

Électro-staTri

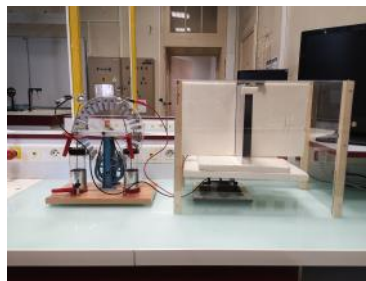
26 novembre 2019



Lycée

**GUSTAVE
EIFFEL**

Bordeaux
Aquitaine



- BESSON Thomas
- CYRILLE Adrien
- SANTAMARIA Gabriel
- ZILLY Hugo
- Professeur encadrant : Franck NASSIET

Résumé

D'un simple questionnement sur le comportement d'un liquide dans un champ électrostatique jusqu'à la détermination d'une solution de tri des déchets, nos expériences nous ont mené à déterminer de nombreux paramètres expérimentaux et à les comparer aux modèles théoriques. Après avoir fait le test de l'électrisation par influence d'un filet d'eau, nous avons décidé de faire cette même expérience en utilisant la machine de Wimshurst qui génère une tension pouvant aller jusqu'à 100 kV. Le comportement cinématique d'une goutte d'eau tombant à proximité de la machine nous a surpris! En effet celle-ci était dans un premier temps attirée puis dans un second temps repoussée. Après avoir émis plusieurs hypothèses sur ce comportement et essayer sans succès le tri de liquides différents, nous avons décidé d'appliquer notre étude sur les déchets solides et légers. Ainsi, après avoir étudié la machine de Wimshurst, nous avons décidé de placer nos déchets dans condensateur plan, celui-ci possède un champ électrostatique uniforme ce qui permet de quantifier le comportement cinématique des déchets en fonction de leur poids et de leur charges. L'ensemble de ce processus nous a permis de concevoir un système chargeant et triant les déchets de masse faible.

Table des matières

I	La machine de Wimshurst	5
1	Principe de fonctionnement	5
1.1	La machine	5
1.2	Utilisation du moteur	6
2	Étude de la machine de Wimshurst	7
2.1	Étude de l'intensité	7
2.2	Étude de la tension	9
2.2.1	Mesure de la périodicité des éclairs	9
2.2.2	Expression de la tension au temps t	11
3	Influence des éclateurs chargés sur les différents matériaux	11
3.1	Sur les liquides	11
3.1.1	Première expérience	11
3.1.2	Seconde expérience	12
3.2	Sur les solides	13
II	Le condensateur plan	13
4	La description du condensateur	13
5	Les expériences réalisées	15
5.1	La capacité	15
5.2	Le champ généré	15
5.3	Tests avec des déchets légers	15
5.4	La modélisation de la chute	16
5.4.1	Calculs théoriques	17
5.4.2	Calculs en partant du coefficient directeur de la trajectoire	17
5.4.3	L'expérience du pendule	18
III	Conclusion	19

Introduction

Lorsque nous nous sommes lancés dans ce projet nous avons souhaité exploiter un phénomène physique étudié lors d'un TP, l'idée consistait à frotter des réglettes de différents matériaux (pvc, bois, métal) avec différents tissus dans le but de voir la déviation du filet d'eau. La charge électrique qui était produite par le frottement faisait dévier le filet d'eau.

Par la suite notre professeur de physique nous a présenté la machine de wimshurst, et nous avons eu l'idée d'étudier le passage de l'eau près de la machine. Après avoir testé plusieurs espèces chimiques et émis des hypothèses sur le comportement cinématique du liquide en fonction des charges, nous avons décidé de réitérer l'expérience avec des matériaux solide de masse faible. Par la suite nous avons décidé d'étudier la réaction de différents matériaux de masse faible dans le passage d'un condensateur plan et d'étudier leurs réactions, dans le but de pouvoir au final trier les déchets par électrostatique.

Peut-on trier les déchets par électrostatique ?

Première partie

La machine de Wimshurst

1 Principe de fonctionnement

1.1 La machine

Dans cette section, nous expliquerons brièvement le principe de fonctionnement de la machine de Wimshurst.

