

Sélection des expériences sur l'électricité statique

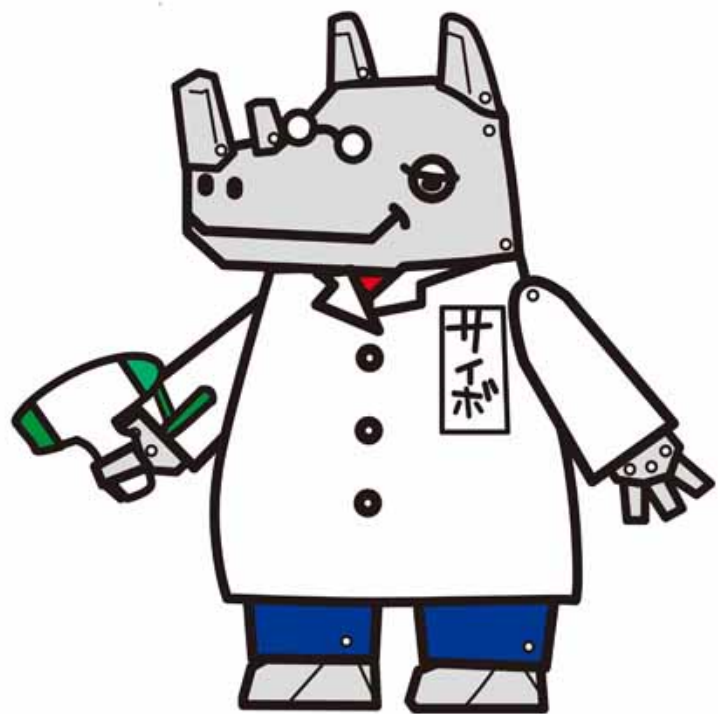


Table des matières

1. L'électricité statique dans notre vie

1. Objectif pédagogique	1
2. Contexte historique	1
3. Plan du cours	2
4. Démonstration du professeur (expérience du professeur)	3
Exp.1-1 : "La méduse électrique" (fils plastiques rassemblés flottant en l'air)	3
Exp.1-2 : "Le papillon et le ballon" (film de polyéthylène en forme de papillon flottant au-dessus d'un ballon)	5
Exp.1-3 : Les interactions entre le plastique et l'électricité statique	7
5. Discussion	7
6. Conclusion et pont avec les unités suivantes	8

2. Examiner les propriétés électrostatiques

1. Objectif pédagogique	9
2. Contexte historique	9
3. Plan du cours	9

2-1. Qu'est-ce qu'un électroscope ?

1. Objectif pédagogique	11
2. Contexte historique	11
3. Plan du cours	12
4. Expérience	14
5. Description technique (électroscope à boules / pendule électrique)	17
6. Description technique (électroscope à feuilles)	18
7. Conclusion et pont avec les chapitres suivants	18

2-2. Classification de l'électricité statique

1. Objectif pédagogique	19
2. Contexte historique	19
3. Plan du cours	19
4. Expérience des élèves	20
5. Description technique	22

2-3. Les conducteurs et isolants

1. Objectif pédagogique	23
2. Contexte général	23
3. Plan du cours	24
4. Expérience des élèves	25
5. Interprétation des résultats de l'expérience	27
6. Mots-clés techniques	28

2-4. Comprendre "l'induction électrostatique"

1. Objectif pédagogique	30
2. Contexte historique	30
3. Plan du cours	31
4. Expérience des élèves	32
5. Interprétation des résultats de l'expérience	35

3. Générateur électrostatique : « Genecon statique »

1. Objectif pédagogique	37
2. Contexte historique	37
3. Plan du cours	37
4. Démonstration du professeur	39
5. Discussion	39
6. Conclusion (faire le pont avec les processus d'apprentissage suivants)	39

3-1. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec une sphère de collecte en aluminium

1. Objectif pédagogique	41
2. Contexte historique	41
3. Plan du cours	42

3-2. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec un pendule électrique

1. Objectif pédagogique	46
2. Contexte historique	46
3. Plan du cours	47

L'électricité statique

3-3. Expérience avec un moteur électrostatique

1. Objectif pédagogique	50
2. Contexte historique	50
3. Plan du cours	51

3-4. Le phénomène de décharge avec des sphères de collecte en aluminium

1. Objectif pédagogique	54
2. Présentation des différents types de décharges	54
3. Plan du cours	55

3-5. Expériences de décharges utilisant un volant d'inertie de Hamilton

1. Objectif pédagogique	59
2. Présentation des différents types de décharges	59
3. Plan du cours	59

3-6. Expérience sur l'éclairage avec des tubes de décharge

1. Objectif pédagogique	62
2. Présentation des différents types de décharges	62
3. Plan du cours	63

1. L'électricité statique dans notre vie

1. Objectif pédagogique

Nous avons tous déjà reçu un choc électrique douloureux en touchant soudainement une poignée de porte métallique chez nous, sur un véhicule ou autre, surtout durant les mois d'hiver secs. Ce phénomène se produit lorsque notre corps tout entier reçoit de l'électricité statique par frottement sur nos vêtements.

Dans ce chapitre, nous apprendrons que la charge électrostatique se produit par frottement entre différents types de matières, en faisant des expériences en frottant des matériaux autour de nous pour faire de l'électricité statique.

2. Contexte historique

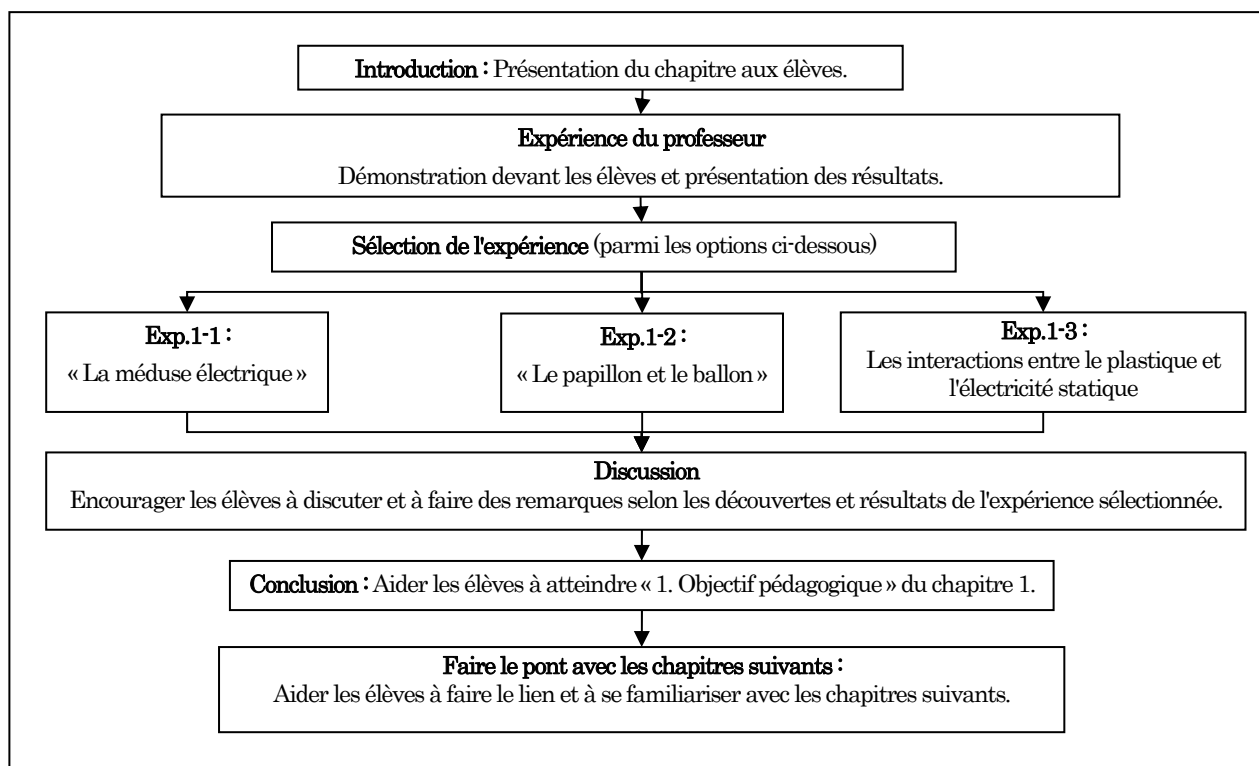
Dès 600 av. J-C, l'électricité statique fut reconnue comme le phénomène qui attire la poussière en frottant de l'ambre sur de la fourrure.

En 1600, W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) découvrit qu'une charge électrostatique se produit en frottant de l'ambre sur un tissu, par un phénomène de matière légère attirée par une autre frottée par du tissu. Il s'aperçut également qu'une charge électrostatique se produit en frottant d'autres matériaux que l'ambre, tels que le diamant, le cristal, le verre ou le soufre. Il appela ce phénomène électrique observé « électricité », qui provient du mot latin pour « ambre ».

Au cours du XVII^e siècle, le phénomène d'électricité statique produisant une force non seulement d'attraction, mais également de répulsion, fut découvert.

3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes): c'est pourquoi vous devez calculer votre propre durée de séquence selon les différentes portions de temps du tableau suivant.



	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	Tout en parlant des interprétations de l'histoire des sciences naturelles, donner des exemples de cas de la vie de tous les jours produisant de l'électricité statique pour montrer l'importance de comprendre ce phénomène, comme 1 ^{ère} étape pour appréhender l'usage pratique de l'électricité pour nos appareils.	<ul style="list-style-type: none"> (1) L'électricité : un élément indispensable (2) L'électricité statique est la 1^{ère} étape pour comprendre l'électricité en soi. (3) Explications sur les phénomènes causés par l'électricité statique dans la vie de tous les jours. 	10 min
2	Démonstration du professeur (1) La méduse électrique (2) Le papillon et le ballon (3) Les interactions entre le plastique et l'électricité statique	Faire la démonstration de l'une des expériences ci-dessous pour aider les élèves à comprendre que l'électricité statique se produit par frottement entre différents types de matières. (1) La méduse électrique (2) Le papillon et le ballon [Un ballon avec de l'électricité statique] (3) Les interactions entre le plastique et l'électricité statique	<ul style="list-style-type: none"> (1) Faire suffisamment d'essais préliminaires. (2) Déshumidifier suffisamment la salle de TP. 	15 min
3	Discussion	Demander aux élèves ce qu'ils ont observé durant la démonstration du professeur.	<ul style="list-style-type: none"> (1) Ne pas noter les élèves sur leurs commentaires. (2) Résumer et lister les commentaires des élèves. 	20 min
4	Conclusion	Selon la démonstration du professeur et les commentaires des élèves, arriver aux conclusions suivantes : (1) L'électricité statique (la charge électrostatique) se produit par frottement entre différents types de matières. (2) L'électricité statique (la charge électrostatique) a des forces électrostatiques d'attraction et de répulsion.	Comme (1) et (2) dans la case de gauche.	10 min
5	Faire le pont avec les chapitres suivants	Terminer le cours en sensibilisant les élèves à l'apprentissage de l'électricité statique et en leur donnant envie de continuer durant les cours suivants.	Interroger les élèves sur les points suivants : (1) L'électricité statique (charge électrostatique) peut-elle se produire après avoir frotté n'importe quelle matière sur une autre ? (2) Que sont les forces d'attraction et de répulsion ? (Comment ces forces peuvent-elles être identifiées ?)	5 min

4. Démonstration du professeur (expérience du professeur)

Le professeur sélectionne un sujet (au choix) dans les options ci-dessous à montrer à ses élèves, en le répétant plusieurs fois si possible, afin de stimuler les observations des élèves.

- Exp.1-1 : « La méduse électrique » (fils plastiques rassemblés flottant en l'air)
- Exp.1-2 : « Le papillon et le ballon » (film de polyéthylène en forme de papillon flottant au-dessus d'un ballon)
- Exp.1-3 : Le plastique et l'électricité statique

Le professeur doit se préparer et répéter suffisamment en avance. À noter : l'efficacité des expériences sur l'électricité statique dépend en particulier de l'environnement de l'expérience. Attention à l'état de la salle de TP selon le temps du jour, en particulier en termes d'humidité.

Exp.1-1 : « La méduse électrique » (fils plastiques rassemblés flottant en l'air)

L'objectif de cette expérience est de montrer de manière dynamique aux élèves le phénomène d'électricité statique et ses propriétés répulsives en utilisant une poignée de fils plastiques flottant en l'air.

Cette expérience est appelée «la méduse électrique» car les fils flottant en l'air ressemblent à une méduse dans la mer. Les élèves doivent apprendre que l'électricité statique se produit par frottement de deux entités différentes.

Exp.1-1-1 : Matériel :

- Fil plastique : Un fil en nylon utilisé généralement comme ficelle
- Tuyau en PVC : 0,5 - 1,0 m de long, de plus de 5 cm de diamètre
- Plaque en PVC : Environ de taille A4 et d'1 mm d'épaisseur
- Tissu en feutre : N'importe quel produit commercialisé

Exp.1-1-2 : Procédure pour fabriquer une méduse électrique

- 1) Couper le fil plastique pour qu'il fasse environ 30 cm de long.
- 2) Faire un nœud à un bout.
- 3) Séparer le fil avec les doigts dans le sens de la longueur pour faire de fines bandes à partir de l'autre bout.
- 4) Si le fil est assez divisé en bandes comme on le voit sur la figure 1, la méduse électrique est prête.

Exp.1-1-3 : Démonstration (expérience du professeur)

- 1) Placer la méduse électrique sur la plaque en PVC.
- 2) Frotter la méduse plusieurs fois avec le tissu en feutre.
- 3) La laisser sur la plaque en PVC.
- 4) Saisir le tuyau en PVC en main.
- 5) Frotter le tuyau en PVC avec le tissu en feutre.
- 6) Tenir le tuyau en PVC en main.
- 7) Prendre la méduse de la plaque en PVC avec l'autre main et la jeter en l'air.
- 8) Placer rapidement le tuyau en PVC sous la méduse électrique en l'air.
- 9) La méduse électrique devrait se suspendre en l'air grâce à la force de répulsion électrostatique qui se produit entre elle et le tuyau en PVC.

Exp.1-1-4 : À noter pour la démonstration

- Faire en sorte que la méduse électrique soit la plus légère possible, car son poids est l'un des facteurs clés pour qu'elle reste suspendue en l'air.
- Optimiser la longueur et la largeur de chaque bande de la méduse : l'efficacité de l'expérience dépend également d'elles.
- Lancer la méduse électrique en l'air aussi haut que possible (de préférence près du plafond), pour avoir assez de temps pour placer le tuyau en PVC en dessous.
- Charger suffisamment le tuyau en PVC en le frottant assez avec le tissu en feutre.

- Déshumidifier suffisamment la salle de TP en utilisant l'air conditionné si besoin est, car l'humidité nuit à l'expérience.

Si une répétition de l'expérience est impossible avant le cours, nous recommandons de choisir une autre expérience (exp.1-2 : « Le papillon et le ballon »), car l'exp.1-1 dépend véritablement de l'environnement de la salle de classe.



Question 1-1

Devinez le type de force entre le bâton en PVC et la méduse électrique (un ballot de fils en plastique) !

**Exp.1-2 : « Le papillon et le ballon »
(film de polyéthylène en forme de papillon flottant au-dessus d'un ballon)**

L'objectif de cette expérience est de montrer aux élèves le phénomène d'électricité statique comme il suit.

[1] Préparer un ballon gonflé et un «papillon» fait en film de polyéthylène (PE) (comme sur la figure 4, plier un film de PE carré en deux et le couper en forme de papillon. Voir page 3 de la feuille de cours des élèves pour plus de détails).

[2] Vérifier que le ballon gonflé colle aux vêtements du professeur, d'un élève ou sur un mur, après avoir été chargé en ayant été frotté avec du tissu en feutre. (Voir figures 2 et 3.)

[3] Lancer le papillon en film de PE en l'air après l'avoir frotté avec du tissu en feutre.

[4] Placer le ballon chargé sous le papillon toujours en l'air pour montrer aux élèves qu'il flotte au-dessus du ballon.

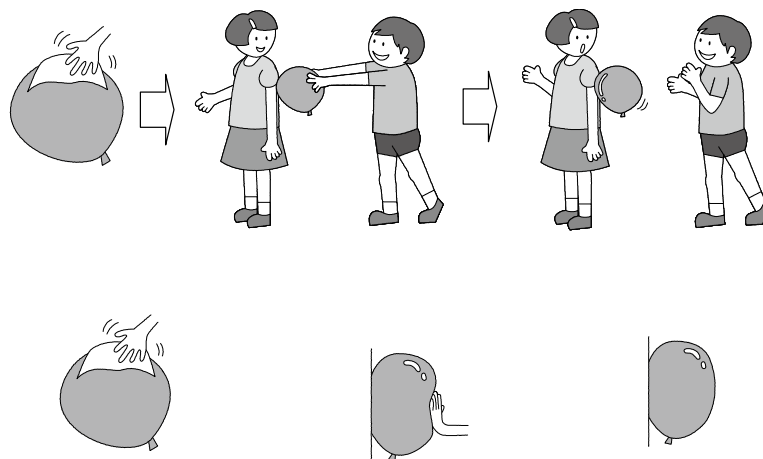
Les manipulations ci-dessus attisent la curiosité et l'intérêt des élèves au sujet de l'électricité statique.

Exp.1-2-1 : Matériel :

- Préparer plusieurs types de ballons en caoutchouc d'un diamètre d'environ 20 cm.
- Préparer un papillon en film de PE de 5 µm d'épaisseur.
- Préparer du tissu en feutre (ou en soie).

