainsi des conducteurs autant de fois que l'on veut. On remarquera même que l'on a, en fait, électrisé les deux conducteurs A et B en même temps et de charges contraires.

La machine inventée par le physicien anglais James WIMSHURST (1832 – 1903) tire précisément parti de cela.

## b). Machine de Wimshurst :

Elle se compose de deux disques isolants, portés par un même axe, très proches l'un de l'autre et ayant, collées sur leurs faces opposées, des languettes métalliques et donc conductrices. Ce sont ces languettes qui vont être électrisées par influence. Supposons que, sur le disque 1, une languette soit électrisée +. La languette qui, sur le disque 2 lui fait face, a, par influence, tendance à s'électriser -, pourvu que ses charges + aient un autre conducteur pour s'évacuer. Cet autre conducteur est un petit balai métallique prolongé par une tige également métallique, donc conductrice, et aboutissant à un autre petit balai diamétralement opposé au premier et touchant lui aussi une languette. Ainsi les charges + de la première languette du disque 2 sont évacuées dans la deuxième. La première s'est chargée - et la deuxième, diamétralement opposée, s'est chargée +. Evidemment, pour que ces charges restent séparées en s'éloignant du corps influençant, il faut que les deux conducteurs qui étaient en contact soient eux-mêmes séparés avant cet éloignement. Ceci se produit dans la machine de Wimshurst parce que le disque 2, portant les languettes diamétralement opposées et momentanément reliées par des balais et une tige conductrice, est mis en rotation, d'où les deux languettes électrisées sont séparées des balais un peu avant que le corps influençant ne soit éloigné.

Ce disque 2 continue alors sa rotation de façon à ce que les deux languettes électrisées passent devant des peignes conducteurs reliés aux armatures d'un condensateur. Elles se déchargent alors dans ce condensateur et, après un demi-tour du disque 2, reviennent sous les balais, mais cette fois-ci interverties, pour une nouvelle électrisation. La charge du condensateur cesse lorsque les potentiels de ses armatures deviennent égaux à ceux des languettes.

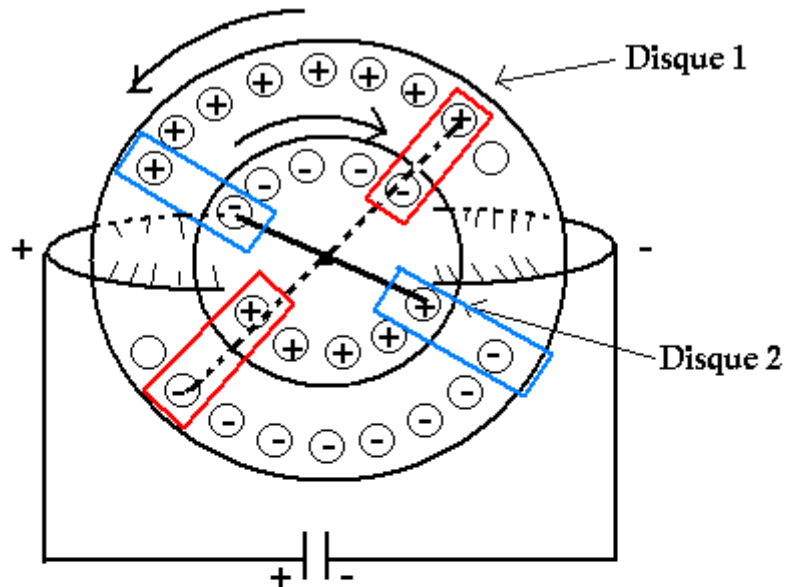


Mais une question se pose immédiatement : comment a-t-on électrisé la languette située sur le disque 1 et par laquelle découle ce qu'on vient d'expliquer ?

C'est précisément là l'astuce géniale de James Wimshurst.