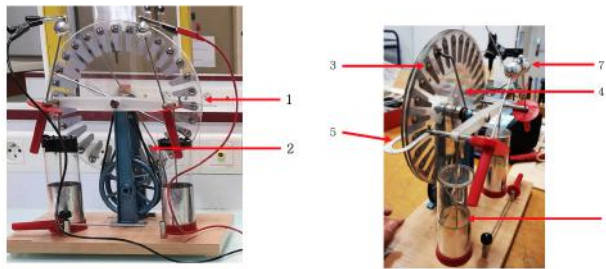


FIGURE 1 – La machine de Wimshurst

Les différents composants sont :

1. Deux disques isolants parallèle.
2. Deux courroies reliées par le même axe de rotation. Celle du devant est croisée afin que les deux disque puissent tourner de sens contraire.
3. Trente secteurs métalliques situés à l'extérieur de chaque disque. Ils sont porteur de charges.
4. Un ballais (déverseur) par disque, permettant aux électrons de circuler entre 2 secteurs.
5. Deux collecteurs de charges situés aux extrémités de la machine. L'un récolte les charges positives l'autres les charges négatives.
6. Deux bouteilles de charges ou condensateurs. Ils sont reliés aux collecteurs, dont ils récupèrent et accumulent les charges, ainsi qu'aux éclateurs.

Cette machine est à induction électrostatique (à influence) : ce phénomène s'explique sur un demi-tour de plateau. Ici l'explication porte sur le disque avant, les charges négatives sont notées $[-]$ et les charges positives $[+]$. Les charges identiques se repoussent et les charges opposées s'attirent :

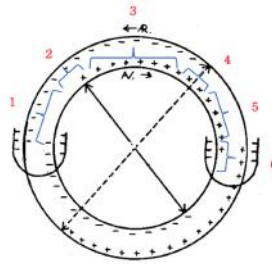


FIGURE 2 – Schéma de la machine de Wimshurst

- Zone 1 : On trouve des charges positives et négatives dans les secteurs métalliques. Les charges $[-]$ sont à l'extérieur du secteur alors que les charges $[+]$ à l'intérieur car le disque arrière est chargé négativement.
- Zone 2 : Le balai récolte des charge $[-]$.
- Zone 3 : Le secteur avant devient chargé positivement.
- Zone 4 : Le secteur du disque arrière se charge négativement grâce au balai arrière. Ceci engendre le phénomène d'influence vue en zone 2 et 3.
- Zone 5 : Le secteur avant reste chargé positivement.
- Zone 6 : Le secteur perd ses charges $[+]$ lorsqu'il passe dans le collecteur de charge négative.

Ceci se produit de la même manière sur la seconde partie du cercle, concernant les charges $[-]$ et le collecteur de charges positives. Lorsque la différence de potentiel entre les 2 éclateurs (reliés aux condensateurs) atteint une valeur de claquage. Cela signifie que l'air se ionise, ainsi un éclair apparaît.

1.2 Utilisation du moteur

L'un des problèmes majeurs de la machine est l'inconstance de la vitesse de rotation due à l'expérimentateur. En effet, il nous a été très difficile de garder une vitesse de rotation constante en utilisant la manivelle. Ainsi, il nous est venu l'idée d'utiliser un moteur pour permettre une étude beaucoup plus approfondie de cette machine. Par chance, nous avons trouvé un vieux moteur utilisé dans le laboratoire de physique de notre établissement. Le moteur étant très âgé, il nous a été impossible de trouver une quelconque notice nous indiquant quoi que ce soit d'intéressant pour un éventuel calcul de la vitesse de rotation. Ce moteur est lié à un variateur de tension qui permet de gérer la vitesse de rotation des axes. A l'aide d'un stroboscope, nous avons déterminé la relation entre la vitesse de rotation des roues de la machine de Wimshurst et la tension desservie par le variateur.

Protocole de l'expérience

- Se munir d'une pastille réfléchissante, d'un stroboscope, de la machine de Wimshurst et d'un moteur

- Coller la pastille réfléchissante sur la roue de tel sorte qu'elle soit bien visible
- Se mettre dans le noir complet
- Régler le variateur de tension sur 10 VARIAC
- Ajuster la fréquence des flashes du stroboscope sur la vitesse d'un tour et relever le nombre de rotations par minutes (RPM) données par le stroboscope
- Répéter le protocole en ajoutant 5 VARIAC au variateur de tension

Résultats de l'expérience Nous avons fait un total de 16 mesures, qui nous ont permis de tracer la vitesse en fonction des VARIAC. Voici le graphe obtenu :