Exp. 1-2-2 : Démonstration (expérience du professeur)

- 1) Frotter un ballon en caoutchouc gonflé avec du tissu en feutre pour le charger.
- 2) Placer le ballon chargé sur ses vêtements ou ceux d'un élève.
- 3) Montrer aux élèves que le ballon colle aux vêtements.
- 4) Ensuite, leur montrer que le ballon peut également coller n'importe où comme au mur, au plafond, etc.
- 5) Frotter le papillon avec du tissu en feutre (ou en soie) pour le charger.
- 6) Frotter à nouveau le ballon avec du tissu en feutre (ou en soie) pour le charger.
- 7) Lancer le papillon en l'air.
- 8) Placer le ballon sous le papillon toujours en l'air.
- 9) Montrer aux élèves le «papillon flottant» au-dessus du ballon.



Exp. 1-2-3 : À noter pour la démonstration

- 1) Se débarrasser totalement des tâches ou de la poussière sur la surface du ballon : elles le rendent moins électrisable.
- 2) Garder le ballon au sec, car l'humidité le rend également moins électrisable.
- 3) Montrer le phénomène sur des élèves portant des vêtements en coton ou en fibres chimiques, qui attirent mieux les ballons chargés.
- 4) Plus le film de PE du papillon est mince, plus l'expérience sera efficace.

Question 1-2

Devinez le type de force entre le ballon en caoutchouc et le mur !

Devinez le type de force entre le ballon en caoutchouc et le papillon !

Exp.1-3 : Les interactions entre le plastique et l'électricité statique

Placer une plaque en PVC au-dessus de morceaux de papier après l'avoir frottée avec du tissu en feutre, afin de montrer aux élèves que le papier est attiré vers la plaque.

Leur montrer de la même manière comment le papier interagit (ou non) avec une plaque en acrylique ou un bâton générateur d'électricité à la place d'une plaque en PVC, afin d'approfondir leur compréhension de la charge électrostatique qui se produit par frottement entre deux matières.

Exp. 1-3-1 : Matériel :

- Plaque en PVC : 10 x 20 cm (épaisseur : env. 1 mm)
- Morceaux de papier blanc (papier de photocopie) : découper de nombreux morceaux de papier blanc en carrés de 5 mm de côté
- Papier noir : environ de taille A4
- Tissu en feutre
- Appareil photo digital et moniteur (si disponibles)

Exp. 1-3-2 : Démonstration (expérience du professeur)

- 1) Placer une feuille de papier noir sur la table.
- 2) Étaler (éparpiller) les morceaux de papier blanc sur le papier noir.
- 3) Charger la plaque en PVC en la frottant avec le tissu en feutre.
- 4) Approcher lentement la plaque en PVC chargée des morceaux étalés.
- 5) Observer avec les élèves comme les morceaux sautent contre la plaque en PVC, en utilisant l'appareil photo digital connecté au moniteur.

Exp. 1-2-3 : À noter pour la démonstration

- Garder le papier noir au sec, car l'humidité peut empêcher l'électricité statique d'être conservée.
- Garder les morceaux de papier blanc au sec, car l'humidité peut empêcher l'électricité statique d'être conservée.
- Charger suffisamment la plaque en PVC en la frottant avec du tissu en feutre.

5. Discussion

Le professeur doit poser des questions aux élèves à propos du phénomène observé lors de la démonstration, en écrivant le plus possible les commentaires des élèves au tableau. Il est recommandé au professeur d'approfondir sur chaque phénomène en posant plusieurs questions selon les commentaires des élèves, pour que le cours soit efficace.

La période de discussion doit être ponctuée de nombreux commentaires et le professeur doit surtout encourager les élèves à comprendre l'objectif du cours par celle-ci.

- La charge électrostatique (électricité statique) se produit par frottement entre matières : c'est pourquoi on l'appelle « électricité de frottement ».
- L'électricité statique (la charge électrostatique) a des forces électrostatiques d'attraction et de répulsion. Les aimants s'attirent et se repoussent de la même manière.

Dès 600 av. J-C, l'électricité statique fut reconnue comme le phénomène qui attire la poussière en frottant de l'ambre sur de la fourrure.

En 1600, W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) découvrit non seulement qu'une charge électrostatique se produit en frottant de l'ambre avec un tissu, mais également que la Terre est un gigantesque aimant faisant toujours pointer la flèche d'une boussole vers le Nord ou le Sud, ce qui signifie qu'il y a une différence entre l'attraction électrique et celle magnétique.

Il réalisa également que la charge électrostatique se produit en frottant d'autres matériaux que l'ambre, tels que le diamant, le cristal, le verre ou le sulfure. Il appela ce phénomène électrique observé «électricité», qui provient du mot latin pour « ambre ».

6. Conclusion et pont avec les chapitres suivants

Enfin, il est recommandé au professeur de conclure le chapitre 1 et de poser des questions aux élèves pour faire le pont avec les chapitres à suivre, en insistant sur les points suivants :

- L'électricité statique était déjà connue en 1600.
- La charge électrostatique (électricité statique) se produit par frottement entre matières.
- L'électricité statique (la charge électrostatique) a des forces d'attraction et de répulsion.

Comprendre l'électricité statique est surtout la première étape incontournable pour appréhender le sujet de l'électricité (dynamique) qui fait fonctionner nos appareils électriques de tous les jours. Depuis que W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) a découvert qu'une charge électrostatique se produit en frottant de l'ambre avec un tissu, les grands scientifiques continuèrent l'étude de l'électricité (statique), ce qui nous permet aujourd'hui d'utiliser l'énergie électrique.

En retraçant les exploits de ces grands scientifiques, les chapitres suivants explorent l'étude de l'électricité statique pour approfondir la compréhension des élèves sur le sujet.

2. Examiner les propriétés électrostatiques

1. Objectif pédagogique

Dans le chapitre précédent, nous avons appris que l'électricité statique a été reconnue comme phénomène particulier dès 600 av. J-C, et que l'électrostatique autour de nous se produit par frottement entre matières. Nous avons également appris le principe des forces d'attraction et de répulsion de l'électricité statique (charge électrostatique).

Dans ce chapitre, nous apprendrons les propriétés de l'électricité statique par des expériences utilisant différents matériaux autour de nous, et notamment :

- 1) Si une matière (A) est suffisamment approchée d'une matière (B), alors cette dernière se charge également.
- 2) L'électricité est classée entre charges positives et négatives, désignées respectivement par « + » et « - ».
- 3) Examiner les propriétés des « conducteurs » et des « isolants », à travers le concept d'électricité statique.
- 4) Il y a deux types de charges (électricité statique). Deux charges identiques se repoussent, alors que deux différentes s'attirent.

2. Contexte historique

L'une des découvertes scientifiques du XVII^e siècle est le phénomène selon lequel une entité (B) non chargée placée près d'une autre (A) chargée sera également chargée.

Au XVIII^e siècle, la raison pour laquelle l'électricité de frottement n'existait pas dans les métaux et certains autres matériaux a été identifiée par la propriété conductrice de ces derniers. Cela a amené à la classification conceptuelle entre les « **conducteurs** », c'est-à-dire les matériaux pouvant produire (laisser s'échapper) des charges électriques (vers le sol), et les « **isolants** » (non-conducteurs), c'est-à-dire les matériaux ne produisant pas facilement (ne laissant pas facilement s'échapper) des charges électriques (vers le sol). Ensuite, le concept d'électricité « statique » a été créé, car l'électricité chargée reste dans l'isolant sans être relâchée vers le sol.

En 1733, le chimiste français Dufay découvrit qu'il existait deux types de charges statiques : deux du même type se repoussent, et deux de types différents s'attirent.

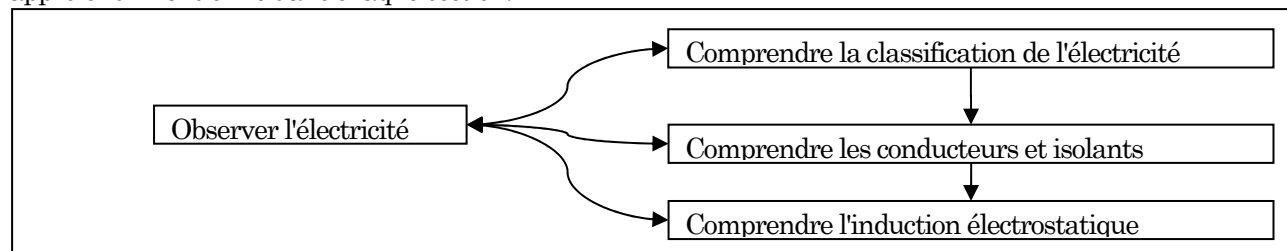
Enfin, au XVIII^e siècle, le politicien et scientifique américain Benjamin Franklin parvint à déterminer ces types de charges électriques et les appela « plus (+) » et « moins (-) ».

3. Plan du cours

Le plan du cours de ce chapitre consiste en quatre sections pour approfondir la compréhension des élèves à travers des expériences.

- Observer l'électricité statique en utilisant un électroscope
- Comprendre la classification de l'électricité statique
- Comprendre les conducteurs et isolants
- Comprendre l'induction électrostatique

Cette section « 3. Plan du cours » n'est liée qu'aux quatre sections, si bien qu'il faudra se référer au plan approfondi mentionné dans chaque section.



[Étude approfondie : Propriétés de l'électricité statique]

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
2-1	Observer l'électricité statique en utilisant un électroscope	Afin de se familiariser avec les propriétés de l'électricité statique, la charge électrostatique (son comportement) doit être observée. Premièrement, présenter un électroscope aux élèves comme un instrument de mesure d'intensité de l'électricité statique.	1) L'électricité statique est invisible. 2) Donner des tâches aux élèves pour les faire réfléchir sur la manière de mesurer l'électricité statique invisible. 3) Les familiariser avec l'électroscope à boules, et celui à feuilles.	1 heure
2-2	Comprendre la classification de l'électricité statique	<ul style="list-style-type: none"> ● Chaque matériau est spécifiquement chargé et divisé en matériaux chargés positivement et matériaux négativement. (Ils sont classifiés entre charges positives et négatives, désignées respectivement « + » et « - ».) ● La « charge électrique » est l'électricité de la matière chargée. ● La « quantité électrique » est la quantité de charge électrique sur la surface d'une matière, dont l'unité est le « Coulomb ». 	1) Déterminer la charge positive ou négative pour un matériau chargé spécifique qui ne peut pas être détectée en utilisant un électroscope. 2) Comprendre qu'il y a deux types d'électricité statique. 3) Utiliser un coulombmètre. 4) Comprendre que la classification des « plus (+) » et des « moins (-) » créée par Benjamin Franklin est toujours utilisée.	1 heure
2-3	Comprendre l'induction électrostatique	Faire comprendre plus en profondeur aux élèves que si une matière chargée (A) est approchée d'une matière (B) non chargée, alors (B) sera également chargée.	1) En utilisant un électroscope à feuilles, observer ce qui arrive à une matière lorsque l'on approche un matériau chargé vers elle. 2) Comprendre le phénomène d'induction électrostatique.	1 heure
2-4	Comprendre les conducteurs et isolants	Les élèves doivent comprendre que certains matériaux sont chargés tandis que d'autres ne le sont pas, résumant les propriétés de chaque matériau selon le résultat de l'expérience. Identifier ensuite les matériaux non chargés comme étant des conducteurs, et ceux chargés comme des isolants.	1) En frottant divers matériaux (plastique, papier, métal, etc.), confirmer la production électrostatique. 2) Classifier ces matériaux par production/non-production électrostatique. 3) Amener les élèves à comprendre ce que sont les conducteurs et les isolants.	1 heure

2-1. Qu'est-ce qu'un électroscope ?

1. Objectif pédagogique

Ce sous-chapitre vise à approfondir les connaissances des élèves sur le principe de l'électroscope à boules et celui à feuilles, qui accélère leur compréhension des « propriétés électrostatiques ».

Ainsi, le professeur doit en enseigner les bases et aider les élèves par démonstration à comprendre le principe du transfert de charge et comment les matériaux sont chargés ou non.

Il est à noter que ce sous-chapitre est incontournable pour avancer dans la section suivante, « Activité de recherche des élèves ».

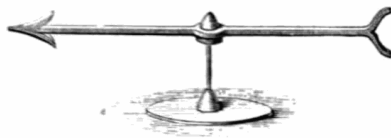
2. Contexte historique

L'électroscope est vu comme le premier équipement électrométrique. Il a été inventé par W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) pour mesurer l'intensité de la charge électrostatique du corps humain. Son invention est appelée « versorium », et sa forme est similaire à celle d'une boussole.

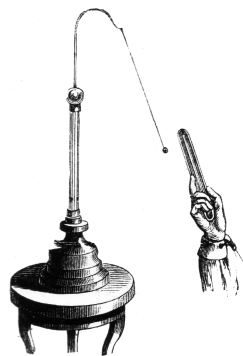
En 1754, John Canton (1718 - 1772, Royaume-Uni) a ensuite inventé « l'électroscope à boules de sureau ». Il est suivi par « l'électroscope à feuilles d'or », inventé par Abraham Bennet (1749 - 1799) en 1787.

Ils ont exploré les propriétés de l'électricité statique en utilisant ces électroscopes.

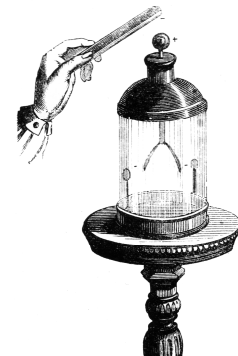
Les élèves travailleront ensuite sur comment comprendre et faire des recherches sur les principes et propriétés de l'électricité statique en utilisant ces électroscopes.



Versorium de Gilbert



Électroscope à boules de sureau



Électroscope à feuilles d'or
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Électromètre>

Aujourd'hui, l'électroscope en forme de pendule (pendule électrique) et/ou l'électroscope à feuilles d'or (ci-dessous) sont largement utilisés comme équipements éducatifs scientifiques. Cependant, les électroscopes émetteurs de lumière et/ou les électroscopes de circuit électrique sont largement utilisés pour la sécurité des travailleurs en milieux industriels durant les inspections d'équipements électriques.



Grand pendule électrique (Narika B10-1131)



Électroscope à feuilles LE-A (Narika B10-1170)

3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.

2-1-1. Électroscope à boules				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Rappeler la démonstration du chapitre précédent afin que les élèves se souviennent des expériences pour obtenir de l'électricité statique en frottant des matériaux différents, et pour observer ces matériaux se repoussant/s'attirant l'un l'autre. ● Se référer à l'utilisation d'un électroscope pour souligner l'aspect théorique de ces phénomènes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Refaire la démonstration du chapitre précédent. 2) La charge électrostatique se produit en frottant un matériau contre un autre. 3) Deux matériaux chargés s'attirent ou se repoussent. 4) Pour se familiariser avec l'utilisation d'un électroscope et le faire fonctionner. 	10 min
2	Expérience	Expérience pour utiliser l' électroscope à boules (pendule électrique).	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pour reconnaître que deux des boules se repoussent / s'attirent. 2) La distance des deux boules se repoussant peut différer. 	20 min
3	Interprétation	Donner une interprétation de l'électricité statique selon l'expérience avec l' électroscope à boules (pendule électrique).		20 min
4	Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> ● Efficacité de l'électroscope à boules (pendule électrique) pour vérifier les propriétés de l'électricité statique. ● Le type de la charge électrique ne peut pas être détecté en utilisant un électroscope à boules (pendule électrique). 	Aider les élèves à comprendre les bases de l'électricité statique en expliquant le principe de l' électroscope à boules (pendule électrique).	10 min

2-1-2. Électroscope à feuilles				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Pour confirmer que la charge électrostatique se produit en frottant des matériaux différents entre eux, avec les forces d'attraction et de répulsion. ● Dans ce chapitre, expliquer le principe et l'utilisation de l'électroscope à feuilles comme préparation avancée pour des expériences approfondies. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Rappeler la démonstration du chapitre précédent 2) La charge électrostatique se produit en frottant un matériau contre un autre. 3) Deux matériaux chargés s'attirent ou se repoussent. 4) Se familiariser avec l'utilisation d'un électroscope et le faire fonctionner. 5) Pour distinguer l'électroscope à feuilles de l'électroscope à boules (pendule électrique). 	10 min
2	Expérience	Expérience utilisant l' électroscope à feuilles .		20 min
3	Interprétation	Donner une interprétation de l'électricité statique selon l'expérience avec l' électroscope à feuilles .		20 min
4	Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> ● Insister sur l'efficacité de l'électroscope à feuilles pour vérifier les propriétés de l'électricité statique. ● Le type de la charge électrique ne peut pas être confirmé en utilisant l'électroscope à feuilles. 	Aider les élèves à comprendre les bases de l'électricité statique en expliquant le principe de l' électroscope à feuilles .	10 min

4. Expérience

2-1. Qu'est-ce qu'un électroscope ?

Il faut contrôler (le comportement de) l'électricité statique afin de confirmer ses propriétés. Il est recommandé de présenter un électroscope aux élèves comme approche pour mesurer l'intensité de l'électricité statique.

Il faut également expliquer rapidement aux élèves les propriétés de l'électricité statique, avec des informations supplémentaires sur la démonstration de l'électroscope à boules de John Canton (1718 - 1772, Royaume-Uni) en 1754 et de celui à feuilles d'Abraham Bennet (1749 - 1799, Royaume-Uni) en 1787.

