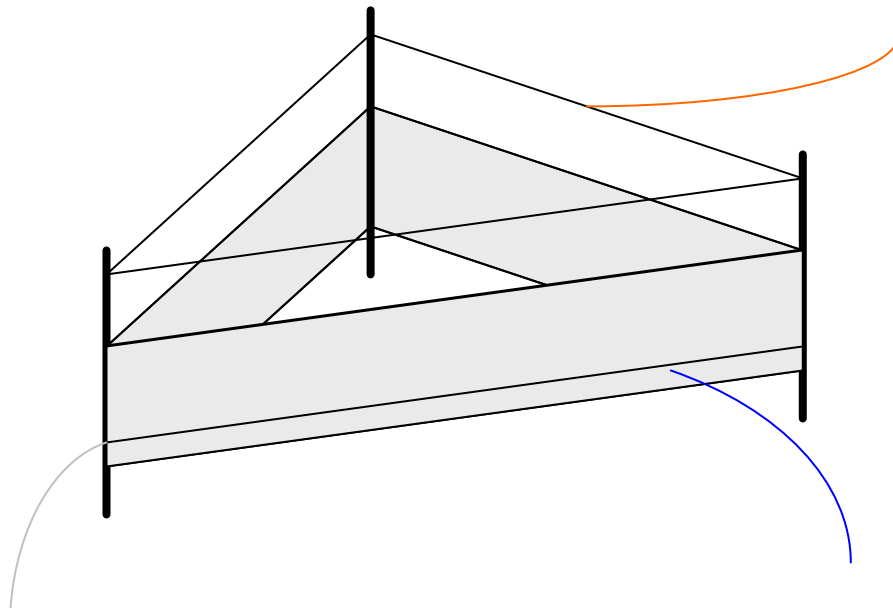


A yellow ribbon graphic with a central rectangular section and two pointed ends. The text "Le Lifter" is written in a bold, black, sans-serif font across the central section.

# Le Lifter



Académie d'Orléans-Tours  
Lycée Léonard de Vinci  
AMBOISE

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements à Monsieur Joël Arianer pour toute l'aide qu'il nous a apportée.

Nous remercions également le Foyer Socio-éducatif du lycée Léonard de Vinci qui nous a accordé une aide financière notable pour nous permettre de nous rendre aux épreuves de qualification à Boulogne sur Mer.

De même, nous sommes reconnaissants au comité des Olympiades de physique d'organiser cette manifestation.

# Sommaire

Présentation

Expériences d'autres groupes

La très haute tension (THT)

Résumé des tentatives de vol du lifter

Elément de lifter suspendu

Améliorations expérimentales

Exploitation statistique des résultats

Tentative d'interprétation

Au laboratoire de M. Arianer

Expression de la valeur de la force

Conclusion

Bibliographie

Bilan financier

## PRESENTATION

Notre groupe :

Au 16<sup>ème</sup> siècle, un brillant ingénieur Italien immigré à Amboise et installé au Clos Lucé établit les plans d'objets volant absolument futuristes. Les contemporains de ce génie ne croyaient pas en ces inventions. Comment pourrait voler un homme en utilisant une voilure tournante ?

Et pourtant ...

En des temps moins reculés où l'impossible est régulièrement bravé, une nouvelle épopée commence. En 2004, dans un lycée portant le nom de Léonard de Vinci et dans la ville d'Amboise, quatre lycéens : Clout Solène, Klein Gaétan, Guimberteau Jean et Ralle Amélie accompagnés par un professeur : Monsieur Mabilat, travaillent dans le cadre des Olympiades de physique sur un nouvel objet volant qui semble lui aussi relever du domaine de l'incroyable.



Notre sujet :

C'est alors que nous cherchions un sujet pour ces Olympiades de physique que Gaétan nous a parlé d'un objet volant grâce à la très haute tension. Il en avait fait la découverte au hasard du net.

Nous avons donc entrepris des recherches sur ce qui nous semblait n'être qu'un canular. En effet, comment pourraient s'élever dans les airs quelques simples morceaux de balsa et un peu d'aluminium ?

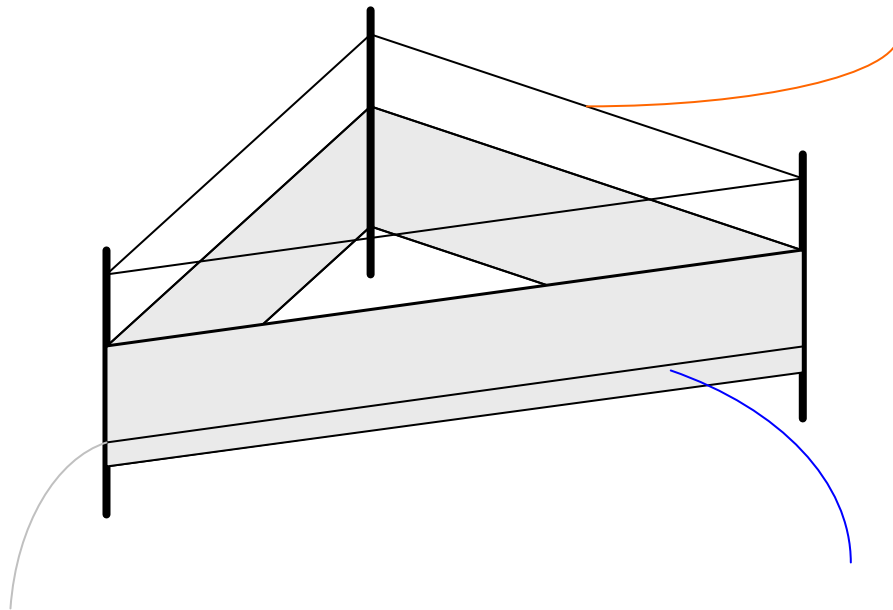
Et pourtant, nous avons trouvé des sites Internet relatant l'existence effective de ce fameux objet nommé le lifter.

Bien évidemment, il existait, il s'élevait mais pourquoi ? Telle est la question à laquelle nous avons décidé de nous intéresser afin de chercher à comprendre ce mystère. Car, pour le moment, les théories sur le lifter sont à l'état d'ébauches et sont très controversées.

Qu'est ce que le lifter et d'où vient-il ?

L'objet mystérieux est de construction simple. Avant tout il doit être léger. Dans notre cas, il est composé d'un cadre de forme triangulaire. Sur ce cadre est fixée une «jupe» métallique qui aura le rôle de cathode. Maintenu au-dessus de cet structure et à distance de la cathode, il y a un fil conducteur qui lui, joue le rôle d'anode (le fil rouge étant l'alimentation et les fils blanc et bleu sont reliés à la masse).

Lorsqu'une très haute tension est appliquée entre l'anode et la cathode, l'ensemble s'élève.



C'est simple, mais d'où vient cette idée ?

Tout commença au millénaire dernier lorsqu'en faisant des recherches sur les rayons X, un jeune chercheur américain du nom de Thomas Townsend Brown a découvert la relation entre la gravitation et la haute tension. En l'an 1927, il réussit des expériences sur la force exercée par des conducteurs chargés. C'est là que tout s'enchaîne. L'année suivante, en 1928, il découvre avec Paul Alfred Biefeld un effet. Ceci en constatant qu'un condensateur en se chargeant a tendance à se déplacer vers son pôle positif. Cet effet portera plus tard leurs noms. Thomas Townsend Brown fit alors une démonstration devant des représentants de l'industrie aérospatiale et de l'US Air Force où il démontra que deux condensateurs de formes

lenticulaire fixés aux extrémités d'un bras rotatif se mettent a tourner lorsqu'une très haute tension leurs est appliquée.

Alors que plus personne ne parla des expérimentations de Brown, il continua des recherches sur ce qui pourrait devenir un nouveau mode de propulsion.

En l'an 2000, les chercheurs de la NASA ont déclaré avoir découvert une méthode pour produire une poussée à l'aide d'un condensateur bidimensionnel asymétrique.

Ici intervient Jean-Louis Naudin, un expérimentateur français qui va à la suite du rapport de la NASA et à l'aide des travaux de recherche de Brown, faire voler son premier lifter. Il créa ensuite un site Internet et l'expérience fut reproduite par de nombreuses personnes.

C'est ainsi que le lifter fit son apparition et, aujourd'hui il suscite un engouement particulier chez un public très large.

# EXPERIENCES D'AUTRES GROUPES

Cette partie consiste en la présentation de deux expériences réalisées par d'autres personnes et dont nous utilisons les résultats ;

## 1) Vol du lifter en milieu non atmosphérique :

Alors que les résultats des expériences portaient à croire que le lifter s'élevait grâce aux champs électriques, ceux-ci engendrant au dessus de l'appareil un nuage d'ions positifs formés à partir des molécules de diazote et de dioxygène de l'air. Ce nuage attirerait vers lui l'appareil chargé négativement par le vent ou la dérive ionique. Ce processus générant une poussée ascensionnelle se répèterait tant qu'il resterait des molécules d'air au dessus de l'engin, donc, lorsqu'il se trouve en milieu atmosphérique. Il a été observé que le lifter vole dans le vide ; donc, la théorie précédente ne peut expliquer totalement le vol du lifter.