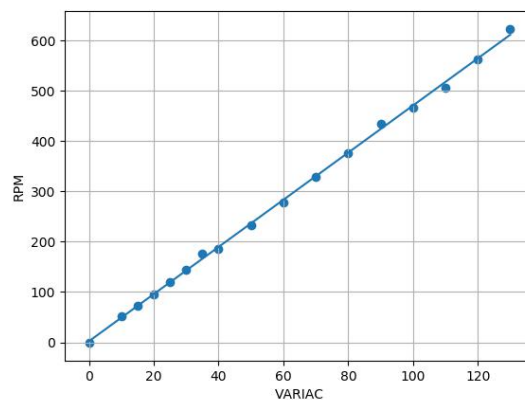


FIGURE 3 – Graphe des tours par minutes (RPM) en fonction des VARIAC

La relation entre VARIAC et RPM est une relation de proportionnalité donnée par :

$$RPM = (4.68 \pm 0.5)VARIAC$$

2 Étude de la machine de Wimshurst

2.1 Étude de l'intensité

Comme nous l'avons vu dans la première partie de cette section, les roues de la machine de Wimshurst jouent le rôle d'un générateur de courant. Nous avons voulu savoir quelle genre de relation existe entre l'intensité générée par la machine et la vitesse de la roue. Pour se faire, nous avons branché un ampèremètre en série sur la machine, et nous avons fait nos relevés en modifiant la

vitesse de rotation du moteur. Nous avons fait un total de 13 mesures de l'intensité. Ce nombre si faible de mesures est dû au matériel qui, après plusieurs expériences déjà, commençait à se détériorer : les mesures à des vitesses plus hautes n'étaient plus possibles.

Protocole de l'expérience

- Se munir d'un ampèremètre, de la machine de Wimshurst et d'un moteur
- Bien écarter les éclateurs (ils ne doivent surtout pas se toucher) et brancher l'ampèremètre sur les éclateurs de telle sorte que le courant passe à travers
- Ajuster l'ampèremètre sur le calibre mA
- Régler le variateur de tension sur 10 VARIAC
- Relever le courant affiché sur l'ampèremètre
- Répéter le protocole en ajoutant 5 VARIAC au variateur de tension

Résultats de l'expérience Le modèle qui nous permet de modéliser le plus fidèlement l'évolution de l'intensité en fonction de la vitesse est le modèle linéaire. En effet, nous avons obtenu cette courbe :

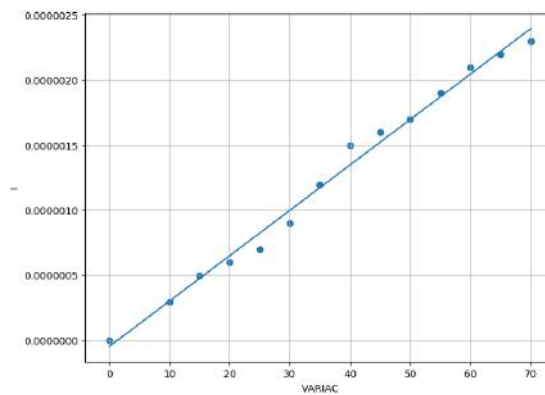


FIGURE 4 – Modélisation de l'intensité en fonction de la vitesse de rotation des roues

Nous pouvons néanmoins remarquer que les mesures ne sont pas tout à fait sur la même droite, mais qu'elles traduisent bien une évolution linéaire. Ceci est certainement dû à l'ampèremètre, qui a une précision de l'ordre de 10^{-8} ampères.

Interprétation littérale D'après ces résultats, nous pouvons supposer que, quelque soit la machine de Wimshurst, l'intensité et la vitesse de rotation des

roues sont liés par une simple relation de proportionnalité. Soit k le coefficient de proportionnalité lié à la machine et v la vitesse de rotation des roues. Il vient :

$$I = k \times v \quad (1)$$

2.2 Étude de la tension

La tension qui règne entre les éclateurs est extrêmement élevée et peut atteindre - pour certaines machines - les $100kV$. Le champ disruptif de l'air (champ électrique à partir duquel l'air se ionise) est compris entre 1.0×10^3kV et 3.6×10^3kV . L'apparition d'éclairs entre les éclateurs de la machine de Wimshurst traduit l'existence de tensions très élevées.

2.2.1 Mesure de la périodicité des éclairs

Calcul préliminaire Si nous nous basons sur les résultats obtenus lors de l'étude de l'intensité, nous pouvons remarquer que la période d'apparition des éclairs est inversement proportionnelle à la vitesse de rotation des roues.