2-1-1. Électroscope à boules

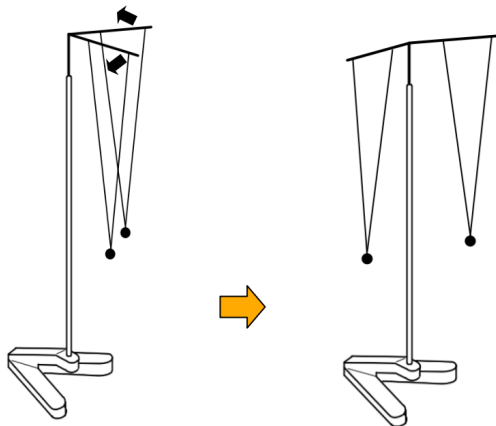
Comme nous l'avons confirmé dans le chapitre précédent à travers la démonstration des expériences "le papillon et le ballon" et "la méduse électrique", nous avons appris que : 1) La charge électrostatique se produit en frottant des matériaux différents, et 2) il y a deux types de forces électrostatiques : d'attraction et de répulsion.

Dans ce chapitre, nous apprendrons les principes et l'utilisation de l'**électroscope à boules** comme préparation avancée pour des expériences approfondies à venir.

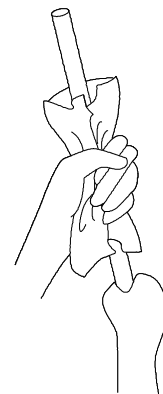
[Matériel :]

- Électrodes (polychlorure de vinyle (PVC), acrylique)
- Feutre ou laine
- Grand pendule électrique EP-A (Narika B10-1131)
- Plaque en PVC (comme plaque de préparation)

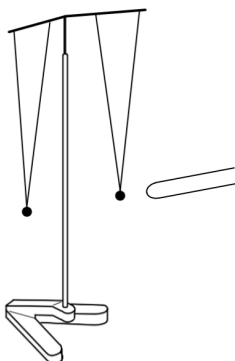
[Procédure expérimentale :]



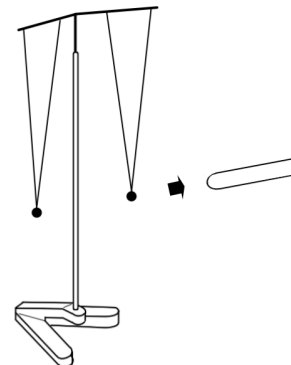
1) Séparer les deux boules en déplaçant les barres.



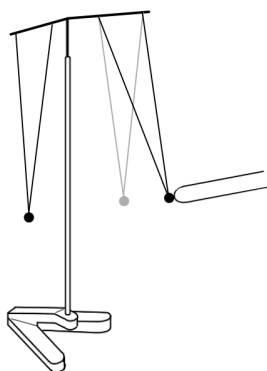
2) Charger l'électrode en PVC en la frottant avec du tissu en feutre.



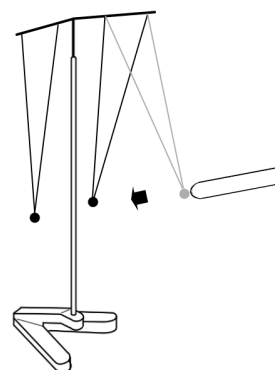
3) Approcher lentement l'électrode en PVC chargée près d'une des boules.



4) La boule s'approche de l'électrode en PVC chargée.



5) La boule et l'électrode en PVC se touchent.



6) La boule s'éloigne (est repoussée) de l'électrode.

[À noter pour la démonstration :]

- Durant la procédure ci-dessus 3), ne pas toucher la boule avec l'électrode.
- Déshumidifier suffisamment la classe.
- Placer l'électroscope comme nécessaire sur la plaque en PVC (comme plaque de préparation) pour éviter les fuites électriques sur la table.

2-1-2. Électroscope à feuilles

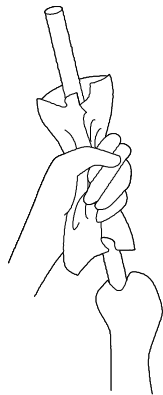
Comme nous l'avons confirmé dans le chapitre précédent à travers la démonstration des expériences "le papillon et le ballon" et "la méduse électrique", nous avons appris que : 1) La charge électrostatique se produit en frottant des matériaux différents, et 2) il y a deux types de forces électrostatiques : d'attraction et de répulsion.

Dans ce chapitre, nous apprendrons le principe et l'utilisation de l'**électroscope à feuilles** comme préparation avancée pour des expériences approfondies à venir.

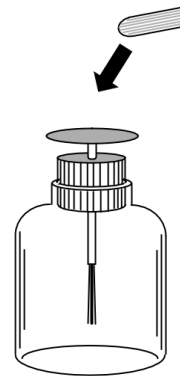
[Matériel :]

- Électrodes (polychlorure de vinyle (PVC), acrylique)
- Feutre ou laine
- Électroscope à feuilles (Narika B10-1170)
- Plaque en PVC (comme plaque de préparation)

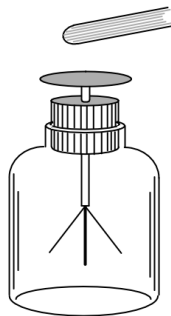
[Procédure expérimentale :]



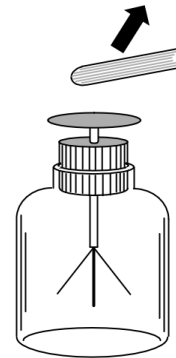
1) Frotter l'électrode avec du tissu en feutre ou en laine.



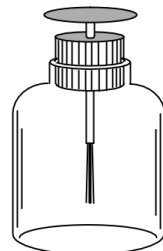
2) Approcher l'électrode chargée près du plateau circulaire métallique de l'électroscope à feuilles.



3) Observer les feuilles s'écarter dans la bouteille de l'électroscope.



4) Éloigner l'électrode de l'électroscope à feuilles.



5) Observer les feuilles se rapprocher dans la bouteille de l'électroscope.

[À noter pour la démonstration :]

- L'électroscope à feuilles doit être proprement nettoyé : s'il y a de la poussière dessus, l'expérience ne fonctionnera pas.
- Ne pas démonter l'électroscope à feuilles : une fois démonté, il ne fonctionnera plus jamais.
- Essayer de ne pas faire se toucher l'électrode et le plateau circulaire métallique de l'électroscope à feuilles : s'ils se touchent, les feuilles resteront écartées. Pour refaire s'étendre les feuilles, toucher simplement le plateau circulaire métallique avec les doigts.

5. Description technique (électroscope à boules / pendule électrique)

Il faut interroger les élèves pour qu'ils comprennent que la charge électrostatique se produit en frottant deux matériaux différents, comme confirmé dans le chapitre précédent à travers la démonstration des expériences "le papillon et le ballon" et "la méduse électrique".

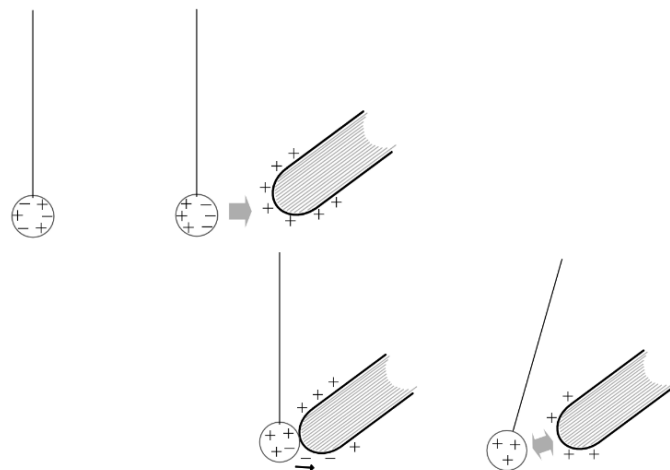
Deux matériaux électriquement neutres à l'origine se chargent lorsqu'ils sont frottés l'un l'autre et lorsque les électrons de l'un des matériaux sont transférés vers l'autre. C'est la preuve que l'électricité statique consiste en deux types de charges électriques : « plus (+) » et « moins (-) ».

Deux charges identiques se repoussent, alors que deux différentes s'attirent.

Même si le type de charge électrique ne peut pas être détecté en utilisant un **électroscope à boules** (pendule électrique), des charges différentes / identiques peuvent être déterminées selon la force (de répulsion ou d'attraction) produite entre la boule et l'électrode.

Lorsqu'une électrode chargée est approchée de la boule, celle-ci s'approche également de l'électrode, ce qui montre qu'elles n'ont pas la même charge. Lorsqu'une électrode chargée touche la boule, celle-ci s'éloigne de l'électrode, ce qui montre qu'elles ont la même charge.

Les boules de l'**électroscope à boules** (pendule électrique) sont des sphères conductrices entourées de carbone : si une électrode chargée positivement est approchée d'une boule, la moitié de la boule la plus proche de l'électrode se charge négativement et s'approche de celle-ci. En d'autres termes, les électrons libres dans la boule sont attirés vers le côté le plus proche de l'électrode chargée positivement et la moitié de la boule est chargée négativement.



À l'inverse, l'autre côté de la boule (éloigné de l'électrode) est chargé positivement, de par le nombre moindre d'électrons. Ce phénomène est appelé « induction électrostatique ».

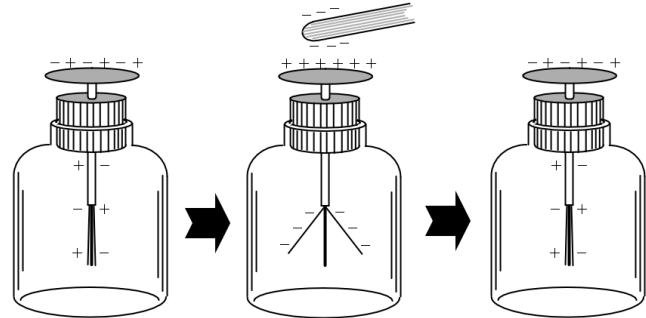
De plus, lorsqu'une électrode chargée positivement touche la boule, cette dernière devient entièrement positivement chargée, car cela permet aux électrons de passer de la boule à l'électrode, et de réduire leur nombre dans la boule. La boule finit par repousser l'électrode, comme si elle s'échappait de cette dernière.

6. Description technique (électroscope à feuilles)

Les feuilles dans la bouteille et le plateau circulaire métallique de l'électroscope à feuilles maintiennent la neutralité électrique, à moins qu'ils ne soient chargés. Le type de charge électrique ne peut pas être détecté en utilisant un **électroscope à feuilles** ou un à boules (pendule électrique).

Par exemple, lorsqu'une électrode chargée négativement est approchée du plateau circulaire métallique de l'électroscope à feuilles, les électrons du plateau se déplacent vers les feuilles par le manche, repoussant la charge négative de l'électrode.

Il y a deux feuilles et une petite plaque métallique au milieu dans la bouteille. Lorsque les feuilles sont chargées négativement, elles s'écartent en se repoussant. Le plateau circulaire métallique est chargé positivement après le passage des électrons vers les feuilles. Si une électrode est séparée du plateau circulaire métallique, les feuilles se rapprochent à nouveau lorsque les électrons obtenus aux feuilles retournent vers le plateau.



7. Conclusion et pont avec les chapitres suivants

1. Dans ce chapitre, nous avons découvert deux types d'électroscopes : L'électroscope à boules (pendule électrique) et celui à feuilles.
2. Nous comprenons maintenant comment les matériaux sont chargés, mais pas comment en détecter la polarité.
3. Dans le chapitre suivant, nous verrons que différents matériaux ont différents moyens de se charger, par des expériences pour détecter la polarité.

2-2. Classification de l'électricité statique

1. Objectif pédagogique

Dans le chapitre précédent, nous avons appris que le phénomène électrostatique se produit par frottement entre deux matériaux. De plus, nous avons appris l'existence des deux types de forces électrostatiques (charges électrostatiques) : d'attraction et de répulsion, basé sur les expériences utilisant l'électroscope à boules (pendule électrique) et celui à feuilles. Cependant, nous ne savons pas encore déterminer si une charge électrostatique est « plus (+) » ou « moins (-) ».

Dans ce chapitre, nous apprendrons comment fonctionne la classification de l'électricité statique (si un matériau est chargé positivement ou négativement) en utilisant un coulombmètre.

2. Contexte historique

Au XVIII^e siècle, le politicien et scientifique américain Benjamin Franklin (1706 - 1790) désigna les deux types de charges électriques par une expérience utilisant de l'ambre et de la fourrure : « plus (+) » représenta le côté de la fourrure avec une surcharge électrique, et « moins (-) », le côté de l'ambre avec moins d'électricité.

Il est également connu pour son expérience utilisant une bouteille de Leyde au sol reliée à un cerf-volant près de nuages d'orage pour collecter leur charge électrique, ce qui est devenu la preuve que le tonnerre était fait d'électricité.

On le connaît en outre comme membre du comité de rédaction de la Déclaration d'indépendance des États-Unis et l'un de ses cinq signataires. Son portrait est représenté sur les billets de 100 dollars américains.

3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Rappeler que l'électricité statique se produit par frottement entre deux matériaux différents. ● Rappeler l'existence des deux types de forces électrostatiques (charges électrostatiques) : d'attraction et de répulsion. ● Rappeler que Franklin a désigné ces deux types de charges électriques comme étant respectivement « plus (+) » et « moins (-) ». ● Détecter le type de la charge électrique (plus/moins) d'une matière. ● Présenter le coulombmètre. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Révisions des chapitres précédents. 2. Les charges « plus (+) » et « moins (-) » ont été désignées par Benjamin Franklin. 	10 min

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
2	Démonstration du professeur	En utilisant un coulombmètre, déterminer la polarité et le degré de charge électrique (plus/moins) de différentes matières afin de comprendre que la résine acrylique est de charge positive « plus (+) », alors que le polychlorure de vinyle (PVC) est de charge négative « moins (-) ».	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faire attention à l'utilisation du coulombmètre. 2. Préparer à l'avance divers matériaux, dont le plastique, film, tissu, bois et métal. 3. Les valeurs mesurées dépendront de l'environnement de mesure. 4. Faire attention à ce que les électrodes chargées ne touchent pas le plateau métallique du coulombmètre. Si celui-ci est touché, la valeur mesurée sera drastiquement augmentée. 	25 min
3	Interprétation	<ul style="list-style-type: none"> ● Certains matériaux sont enclins à se charger positivement (« plus (+) »), et d'autres à se charger négativement (« moins (-) »). ● Les charges « plus (+) » et « moins (-) » ont été désignées par Benjamin Franklin. 	Ne pas s'attarder sur les petites déviations de mesures.	10 min
4	Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> ● La charge électrique (plus/moins) varie selon le matériau chargé. ● Séries triboélectriques : Le classement des matériaux montre ceux qui sont plus ou moins enclins à recevoir une charge électrique positive ou négative lorsqu'ils sont frottés. ● La résine acrylique se charge positivement (« plus (+) »), alors que le polychlorure de vinyle (PVC) se charge négativement (« moins (-) »). 		10 min

4. Expérience des élèves

Mesure de l'électricité statique avec un coulombmètre

Le type de charge électrique (plus / moins) ou la quantité électrique d'une matière ne peuvent pas être détectés par un électroscope à boules (pendule électrique) ou à feuilles : le coulombmètre sert justement d'instrument de mesure permettant de déterminer la polarité de la charge électrique d'une matière et/ou sa quantité électrique.

Nous allons utiliser un coulombmètre pour mesurer la charge d'électricité statique de différents matériaux, et arriver à la conclusion qu'il y a deux types de charges électriques : « plus (+) » et « moins (-) ».



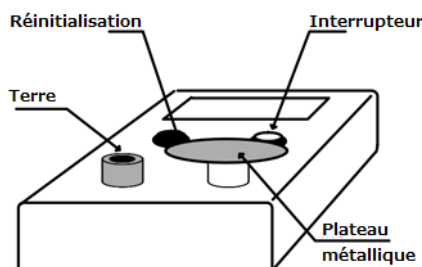
Coulombmètre simplifié (Narika B10-1206)

[Matériel :]

- Coulombmètre simplifié (Narika B10-1206)
- Électrode (résine acrylique ou PVC)
- Tissu en feutre ou laine
- Fil conducteur (avec fiches bananes)

[Instruction sur l'utilisation du coulombmètre :]

- « Interrupteur » : Allumer / éteindre l'interrupteur. Penser à éteindre le coulombmètre après utilisation pour économiser les piles.
- « Réinitialisation » : Appuyer ici pour réinitialiser la valeur mesurée, pour la décharge intégrée des condensateurs. Penser à réinitialiser le coulombmètre avant utilisation. (La valeur affichée doit être zéro.)
- « Terre » : La borne de terre. Elle doit être reliée à la terre pour une mesure stable.
- « Plateau métallique » : Le plateau de mesure pour la charge électrique.



[Procédure expérimentale :]

1) Allumer le coulombmètre et appuyer sur le bouton de réinitialisation pour faire revenir la valeur affichée à zéro.

NB : La valeur affichée peut ne pas revenir exactement à zéro : tant qu'elle en est proche, le coulombmètre fonctionnera correctement.

2) Frotter l'électrode en acrylique avec du tissu en feutre pour la charger.

3) Approcher l'électrode chargée près du plateau métallique pour enregistrer la valeur qui s'affichera.

NB : Prendre soin de ne pas toucher l'électrode avec le plateau métallique.

Enregistrer la valeur affichée sur le coulombmètre :

4) Appuyer sur le bouton de réinitialisation pour faire revenir la valeur affichée à zéro.

NB : La valeur affichée peut ne pas revenir exactement à zéro, mais cela ne posera pas de problème tant que la valeur affichée est proche de zéro.