## 2) Vol du lifter « sans vent » :

Un autre groupe des Olympiades (Propulsion électrocinétique), de l'académie de Nantes, s'est intéressé en 2004 au lifter.

La lifter team a réalisé dans le cadre de ses TPE sur le thème : « Le lifter : la propulsion de demain », une expérience sur les vents ioniques et les flux d'air dans le but de voir s'ils pouvaient être la raison de l'élévation du lifter. Ils avaient en effet mis en évidence par de la fumée un déplacement d'air lors du vol du lifter. Pour ce faire, ils ont fait un lifter en deux parties afin de pouvoir séparer l'anode de la cathode par une planche et de cette manière, empêcher la circulation des vents ioniques ainsi que le flux d'air.

Voici ce qu'ils ont observé :

« La partie supérieure était séparée de la partie en aluminium par une planche de bois d'un centimètre d'épaisseur. Lors de la mise en route de la haute tension, c'est la partie basse qui est venue se « coller » contre la planche au plus près des fils supérieurs.

Un détail important, nous n'observons plus de vent ionique ni aucun autre flux d'air dans la zone située en dessus de la planche. Un flux d'air plus léger est cependant toujours présent proche des fils supérieurs, il est repoussé sur les côtés par la planche de bois ». ([www.lifter.matplane.com](http://www.lifter.matplane.com)).

## Conclusion :

Au regard de ces deux expériences, nous pouvons dire que ni l'ionisation de l'air, ni la circulation de vents ioniques ne peuvent être la seule explication de l'élévation du lifter. Nous avons donc pris le problème sous un autre angle. Nous cherchons à mieux connaître la force générée par la très haute tension.

## LA TRES HAUTE TENSION (THT)

Pour obtenir notre haute tension, nous avons suivi scrupuleusement les informations données par le site de JL Naudin (<http://jlnlabs.imars.com/lifters/html/cdptht.htm>)

Les instructions pour obtenir la haute tension à partir d'un moniteur sont les suivantes :

- S'assurer qu'il délivre au moins 25KV/20W : le constructeur de notre moniteur affiche les caractéristiques suivantes : 26KV/3mA, donc 78 W,
- Démonter proprement le capot arrière du moniteur, le - sera la tresse qui entoure le tube cathodique, le + sera la tétine qui monte dans la partie supérieure du tube.
- Percer le capot sur les deux côtés du capot à environ 10 cm de la base, à la jonction du capot arrière et du cache avant.
- Souder deux fils de 2 m bien isolés sur la tresse (-) entourant le tube.
- Sortir tel qu'il est le fil qui alimente la tétine (+) à l'opposé.
- Refermer le capot, les fils passés par les trous à gauche et à droite pratiqués.
- Couper le fils + à 5 cm de la tétine et mettre en série une résistance de 250K Ohm 3W pour éviter de griller la THT en cas de court-circuit (fréquents).
- On a isolé cette résistance en la noyant dans de la paraffine et une tube de PVC.
- Elever et fixer la tétine, à l'aide d'un support très table (on utilise 5 litres de sable) et un tube en PVC isolant.
- Souder un fil à la tétine surélevée et au fil du lifter
- Les deux fils - sont placés sur la bande aluminium du lifter

Nous utilisons un ampèremètre placé sur le fil +. La sécurité n'a pas été mise de côté car nous utilisons une rallonge de 10 m pour pouvoir brancher la THT en étant assez éloignés( au moins 3m), tout comme les observateurs. De plus, entre chaque utilisation nous déchargeons le condensateur à l'aide d'une résistance de 10K $\Omega$ , 1W, les deux bornes étant tenues par des pinces en bois.



## RESUME DES TENTATIVES DE VOL DU LIFTER

Nous avons obtenu les plans du lifter sur Internet et plusieurs indications sur le poids et la taille mais la réalisation d'un lifter qui volait vraiment était en réalité bien plus compliquée qu'il n'y paraissait. Nous avons dû, avant d'atteindre notre but, recourir à plusieurs tentatives de vol et suite aux échecs nous avons dû aussi recourir à de nombreuses modifications. Pour compliquer les choses les problèmes ne venaient pas seulement du lifter, mais aussi de la haute tension, que nous avons récupérée nous même à partir d'un moniteur...

La première tentative fut un échec. La cause de cet échec était, sans certitude, une fuite de la haute tension. Au cours de cette expérience le moniteur grilla. Il ne nous restait donc plus qu'à utiliser un nouveau générateur de haute tension.

La deuxième tentative fut de nouveau un échec mais cette fois-ci la source d'énergie étant fiable nous avons trouvé que le problème venait de la masse du lifter qui était trop lourde : 13g. Pour remédier à ce défaut nous avons donc décidé de supprimer le cadre inférieur du lifter ainsi que l'adhésif en surplus ce qui allégea très nettement la masse du lifter, celle-ci étant passée à 8g. L'hypothèse d'un problème de poids fut confirmée lors de la tentative suivante : l'allégement du lifter pour cette nouvelle expérience nous permit de constater l'élévation de l'une des trois bases. Nous décidâmes donc de réduire à nouveau la masse du lifter en construisant un nouvel appareil avec des matériaux plus légers en prenant par exemple du balsa plus fin.

Le nouveau lifter, qui était donc plus léger que les autres, fut le premier à voler. Il se souleva de quelques centimètres sous nos yeux ébahis. Nous avons enfin réussi à résoudre tous les problèmes qui s'étaient posés à nous. En effet, en plus de la masse trop lourde, nous nous aperçûmes que le problème venait aussi du parallélisme du fil conducteur et du papier aluminium. Pour le résoudre nous avons dénudé un fil plus fin afin de pouvoir le tendre mieux sur le lifter ; de plus la masse du fil est plus faible ce qui allège encore le lifter. Son nouveau poids est 3.38g. Lors du premier vol une flamme apparut au niveau d'un pied mais disparut aussitôt et un seul pied se souleva. Nous observâmes que le pied qui brûlait était entre les deux fils : c'est l'endroit où la résistance est la plus faible. Au deuxième vol, tout le lifter s'éleva de quelques centimètres. Pendant le vol nous entendions un bruit qui venait peut-être d'une fuite mais suite à des recherches sur Internet nous apprîmes que ce bruit était normal.

Grâce à nos observations, nous avons construit un lifter mieux fait. Le cadre est unique et en balsa fin. Les pieds sont en balsa plus gros et sont isolés à la paraffine pour éviter qu'ils brûlent de nouveaux. En plaçant le fil de cuivre nous nous aperçûmes qu'il coupait la paraffine que nous avons donc remplacée par de la gaine thermo-rétractable. Nous avons également changé le fil conducteur car il était trop lourd et trop rigide ce qui empêchait le lifter de monter et nous avons également installé un fil de cuivre au niveau du papier aluminium pour faciliter les soudures des fils de masse.

- Taille des baguettes pour le cadre : 15cm
- Taille des pieds : 8 cm
- longueur du papier aluminium : 50cm

-longueur du fil : 50cm

La nouvelle masse du lifter est : 2.62g

Malgré les modifications, une flammèche est apparue due à un effet de pointe car, bien que le fil rouge ait été changé, la soudure courbe le fil de cuivre qui n'est plus parallèle avec le papier aluminium. Pour remédier à ce problème nous avons accroché le fil rouge (fil d'anode) au plafond pour que la soudure soit plus haute.

Un nouveau Lifter a été construit avec toutes les améliorations précédentes. Il s'est soulevé mais les fils de masse semblaient le gêner dans sa montée. Pour éviter ce nouveau problème, nous avons accroché les fils de masse au plafond comme le fil d'anode.

## EXPERIENCES :

-Expérience avec l'ampèremètre : Nous avons placé un ampèremètre entre la tétine et l'anode du lifter afin de mesurer la tension qui passe dans le lifter.

Marque : Metrix MX22

Calibre : 4 mA

Mesure de I : 0.97 mA

-expérience avec les pôles inversés : Nous avons rencontré beaucoup de difficultés : arcs, combustion des baguettes, ... Et nous ne sommes arrivés à aucun résultat.

## ELEMENT DE LIFTER SUSPENDU

Les envols successifs de notre Lifter expérimental nous ont permis de mettre en évidence l'existence d'une force générée par la très haute tension et permettant au Lifter de s'élever.

Nous nous donnons donc pour but à présent de déterminer les caractéristiques de cette force afin de l'identifier et de trouver son origine.

Il est apparent que cette force que l'on va noter  $\vec{F}$  s'exerce sur le Lifter, dans la direction verticale et du bas vers le haut.  $\vec{F}$  s'oppose donc au poids du Lifter  $\vec{P}$  ce qui explique pourquoi nous avons besoins d'un engin très léger. La valeur de  $\vec{F}$  doit être supérieure à celle de  $\vec{P}$  pour que le Lifter s'élève.

Il nous paraît donc évident que P est un handicap dans nos expériences qu'il faut réduire le plus possible surtout si nous souhaitons obtenir des résultats précis sur F. Or nous savons que  $\vec{P}$  s'exerce toujours verticalement alors que  $\vec{F}$  s'exerce dans l'axe du Lifter. Il nous vient alors l'idée de positionner notre Lifter sur la tranche au lieu de le laisser à plat. Ainsi il se déplacerait horizontalement et le travail de  $\vec{P}$  serait nul. De plus, en suspendant notre Lifter, il n'y aurait plus de contact avec le sol, gênant pour le dynamisme de l'appareil.