En effet, nous avons les relations suivantes :

$$I = k \times v$$

Où v est la vitesse de rotation des roues et k le coefficient lié à la machine utilisée. Par ailleurs, nous avons la relation suivante :

$$q_{max} = I \times T$$

Où q_{max} est la charge maximale avant l'éclair, et T la période séparant deux éclairs. Il vient alors :

$$\frac{q_{max}}{T} = k \times v$$

Il en découle la relation suivante :

$$T = \frac{k'}{v}$$

Où $k' = \frac{q_{max}}{k}$. La période est donc bien inversement proportionnelle à la vitesse de rotation selon la théorie. Il reste encore à vérifier ce résultat expérimentalement.

Protocole de l'expérience

- Se munir d'un micro, d'une unité centrale, de la machine de Wimshurst ainsi que d'un moteur
- Définir une distance arbitraire entre les éclateurs (ici, 1.5cm)
- Placer le micro assez proche des deux éclateurs, de telle sorte qu'il détecte le bruit des éclairs

- Lancer l'enregistrement sur l'unité centrale
- Régler le variateur de tension sur 10 VARIAC
- Arrêter l'enregistrement après environ 1 minute
- Répéter l'expérience en augmentant de 5 VARIAC

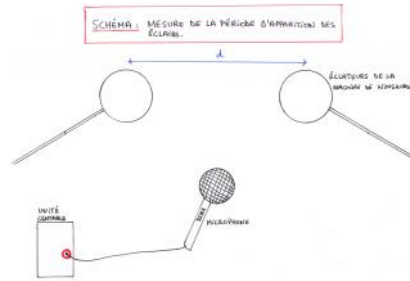


FIGURE 5 – Schéma simplifié de l'expérience

Résultats de l'expérience Grâce à la méthode de convolution implémentée dans le programme en annexe, nous avons traité les signaux audio et nous avons pu en déduire les périodes d'apparition des éclairs. Nous en avons tiré cette courbe :

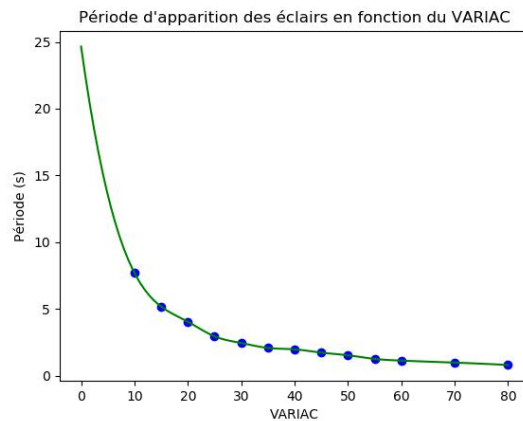


FIGURE 6 – Graphe de la période d'apparition des éclairs en fonction de la vitesse

Comme nous pouvons clairement le constater sur ce graphique, la période d'apparition des éclairs est bien inversement proportionnelle à la vitesse de rotation des roues.

2.2.2 Expression de la tension au temps t

Démonstration préliminaire La machine de Wimshurst utilisant un condensateur, nous sommes partis de la formule qui lie la capacité, la charge ainsi que la tension :

$$Q = C \times U$$

En dérivant cette formule par rapport au temps, nous avons :

$$\frac{\delta Q}{\delta t} = \frac{\delta C U}{\delta t}$$

$\frac{\delta Q}{\delta t}$ n'est autre que l'intensité I et C étant une constante, nous avons :

$$I = C \times \frac{\delta U}{\delta t} \iff \frac{\delta U}{\delta t} = \frac{I}{C}$$

Au temps $t = 0$ nous avons $U(0) = 0$, et les primitives $x \mapsto \frac{I}{C}$ sont de la forme $\frac{I}{C} \times x + b$. Il en découle la formule suivante :

$$\boxed{U(t) = \frac{I}{C} \times t} \quad (2)$$

Expression de la formule Si nous prenons l'équation (2) à laquelle nous intégrons les résultats obtenus lors de l'étude de la capacité et de l'intensité, il vient :

$$\boxed{U(t) = \frac{k \times v}{C} \times t}$$

3 Influence des éclateurs chargés sur les différents matériaux

3.1 Sur les liquides

Durant nos recherches, il nous est venu à l'idée d'essayer de mettre certains liquides sous l'influence du champ électrostatique généré par la machine de Wimshurst. Le premier liquide que nous avons essayé est l'eau. Nous avons réalisé une première expérience, pour essayer de comprendre le comportement de l'eau dans un champ électrostatique et sous l'influence de charges.

3.1.1 Première expérience

Notre première expérience a pour but de comprendre comment un champ électrostatique agit sur une goutte d'eau qui tombe.