5) Frotter l'électrode en PVC avec du tissu en feutre pour la charger.

6) Approcher l'électrode chargée près du plateau métallique pour enregistrer la valeur qui s'affichera.

NB : Faire en sorte que le plateau et l'électrode ne se touchent pas.

Enregistrer la valeur affichée sur le coulombmètre :

7) Continuer l'expérience en mesurant d'autres matériaux.

[Résultats de l'expérience :]

Matériaux de l'électrode	Valeurs mesurées
Électrode en acrylique	
PVC	

Matériau du tissu utilisé pour frotter l'électrode : Feutre Laine

[À noter pour la démonstration :]

- 1) Le coulombmètre risque de ne pas afficher zéro de manière stable et de fluctuer entre 0,1 et 0,5 nC.
- 2) Si l'électrode chargée touche le plateau métallique du coulombmètre, la valeur mesurée sera drastiquement augmentée. Attention à ce qu'ils ne se touchent pas.
- 3) Les valeurs mesurées par le coulombmètre varieront selon l'environnement de mesure et le degré de charge électrique des matières. Les valeurs mesurées ne sont pas absolues.

5. Description technique

- Une matière est électriquement neutre lorsque la valeur absolue d'une charge positive est toujours égale à la charge négative (des électrons). La charge électrique se produit lorsque par frottement entre deux matières différentes des électrons sont transférés d'un matériau à l'autre, produisant un manque et un excès d'électrons dans ceux-ci.
- La combinaison de ces deux matériaux détermine lequel est chargé positivement, et lequel est chargé négativement. Les séries triboélectriques sont des listes de matériaux ordonnées déterminées empiriquement, montrant celui qui a le plus tendance à devenir positif (+) et celui qui au contraire a le plus tendance à devenir négatif (-).

[Exemple de séries triboélectriques]

(+) résine acrylique < laine < verre < soie < coton < papier < fer < ébonite < nylon < PVC (-)

Il est à noter que les différents types de séries triboélectriques sont édités car la charge électrique des matières varie selon l'environnement et/ou la condition de leur surface.

Le professeur devra ainsi montrer aux élèves le résultat de l'expérience en utilisant un coulombmètre pour sa série triboélectrique.

Rappelons également que Benjamin Franklin a désigné par une expérience utilisant de l'ambre et de la fourrure les deux types de charges électriques, à une époque où le coulombmètre n'existait pas : le côté de la fourrure avec une surcharge électrique devint « plus (+) », et celui de l'ambre avec moins d'électricité, « moins (-) ». Cela a énormément aidé les études qui ont suivi sur l'électricité. N'oublions pas également qu'à l'époque, les électrons n'avaient pas encore été découverts.

Dans le chapitre suivant, nous ferons d'autres expériences sur les concepts de « plus » et « moins ».

2-3. Les conducteurs et isolants

1. Objectif pédagogique

Nous avons confirmé par des expériences que l'électricité statique a deux types de charges électriques : positive (+) et négative (-).

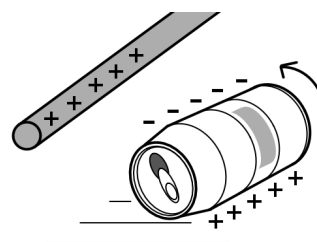
De plus, nous avons réalisé que la polarité de l'électrification dépend de (la combinaison de) matériaux frottés l'un contre l'autre. Dans ce chapitre, nous apprendrons par des expériences qu'il y a des types de matériaux par lesquels l'électricité passe facilement, et d'autres par lesquels elle ne peut pas le faire.

Les premiers sont appelés « conducteurs », et les seconds « isolants » (ou « non-conducteurs »).

2. Contexte général

Nos expériences nous ont montré que le métal permet à l'électricité de se déplacer. Cela signifie que certains électrons des atomes du métal se déplacent librement et à distance des atomes de substances métalliques. Ces électrons sont appelés « **électrons libres** ».

Prenons un exemple : en approchant un bâton chargé d'électricité par frottement près d'une canette vide, cette dernière sera attirée vers le bâton. Les électrons libres contenus dans la canette en métal sont attirés vers le bâton chargé positivement (+), et la première connaît alors un manque d'électrons libres : ce phénomène cause son attraction. Nous appelons ainsi le changement de polarité par influence de corps externe chargé d'électricité « **induction électrostatique** ». En d'autres termes, l'induction électrostatique est causée par la transmission d'électrons libres.

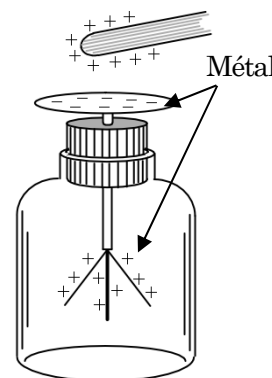


Les électrons des matériaux tels que le plastique, le bois, la pierre ou le caoutchouc ne sont pas facilement détachables de leur atome, si bien que l'électricité peut difficilement passer par eux.

Ces matériaux sont appelés « **non-conducteurs** », « **isolants** » ou « **matériaux diélectriques** ». Les matériaux ci-dessus sont des exemples typiques de ceux qui ne sont pas conducteurs d'électricité.

Le polyvinyle et la résine acrylique que nous avons utilisés dans nos expériences jusqu'ici sont des matériaux plastiques typiquement non-conducteurs (isolants).

Cependant, nos expériences d'électrification sont possibles grâce à l'apparition d'une charge électrique sur la surface de ces isolants, qui est due à la polarisation électrique dans les molécules des non-conducteurs qui a elle-même lieu à cause de l'influence de corps externes chargés (« **polarisation diélectrique** »).



3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Rappeler l'existence des deux types de charges d'électricité statique : « plus (+) » et « moins (-) ». ● Expliquer les types de matériaux qui permettent le passage des charges électriques, ainsi que ceux qui ne le permettent pas. ● Rappeler comment utiliser un électroscope à feuilles. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Rappeler aux élèves comment l'électricité statique est générée. 2) Expliquer les électrons libres. 3) Expliquer les conducteurs et isolants. 4) Expliquer comment réaliser l'expérience. 5) Expliquer comment utiliser un électroscope à feuilles. 	5 min
2	Expérience	<ul style="list-style-type: none"> ● Rappeler comment charger l'électroscope à feuilles. ● N'utiliser que du PVC ou de la résine acrylique comme électrode à charger, et la frotter avec du tissu en feutre ou laine. ● Faire attention à la manière dont les feuilles s'écartent ou non en approchant l'électrode (tester le matériel). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Charger suffisamment l'électroscope à feuilles. 2) Garder la salle de TP assez sèche. 3) Observer comment les feuilles s'écartent ou non. 	20 min
3	Interprétation	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser des métaux conducteurs pour l'expérience. ● Le métal contient des électrons libres qui déchargent la charge électrique contenue dans l'électroscope à feuilles. ● Si un corps chargé est approché d'une substance métallique, une polarisation électrique (charge électrique) se produit, grâce au phénomène d'induction électrostatique. ● Les matériaux non métalliques tels que le plastique sont appelés "non-conducteurs", "isolants" ou "matériaux diélectriques". ● Les matériaux non métalliques tels que le plastique n'ont pas d'électrons libres. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Le professeur doit commencer par enseigner aux élèves ne connaissant pas encore les électrons libres le principe du noyau des atomes et des électrons. 2) Utiliser de nombreux schémas et images pour que les élèves comprennent bien la transmission des électrons (moins, -). 3) L'électricité positive (plus, +) ne se transfère pas. 	10 min

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
		<ul style="list-style-type: none"> ● Les matériaux non métalliques tels que le plastique génèrent une induction électrostatique due à la polarisation diélectrique, avec l'influence du corps externe chargé. 		
4	Présentations des groupes	<ul style="list-style-type: none"> ● Arranger les présentations des résultats de chaque groupe d'élèves. ● Demander à chaque groupe comment ils ont déterminé si leur électrode (matériel de test) était conductrice ou isolante. 		15 min
5	Conclusion	<ul style="list-style-type: none"> ● Déterminer que les métaux sont conducteurs et les plastiques isolants. ● Faire progresser les élèves vers l'expérience d'induction électrostatique. 	Expliquer l'induction électrostatique et la polarisation diélectrique.	10 min

4. Expérience par les élèves

Expérience de confirmation de conducteur et d'isolant

Nous utiliserons l'électroscope à feuilles du chapitre 2-1-2 pour faire une expérience pour confirmer si les matériaux sont conducteurs ou non. La structure et l'utilisation de l'électroscope à feuilles sont à rappeler aux élèves.

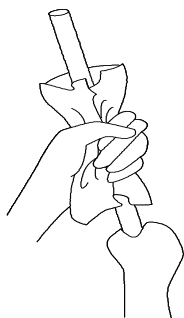
Nous allons charger l'électroscope à feuilles positivement (+) ou négativement (-), puis nous toucherons le matériau que nous voulons tester avec la borne métallique (plateau) de l'électroscope. Nous observerons si les feuilles de ce dernier bougent, ce qui nous confirmera la conductivité ou non du matériau testé.



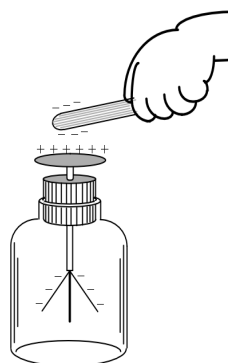
[Matériel :]

- Électrode (chlorure de vinyle, PVC, résine acrylique)
- Pièce de tissu en feutre ou laine
- Électroscope à feuilles (Narika Cat. No. B10-1170)
- Plaque en PVC (sous-main)
- Matériaux de test : clou en métal, verre, papier, bois et autres

[Procédure expérimentale :]



1) Charger négativement l'électrode en PVC (bâton de charge) en le frottant avec du tissu en feutre.



2) Approcher l'électrode en PVC chargée près du plateau métallique de l'électroscope à feuilles et confirmer que les feuilles s'écartent.



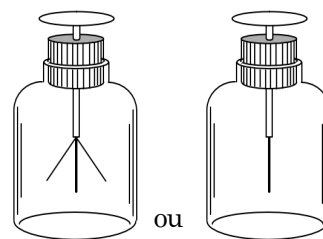
3) Lorsque les feuilles de l'électroscope s'écartent, frotter l'électrode sur le plateau métallique pour transférer la charge électrique.



4) Éloigner l'électrode du plateau métallique et confirmer que les feuilles de l'électroscope sont toujours écartées. Si les feuilles ne restent pas écartées, alors la charge n'était pas suffisante. Dans ce cas, répéter le processus de 1) à 3) et faire en sorte que les feuilles restent écartées.



5) Maintenir le matériau testé en main et toucher le plateau métallique avec.



6) Prendre note de l'état des feuilles de l'électroscope.

7) Remplacer l'électrode en PVC par un bâton en acrylique et charger celui-ci négativement avec du tissu en feutre.

8) Répéter le processus de 1) à 6).

[Résultats de l'expérience :]

	État des feuilles		Conducteur ou non-conducteur
	Électrode en PVC	Électrode en résine acrylique	
Clou en métal			
Verre			
Papier			
Bois			
Acrylique			
PVC			

*Si les feuilles s'écartent, écrire « ÉCARTÉES », sinon, « RAPPROCHÉES ».

5. Interprétation des résultats de l'expérience

Lorsqu'elle est frottée avec du tissu en feutre, la surface du PVC est chargée négativement, comme on le voit dans les séries triboélectriques mentionnées dans l'expérience du chapitre 2-2, « Mesure de l'électricité statique avec un coulombmètre ».

Lorsqu'une électrode en PVC chargée négativement est rapprochée du plateau métallique d'un électroscope à feuilles, ces dernières s'écartent, de par la charge électrique négative causée par les électrons transférés de manière répulsive de la surface du plateau aux feuilles. Le plateau est ensuite chargé positivement à cause du manque d'électrons.

Si l'électrode en PVC est alors éloignée du plateau métallique, les feuilles se rapprochent, car les électrons retournent dans le plateau métallique, ce qui maintient la neutralité électrique. Cela avait déjà été confirmé dans l'expérience du chapitre précédent 2-1-2, « Électroscope à feuilles »a.

Parallèlement, si une électrode en PVC chargée négativement touche et frotte contre le plateau métallique, la charge électrique négative de l'électrode est transférée au plateau attiré par la charge positive ; ce dernier deviendra d'abord électriquement neutre, puis il sera chargé négativement après avoir reçu l'excès d'électrons de l'électrode en PVC. Ainsi, la charge électrique négative est conservée dans l'électroscope à feuilles qui sera touché par les matériaux de test.



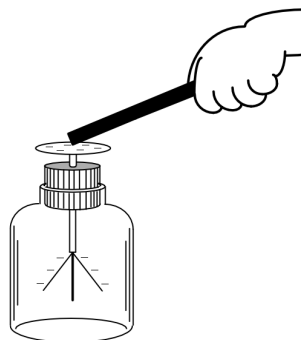
Transfert de charge électrique



Conservation de charge électrique négative

Les feuilles de l'électroscope restent écartées si elles sont touchées par un matériau de test isolant, car les charges électriques (électrons) ne sont pas transférées du plateau métallique au matériau de test.

Les feuilles de l'électroscope se rapprochent si elles sont touchées par un matériau de test conducteur (métallique), car les charges électriques (électrons) sont transférées du plateau métallique au matériau de test ; ces électrons sont déchargés s'ils passent dans le corps humain.



Utilisation d'une
électrode isolante



Utilisation d'une
électrode conductrice

6. Mots-clés techniques

[Principe de conservation de la charge :]

La charge électrique est :

- la propriété physique d'une matière qui lui fait connaître une force lorsqu'elle est proche d'une autre matière chargée électriquement,
- l'électricité d'une entité chargée (corps chargé), dont la quantité est la « quantité d'électricité », et dont l'unité est le coulomb, Q.

En général, un phénomène électrique se produit par transfert de charge électrique. Enfin, si la quantité de charge électrique augmente sur un point, la même quantité de charge électrique est réduite sur un autre point.

En physique, la conservation de la charge est le principe selon lequel la charge électrique ne peut être ni créée, ni détruite. La quantité nette de charge électrique, c'est-à-dire la quantité de charge positive moins la quantité de charge négative dans l'univers, est toujours préservée. La première constatation écrite de ce principe est celle du scientifique et homme d'État Benjamin Franklin en 1747.

Il s'agit du principe selon lequel la charge électrique totale d'un système isolé reste constante, quels que soient les changements dans ce même système.

[Conducteurs et isolants (non-conducteurs) :] (Voir 2. Contexte général)

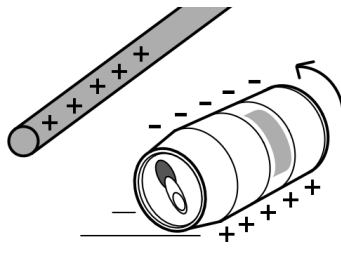
Les matériaux peuvent être classifiés en deux types : les conducteurs qui permettent le passage de l'électricité et les isolants qui l'empêchent. Le métal est le matériau conducteur type.

Le comportement d'un objet chargé dépend selon que celui-ci est fait d'un matériau conducteur ou isolant. Les conducteurs comme le cristal métallique sont des matériaux qui permettent le passage libre des électrons d'un atome à un autre, et d'une molécule à une autre (électrons libres).

À l'inverse, les isolants électriques sont des matériaux, comme le plastique, le bois, la pierre ou le caoutchouc, dont les charges électriques internes ne se déplacent pas librement, et ne conduisent donc pas le courant électrique sous l'influence d'un champ électrique. Ces matériaux sont appelés « **non-conducteurs** », « **isolants** » ou « **matériaux diélectriques** ».

[Induction électrostatique :] (Voir 2. Contexte général)

À titre d'exemple concret, si on approche un bâton chargé d'électricité par frottement près d'une canette vide, alors cette dernière sera attirée vers le bâton. Les électrons libres contenus dans la canette en métal sont attirés vers le bâton chargé positivement (+), et la première connaît alors un manque d'électrons libres : ce phénomène cause son attraction. Nous appelons ainsi le changement de polarité par influence de corps externe chargé d'électricité « **induction électrostatique** ».



[Polarisation diélectrique :]

La polarisation diélectrique se produit également dans les matériaux autres que le métal. Dans le cas de matériaux polarisés comme l'eau, la direction positive ou négative de la molécule est alignée lorsqu'un corps chargé est approché, et les charges électriques finissent par apparaître à la surface.

À l'inverse, dans le cas de matériaux non-polarisés, une charge électrique apparaît sur la surface affectée par un corps externe chargé.

Ce phénomène est appelé polarisation diélectrique. L'induction électrostatique se produit à cause de la polarisation diélectrique.

2-4. Comprendre « l'induction électrostatique »

1. Objectif pédagogique

Dans les chapitres précédents, nous avons fait des expériences sur l'électricité statique comme il suit :

En frottant deux matériaux, de l'électricité statique se produit. L'électricité statique a deux types de charges : + (plus) et - (moins). Lorsque deux entités ont la même polarité, elles se repoussent l'une l'autre, alors que deux entités de polarités différentes s'attirent. La combinaison des matériaux à frotter l'un avec l'autre détermine la polarité de la charge statique. De plus, nous avons fait des expériences avec des conducteurs et des isolants.

Dans cette section, nous ferons des expériences sur « l'induction électrostatique » et étudierons plus en profondeur l'électricité statique.

Les élèves se demandent peut-être pourquoi l'électricité statique peut n'être générée que par simple frottement entre deux matériaux, tandis que l'énergie électrique a besoin d'être produite dans des centrales : ce chapitre vise à répondre à cette question, en se basant sur des expériences approfondies sur l'induction électrostatique.