Le projet du Lifter suspendu voit le jour.

Notre Lifter expérimental, triangulaire, ne convient pas à une expérience telle que celle-ci ; il nous faut donc inventer un nouveau type de Lifter plus adapté à cette utilisation. « L'ancien » serait très instable en suspension du fait de ses 3 pieds, en outre, les 3 points d'appui ne nous sont plus d'aucune utilité car le Lifter n'a plus besoins d'être maintenu à plat au sol. Nous décidons donc de supprimer un des pieds pour créer un nouveau Lifter, uniface ou plat qui correspond à une face sur laquelle s'exerce une force de valeur divisée par trois.

Une structure plane comporte de nombreux avantages, tout d'abord au niveau de la stabilité, nous pouvons le maintenir suspendu aux 4 extrémités et ajuster une assiette horizontale au départ. Au niveau du poids, même si l'effet en est considérablement réduit par l'expérience. Mais aussi, surtout, au niveau de la simplicité de la structure. Une structure plate plutôt qu'une structure triangulaire nous permet aussi de mieux contrôler le parallélisme entre la jupe d'aluminium et le fil de cuivre et ainsi nous évitons tout risque d'arc électrique. En effet, nous avons observé une décharge électrique quand un point du fil était plus proche de la jupe que les autres (comme un effet de pointe).

Nous disposons donc d'une expérience théorique fiable qu'il faut à présent vérifier en pratique et améliorer en précision

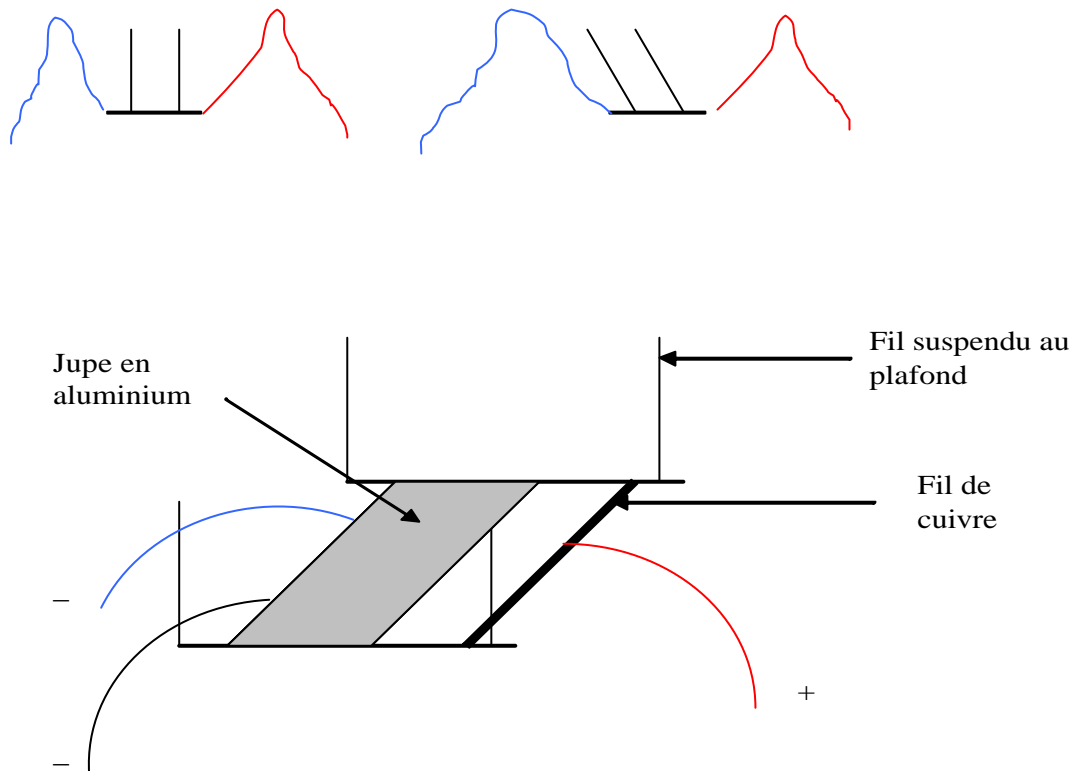
## EXPERIENCE DU LIFTER SUSPENDU n°1

### Dispositif expérimental

Conception d'un nouveau Lifter plat : - même matériaux utilisés  
- même isolation  
- nouvelle masse : 2,226g

Même source d'énergie que lors des expériences précédentes

Le lifter est suspendu à l'horizontale grâce à 4 fils verticaux fixés aux extrémités des 2 pieds du Lifter. Pour éviter de trop perturber l'appareil, nous répartissons les fils cathodes et anode équitablement autour du dispositif et assez éloignés pour éviter toute mise en contact. Là, l'idée de les suspendre à nouveau pour ainsi diminuer leur action et leur influence sur le dynamisme est adoptée. L'anode est connectée au fil et la cathode à la jupe par des soudures.



## Observations de l'expérience

A l'application de la THT, le Lifter se déplace horizontalement en direction du fil ( ou de l'anode ) jusqu'à ce qu'un certain angle par rapport à sa position d'origine soit atteint. Il reste ensuite quasiment immobile jusqu'à l'arrêt de la THT où il retourne à sa position initiale.

Nous retrouvons donc ici notre force  $\vec{F}$  qui agit horizontalement sur notre appareil. Le fait que le Lifter reste immobile une fois stabilisé tend à faire penser que  $\vec{F}$  est constante.

Suite à cette première expérience plutôt concluante, nous décidons d'approfondir notre étude par 2 autres expériences plus poussées. La première consistant à déterminer la valeur de  $\vec{F}$  et la seconde, à vérifier si la polarité joue un rôle sur le fonctionnement du Lifter.

## EXPERIENCE DU LIFTER SUSPENDU n°2

### Dispositif expérimental

On renouvelle l'expérience n°1 mais en filmant. Nous plaçons un rapporteur sur un tableau en arrière plan afin de noter l'angle de déplacement du Lifter par rapport à sa position initiale grâce au ralenti de la vidéo. Nous allons appeler cet angle  $\hat{\alpha}$ .

Ensuite, avec un dynamomètre, on détermine la valeur de  $\vec{F}$  en exerçant une force de mêmes caractéristiques jusqu'à ce que le déplacement atteigne l'angle  $\hat{\alpha}$ .

### Observation de l'expérience

- $\hat{\alpha} = 6^\circ$
- valeur de  $F = 7 \text{ mN}$  ( à 1 mN près )

Notre mesure manque de précision à cause du matériel de mesure, peu précis, mais aussi à cause d'une force  $\vec{F}$  de valeur trop faible pour être déterminée avec précision. Il serait intéressant d'augmenter les dimensions du Lifter pour vérifier si  $F$  est constante ou si elle varie en fonction de la longueur du Lifter.

Il nous faut à présent vérifier si la polarité affecte ou non pour les performances du Lifter.

## EXPERIENCE DU LIFTER SUSPENDU n°3

### Dispositif expérimental

Pour ce troisième essai suspendu, nous décidons d'inverser la polarité pour enfin constater si  $\vec{F}$  s'exerce dans les mêmes conditions et expliquer la raison de l'échec de cette expérience avec l'ancien modèle de Lifter.

L'anode est donc soudée à la jupe et le fil fin aux fils de masse (cathode).

### Observations de l'expérience

Au branchement de la THT, le Lifter se déplace en direction du fil comme pour les expériences précédentes ; c'est donc la preuve que la polarité ne joue pas sur la présence ou le sens de  $\vec{F}$ .

Néanmoins, après avoir procédé aux mesures comme dans l'expérience 2, nous constatons que la valeur  $F$  est égale à 4mN (à 1mN près) soit presque la moitié de celle obtenue sans inverser la polarité. Cela expliquerait de plus l'échec de l'expérience avec le Lifter triangulaire car  $3F$  serait inférieure à  $P$  donc le Lifter ne pourrait pas s'envoler.