Lorsque les languettes électrisées du disque 2, entraînés par la rotation de celui-ci passent devant des languettes du disque 1, avant d'aller se décharger sous un peigne, elles électrisent à leur tour celles-ci par influence et d'autres petits balais métalliques diamétralement opposés et reliés par une tige conductrice inclinée symétriquement à la première permettent la séparation des charges sur ces languettes. Pour cela le disque 1 tourne lui aussi, mais dans le sens contraire de celui du disque 2. Ainsi, des languettes électrisées du disque 1 électrisent par influence des languettes du disque 2, lesquelles électrisent à leur tour par influence des languettes du disque 1, et ainsi de suite, grâce à la rotation en sens contraire de ces deux disques. Et ces électrisations sont telles que, lorsque des languettes des disques 1 et 2 passent ensemble devant le même peigne, elles portent les mêmes charges, ce qui accroît par influence leur potentiel.

Voyons le schéma suivant :



Les deux disques sont représentés de tailles différentes pour rendre la figure plus compréhensible.  
 Les rectangles colorés montrent les électrisations par influence.  
 Les languettes sont ici représentées par des cercles pour raison de facilité, mais sont en fait de forme ovoïde comme le montre la photo en fin de ce texte.

Cependant, un obstacle semble s'opposer à ce bel agencement : lors d'une électrisation par influence les charges contraires attirées par le corps influençant sont en nombre inférieur à celui des charges de ce corps influençant, sauf dans le cas où le corps influencé enveloppe complètement l'autre et où il y a une influence dite totale. Mais ce n'est évidemment pas le cas dans ce que nous venons de décrire. Par conséquent, les charges accumulées sur les languettes du disque 2 devraient être inférieures en nombre à celles des languettes du disque 1 qui les ont influencées, et comme les languettes du disque 1 sont elles-mêmes électrisées ensuite par influence par celles du disque 2, il y aurait encore diminution du nombre de charges et l'électrisation totale devrait donc s'amortir. Or, ce n'est pas le cas, bien au contraire. Ceci vient du fait que, sur chaque disque, les languettes sont assez rapprochées pour qu'une d'un disque soit en fait influencée par deux proches de l'autre disque. Ainsi, si chaque languette influençante contient  $N$  charges, la languette influencée par deux d'entre elles accumule un peu moins de  $2N$  charges mais toutefois plus que  $N$  charges. Et par conséquent le nombre de charges électriques sur chaque languette va croissant jusqu'à ce qu'un excès de potentiel occasionne des fuites (fuites nettement

visibles si l'on fait tourner une de ces machines dans le noir). Toutefois, il ne faut pas que les languettes de chaque disque soient trop rapprochées les unes des autres car les fuites augmenteraient entre celles qui viennent d'être électrisées et les autres qui ont été déchargées en passant sous les peignes, ce qui irait à l'encontre du but recherché.

c). Quelques détails techniques de cette machine de Wimshurst :

- Les deux disques, portés par un même axe, sont entraînés par des courroies, elles-mêmes entraînées par deux poulies montées sur un axe muni d'une manivelle. L'une de ces courroies est croisée, l'autre non. Ceci fait donc que les deux disques tournent en sens contraire. L'espace entre ces deux disques est d'environ 4 à 6 mm. Ils sont évidemment en matériau isolant comme nous l'avons déjà signalé. A l'époque de Wimshurst, on utilisait le verre. Mais le verre moderne contient des composés métalliques qui le rendent beaucoup moins isolant ; il est donc à proscrire. Les machines modernes ont leurs disques faits en Plexiglas ou Altuglas (polyméthacrylate de méthyle), matériau isolant même à de hautes tensions. Les languettes conductrices, jadis en étain, sont en nombre pair de façon à ce que deux d'entre elles d'un même disque se trouvent simultanément sous les deux balais diamétralement opposés. Elles doivent avoir leur bord arrondi car l'électricité fuit par les pointes et donc par les angles vifs. Dans les meilleures machines elles sont même légèrement arrondies en épaisseur sur leur bord. Les tiges portant les balais, inclinées d'environ 60° par rapport à l'horizontale, et de façon contraire l'une de l'autre, sont fixées sur les paliers de l'axe des disques et donc fixes.