Protocole de l'expérience

- Se munir d'eau distillée, d'une burette graduée, d'une potence, de la machine de Wimshurst et d'un moteur
- Monter la burette graduée sur la potence et positionner le montage au dessus des deux éclateurs et remplir la burette
- Écarter les éclateurs de telle sorte qu'un champ puisse être créé
- Faire tourner la machine de Wimshurst à l'aide du moteur
- Laisser tomber des gouttes d'eau une à une
- Observer

Schéma d'observation Voici un schéma de ce que nous avons observé durant l'expérience.

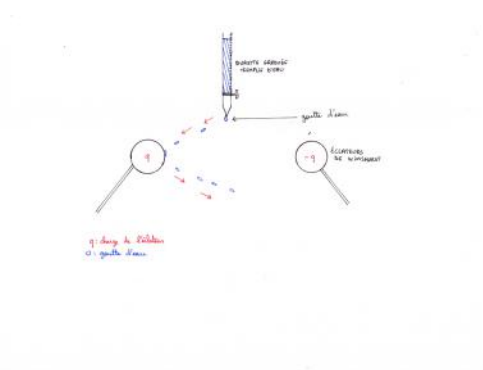


FIGURE 7 – Observation d'une goutte d'eau qui tombe sous l'influence d'un fort champ électrostatique

Nous avons remarqué que l'eau est initialement attirée sur l'un des deux éclateurs. Lorsqu'elle l'atteint, elle est très vite repoussée par celui-ci pour finir sa course sur le sol.

3.1.2 Seconde expérience

Le but de cette seconde expérience est d'observer le comportement d'une goutte d'eau au contact de charges électriques.

Protocole de l'expérience

- Se munir d'eau distillée, de la machine de Wimshurst
- Déposer une goutte d'eau sur l'un des éclateurs
- Charger les éclateurs en faisant tourner la machine
- Observer

Schéma d'observation Voici ce que nous avons observé durant l'expérience :

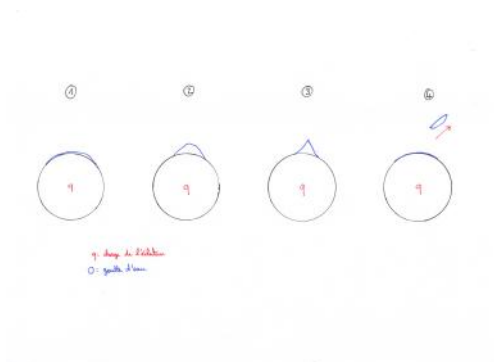


FIGURE 8 – Observation d’une goutte au contact de charges électriques

Interprétation des observations Nous avons ensuite testé avec énormément de liquides différents. Qu’ils soient polaires (comme l’eau, l’éthanol, acétone . . .) ou apolaire (huile de tournesol, huile de colza, cyclohexane) les observations ont été à peu près similaires. Après plusieurs recherches, nous avons réussi à trouver une explication des phénomènes observés. En effet, un phénomène semblable, le cône de Taylor, explique très bien ce qu’il se passe au niveau atomique : des particules chargées sont propulsées lors du dépassement d’un seuil de tension.

3.2 Sur les solides

Nous avons ensuite fait des tests avec des solides. Un bout de papier suspendu entre les deux éclateurs est attiré vers un éclateur puis repoussé vers l’éclateur opposé et ainsi de suite, formant une sorte de pendule. Ce phénomène est dû au fait que le papier, qui est isolant, prend la charge fournie par un éclateur et, quand la charge devient trop importante, le papier finit par être repoussé de l’éclateur pour être attiré vers l’autre, de charge opposé.

Deuxième partie

Le condensateur plan

4 La description du condensateur

Suite aux observations effectuées avec la machine de Wimshurst il nous fallait trouver une solution pour observer plus précisément et modéliser simplement les déviations des objets. Nous avons imaginé un condensateur plan qui nous permettrait d’obtenir un champ électrostatique uniforme, facilitant la modélisation de la déviation d’un objet électrisé en chute libre. Pour espérer obser-

ver la déviation d'un objet électrisé sur quelques décimètres, nous avons choisi de construire un grand condensateur constitué de deux plaques en aluminium carrées de 25cm de côté et espacés de $2,5\text{cm}$. En effet, pour que le champ électrostatique soit uniforme il faut que la distance entre les 2 plaques soit au moins dix fois inférieure aux dimensions des plaques (modèle du condensateur plan infini). Notre première idée nous a mené à lier les plaques aux éclateurs de la machine de Wimshurst via des câbles. Malheureusement, les fuites de charges ne permettaient pas d'obtenir une tension suffisante entre les plaques.