Application numérique pour le lifter triangulaire, à partir des valeurs  $f$  obtenues durant l'expérience du lifter suspendu.

$$m_{lt} = 2,64g \text{ (masse du lifter triangulaire)}$$

$$P_{lt} = 2,64 \cdot 10^{-3} \times 9,81 \approx 26 \cdot 10^{-3} N \approx 26mN$$

$$f_1 \approx 7mN$$

$$F_{lt1} = 3f_1 \approx 3 \times 7 \approx 21mN \approx P_{lt} \Rightarrow \text{valeurs voisines}$$

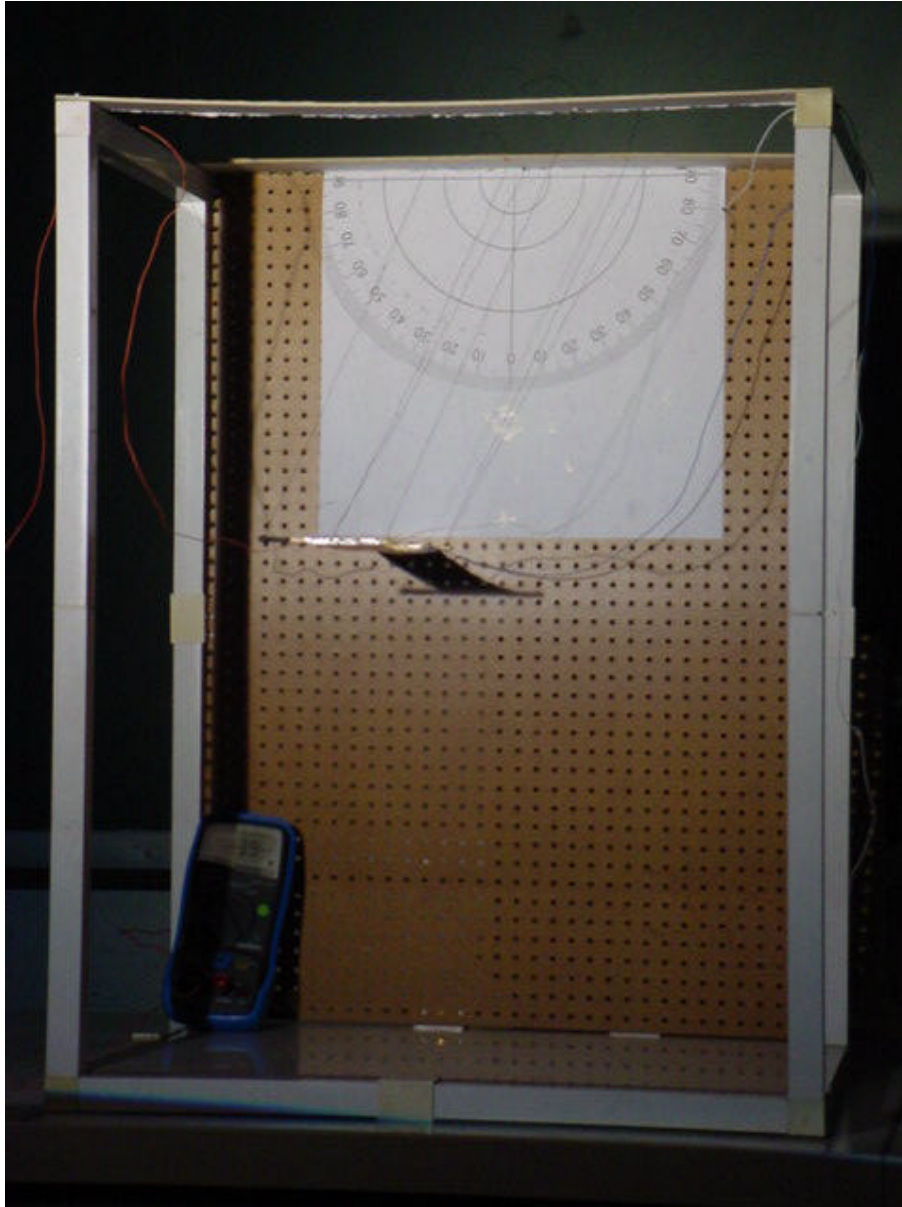
$$f_2 \approx 4mN \text{ (inversion de la polarité)}$$

$$F_{lt2} = 3f_2 \approx 3 \times 4 \approx 12mN < P_{lt} \Rightarrow \text{le lifter ne s'envole pas}$$

Il faut augmenter la valeur de  $F$  pour améliorer la précision de nos mesures.

## AMELIORATIONS EXPERIMENTALES

Afin de mesurer la force motrice plus précisément, nous avons construit un dispositif nous permettant d'installer plus commodément l'élément de lifter sur un bâti démontable muni d'un rapporteur fixe. Des encoches pratiquées dans le carton supérieur nous permettent de faire plus facilement le zéro (fils verticaux). L'allongement de la dimension de l'élément de lifter nous permet d'espérer une force de valeur plus grande que nous connaissons donc avec une meilleure précision.

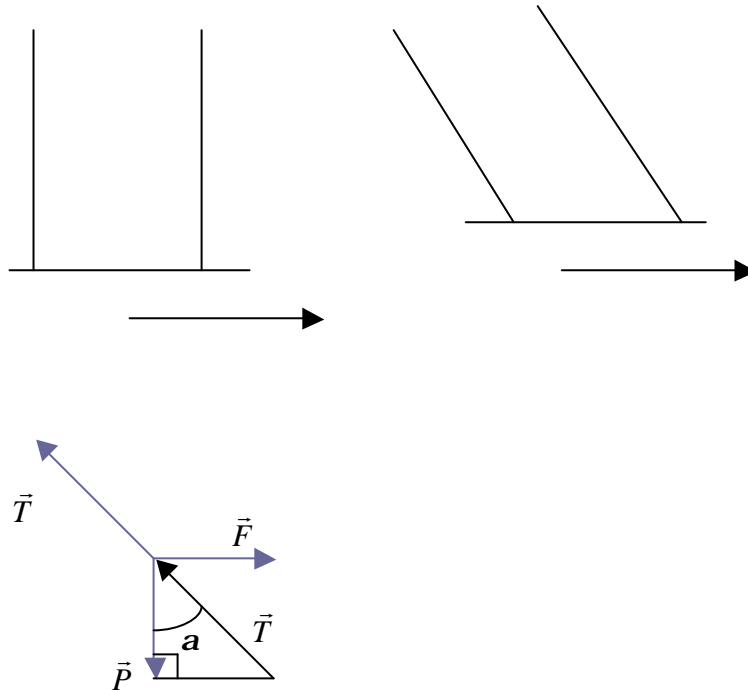


Modélisation d'un lifter soumis à trois forces :

- la tension des fils suspendus,
- le poids du Lifter,
- et la force électrocinétique du Lifter.

Si on considère un Lifter uniquement soumis à ces trois forces, cela nous permettrait de déterminer les valeurs de la force uniquement à partir des valeurs de l'angle  $\alpha$ , lorsque le Lifter se stabilise.

Schéma :

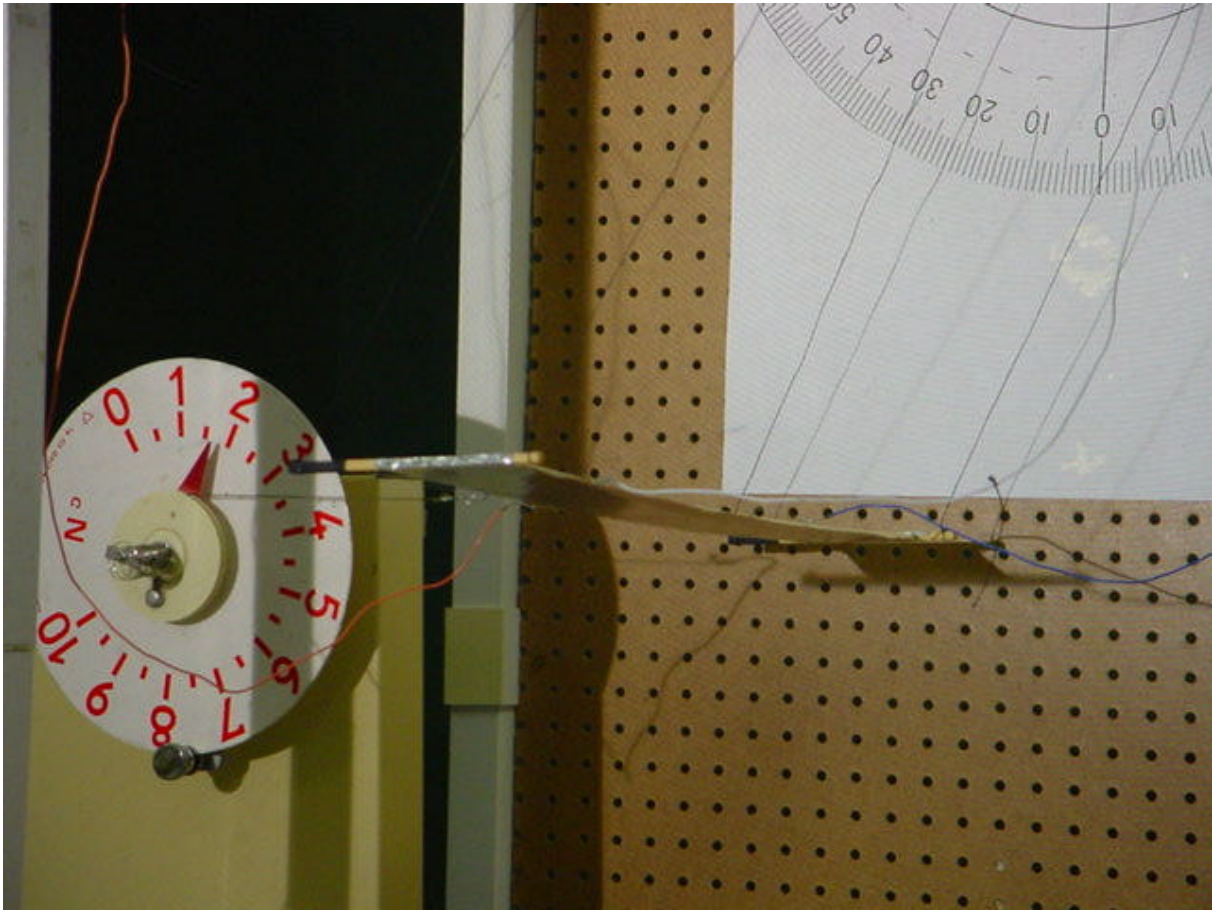


D'après le principe d'inertie dans un référentiel galiléen, on a donc  $\vec{F} + \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$   
 Par relation trigonométrique, on a  $\tan \alpha = \frac{F}{P}$  ce qui nous donne  $F = P \cdot \tan \alpha$

Etant donné la masse de notre Lifter suspendu,  $m = 2,67\text{g}$  et l'angle  $\alpha$  moyen obtenu  $\alpha = 22,8^\circ$   
 La valeur  $F$  obtenue par ce procédé est  $F = 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot \tan(22,8) = 0,011\text{ N} = 1,1\text{ cN}$ .