- Les peignes conducteurs sont alignés de chaque côté selon l'horizontale et enserrant les deux disques sans les toucher. Ils sont reliés et maintenus par deux conducteurs allant aux armatures de deux condensateurs mis en série et généralement disposés verticalement de chaque côté sur le socle de la machine. Si l'on choisit deux condensateurs en série, c'est que la haute tension produite par les meilleures machines par temps sec peut atteindre 100 000 volts et claquerait alors le diélectrique d'un seul condensateur. Ceux-ci sont généralement du type « bouteille de Leyde » et ont donc une capacité assez faible (de l'ordre du picofarad). Cette capacité suffit à faire apparaître des étincelles bien lumineuses et sonores entre deux éclateurs fixés sur les conducteurs reliés aux peignes, mais sous une intensité sans danger pour le corps humain.

d). Amorçage de la machine :

Si, comme on vient de l'expliquer, l'influence mutuelle des deux disques fait s'accroître progressivement le nombre de charges sur les languettes métalliques, ceci jusqu'aux fuites et donc la saturation, encore faut-il au démarrage qu'il y ait au moins une partie électrisée pour amorcer le processus. En fait, quand la machine n'a pas fonctionné depuis longtemps, toutes les

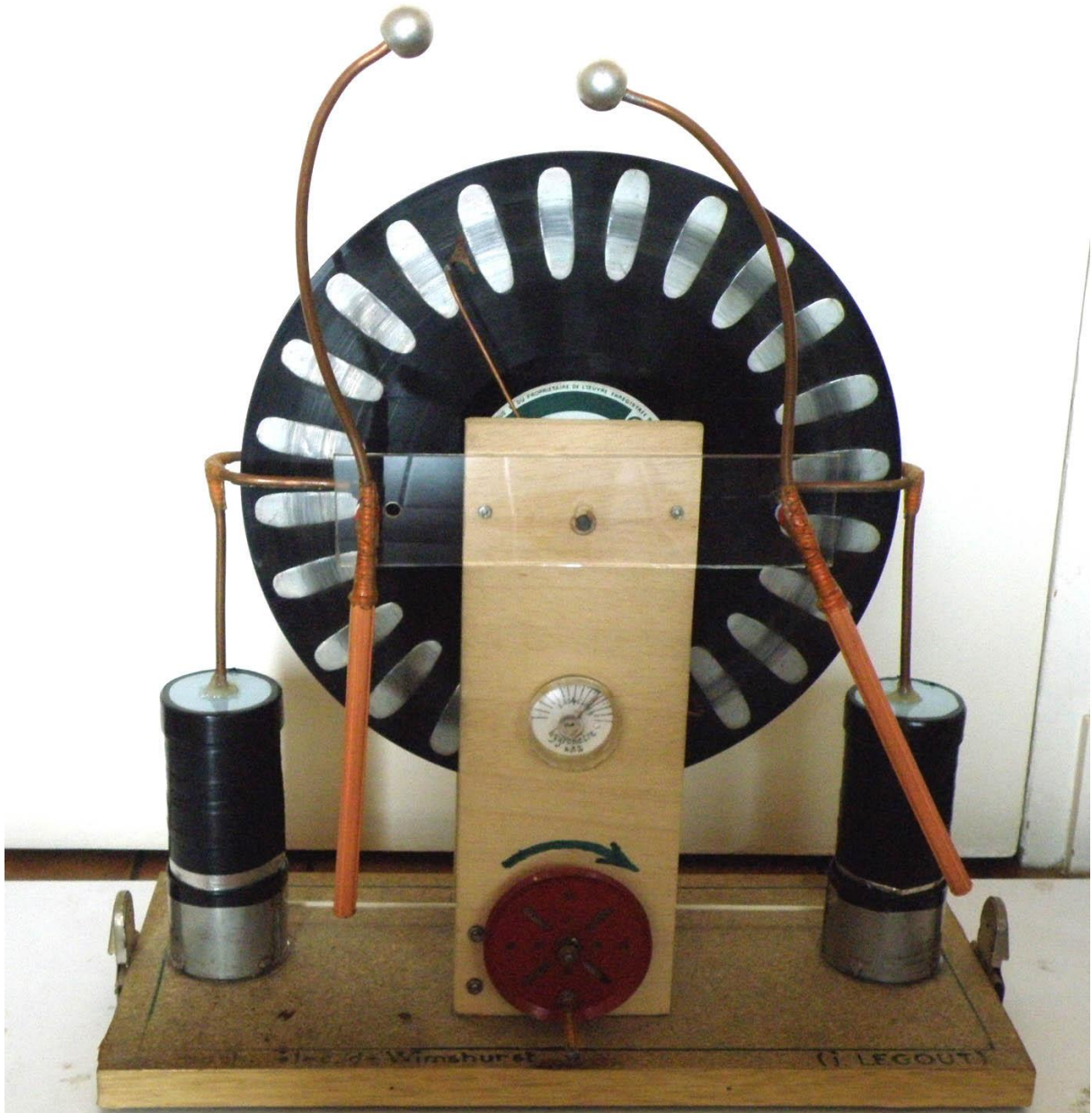
languettes sont neutres électriquement. Par contre, le matériau isolant des disques, où les charges électriques ne peuvent que difficilement se déplacer, présente souvent des endroits électriquement déséquilibrés. Ainsi, certaines zones d'un des disques ont souvent un excédent de charges + ou – et peuvent donc influencer des languettes de l'autre disque, ce qui amorce la machine. Pour cela il ne faut pas que les condensateurs aient eux-mêmes un reliquat de charges contraires. Aussi, pour amorcer la machine commence-t-on généralement par mettre brièvement en contact les deux boules de l'éclateur afin de totalement décharger les condensateurs.