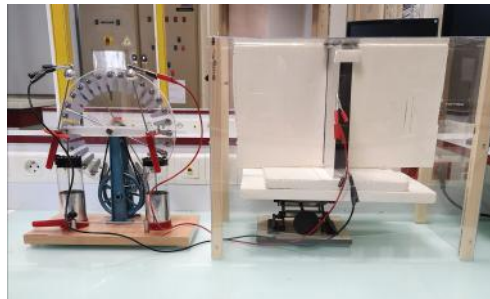


FIGURE 9 – Idée première pour charger le condensateur

Face à cet échec, nous avons décidé d'utiliser une cellule de Schenkel (THT) (cf. Annexe). Cette cellule permet de générer des tensions de 15kV . Lors de notre premier essai, nous nous sommes rendu compte de la dangerosité ainsi que de la complexité de cette solution, ce qui nous a poussé à l'abandonner. Après quelques recherches dans la réserve du lycée, le personnel du laboratoire nous a fourni un générateur de haute tension, pouvant aller jusqu'à 6kV . Par mesure de sécurité, nous avons construit une cage en plexiglass pour empêcher tout contact entre nous et le condensateur.

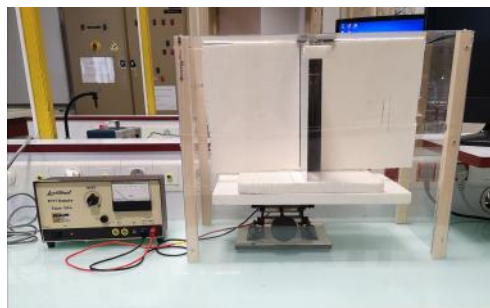


FIGURE 10 – Montage final du condensateur

5 Les expériences réalisées

5.1 La capacité

La formule donnant la capacité est la suivante :

$$C = \frac{S \times \epsilon}{e}$$

Avec : S la surface des plaques (m^2), ϵ la permittivité de l'air, e la distance entre les plaques et C en F .

Application numérique

$$C = \frac{(0.25)^2 \times 8.854187 \cdot 10^{-12}}{0.025} = 2.21 \times 10^{-11} F$$

5.2 Le champ généré

La formule qui donne la valeur du champ électrostatique est :

$$E = \frac{U}{d}$$

Avec U en V , d en m et E en $V.m^{-1}$.

Application numérique

$$E = \frac{4.25 \times 10^{-3}}{2.5 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^5 V.m^{-1}$$

5.3 Tests avec des déchets légers

Nos premiers tests furent avec des boules de papier et de polystyrène de masses différentes, que nous faisons passer dans le condensateur pour en observer la réaction. Afin de s'assurer que nous ne donnions pas une vitesse initiale ou que nous ne nous placions pas plus près d'une plaque que l'autre, nous laissons tomber les boules dans un orifice prévu pour à l'aide d'une pince. Après de nombreux essais nous avons décidé de l'alimenter avec $4,5kV$ pour que le phénomène soit plus facilement observable. Nous observions donc que les boules de papiers, introduites au milieu des deux plaques, étaient tout d'abord attirées vers une plaque d'un condensateur puis repoussées fortement vers l'autre côté en effectuant des rebonds.

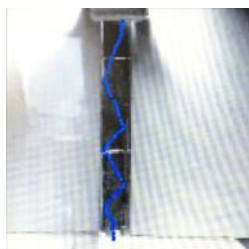


FIGURE 11 – Premier pointage

Le nombre de rebonds varie en fonction de la masse de la boule, plus elle est importante plus le nombre de rebonds est diminué - voir inexistant - le cas échéant, nous pouvons observer une déviation de la trajectoire de la boule. Nous pensons que le phénomène des rebonds est dû au fait que la boule acquiert une charge électrique q du même signe que la plaque en la touchant, avant d'atteindre une charge limite qui provoque le rebond et d'être attiré vers la plaque opposée, de charge $-q$.

Nos expériences ont par la suite été effectuées avec des boules de papier de masse comprise entre $20mg$ et $100mg$ pour que le champ électrostatique ne dévie qu'une seule fois l'objet dans sa chute. Nos observations nous ont menés à conclure que, hors du champ \vec{E} , la chute serait rectiligne selon l'axe verticale et que dans le champ, la trajectoire est aussi rectiligne mais inclinée par rapport à la verticale.