2. Contexte historique

John Canton (1718 - 1772, Royaume-Uni)

L'électrostatique était le domaine de recherche de prédilection de Canton. Il a publié des articles sur l'induction électrostatique dans le journal scientifique *Philosophical Transactions* en 1753 et 1754. Il est également connu comme l'inventeur du pendule électrique, un appareil simple utilisé pour étudier la charge électrique entre des tubes de verre, de la cire, de la soie, etc. basé sur deux boules se repoussant / s'attirant.

Les découvertes scientifiques qu'il a faites à travers ses expériences et observations sont des contributions inestimables pour le futur des sciences.

Ses expériences ont également été reprises et améliorées par Franklin et Aepinus.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:John_Canton_from_NPG.jpg

Luigi Galvani (1737 - 1798, Italie)

En 1791, Galvani publia son article « De viribus electricitatis in motu musculari (les forces électriques dans le mouvement musculaire) », dans lequel il affirme que « l'électricité animale » conservée dans les organismes cause un phénomène électrique, comme dans la contraction musculaire des pattes de grenouilles. Celui-ci fut appelé « voltaïsme » par Alessandro Volta, professeur de physique.

L'appareil utilisé dans ce chapitre est appelé « galvanomètre », il a été conçu pour détecter un courant électrique très faible. La version la plus ancienne de celui-ci date du 16 septembre 1820, et créée par Johann Schweigger de l'université de Halle, en Allemagne.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Luigi_Galvani_oil-painting.jpg

3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	Rappel : <ul style="list-style-type: none"> ● « Les conducteurs et isolants », ● « La polarisation diélectrique », ● « L'induction électrostatique », 	Présentation du galvanomètre et de son utilisation	5 min
2	Expérience	<ul style="list-style-type: none"> ● Utilisation du galvanomètre ● La charge électrique diffère selon le matériau dans lequel l'électrode est faite 	1) Le galvanomètre peut facilement être endommagé : penser à le manipuler avec précaution. 2) Attention à ce que la / les plaque(s) métallique(s) ne touchent pas la paillasse.	20 min
3	Interprétation	<ul style="list-style-type: none"> ● Expliquer le phénomène d'induction électrostatique qui se produit lorsqu'une électrode chargée est approchée d'un conducteur (métal). ● Expliquer le phénomène d'induction électrostatique qui se produit lorsqu'une électrode chargée d'un matériau différent est approchée d'un conducteur (métal). 	1) Les électrons libres dans le métal sont primordiaux. 2) Seuls les électrons (moins, -) sont transférés. 3) Les « plus (+) » ne se transfèrent pas, même s'ils ont l'air de se déplacer.	10 min
4	Présentation des résultats	<ul style="list-style-type: none"> ● Préparer la présentation des résultats de chaque groupe. ● Demander à chaque groupe quel serait le résultat si un isolant était utilisé à la place d'un conducteur. 	1) Les électrons libres 2) L'induction électrostatique 3) Les conducteurs et isolants	15 min
5	Conclusion			10 min

Un galvanomètre de haute sensibilité est recommandé : une version normale n'est pas adaptée.

4. Expérience par les élèves

Expérience sur l'induction électrostatique

Nous utiliserons le galvanomètre de droite pour l'expérience sur l'induction électrostatique.

Le galvanomètre est un appareil qui détecte le courant électrique très faible.

Il tient son nom du scientifique italien Luigi Galvani (1737 - 1798). Galvani était médecin et physicien, et il a découvert qu'en choquant les nerfs d'une grenouille avec des décharges électriques, celle-ci bougeait : cela a permis de lancer la recherche sur la bioélectricité.

Nous utiliserons un galvanomètre pour détecter le courant électrique faible et faire une expérience sur l'induction électrostatique.



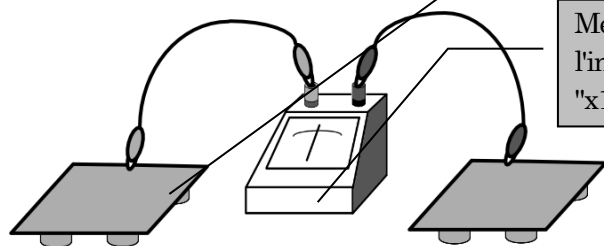
Galvanomètre (amplificateur) GM6000
(Narika A05-7120)

[Matériel :]

- Électrode (polychlorure de vinyle (PVC), acrylique)
- Pièce de tissu en feutre ou laine
- Galvanomètre (avec amplificateur) GM6000 (Narika A05-7120)
- 2 plaques en aluminium (100 x 100 x 1 mm)
- 6 à 8 bouchons en caoutchouc ou liège (isolants)
- Fil conducteur avec des pinces crocodiles (un rouge et un noir)

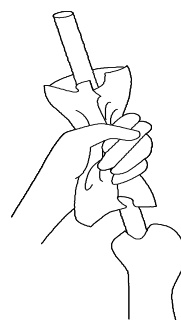
Préparer autant de types de matériaux que possible.

[Procédure expérimentale :]



Mettre l'interrupteur sur "x1000".

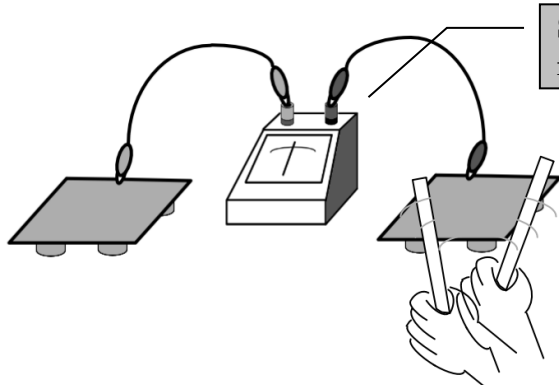
Attention à ce que la/les plaque(s) métallique(s) ne touchent pas la pailleuse.



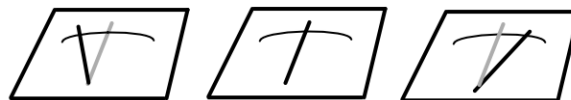
1) Mettre la plaque en aluminium sur 3 ou 4 bouchons en caoutchouc. (Le faire pour les deux plaques en aluminium.) Les plaques deviennent ainsi des électrodes. Connecter les deux plaques avec le galvanomètre par les fils conducteurs avec les pinces, comme sur le schéma : un appareil expérimental est ainsi mis en place.

2) Charger négativement une électrode en PVC en la frottant avec un tissu en feutre.

Guide du professeur



Selon que l'électrode sera plus ou moins frottée, l'aiguille déviara plus ou moins.



3) Approcher l'électrode chargée en PVC près d'une plaque en aluminium (également devenue une électrode), et l'éloigner. Ne pas les faire se toucher.

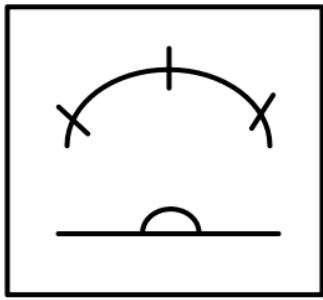
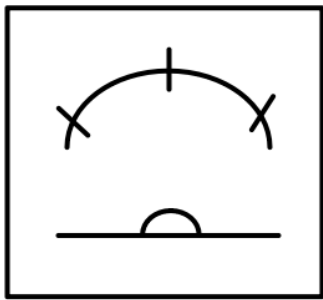
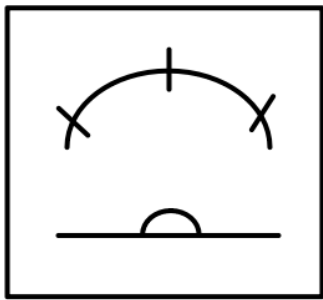
4) L'aiguille de l'appareil bougera.

5) Approcher de la même façon le bâton chargé en PVC près de l'autre plaque en aluminium et l'éloigner.

6) Refaire la même expérience avec cette fois un bâton en acrylique.

7) Noter les résultats sur une feuille (écrire la direction dans laquelle l'aiguille est allée).

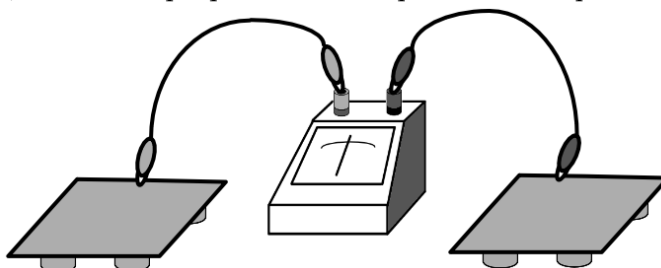
	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Approcher l'électrode de l'une des deux plaques. Position de la plaque par rapport au galvanomètre au centre. </div>
<hr/> <hr/>		
	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<hr/> <hr/>
	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<hr/> <hr/>

	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<hr/> <hr/>
	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<hr/> <hr/>
	Type d'électrode utilisée	
	Plaque utilisée (gauche ou droite)	
	Lorsque l'électrode est approchée	
	Lorsque l'électrode est éloignée	
	Observations et autre	<hr/> <hr/>

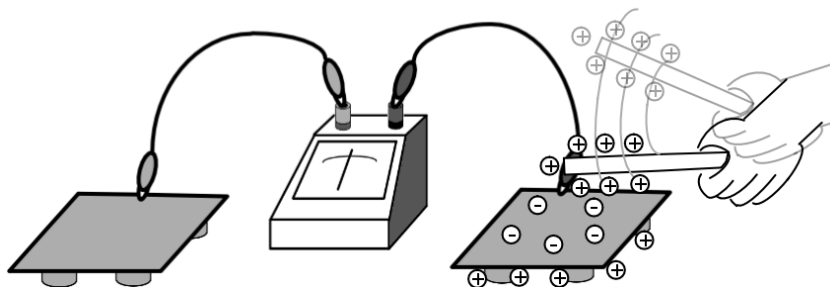
5. Interprétation des résultats de l'expérience

La modification par l'électrode de la direction de l'aiguille du galvanomètre signifie un transfert d'électrons (-). Rappelons que les charges positives (+) ne se transfèrent pas.

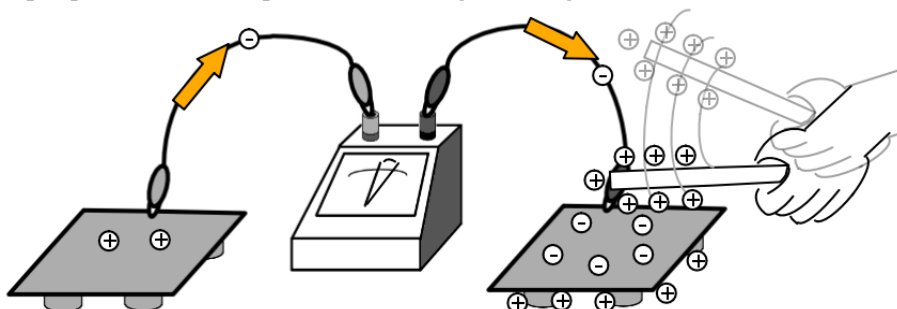
1) Si l'on connecte deux plaques en aluminium comme ci-dessous, avec le galvanomètre au milieu, alors les électrons (-) ne bougent pas, car les deux plaques sont électriquement identiques.



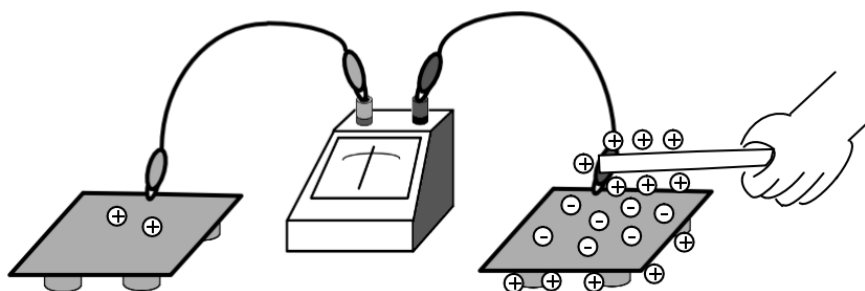
2) En approchant près de l'une des plaques en aluminium une électrode en acrylique chargée positivement après avoir été frottée avec du tissu en feutre, la surface supérieure de la plaque est chargée négativement, et celle inférieure est chargée positivement. Cependant, ces charges ne sont pas équivalentes électriquement.



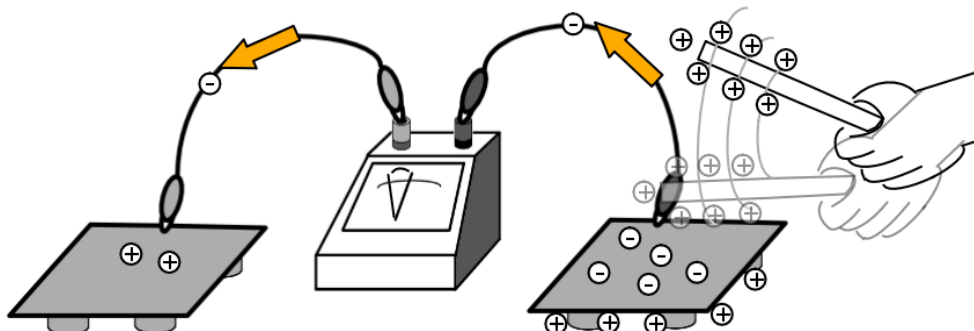
3) Ainsi, afin de neutraliser électriquement la plaque en aluminium, des charges négatives (électrons) sont transférées vers la plaque suivante, ce qui fait dévier l'aiguille du galvanomètre vers la droite.



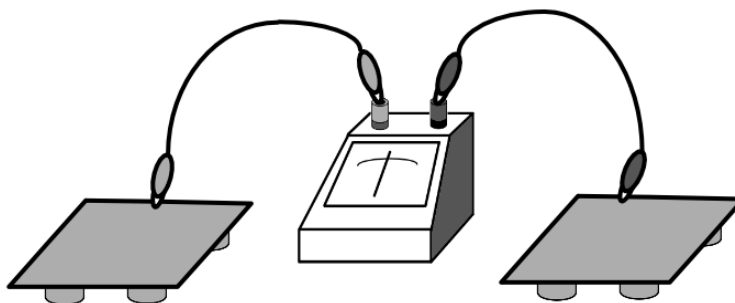
4) L'aiguille revient rapidement au centre, car la plaque en aluminium reste électriquement neutre, du moment que l'électrode n'est pas déplacée et qu'aucun transfert de charge négative n'a lieu.



5) Ensuite, si l'électrode est déplacée, l'aiguille du galvanomètre dévie dans la direction opposée, car l'excès de charges négatives sur la plaque en aluminium les fait être transférées.



6) Le circuit complet est électriquement neutre si l'électrode est gardée suffisamment éloignée de la plaque en aluminium.



Lorsqu'une électrode en PVC chargée négativement est utilisée à la place, l'aiguille dévie de la même manière, de par le transfert de l'excès de charges négatives. Rappelons que les charges électriques qui se transfèrent sont des électrons libres : les charges positives (+) ne bougent pas.

De plus, des expériences comparatives très utiles peuvent être faites en utilisant des plaques isolantes en acrylique ou PVC à la place de celles conductrices en aluminium. Ces expériences avec des isolants peuvent aider les élèves à comprendre que les charges négatives (-) sont transférées et provoquent le courant électrique.

De plus, ils peuvent réaliser que la quantité nette de charges électriques (quantité de charges positives moins celle de charges négatives dans le système) est toujours préservée, ce qui leur permet de confirmer le principe de conservation de la charge.

3. Générateur électrostatique : « Genecon statique »

1. Objectif pédagogique

Ce chapitre est un résumé de l'apprentissage par expérience vu jusqu'ici sur l'électricité statique. L'objectif pédagogique de ce chapitre est de rappeler ce que nous avons appris jusqu'ici (du chapitre 1 au 2.4) par des expériences, afin de nous familiariser avec l'interprétation correcte de chaque phénomène expérimental.