En réalité, ce résultat ne peut pas être juste, car on néglige 2 forces qui s'exercent sur le Lifter, les forces exercées par les fils de masse et la THT.  
 D'où la nécessité d'employer une méthode qui élimine l'influence de ces fils électriques.  
 Nous mesurons l'inclinaison des fils quand nous mettons sous tension. Puis, une fois la haute tension supprimée, nous mesurons la valeur de la force équivalente, donnant la même inclinaison, exercée par un dynamomètre.





## EXPLOITATION D'UNE SERIE DE MESURES

Nous avons réalisé 5 mesures successives indépendantes et nous avons trouvé :  
1,6 cN ; 1,8 cN ; 1,6 cN ; 1,9 cN ; 1,7 cN.

Nous devons tenir compte de deux types d'erreurs :

- erreurs de type A, aléatoires, conduisant à une dispersion des résultats. Nous

estimons l'écart-type par  $u_A = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}}$  où n est le nombre de mesures effectuées.

La calculatrice nous donne :  $S_x = \sigma_{n-1} = 0,130$  cN pour  $n = 5$ .

$$u_A = 5,83 \cdot 10^{-2} \text{ cN}$$

- erreurs de type B, dues à l'appareil de mesure qui nous donne une mesure

à  $\pm 0,1$  cN. L'estimation de l'erreur statistique équivalente est  $u_B = \frac{0,1}{\sqrt{3}}$  cN.

L'incertitude absolue de notre mesure vaut donc pour le niveau de confiance de 95% :

$$(\Delta f)_{95\%} = 2 \cdot \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0,164 \sim 0,17 \text{ cN}$$

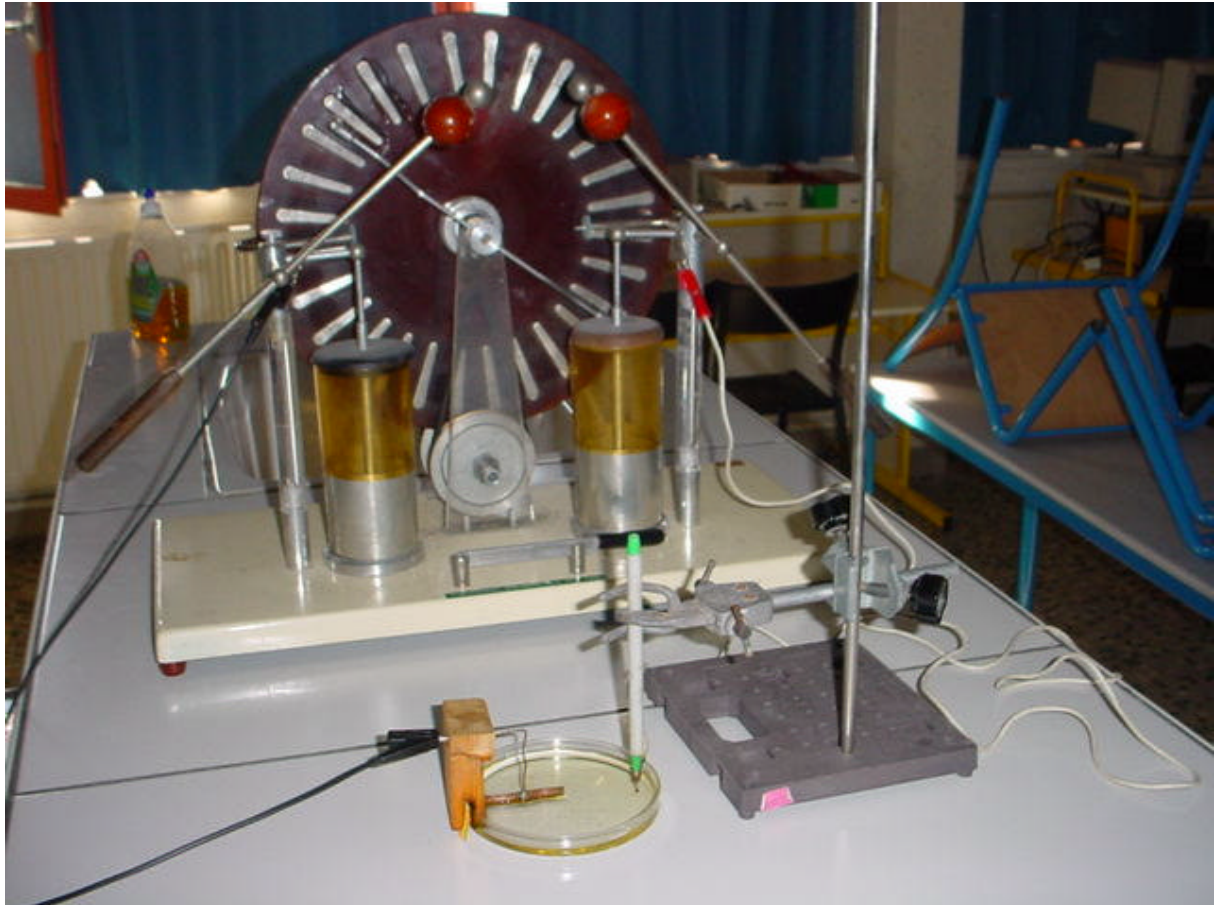
ce qui conduit à une incertitude relative pour le même niveau de confiance de

$$\left( \frac{\Delta f}{f} \right)_{95\%} = \frac{\Delta f}{f} \times 100 = \frac{0,164}{1,72} \times 100 = 9,5 \%$$

## TENTATIVE D'INTERPRETATION

### a) Spectre électrique

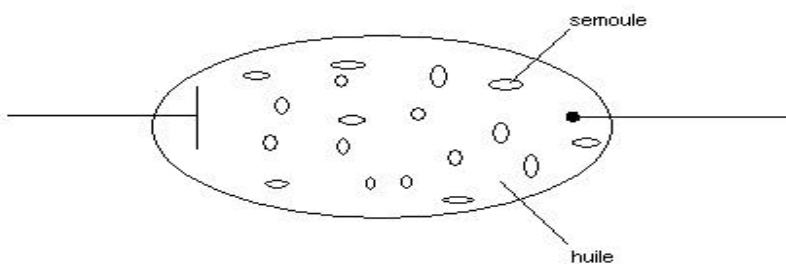
Une simulation du champ électrique créé par la haute tension peut être réalisée avec une machine de Wimshurst, une électrode ponctuelle correspondant à la section de l'électrode filiforme, et une plaque métallique représentant la jupe. Ces électrodes plongent dans de l'huile dans laquelle on a dispersé des grains de semoule.





On cherche à mettre en évidence la répartition des lignes de champ électrique entre une pointe métallique et une plaque métallique. En fait, pour mieux modéliser le lifter, nous aurions dû ajouter un bourrelet conducteur à l'extrémité de la plaque.

Schéma :

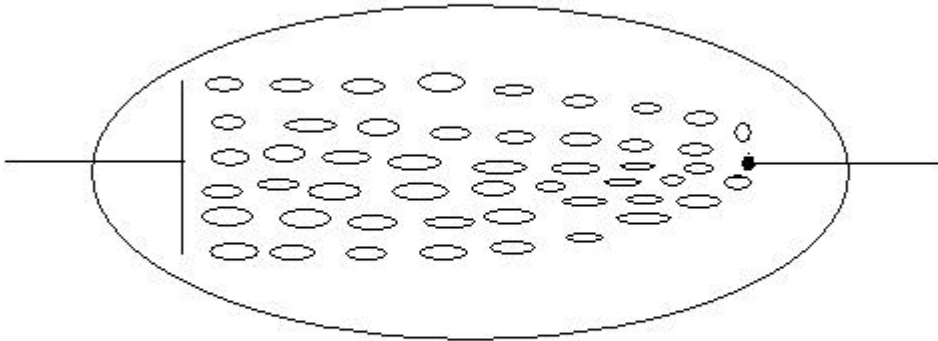


L'ensemble représente une coupe transversale du lifter. On utilise une machine de Whimshurst pour produire une tension d'environ 30 kV. La tension est appliquée aux deux bornes, représentant respectivement l'anode et la cathode, plongées dans un bac d'huile à la

surface duquel flottent de nombreux grains de semoule.