On peut également amorcer arbitrairement la machine en présentant près d'une languette en contact avec un balai un corps préalablement électrisé, par exemple par frottement. Ainsi on peut choisir la polarité de la machine à sa guise. Sinon, sa polarité peut changer d'une fois à une autre, car cette machine est globalement invariante par une rotation de 180° autour d'un axe vertical passant par le milieu de l'axe des disques (cette rotation est le produit de deux symétries-plan : l'une par rapport au plan vertical parallèle à celui des disques et passant par le milieu de leur axe de rotation, et l'autre par rapport au plan vertical contenant cet axe).

En 1985 j'ai réalisé une de ces machines en utilisant deux disques de musique, anciens, en vinyle, de 30 cm de diamètre et rigides. L'espace entre eux est de 4 mm, leur épaisseur d'environ 1 mm. Chacun porte 24 languettes de 15 mm dans leur partie la plus large (la plus proche de la circonférence) et de 47 mm de longueur. Ces languettes, collées à la colle thermofusible, sont en fer-blanc et les balais sont constitués de fil électrique souple, multibrin, dénudé. Les condensateurs sont ce qui m'a posé le plus de problèmes. Ils sont constitués chacun d'une feuille de PVC de 7/10 mm d'épaisseur roulée en cylindre et maintenue ainsi par du ruban adhésif. Le fond est un polymère de grande rigidité électrique qui m'a été fourni par la société 3M. Les armatures intérieures et extérieures sont en feuille d'aluminium ménager. Les peignes sont, comme les languettes, en fer-blanc découpé en plusieurs pointes. Ils sont soudés sur des arceaux en cuivre recuit, lesquels sont reliés aux armatures intérieures des deux condensateurs, d'une part, et à deux prises femelles, d'autre part, dans lesquelles peuvent être branchés les éclateurs dont les extrémités peuvent être rapprochées ou écartées à volonté par pivotement.

Par temps sec, et bien nettoyée, cette machine me donne des étincelles de 10 à 12 cm et m'a permis de nombreuses expériences d'électrostatique. (Je l'ai même équipée d'un petit hygromètre).

Voir photo en dernière page :



FIN