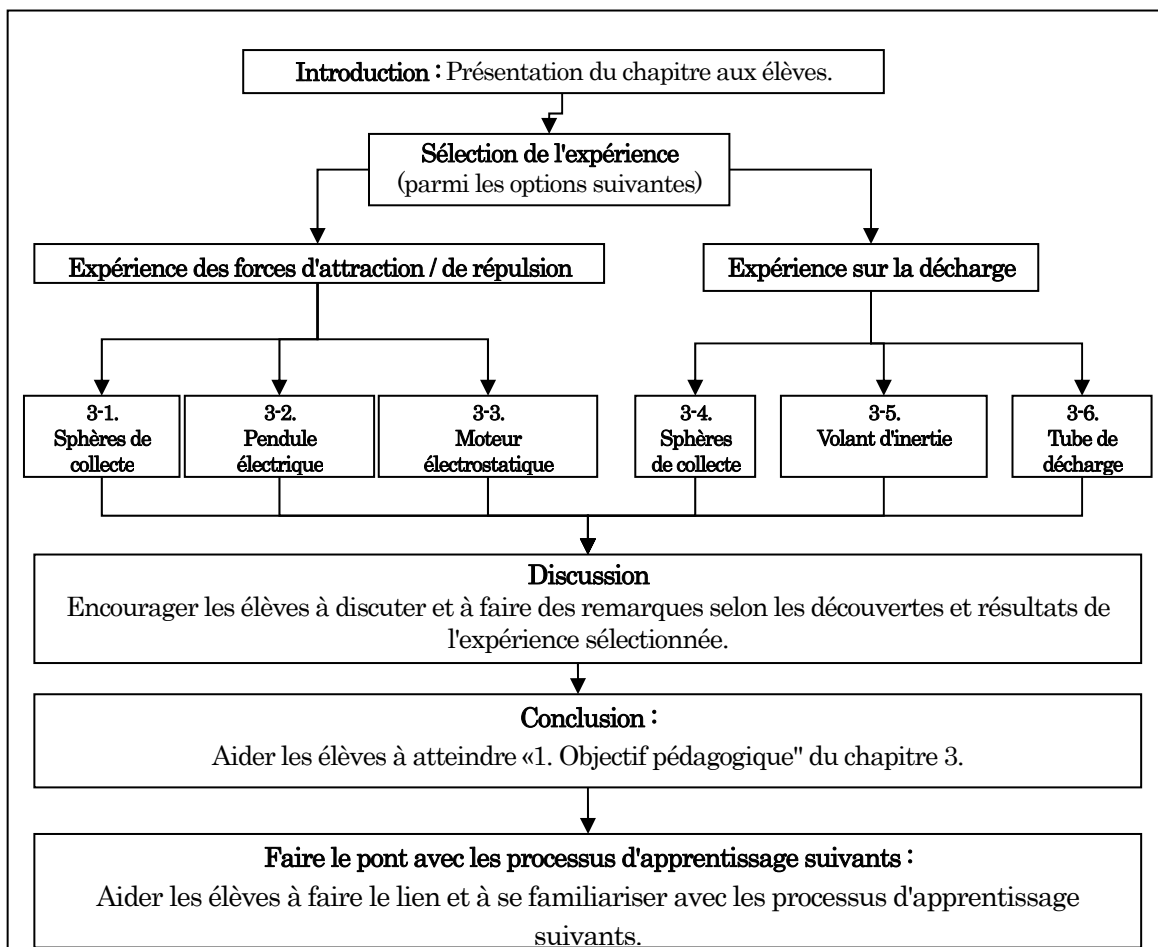
De plus, les professeurs peuvent sélectionner certaines expériences de ce chapitre selon le niveau d'apprentissage de leurs élèves.

2. Contexte historique

Comme il a été mentionné, ce chapitre vise à rappeler les précédents, pour mieux comprendre ce qui a été appris jusqu'ici. Dans l'histoire scientifique, la découverte de la bioélectricité par Galvani a été suivie des découvertes des cellules voltaïques et du théorème d'Ampère, ainsi que du passage de l'étude de l'électricité statique à l'électricité dynamique.

3. Plan du cours

La durée d'un chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.



	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<p>1. L'électricité statique est dite « de frottement », elle se produit par frottement entre deux matériaux différents.</p> <p>2. Il y a deux types de charges électrostatiques : « plus (+) » et « moins (-) ».</p> <p>3. Deux charges électriques de même type se repoussent, et deux de types différents s'attirent.</p> <p>4. L'induction électrostatique se produit lorsqu'une électrode chargée est approchée d'un autre matériau en provoquant une charge électrique.</p> <p>5. Un conducteur produit une charge électrique lorsqu'une électrode chargée est approchée, tandis qu'un non-conducteur (isolant) n'en produit pas.</p>	<p>1. Rappeler les expériences présentées dans les chapitres précédents.</p> <p>2. Interroger les élèves sur les propriétés de l'électricité statique.</p>	10 min
2	Démonstration du professeur sur : 1. Les forces d'attraction / de répulsion, 2. La décharge.	<p>1. Expliquer la structure du « Genecon statique » ainsi que le mécanisme de génération électrostatique.</p> <p>2. Démonstration avec un « Genecon statique ».</p>	<p>1. Penser à faire un essai préliminaire suffisant.</p> <p>2. Déshumidifier suffisamment la classe.</p> <p>3. Selon le type d'expérience, réduire la lumière dans la pièce.</p>	10 min
3	Expérience par groupes d'élèves	<p>1. Aider les élèves à faire l'expérience selon la feuille de cours.</p> <p>2. Donner des astuces et les étapes de l'expérience aux élèves et inscrire les observations des groupes.</p>	<p>1. Guider les élèves pour qu'ils notent bien les résultats de leur expérience, même lorsque leur procédure n'est pas correcte.</p> <p>2. Donner assez de temps aux élèves pour leur expérience.</p>	30 min
4	Présentation des résultats (conclusion des élèves)	<p>1. Aider les élèves à résumer les résultats de leur expérience.</p>	<p>1. Un moment de discussion au sein des groupes d'élèves est recommandé pour une meilleure assimilation.</p> <p>2. Donner des devoirs à la classe peut également être crucial pour qu'ils comprennent mieux.</p>	5 min

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
5	Conclusion	Conclure le chapitre en aidant les élèves à faire le lien et à se familiariser avec les processus d'apprentissage sur l'électricité statique suivant.	1. L'électricité statique se produit-elle par frottement entre deux matériaux différents, quel que soit leur type ? 2. Que sont les forces d'attraction / de répulsion de l'électricité statique ? 3. Qu'est-ce que la décharge électrique ?	5 min

4. Démonstration du professeur

En cas de démonstration du professeur, ne pas oublier de souligner chaque étape du processus. Utiliser des outils comme un appareil photo digital connecté à un moniteur pour que les élèves voient et comprennent mieux.

En plus de la démonstration du professeur, penser à donner aux élèves la possibilité de faire les expériences eux-mêmes en groupe, pour qu'ils comprennent mieux.

5. Discussion

Un moment de discussion au sein des groupes d'élèves est recommandé durant la séquence de présentation des résultats. Les élèves peuvent n'avoir qu'une compréhension vague de l'électricité statique, de par son invisibilité, même en ayant effectué les expériences. Une discussion entre les élèves leur donnera une véritable occasion de mieux comprendre le sujet.

Le professeur doit faire de son mieux pour aider les élèves à suivre le processus « considérations individuelles → discussion en groupe → discussion avec la classe entière → conclusion », plutôt que de demander à chaque élève d'arriver à sa propre conclusion individuellement.

6. Conclusion (faire le pont avec les processus d'apprentissage suivants)

Après avoir terminé le processus mentionné, le professeur conclue le cours et passe aux suivants, en mettant l'accent sur les expériences.

3. Générateur électrostatique : « Genecon statique »

Nous savons qu'en frottant du plastique avec du feutre ou un autre type de tissu de l'électricité statique sera générée. Nous avons également confirmé de diverses manières les propriétés de ce phénomène. Nous avons de plus appris qu'il y avait deux types de charges électrostatiques. En outre, il est possible de conserver l'électricité statique grâce aux inventions de la bouteille de Leyde et l'électrophore. En les utilisant, nous pouvons conserver une plus grande quantité d'électricité statique, ce qui permet d'en utiliser plus au cours d'expériences. Grâce à ces inventions, la recherche sur l'électricité statique s'est accélérée.

En 1929, Robert J. Van de Graaff (1901 - 1967, États-Unis), inventa le générateur électrostatique à haute tension, alors qu'il tentait de créer un accélérateur de particules. On appelle cette machine : le générateur de Van de Graaff. Celui-ci peut générer un courant électrique bas, mais accumuler de grandes quantités de tension. Il est souvent employé pour les expériences scolaires.

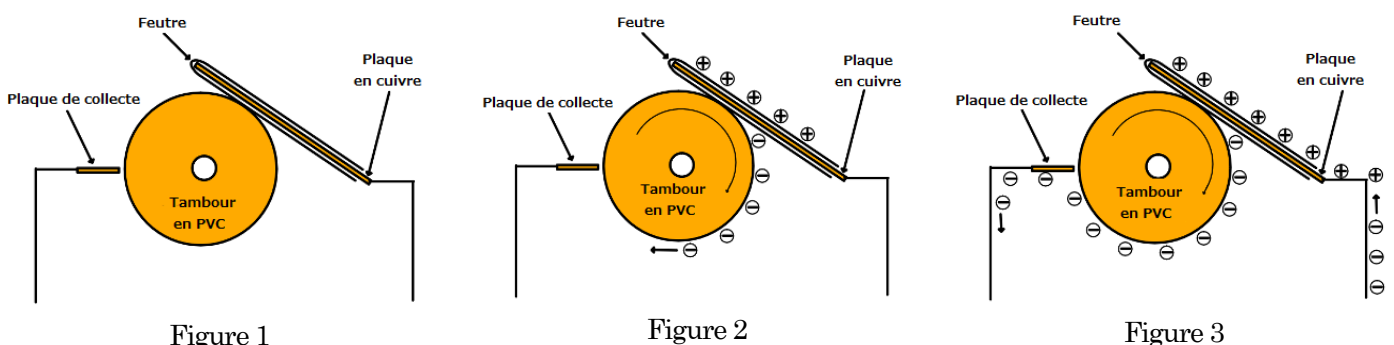
Dans ce chapitre, nous utiliserons le « Genecon statique » qui génère de l'électricité statique en continu de la même manière que le générateur de Van de Graaff, afin de réaliser différentes expériences. Par exemple : des expériences sur la charge et la décharge ou sur les forces de répulsion et d'attraction. Nous analyserons le comportement observable dans ces expériences afin de mieux comprendre l'électricité statique.

Le « Genecon statique », conçu par l'entreprise Narika, est une version plus petite du générateur de Van de Graaff. Ci-dessous, vous trouverez une explication simple de son mode d'opération. Le principe de base est qu'en frottant deux entités l'une contre l'autre, de l'électricité statique est générée.

Dans les schémas suivants, une version simplifiée de la structure interne du Genecon statique est représentée. Du feutre renforcé de cuivre est en contact avec un tambour en PVC. Pour collecter la charge électrique générée à la surface du tambour en PVC, il y a un collecteur fait en métal (figure 1).

Si vous tournez doucement la manivelle du Genecon statique, le tambour en PVC tournera et frotera le feutre. Par ce frottement, une charge négative est générée sur le tambour en PVC, et une positive l'est sur le feutre. L'électricité statique ne se déplace pas sur la surface d'un non-conducteur, si bien que lorsque le tambour en PVC est tourné, de l'électricité statique de charge négative est formée à sa surface et transférée vers la plaque de collecte.

Comme la plaque de collecte et le tambour en PVC ne sont pas en contact, à cause de la charge négative à la surface du tambour, la plaque de collecte sera électrisée et la charge négative à la surface du tambour sera neutralisée. La charge négative se déplacera facilement dans le conducteur, de par l'induction électrostatique de la plaque de collecte. La charge positive générée à la surface du feutre recevra en outre la charge négative de la plaque métallique en cuivre dans le feutre, si bien que ce dernier sera électriquement neutralisé (cela ressemble à un transfert de charge positive. Voir figures 2 et 3.)



3-1. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec une sphère de collecte en aluminium

1. Objectif pédagogique

Nous avons appris qu'il y a deux types de charges d'électricité statique : deux types identiques se repoussent, et deux différents s'attirent. Dans ce sous-chapitre, nous ferons une expérience d'application dans laquelle les élèves peuvent interpréter et présenter leurs résultats avec les symboles plus (+) ou moins (-).

2. Contexte historique

Dans ce sous-chapitre, nous utiliserons un Genecon statique qui génère en continu de l'électricité statique. Il a été conçu par l'entreprise Narika en 2007, pour que les élèves puissent faire l'expérience de manière sûre, en utilisant moins de 10 000 V, c'est-à-dire autant qu'un choc d'électricité statique que nous pouvons recevoir dans la vie de tous les jours.

Entre 1880 et 1883, James Wimshurst (1832 - 1903, Royaume-Uni) a inventé le premier générateur électrostatique, appelé « machine de Wimshurst » (dite « à influence »). Comme on le voit sur la photo ci-dessous, elle consiste en deux disques, des bouteilles de Leyde et d'autres parties. Le mécanisme pour stocker la charge électrique dans les bouteilles de Leyde est de faire tourner chacun des deux disques de manière opposée. Ce mécanisme est caractérisé par la génération d'électricité statique utilisant le principe d'induction électrostatique à la place du frottement. Normalement, ce générateur produit plus de tension et de courant que le Van de Graaff.

Par la suite, en 1929, Robert J. Van de Graaff inventa un générateur électrostatique à haute tension, appelé : le générateur de Van de Graaff. Comparé à la machine de Wimshurst, il peut générer plus de tension avec relativement peu de courant, grâce à son mécanisme pour stocker l'électricité statique dans une sphère de collecte par frottement entre la bande rotative et les rouleaux. Aujourd'hui, le générateur Van de Graaff est largement utilisé pour la démonstration de l'électricité statique dans les établissements scolaires.



Machine de Wimshurst

http://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_de_Wimshurst



Générateur de Van de Graaff

(Narika B10-1324)

3. Plan du cours

La durée d'un sous-chapitre selon ce plan de cours est d'une heure (60 minutes) : c'est pourquoi vous devez calculer votre propre temps de séquences selon les différentes portions de temps du tableau suivant.

3-1. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec une sphère de collecte en aluminium				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	1. Présentation du Genecon statique. 2. Expliquer qu'il y a deux types de charges d'électricité statique : deux types identiques se repoussent, et deux différents s'attirent. 3. Expliquer que l'induction électrostatique qui se produit lorsqu'un matériau chargé est approché d'un conducteur (métal), dans lequel une charge hétérogène est générée.	1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents.	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	1. Expérience sur l'absorption électrostatique avec un Genecon statique et une sphère de collecte en aluminium. 2. Démonstration du professeur pour les élèves.	1. Garder la salle de TP assez sèche. 2. Utiliser des mouchoirs secs. 3. Les morceaux de mouchoirs doivent être de moins de 5 mm de côté.	40 min
3	Conclusion	1. Les morceaux de mouchoirs chargés de manière hétérogène seront attirés par la sphère de collecte à cause de l'induction électrostatique. 2. Les morceaux de mouchoirs sur la surface de la sphère seront ensuite chargés de manière homogène et repousseront la sphère.	1. Rappeler les expériences précédentes. 2. Encourager la discussion au sein des groupes d'élèves.	10 min

3-1. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec une sphère de collecte en aluminium

Nous avons réalisé des expériences sur les forces d'attraction et de répulsion de l'électricité statique (force de Coulomb) avec un bâton de charge et un pendule électrique. Dans ce sous-chapitre, nous en ferons une autre avec un Genecon statique et une sphère de collecte en aluminium.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324)
- Sphère de collecte en aluminium : 1 exemplaire (Narika B10-1324-03)
- Mouchoirs : Plusieurs



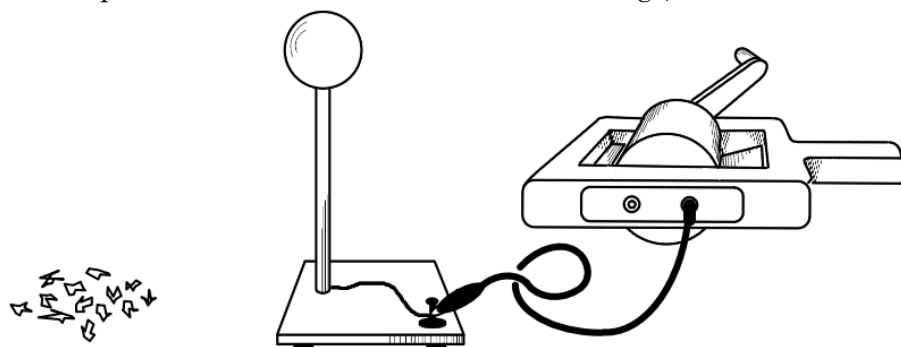
Genecon statique (Narika B10-1324)



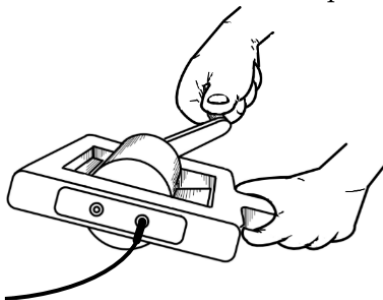
Sphère de collecte en aluminium
(Narika B10-1324-03)

[Procédure expérimentale :]

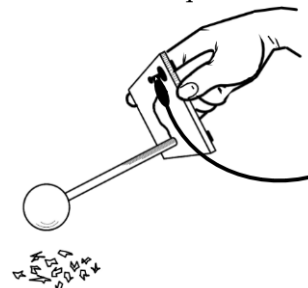
- 1) Mettre les élèves deux par deux.
- 2) Connecter le câble rouge inclus à la borne rouge du Genecon statique (ne pas utiliser le noir).
- 3) Connecter l'autre côté du câble rouge à la sphère de collecte en aluminium, comme indiqué sur le schéma ci-dessous.
- 4) Déchirer les mouchoirs pour faire 10-20 morceaux de 3 à 5 mm de large, et les étaler sur la table.



Morceaux de mouchoirs Sphère de collecte en aluminium Genecon statique

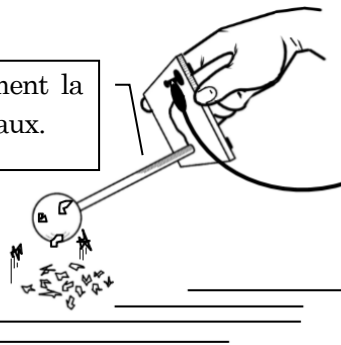


- 5) Un élève tourne lentement la manivelle du Genecon statique.



- 6) L'autre tient la sphère de collecte en aluminium au-dessus des morceaux de mouchoir. Ne pas toucher l'électrode.

Approcher lentement la sphère des morceaux.