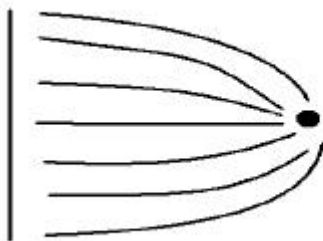
Comme l'huile et les grains de semoule sont des isolants, la tension va en augmentant, générant entre les deux bornes un intense champ électrique.

Apparition des lignes de champ :



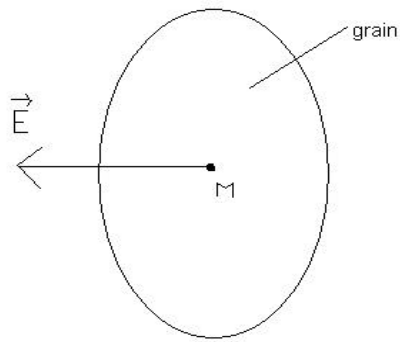
On remarque alors l'apparition des lignes de champ matérialisées par l'alignement des grains de semoule :

On observe alors que les grains de semoule s'ordonnent selon les lignes du champ :

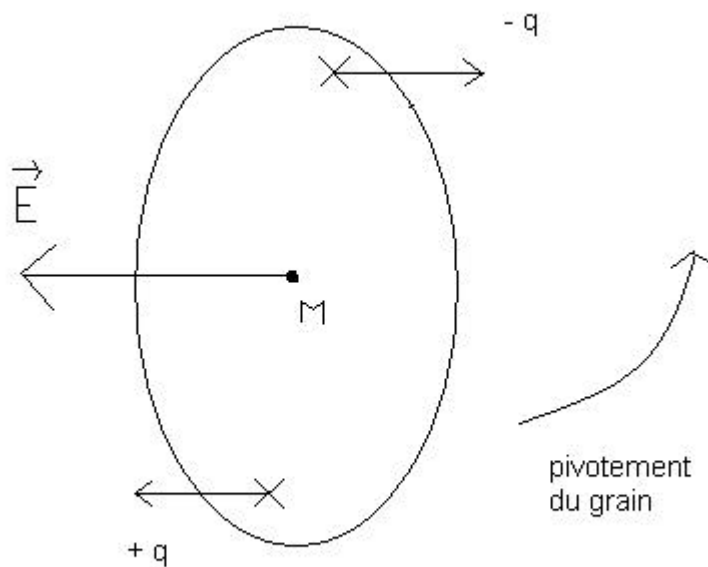


On peut en dire que la répartition des charges sur la plaque est équitable, tandis qu'à la pointe, il y a une accumulation des charges et une convergence des lignes de champs.

## Polarisation de la semoule :

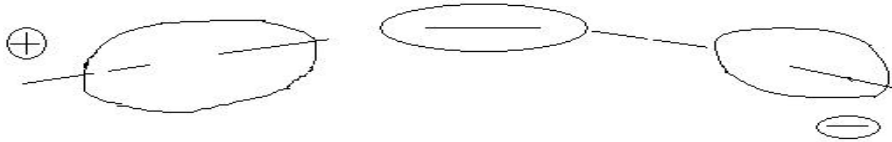


Les grains de semoule sont constitués de nombreuses charges électriques, positives ou négatives. Or ces grains sont soumis à un champ électrique, puisque situés entre deux conducteurs auxquels est appliquée une haute tension. Par conséquent les charges positives du grain vont se déplacer selon un vecteur  $k\vec{E}$  et les charges négatives selon un vecteur  $-k\vec{E}$ . Ces déplacements de charge dans la matière du grain vont entraîner sa polarisation et son pivotement.



Il en résulte l'ordonnement de tous les grains selon les lignes de champ.





### Le vecteur champ électrique :

Le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  est tangent en tous points d'une ligne de champ. Son sens est du + au - de la machine électrostatique.

Sa valeur augmente quand le champ est convergent et diminue quand le champ est divergent.

Lorsque les lignes de champ sont parallèles,  $E$  est une constante, il s'agit d'un champ uniforme.

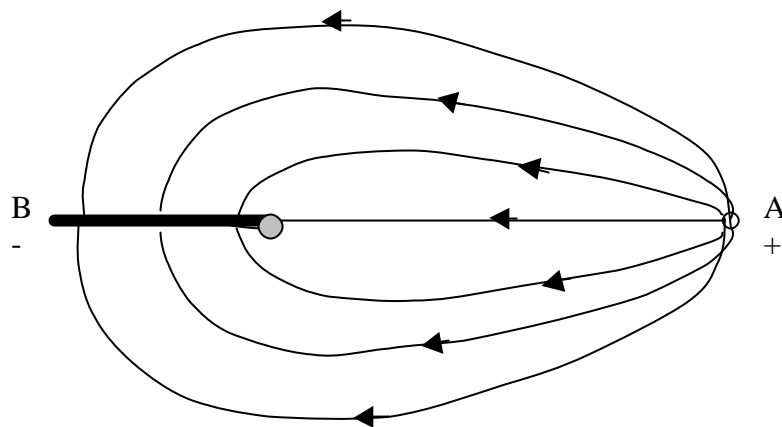
### Cas du lifter :

Pour la coupe transversale, la barre représente la jupe du lifter et le point, le fil.

Cependant, et c'est un point très important, le haut de la jupe qui est dirigé vers le fil a la forme d'un bourrelet, ce qui diminue la convergence des lignes de champ qu'il y aurait vers ce point, et donc réduit considérablement le champ à proximité.

### Extrapolation :

Nous avons montré la disposition des lignes de champ dans le lifter. Nous pouvons observer qu'autour du fil du lifter, point A, le champ est très intense (lignes de champs très proches donc forte convergence), alors qu'à l'inverse autour de la jupe le champ, vers B, il est moins fort. Les électrons qui viennent frapper le fil sont donc grandement accélérés, le choc en étant d'autant plus fort.



b) Rôle de l'air

Le champ électrique intense au voisinage du fil entraîne l'ionisation des molécules d'air. Ainsi  $N_2^+$  se forme ainsi que  $O_2^-$ .

c) Supposons que chaque charge positive vienne frapper l'anode.

Supposons le courant électrique d'intensité  $I$  dû exclusivement au déplacement de ces ions. Ils subissent sur A un choc inélastique au cours duquel ils perdent leur charge. Pendant leur dernier parcours, le libre parcours moyen (d'une molécule non chargée dans les conditions normales) étant d'environ  $l = 6 \cdot 10^{-2} \mu\text{m}$ , l'ion passe d'une vitesse négligeable à une vitesse  $v$ . Soit  $m$  la masse d'un ion,  $e$  sa quantité d'électricité,  $\beta E$  la valeur du champ électrique, avec  $E = \frac{U_{AB}}{d}$ .  $U_{AB} = U$ , et  $d$  est l'écartement des électrodes.

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le trajet  $l$  dans le référentiel terrestre (en négligeant la vitesse du lifter), il vient :

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \beta e \cdot l \cdot \frac{U}{d}$$

On tire la quantité de mouvement  $m \cdot \vec{v} = \sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot \beta \cdot \frac{l}{d} U} \cdot \vec{i}$

où  $\vec{i}$  est un vecteur unitaire colinéaire à  $\vec{BA}$ .

Soit  $-\vec{f}$  la force exercée par le lifter sur un ion quand il est frappé en A. D'après la relation fondamentale de la dynamique,

$-\vec{f} = \frac{\Delta m \cdot \vec{v}}{\Delta t}$  or la quantité de mouvement finale étant nulle,  $\Delta m \cdot \vec{v} = -m \cdot \vec{v}$ .

On en déduit que la force produite par l'électron est  $\vec{f} = \frac{m \cdot \vec{v}}{\Delta t}$ .

Or en  $\Delta t$  on a  $n$  ions qui ont frappé A ce qui entraîne l'existence d'un courant d'intensité

$$I = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$

Pour simplifier, supposons que la force produite est la même pour chaque électron.

Le lifter est donc soumis à la somme de toutes les forces élémentaires et on appelle  $\vec{F}$  la force totale :

$$\vec{F} = n \frac{m \cdot \vec{v}}{\Delta t} = \frac{I}{e} \cdot m \cdot \vec{v} = \frac{I}{e} \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot \beta \cdot \frac{l}{d} U} \cdot \vec{i}$$

$$\text{On trouve donc une force motrice : } \vec{F} = I \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot \beta \cdot \frac{l}{d \cdot e} U} \cdot \vec{i}$$

La valeur de cette force est  $F = I \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot \beta \cdot \frac{l}{d \cdot e} U}$ .

On a mesuré  $I = 1 \text{ mA}$ , et on sait que  $m = 28 \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Le constructeur du générateur haute tension indique  $U = 26000 \text{ V}$  mais des mesures ultérieures ont donné  $24000 \text{ V}$ .

Le coefficient  $\beta$  est au plus égal à 10,



$$F = 1.10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{2 \times 28 \times 1,66.10^{-27} \times 10 \times 6.10^{-8} \times 2,4 \times 10^4}{1,6 \times 10^{-19} \times 2,5.10^{-2}}} = 3,7.10^{-7} \text{ N}$$

La force obtenue est donc trop faible pour expliquer la propulsion du lifter.