5.4 La modélisation de la chute

Le but étant de prévoir la trajectoire d'un objet en fonction de divers paramètres (masse, charge, matière, tension du condensateur), il nous fallait modéliser la trajectoire pour pouvoir la prévoir. Nous en avons tiré ce modèle :

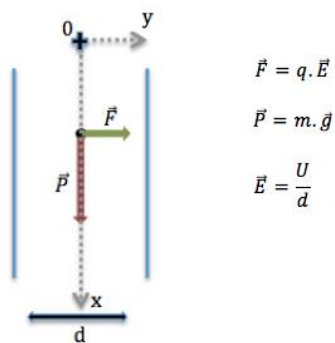


FIGURE 12 – Modèle de la chute d'un objet dans le condensateur

5.4.1 Calculs théoriques

Nous savons, d'après le principe fondamental de la dynamique dans un référentiel galiléen, que :

$$m.\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}$$

Nous avons donc :

$$\begin{cases} m.a_x = mg + 0 \\ m.a_y = 0 + qE \end{cases} \iff \begin{cases} a_x = g \\ a_y = \frac{qE}{m} \end{cases}$$

Or l'accélération est la dérivée de la vitesse :

$$\vec{a} = \frac{\delta\vec{v}}{\delta t}$$

Nous avons alors :

$$\begin{cases} v_x = g.t + v_0 \\ v_y = \frac{qE}{m}.t + 0 \end{cases} \implies \begin{cases} x = \frac{1}{2}gt^2 + v_0.t_0 \\ y = \frac{qE}{2m}.t^2 \end{cases}$$

Il en découle :

$$y(x) = \frac{qE}{mg} \times x$$

Et nous avons alors :

$$y = K \times x$$

Avec $K = \frac{qE}{mg}$.

Ce modèle prévoit bien une trajectoire rectiligne inclinée par rapport à la verticale de l'objet électrisé. Dans ce modèle, la seule inconnue que nous avons est la valeur de la charge q que porte l'objet électrisé. Faisons un calcul d'ordre de grandeur pour vérifier si notre modèle est cohérent.

5.4.2 Calculs en partant du coefficient directeur de la trajectoire

Reprenons les données calculées lors de la partie précédente. Nous avons :

$$y = K \times x$$

$$K = \frac{qE}{mg} \text{ donc } q = \frac{Kmg}{E}$$

$K = 0.1$ (en effet, il y a une déviation de l'ordre d' $1cm$ sur une chute de $10cm$)

$$g = 9.81m.s^{-2}$$

$$E = 1.8 \times 10^5 V.m^{-1}$$

Ainsi, on trouve que q est de l'ordre de $10^{-10}C$.

L'ordre de grandeur semble cohérent d'après nos lectures (voir Annexe Cours sur la loi de Coulomb) : dans ce document on parle d'une charge de $10^{-8}C$ pour un objet frotté.

Après avoir calculé les charges que les boules prennent dans le condensateur, nous avons compris que la boule est initialement attiré d'un côté ou de l'autre car elle possède une charge initiale - involontaire - due aux frottements avant la chute. Cependant, comme nous ne contrôlons pas la charge de l'objet (charge aléatoire avec les divers frottements qu'a subi l'objet avant sa chute) les résultats sont cohérents mais ils varient d'une expérience à l'autre, ce qui n'est pas exploitable : nous n'arrivons pas à prévoir sur quelle plaque l'objet sera attiré initialement.

5.4.3 L'expérience du pendule

Nous avons cherché un moyen d'électriser de manière contrôlée les objets. Grâce à notre étude de la Partie 1, nous avons pensé à électriser les objets par contact avec la machine de Wimshurst en fixant la durée de charge et la vitesse de rotation de la machine. Pour vérifier la praticité du procédé, nous avons mis au point « l'expérience du pendule » :

- Si l'on place un bout de matériau non chargé suspendu à une potence dans le condensateur plan il ne va pas bouger car sa charge est nulle, il n'est attiré ni vers le positif ni vers le négatif et si on le fait bouger et toucher les plaques il reviendra au milieu pour se stabiliser.
- Si on refait l'expérience mais en chargeant le matériau, il ira se coller directement à la plaque chargée à l'opposée du matériau puis au bout d'un certain temps il reviendra se stabiliser au milieu. Plus la boule est restée en contact avec la machine de Wimshurst qui l'a chargé, plus elle met du temps à se décharger contre la plaque donc le temps de contact avec l'éclateur de la machine est important, plus la boule acquiert une charge importante.