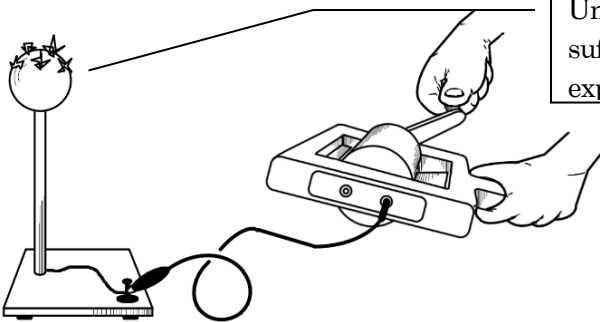


7) Approcher lentement de plus en plus la sphère de collecte en aluminium des morceaux de mouchoirs.

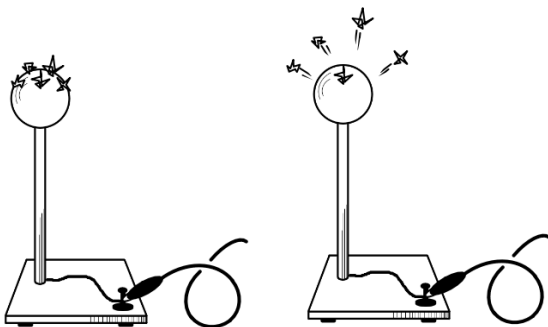
8) Attendre que les morceaux commencent à sauter vers la sphère de collecte en aluminium.

9) Lorsque les morceaux de mouchoirs sont attachés à la sphère de collecte en aluminium, les remettre lentement sur la table.

Un ou deux morceaux sont suffisants pour cette expérience.



10) Continuer à tourner la manivelle du Genecon statique.



11) Après quelques temps, les morceaux commencent à voler.

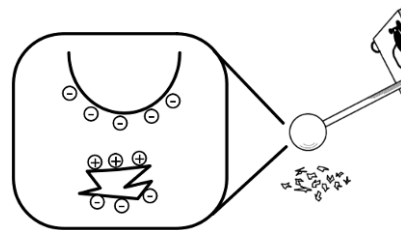
Question 3-1

Les morceaux de mouchoirs étaient au départ attachés à la surface de la sphère de collecte en aluminium, mais ils ont malgré tout volé de la sphère. Pourquoi ? S'interroger sur la question et écrire la raison en dessous.

Par exemple, comme on peut le voir sur la figure à droite, lorsqu'une sphère dont la surface est chargée négativement est approchée de mouchoirs, une induction électrostatique a lieu dans les mouchoirs dont la surface (plus proche de la sphère) est chargée positivement.

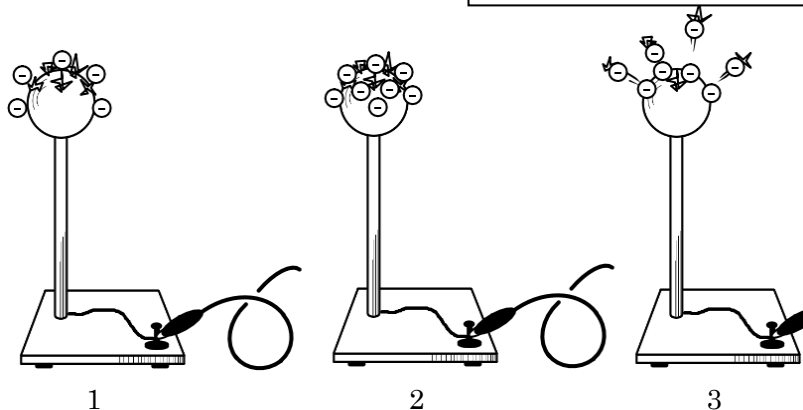
Comme les mouchoirs sont assez légers, ils sont attirés vers la sphère lorsqu'elle s'approche assez d'eux pour que les charges plus et moins soient attirées les unes aux autres.

Les mouchoirs attirés vers la sphère seront neutralisés



Ensuite, les mouchoirs sont chargés négativement après avoir reçu des charges moins de la sphère.

Ainsi, les mouchoirs devenant du même type de charge, ils repoussent la sphère et s'envolent (voir la figure ci-dessous).



Notes

Mots-clés :

- Il y a deux types de charges (d'électricité statique).
- Deux charges du même type se repoussent
- et deux charges de types différents s'attirent.
- L'induction électrostatique se produit lorsqu'un matériau chargé est approché d'un conducteur (métal), dans lequel une charge hétérogène est générée.

3-2. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec un pendule électrique

1. Objectif pédagogique

Nous avons appris qu'il y a deux types de charges d'électricité statique : deux types identiques se repoussent, et deux différents s'attirent. Dans ce sous-chapitre, nous ferons une expérience d'application dans laquelle les élèves peuvent interpréter et présenter leurs résultats avec les symboles plus (+) ou moins (-).

2. Contexte historique

Dans ce sous-chapitre, nous utiliserons un pendule électrique (comme vu ci-dessous), autre que « l'électroscope à boules de bureau » inventé par John Canton (1718 - 1772, Royaume-Uni) en 1754, déjà vu dans le chapitre 2.

La structure du pendule électrique présentée dans ce sous-chapitre est une boule conductrice installée entre deux électrodes dans un cylindre circulaire transparent. Lorsque l'une des électrodes est chargée, la surface de la boule conductrice la plus proche de l'électrode sera chargée d'électricité statique de par l'induction électrostatique, dans la polarité opposée à celle de l'électrode. La boule est ainsi attirée par l'électrode et roule vers elle.

Une fois que la boule touche l'autre électrode, elle devient neutre électriquement, et obtient alors une charge électrique de l'électrode, jusqu'à ce que la boule soit chargée de manière homogène et repousse l'électrode, ce qui la fait s'éloigner d'elle. En répétant ce processus, la boule ressemble à un pendule faisant un mouvement de va et vient entre les électrodes.



Pendule électrique
(Narika B10-1324-01)



Grand pendule électrique
(Narika B10-1131)

3. Plan du cours

3-2. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec un pendule électrique				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présenter le Genecon statique et le pendule électrique 2. Deux charges identiques se repoussent, alors que deux différentes s'attirent. 3. Lorsqu'un matériau chargé est approché d'un autre, une charge hétérogène se produit par induction électrostatique. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents. 	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expérience sur l'absorption électrostatique avec un Genecon statique et un pendule électrique. 2. Démonstration du professeur pour les élèves. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garder la salle de TP assez sèche. 2. Placer une planche en plastique sous le pendule est une manière efficace de faire l'expérience. 	40 min
3	Conclusion	<ol style="list-style-type: none"> 1. La boule conductrice est chargée par l'induction électrostatique. 2. La boule chargée bouge vers l'électrode chargée de manière hétérogène. 3. La boule mouvante touche l'électrode. 4. La charge électrique à la surface de la boule est électriquement neutralisée par la charge de l'électrode. 5. La boule est chargée de manière homogène après le transfert de la charge de l'électrode. 6. Puis, comme la boule obtient le même type de charge que l'électrode, elle commence à s'en éloigner. 7. Répéter les étapes de 1 à 6. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rappeler l'expérience précédente. 2. Encourager la discussion au sein des groupes d'élèves. 3. Isolation électrostatique. 4. Conducteurs et isolants. 5. Les matériaux chargés de manière hétérogène s'attirent. 6. Les matériaux chargés de manière homogène se repoussent. 	10 min

3-2. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec un pendule électrique

Dans ce sous-chapitre, nous allons réaliser une expérience sur les forces d'attraction et de répulsion de l'électricité statique (force de Coulomb) avec une sphère conductrice (une boule utilisée comme pendule électrique) et un Genecon statique. Comme selon le principe de base de l'électricité statique, nous confirmerons le phénomène de l'induction électrostatique et les forces d'attraction et de répulsion. Commençons notre expérience par l'analyse de ce phénomène.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324-W0)
- Pendule électrique EG-01 : 1 exemplaire (Narika B10-1324-W1)

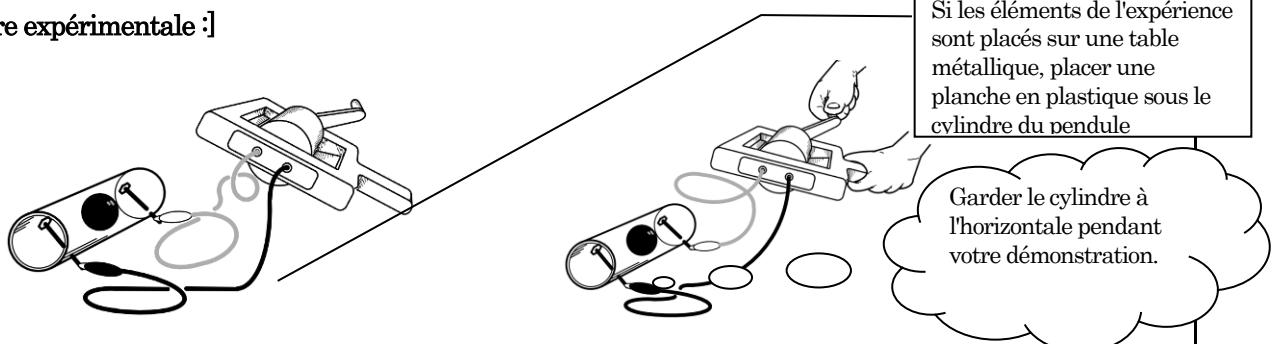


Genecon statique
(Narika B10-1324)

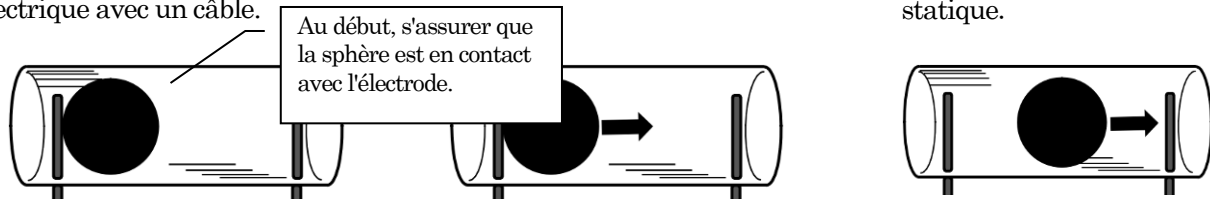


Pendule électrique EG-01
(Narika B10-1324-W1)

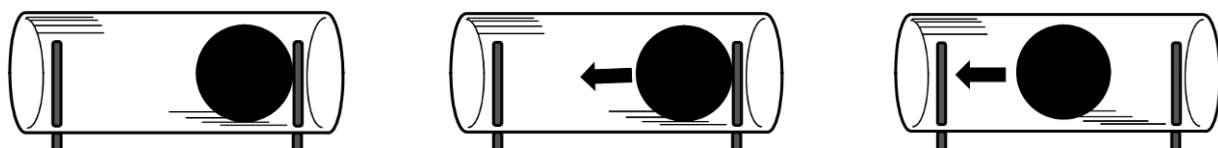
[Procédure expérimentale :]



- 1) Connecter le Genecon statique et le pendule électrique avec un câble.
- 2) Faire lentement tourner la manivelle du Genecon statique.



- 3) La sphère conductrice touchera l'électrode quelques instants.
- 4) Après quelques instants, la sphère conductrice s'éloigne de la première électrode pour se rapprocher de la seconde.



- 5) La sphère conductrice touche l'autre électrode.
- 6) La sphère conductrice s'éloigne au bout de quelques temps de l'électrode, pour se rapprocher de la première de nouveau.

Question 3-2

1. Expliquer le mouvement de la sphère conductrice en dessinant le Genecon statique et les câbles avec le signe des charges positives (+) et négatives (-) sur les figures ci-dessous.

Expliquer le processus complet de l'expérience en utilisant les croquis, basé sur l'idée que l'expérience commence lorsque la sphère du pendule électrique touche l'électrode négative (-).

1. Lorsque 8 charges négatives (-) sont produites par le Genecon statique sur une électrode, 8 autres charges positives (+) sont générées sur l'autre électrode (également positive). Du moment que la sphère reste en contact avec l'électrode négative, les 8 charges négatives (-) sont réparties également entre la sphère et l'électrode négative.

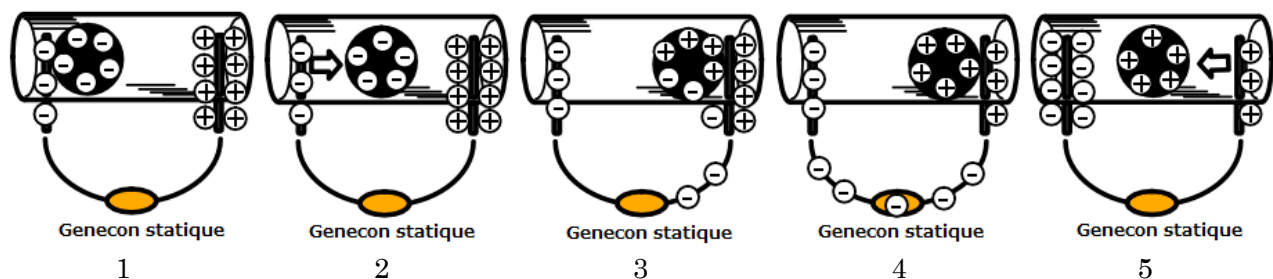
2. Ensuite, comme des charges électriques de type identique se repoussent, une force répulsive est générée entre les charges négatives (-) de l'électrode et celles de la sphère, ce qui repousse cette dernière et la fait s'éloigner de l'électrode. De plus, comme des charges électriques de types différents s'attirent, l'autre électrode chargée positivement (+) attire la sphère chargée négativement (-) lorsque cette dernière arrive au niveau du cylindre.

3. Une fois que la sphère touche l'électrode positivement chargée (+), les charges négatives (-) de la sphère sont transférées vers l'électrode positive (+). Ensuite, la sphère devient l'entité positive.

4. Lorsque la sphère est suffisamment chargée positivement, et de par la répulsion provoquée par deux charges de type identique, elle s'éloigne de l'électrode positive (+).

5. Enfin, lorsque la sphère atteint le cylindre, elle est attirée par l'électrode négative.

Le processus se répète durant l'expérience.



2. Basé sur la description écrite par vous-même ci-dessus, expliquer la raison pour laquelle la sphère se déplace vers la seconde électrode après avoir touché la première.

1. Jusqu'à ce que la sphère touche physiquement l'électrode, elles restent de charges différentes. En d'autres termes, si la sphère est chargée négativement, l'électrode que la sphère approche est chargée positivement, car la sphère passe de l'électrode chargée négativement à celle qui l'est positivement, de par l'attraction mutuelle de charges de types différents.

2. Une fois que la sphère a touché l'électrode, leurs charges électriques se neutralisent (les négatives et positives se neutralisent l'une l'autre). Enfin, la charge électrique de la sphère devient positive (+) après avoir été affectée par l'électrode en contact.

3. Une fois que la charge de la sphère a surpassé celle de l'électrode (de même type), la force répulsive entre deux types de charges identiques entre en action et la sphère s'éloigne de l'électrode.

3-3. Expérience avec un moteur électrostatique

1. Objectif pédagogique

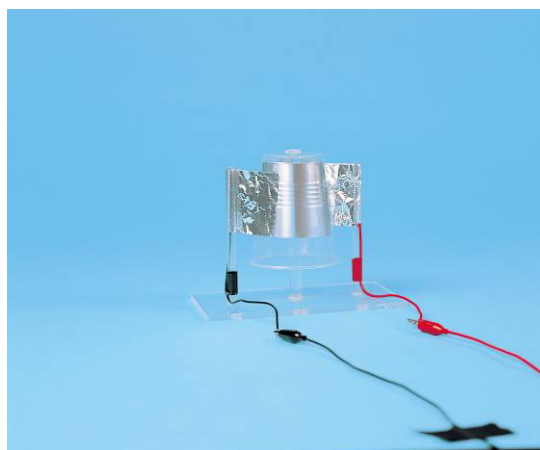
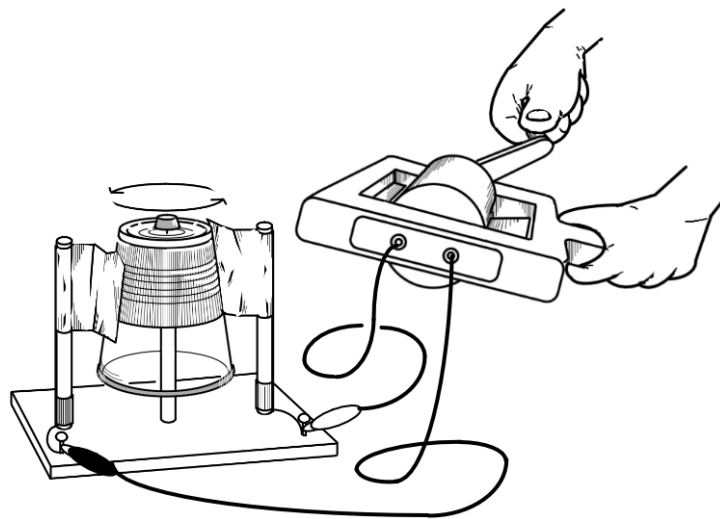
Dans ce sous-chapitre, nous allons réaliser une expérience sur les forces d'attraction et de répulsion de l'électricité statique (force de Coulomb) avec un moteur électrostatique (moteur Franklin) et un Genecon statique.

Comme selon le principe de base de l'électricité statique, nous confirmerons le phénomène de l'induction électrostatique et les forces d'attraction et de répulsion. Commençons l'expérience pour analyser ce phénomène.