# AU LABORATOIRE DE MONSIEUR ARIANER

26 Novembre 2004...

Sûrement la partie la plus excitante de notre périple...

Ce matin-là, à 9h30, nous découvrons le laboratoire de M Arianer à l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay.

Nous essayons d'abord de comprendre les différentes interprétations possibles qui nous sont présentées.

Nombre de lois et autres relations mathématiques nous sont incompréhensibles. L'intérêt est pourtant là et nous sommes plus motivés que jamais.

Nous passons ensuite à une petite réflexion sur les expériences à mener avant d'effectuer une démonstration de vol devant quelques chercheurs. L'après-midi sera réservé à plusieurs mesures grâce à notre dispositif expérimental et à quelques rapides études du phénomène.

La première chose que nous entreprenons est la mesure de la haute tension fournie par le moniteur d'ordinateur de 24 kV. Ensuite, nous effectuons la mesure de la valeur de la force s'exerçant sur l'élément de lifter suspendu en fonction de la tension (nous avons fait plusieurs mesures différents puis fais des moyennes pour avoir des résultats expérimentaux corrects). Première surprise : il y a un seuil en dessous duquel l'élément de lifter ne bouge pas. Mais à environ 11 kV, il commence à se déplacer. Nous avons ensuite inversées les polarités. Comme vu auparavant, l'élément de lifter se déplace toujours dans le même sens, de la jupe vers le fil. Malheureusement nous ne pouvons pas affirmer de manière catégorique qu'il y a une réelle différence entre les deux expérimentations, les deux seuils sont voisins ainsi que les valeurs de la force.

Nous avons d'autres parts observé que le lifter triangulaire a étrangement réagi à son environnement : il est arrivé qu'il vole sur certains isolants et pas sur d'autres, il vole sur une plaque métallique, même quand celle-ci est reliée à la masse, et quand il est enfermé dans une boîte en plexiglas. Cela semble faire intervenir une théorie électrostatique. Nous sommes très heureux d'avoir pu profiter de cette journée, bien déterminés à en tirer le meilleur parti.

## Partie Théorique

Voici l'essentiel des interprétations possibles présentées par M Arianer.

La première est celle de l'ionisation de l'air et du vent ionique

- Considérons un appareil de type lifter, avec un écartement entre les électrodes de 10 cm, une tension de 30 kV.
- On considère que le champ moyen induit est de 3 kV/cm, soit 300 V/mm.
- Il y a quantité d'électrons libre dans l'air. A la pression atmosphérique, le libre parcours moyen d'un électron est 0,12  $\mu\text{m}$
- On a donc une énergie transmise de  $300 \times 0,12 \cdot 10^{-3} = 36 \cdot 10^{-3}$  eV.
- La probabilité d'ionisation de l'oxygène O<sub>2</sub> en O<sub>2</sub><sup>-</sup> commence à 0 eV du fait de la forte affinité électronique de l'oxygène, atteint son maximum à 6 eV puis redescend. La probabilité d'ionisation de l'azote N<sub>2</sub> en N<sub>2</sub><sup>+</sup> commence à 15 eV.

- Par conséquent, on aurait d'abord des ions négatifs, puis des ions positifs en augmentant la tension, et la poussée serait asymétrique et changerait de sens vers 15 eV. De plus cette poussée disparaîtrait sous vide.

Nos observations montrent un seuil à 11 kV, ce qui ne correspond à rien qui concerne au vent ionique.

La seconde interprétation est celle de l'électrostriction :

Il en ressort que la poussée devrait être dans l'autre sens. Cette explication de l'électrostriction de l'air n'est donc pas la bonne. Elle a été développée par l'armée de l'air américaine.

La troisième interprétation est celle des forces électrostatiques entre les électrodes d'un condensateur et le milieu environnant. Cette explication est intéressante car elle permettrait d'expliquer la poussée variable avec le milieu dans lequel évolue le lifter et l'action solaire/lunaire décrite par certains sites. Le sol notamment pourrait jouer un grand rôle. La force qui en résulterait n'expliquerait pas le mouvement constaté possible dans toutes les directions (comme sur notre support expérimental). Cela expliquerait les résultats contradictoires quand au comportement du lifter sous vide.

Nous concluons de nos expériences qu'aucune de ces théories ne peut expliquer seule le fonctionnement du lifter.

Nous avons mis en évidence un seuil de tension en dessous duquel il n'y a pas de poussée, nous avons modélisé la courbe de la valeur de la force en fonction de la tension grâce à notre dispositif et obtenu une fonction de la forme  $f(U) = a.(U-U_0)^2$

## EXPRESSION DE LA VALEUR DE LA FORCE

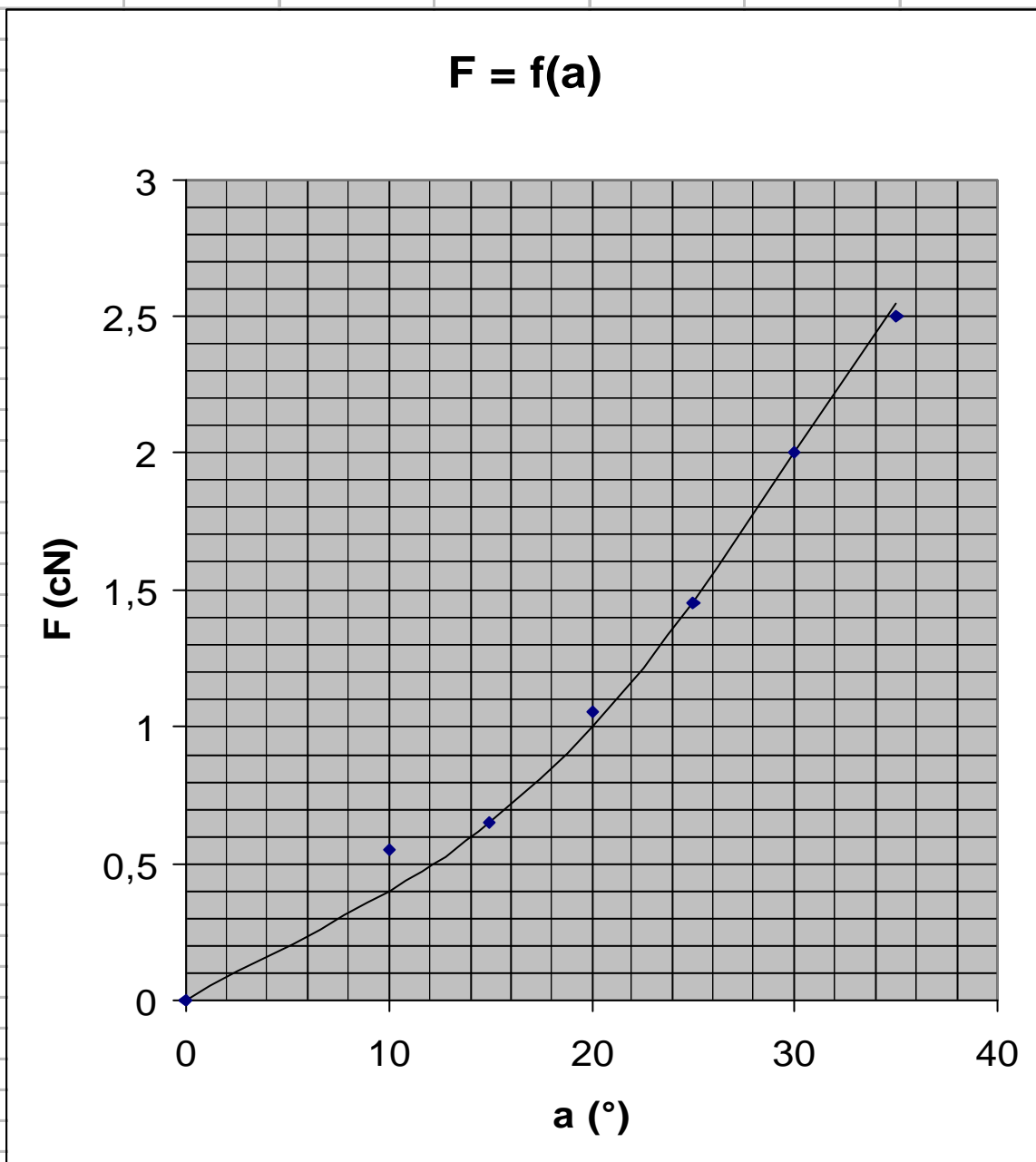
Nous avons utilisé le 26/11, la méthode de mesure avec dynamomètre.

Nous avons d'abord mesurer la force exercée par le dynamomètre donnant ( en absence de haute tension) des inclinaisons des fils de suspension correspondant à différents angles afin de tracer une courbe d'étalonnage (page 28).

Ensuite nous avons pu associer à chaque angle dont nous connaissons la valeur de la haute tension, une valeur de F (page 29).