Même si la charge transférée de la machine à la boule n'était pas exactement connue nous avons un ordre de grandeur d'environ $1.10^{-7}C$, il s'agit du courant. En effet d'après nos résultats de la Partie I, la machine produit un courant de $k \times v$ pour une vitesse de v . Ainsi la charge q qui se crée sur l'éclateur pendant une durée t est de :

$$q = I \times t$$

Cependant, la charge du papier est inférieure à q . En effet, toute la charge n'est pas transférée dans le papier, qui est isolant. Après une analyse des vidéos effectuées, nous avons pu définir plus précisément cette charge pour une boule de $35mg$, avec $K = 8,456$:

$$q = \frac{Kmg}{E}$$

Application numérique

$$q = \frac{8.456 \times 3.5 \times 10^{-5} \times 9.81}{1.8 \times 10^5} = 1.61 \times 10^{-8}C$$

Dans toutes les vidéos analysées nous trouvons la même position finale de la boule de papier.

Si la charge initiale de la boule est négative, la boule se dirige donc vers la plaque de charge opposée, vice versa. Cela veut donc dire que la charge initiale de la boule est assez importante pour que la boule ne se charge pas différemment au contact d'une plaque du condensateur.

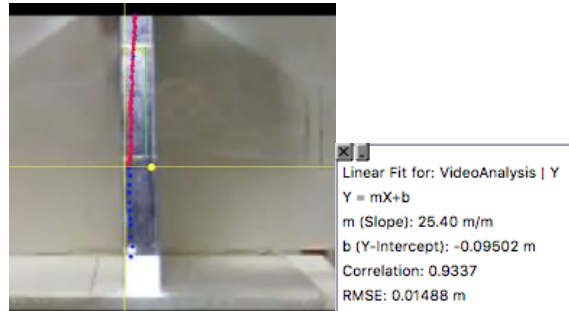


FIGURE 13 – Capture d'écran de l'étude de la boule chargée sur le logiciel LoggerPro

Seul le temps que mets la boule à rejoindre la plaque du condensateur vari, c'est dû à la masse de la boule et aussi à sa charge initiale. Il s'agit donc maintenant de charger une boule avant de la mettre dans le condensateur et nous pouvons alors prévoir sa trajectoire et sa position finale.

Troisième partie

Conclusion

Suite à toutes nos expériences, nous sommes arrivés à la conclusion que nous pourrions trier des déchets. Il suffirait de soumettre des objets de masse et de matériaux différents à une même charge électrique, avec la machine de Wimshurst par exemple. Chacun des objets acquerrait une charge propre à sa composition. Nous les passerions alors dans le condensateur. Les objets de mêmes charges iraient se coller à la plaque de charge opposée, seul le temps qu'ils mettraient pour y arriver serait différent. On pourrait donc hypothétiquement intégrer des récupérateurs dans le condensateur (voir schéma ci-dessous). Après cela, une série de tests permettrait de prévoir le bac dans lequel chaque objet atterrirait.

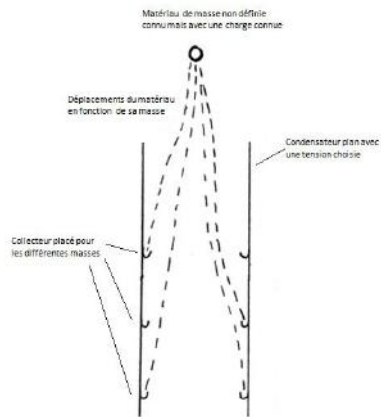


FIGURE 14 – Schéma théorique

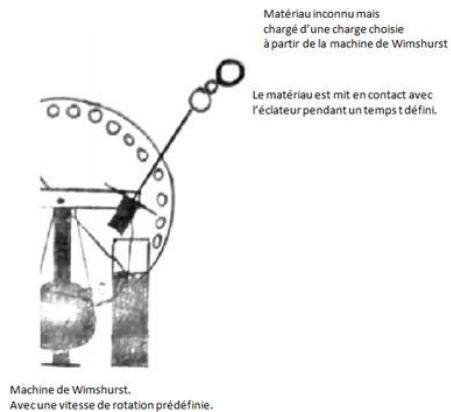


FIGURE 15 – Schéma théorique

Remerciements Nous tenons à remercier nos professeurs de Physique qui nous ont guidé et encadré tout au long de notre projet. Nous exprimons de la gratitude à Monsieur NASSIET. Un professeur au lycée Gustave Eiffel de Bordeaux, qui nous a soutenu et accompagné sur la marche à suivre. Aussi nous remercions fortement tout le personnel du lycée pour leur aide et leur disponibilité pour les différents incidents techniques que nous avons eu. Nous tenons à remercier également Monsieur BLANCHET Florian pour nous avoir fourni la méthode d'analyse des fichiers audio.