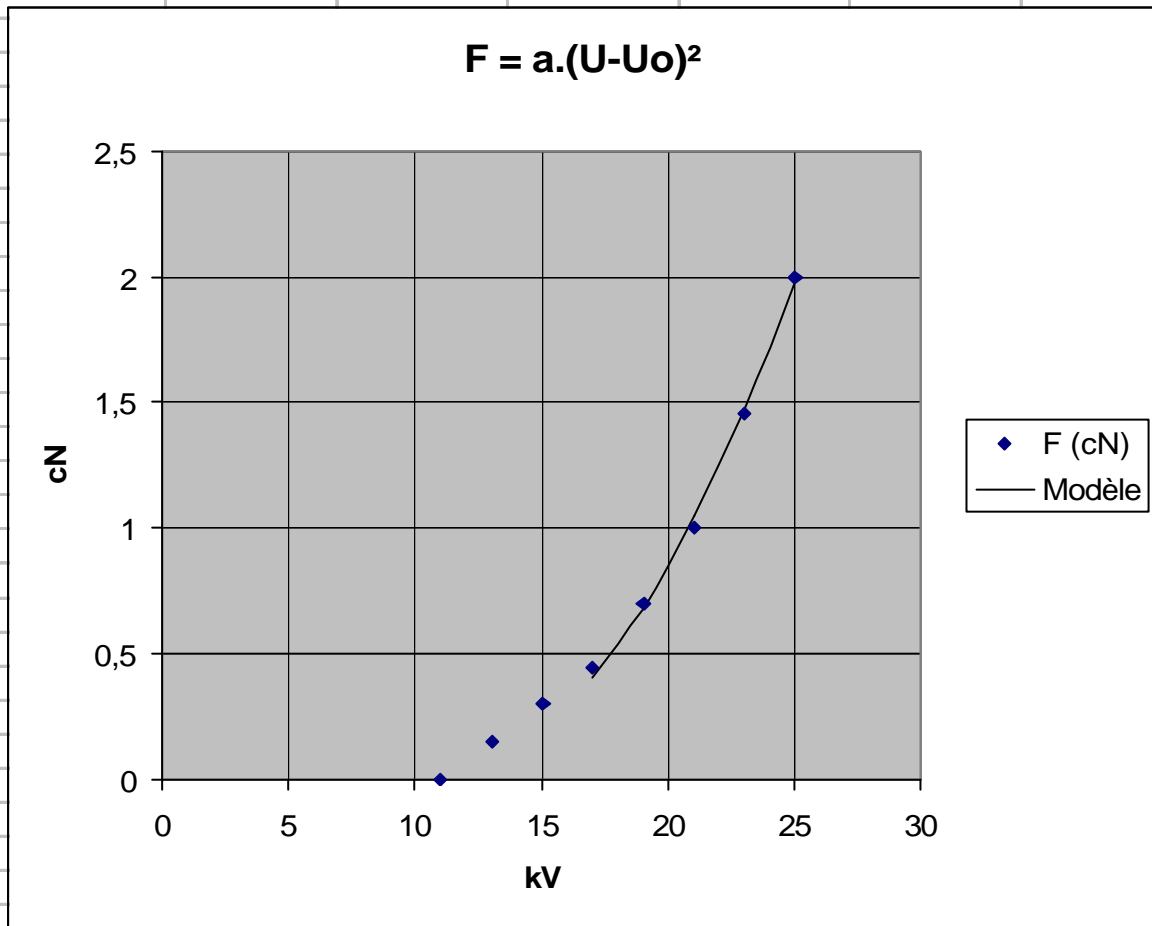
Courbe d'étalonnage  $F = f(a)$

a (°)	F (cN)
0	0
10	0,55
15	0,65
20	1,05
25	1,45
30	2
35	2,5



## Variation de F en fonction de U

U (kV)	a (°)	F (cN)	Modèle
11	0	0	
13	4	0,15	
15	7	0,3	
17	11	0,45	0,41
19	15,5	0,7	0,69
21	20	1	1,05
23	25	1,45	1,47
25	30	2	1,97



## NOUVELLE MESURE DE LA VALEUR DE LA FORCE

Afin de mesurer avec plus de précision la valeur de la force exercée sur le Lifter, nous avons changé le système de mesure. Le dynamomètre utilisé n'étant pas assez précis, nous avons décidé d'utiliser une balance électronique au cg.

La mesure est toujours effectuée avec l'élément de Lifter suspendu. On place une charge de masse marquée 50 g, par exemple, sur une balance, et on met l'ensemble le plus loin possible du Lifter pour éviter tout risque pour l'expérimentateur. Une poulie est fixée juste au-dessus de la charge et à la même hauteur que le Lifter de manière à ce que le fil qui relie la masse marquée et le Lifter forme un angle droit au niveau de la poulie. Le fil doit de plus être horizontal et tendu pour que la mesure soit la plus exacte possible. Le système de mesure est placé du côté opposé à la force exercée par le Lifter.

Lors de la mise sous tension du Lifter, on observe une diminution de la masse de la charge. Pour calculer la force il suffit alors de faire la différence entre la masse initiale  $m_0$  et la masse mesurée  $m$  après la mise sous tension. On la multiplie ensuite par la valeur de la pesanteur  $g$  et on trouve ainsi la force en Newton exercée par la tranche du Lifter.

$$F = (m_0 - m) \cdot g$$

On a ainsi réalisé une série de mesures avec l'élément de lifter suspendu de masse 2,67 g et de longueur 30 cm.

## CONCLUSION

Au terme de ces Olympiades de Physique, nous ne sommes pas parvenus à une interprétation du phénomène. Mais, nous avons réussi à mesurer la valeur de la force motrice du lifter de différentes façons. De plus, la journée du 26 novembre que nous avons passée au laboratoire de Monsieur Joël Arianer à Orsay nous a permis, de mesurer la valeur de la tension que nous avons tirée d'un moniteur d'ordinateur. Nous avons également pu effectuer une série de mesures de la valeur de la force en fonction de la tension nous permettant ainsi de modéliser la fonction  $F = f(U)$ .

Nous aurions souhaité effectuer une expérience dans le vide afin de vérifier les résultats expérimentaux historiques antérieurs contradictoires. De même, nous avons projeté de réaliser une expérience en modifiant l'écartement des électrodes.

Nous conservons de très bons souvenirs de cette entreprise très enrichissante. Nos expériences se sont toujours réalisées dans la bonne humeur même si la perspective de passer des heures supplémentaires le vendredi soir de 17h à 19 h dans l'enceinte du lycée n'était pas plaisante. Cependant, les Olympiades de Physique nous ont permis d'entreprendre une démarche de recherche et de faire de la physique autrement que dans le cadre des cours.

## BIBLIOGRAPHIE

Manuels scolaires : Bordas – Collection Galileo – 1<sup>ère</sup> S et T<sup>erm</sup> S enseignement obligatoire.  
Incertitudes de mesures : une approche normative, Dominique Barchiesi, BUP n°864,  
Théorie cinétique des gaz – E. Bloch – CAC – Armand Colin

Sites internet :

<http://jlnlabs.imars.com/lifters>

[http://astrosurf.com/spacenews/dossiers/lifters\\_123\\_103/lifters\\_c.html](http://astrosurf.com/spacenews/dossiers/lifters_123_103/lifters_c.html)

<http://www.matplane.com>



## Bilan financier

Recettes			Dépenses					
Chèque	date	Organisme	Facture	Nature	Date	Société	Valeur	
150	22/02/2003	Comité exécutif des Olympiades	1	Bureautique	03/10/2003	Atac - Amboise	4,37	
			2	Electronique	11/10/2003	Radioson - Tours	1,60	
			3	PVC, balsa, ruban adhésif isolant	7/11/04	Bricomarché - Pocé/Cisse	4,95	
			4	Tube de mousse, colle	14/11/2003	Bricomarché - Pocé/Cisse	4,12	
			5	Colle	28/11/2003	Atac - Amboise	2,57	
			6	Electronique	19/12/2003	Radioson - Tours	3,04	
			7	Balsa, colle	19/12/2003	Bricomarché - Pocé/Cisse	8,25	
			8	Colle	09/01/2004	Atac - Amboise	3,66	
			9	Papier aluminium, ficelle, ruban isolant	23/01/2004	Atac - Amboise	6,15	
			10	Gaine thermorétractable	20/02/2004	Radioson - Tours	5,69	
			11	Fil de couture	26/03/2004	Mercerie Marcelle - Amboise	3,05	
			12	Balsa	04/06/2004	Bricomarché - Pocé/Cisse	6,45	
			13	Colle	19/11/2004	Atac - Amboise	4,39	
			14	Colle	26/03/2004	Atac - Amboise	2,58	
			15	Balsa, colle	20/11/2004	Bricomarché - Pocé/Cisse	9,44	
			16	Colle	24/11/2004	Leclerc - Amboise	2,88	
			17	Timbre	25/11/2004	La Poste	1,40	
				Voyage à Orsay				
			18	Carburant	24/11/2004	Leclerc - Amboise	28,00	
			19	Autoroute	26/11/2004	Cofiroute	16,00	
			20	Autoroute	26/11/2004	Cofiroute	16,00	
			Autre 21	Ruban isolant	10/1/2005	Bricomarché - Pocé/Cisse	1,26	
		22	Envoi postal	15/1/2005	La Poste			
TOTAL	Recettes	150				Dépenses	135,85	