2. Contexte historique

Dans ce sous-chapitre, nous allons utiliser un moteur électrostatique appelé moteur Franklin, inventé par Benjamin Franklin et Andrew Gordon entre 1740 et 1750.

Le moteur électrostatique est basé sur les principes de l'induction électrostatique et les forces d'attraction et de répulsion. Le fonctionnement du moteur électrostatique repose sur une haute tension et un courant bas. Les autres types (normaux) de moteurs sont à l'inverse utilisés avec une tension basse et beaucoup de courant, car ils sont basés sur le principe d'induction électromagnétique.



3. Plan du cours

3-3. Expériences sur les forces d'attraction et de répulsion avec un moteur électrostatique				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expliquer le (principe du) Genecon statique et le moteur électrostatique. 2. Insister sur le fait que deux charges électriques de même type se repoussent, et deux de types différents s'attirent. 3. Expliquer que lorsqu'une entité chargée (A) s'approche d'une autre entité (B), une charge de type différent est générée sur (B) par induction électrostatique. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents. 	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expérience sur le moteur avec un Genecon statique et un moteur électrostatique. 2. Démonstration aux élèves. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faire en sorte que l'humidité soit basse dans la classe. 2. Une démonstration plus efficace sera possible avec une plaque en plastique sous le moteur. 	40 min
3	Conclusion	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'électrode à la surface du «moteur" (bandes d'aluminium à la surface du verre en plastique) est chargée par induction électrostatique. 2. Le «moteur" (verre en plastique) commence à tourner à cause de la force de répulsion entre une bande chargée à sa surface et « l'électrode-balais » (le «drapeau » en aluminium). 3. La bande en aluminium à côté de celle mentionnée en 2. s'approche de l'électrode-balais à cause du mouvement rotatif. 4. La bande en aluminium qui s'approche le plus de l'électrode-balais est chargée électriquement par induction électrostatique. 5. Ensuite, le moteur continue à tourner à cause de la force de répulsion entre l'électrode-balais et les bandes qui s'approchent l'une après l'autre. 6. Répéter les étapes ci-dessus. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rappeler l'expérience précédente. 2. Encourager les élèves à discuter. 3. Induction électrostatique. 4. Conducteurs et isolants. 5. Les types de charges hétérogènes s'attirent. 6. Les types de charges homogènes se repoussent. 	10 min

3-3. Expérience avec un moteur électrostatique

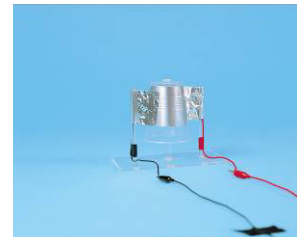
Nous allons réaliser une expérience sur les forces d'attraction et de répulsion de l'électricité statique (force de Coulomb) avec un moteur électrostatique (moteur Franklin) et un Genecon statique. Nous allons faire tourner le moteur avec de l'électricité statique. Grâce à cette expérience, nous allons confirmer la théorie de base de l'électricité statique et pourrons expliquer ce phénomène.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324-W0)
- Moteur électrostatique (moteur Franklin) : 1 exemplaire (Narika B10-1324-06)



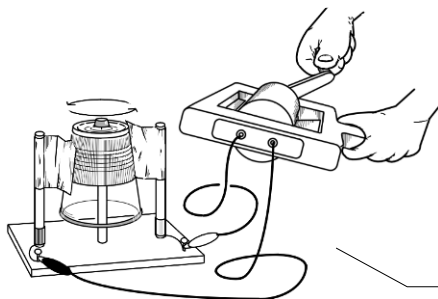
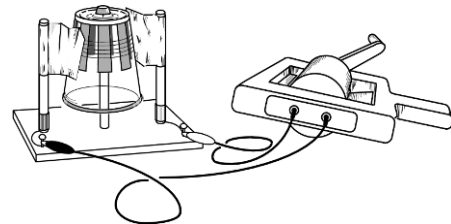
Genecon statique
(Narika B10-1324-W0)



Moteur électrostatique (moteur Franklin)
(Narika B10-1324-06)

[Procédure expérimentale :]

- 1) Préparer le moteur Franklin monté.
- 2) S'il n'est pas assemblé à l'avance, mettre le moteur en place.
- 3) Les électrodes du moteur Franklin sont faites en papier aluminium (bandes). Elles se déchirent facilement : attention à leur manipulation.
- 4) Connecter le Genecon statique avec le moteur Franklin selon le schéma ci-dessus.



- 5) Faire lentement tourner la manivelle du Genecon statique.

) Le moteur Franklin (gobelet en plastique) commence à tourner.

- 7) Lorsque le moteur ne tourne pas, vérifier qu'il y a bien 5 mm de distance entre lui et l'électrode.

Garder un espace entre la surface du « moteur » et « l'électrode-balais » (le « drapeau » en aluminium), pour qu'ils ne se touchent pas totalement.

Question 3-3

1. Expliquer avec l'aide du schéma ci-dessous le processus de la rotation du moteur Franklin.

1. Les charges négatives (-) et positives (+) générées par le Genecon statique sont transportées respectivement vers les deux électrodes-balais du moteur Franklin. La charge de polarité opposée à celle de la charge transportée est transférée au papier aluminium sur le gobelet, du fait de l'induction électrostatique. Ensuite, le moteur commence à tourner à cause de la force d'attraction entre les différents types de charges sur les bandes et le « drapeau ».

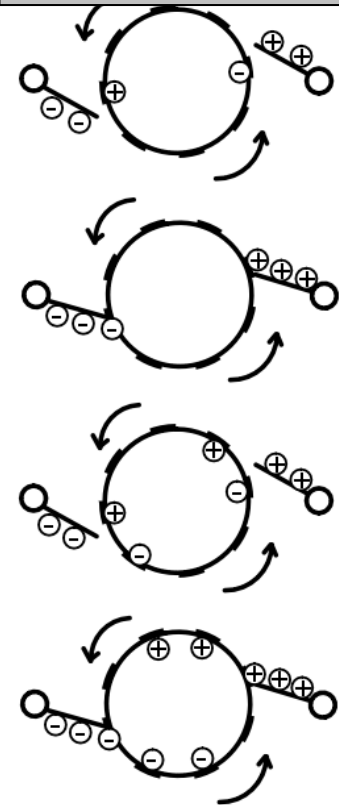
2. La polarité de la charge sur la bande est inversée une fois que le drapeau touche la bande chargée, et le même type de charge est transporté de la bande au drapeau.

3. Le moteur continue à tourner grâce à la force de répulsion entre les charges de type identique. De la même manière, la bande en aluminium à côté de celle mentionnée ci-dessus s'approche du drapeau à cause de la différence de charge qui intervient par induction électrostatique, ce qui accélère la rotation du gobelet.

4. En répétant les étapes 1 à 3 ci-dessus, le moteur Franklin tournera de plus en plus vite.

Lorsque l'on observe avec attention le moteur Franklin, on aperçoit que le drapeau (« électrode-balais ») et la bande du gobelet en plastique se touchent.

Vue du dessus du moteur



Notes

Le nom employé pour le moteur Franklin est traditionnellement « moteur statique ». Cependant, celui-ci avait été pensé comme une version avancée du moteur Franklin, alors qu'il était encore au stade expérimental au XVIII^e siècle. Il a été reconnu peu après que le moteur statique avait besoin d'une haute tension pour fonctionner et que le couple était assez petit, si bien qu'il a été peu utilisé.

Cependant, vers 1980, les micro-machines basées sur le processus de fabrication des semi-conducteurs se sont développées, ce qui a remis le moteur statique sur le devant de la scène.

3-4. La décharge avec des sphères de collecte en aluminium

1. Objectif pédagogique

Dans ce sous-chapitre, nous ferons des expériences sur la « décharge à étincelles » avec un Genecon statique et des sphères de collecte en aluminium. Le but de ce sous-chapitre est que les élèves soient capables d'expliquer le phénomène de la décharge.

2. Présentation des différents types de décharges

[1] Décharge obscure :

Si une haute tension est appliquée à deux électrodes, un champ électrique apparaît entre elles. Si un rayon radioactif (dont la radiation naturelle) frappe ensuite le champ électrique, un phénomène de « décharge obscure » se produit. La chambre à étincelles est un appareil pour observer la radiation naturelle basée sur la « décharge obscure ».

[2] Décharge à étincelles :

Il s'agit du phénomène selon lequel des électrons sont transférés entre les deux électrodes de manière discontinue, lors d'un claquage après l'application d'une haute tension entre deux électrodes et l'atteinte d'un seuil critique. La décharge électrostatique qui se produit lorsque les doigts touchent une poignée de porte métallique est une décharge à étincelles.

[3] Décharge de corona :

Appelée également « effet couronne », il s'agit de la décharge continue d'une électrode pointue. Son nom vient de l'émission au point de décharge qui ressemble à une couronne solaire.

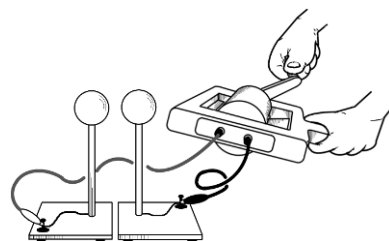
[4] Décharge luminescente :

La décharge qui se produit au niveau des gaz à basse pression. Le type de gaz contenu dans le tube de décharge détermine la couleur de l'émission. Si la quantité de courant contenu est augmentée, la décharge luminescente devient un arc électrique.

[5] Arc électrique :

Une émission d'électrons connue comme la dernière étape de la décharge. Ce phénomène est appliqué en éclairage comme avec les lampes fluorescentes et le soudage à l'arc.

Le générateur de Van de Graaff est normalement utilisé pour les expériences sur la décharge qui génèrent une haute tension (100 000 V - 150 000 V). Cependant, comme il coûte cher, il est généralement réservé aux démonstrations des professeurs dans les établissements scolaires. Dans ce sous-chapitre, nous utiliserons à la place un Genecon statique en combinaison avec les sphères de collecte en aluminium pour les expériences des groupes d'élèves, afin que cela soit plus sûr et que l'effet soit plus efficace, grâce à la basse tension du Genecon statique.



3. Plan du cours

3-4. Le phénomène de décharge avec des sphères de collecte en aluminium				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présentation du Genecon statique et de la sphère de collecte en aluminium 2. Claquage 3. La décharge à étincelles et les autres types de décharges 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents. 	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expérience sur la décharge à étincelles avec un Genecon statique et des sphères de collecte en aluminium 2. Démonstration du professeur 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faire en sorte que l'humidité soit basse dans la classe. 2. Une démonstration plus efficace sera possible avec une plaque en plastique sous les sphères de collecte en aluminium. 	40 min
3	Conclusion	<ol style="list-style-type: none"> 1. Une charge électrique se produit sur la surface de la sphère de collecte en aluminium. 2. Le claquage se produit lorsqu'une décharge à étincelles est générée de la sphère en aluminium. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rappeler l'expérience précédente. 2. Encourager les élèves à discuter. 3. Induction électrostatique. 4. Conducteurs et isolants. 5. Décharge à étincelles. 	10 min

3-4. La décharge avec des sphères de collecte en aluminium

Il y a différents types de décharges, comme la décharge obscure, à étincelles, de corona, lumineuse, l'arc électrique et autres.

Dans ce sous-chapitre, nous créerons une décharge à étincelles avec un Genecon statique et des sphères de collecte en aluminium.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324)
- Sphère de collecte en aluminium : 2 exemplaires (Narika B10-1324-03)



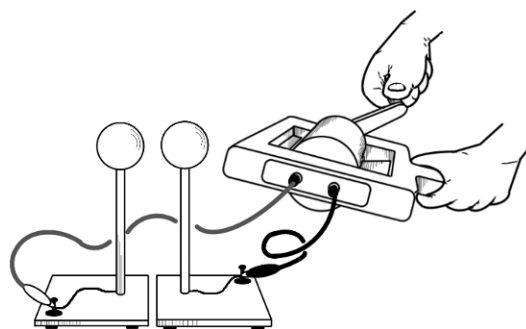
Genecon statique
(Narika B10-1324)



Sphère de collecte en aluminium
(Narika B10-1324-03)

[Procédure expérimentale :]

- 1) Connecter le câble rouge inclus à la borne rouge du Genecon statique, et le câble noir à la borne noire.
- 2) Connecter l'autre côté du câble rouge à la borne de l'une des sphères de collecte en aluminium, comme indiqué sur le schéma ci-dessous.
- 3) Connecter l'autre côté du câble noir à la borne de l'autre sphère de collecte en aluminium, comme indiqué sur le schéma ci-dessous.
- 4) Garder une distance d'environ 5 mm entre les deux sphères.

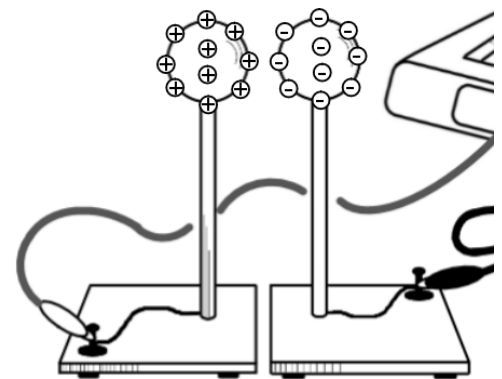
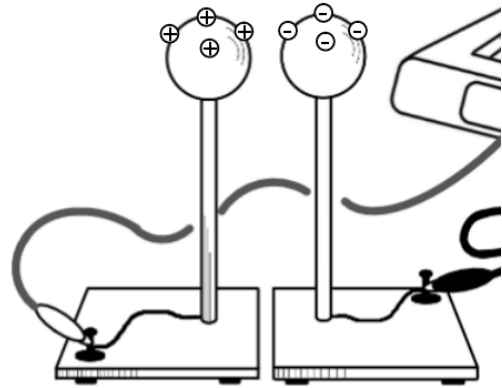


- 5) Tourner lentement la manivelle du Genecon statique dans un sens ou dans l'autre.
- 6) Après avoir tourné la manivelle pendant quelques instants, une étincelle sera générée entre les sphères.
- 7) Si le phénomène de décharge n'a pas lieu entre les sphères, suivre la procédure suivante :
 - i) Rapprocher les sphères.
 - ii) Retirer la poussière de la surface des sphères.

Question 3-4

1. Observer le phénomène de décharge entre les deux sphères. Décrire le mécanisme selon lequel les sphères de collecte en aluminium se déchargent.

1. Les charges positives (+) et négatives (-) sont conservées à la surface des deux sphères lorsque l'électricité statique est transférée du Genecon statique.
2. Normalement, l'électricité statique n'est pas transportée par l'air qui fonctionne comme un isolant entre les sphères.
3. Cependant, lorsqu'un claquage se produit, une charge électrique est émise par l'air lorsque la charge conservée dans la sphère atteint un seuil critique.



2. Selon la distance entre les sphères de collecte, la décharge peut se produire ou non. S'interroger sur la raison de ce phénomène, et expliquer pourquoi ci-dessous.

Le claquage (dans l'air) mentionné ci-dessus détermine la production de décharge (à étincelles) entre les sphères. À part les facteurs incluant la distance entre les deux sphères, la surface des sphères ou la tension imposée aux électrodes, le claquage dépend de la distance entre les deux sphères de collecte en aluminium. Ainsi, une décharge (à étincelles) se produit après le claquage dans les airs avec une tension de 1000 V forcés sur des sphères séparées de 1 mm, de 2000 V forcés sur des sphères séparées de 2 mm, et 5000 V forcés sur des sphères séparées de 5 mm. Ainsi, la tension forcée durant la décharge est prévisible selon la distance entre les deux sphères.

Comme le Genecon statique génère jusqu'à 10 000 V, la distance théorique maximale entre les sphères pour générer une décharge à étincelles serait de 10 mm dans des conditions idéales. Si les sphères sont espacées de plus de 10 mm, une fuite électrique se produira sur leur surface, à cause d'une décharge de corona continue.

Notes

Appelé également « effet couronne », il s'agit de la décharge continue d'une électrode pointue. Même si la sphère en aluminium n'a pas de « pointe », une décharge de corona (au lieu de celle à étincelles) peut se produire sur de la poussière accumulée à la surface de la sphère.

C'est pourquoi la propreté de l'équipement comme le Genecon statique ou les sphères de collecte est primordiale pour la réussite des expériences sur l'électricité statique. De plus, nous devons faire attention à la poussière qui peut s'attacher à l'équipement utilisé pour l'expérience.

L'électricité statique a l'avantage d'attirer la poussière par induction électrostatique, phénomène appliqué à un usage industriel des photocopieuses, des collecteurs de poussière, de la peinture en poudre, etc.

3-5. Expériences de décharges avec un volant d'inertie de Hamilton

1. Objectif pédagogique

Nous apprendrons la différence entre la décharge de corona et celle à étincelles, ainsi que le principe de la première, c'est-à-dire la décharge continue par une pointe en métal dans l'air autour. Le volant d'inertie de Hamilton tourne grâce à force de répulsion produite entre la charge électrique de sa pointe métallique et celle de l'air environnant. La charge de l'air provient de la décharge de la pointe métallique.

2. Présentation des différents types de décharges

Décharge à étincelles :

Il s'agit du phénomène selon lequel des électrons sont transférés entre les deux électrodes de manière discontinue, lors d'un claquage après l'application d'une haute tension entre deux électrodes et l'atteinte d'un seuil critique. La décharge électrostatique qui se produit lorsque les doigts touchent une poignée de porte métallique est une décharge à étincelles.

Décharge de corona :

Appelée également « effet couronne », il s'agit de la décharge continue d'une électrode pointue. Son nom vient de l'émission au point de décharge qui ressemble à une couronne solaire.

3. Plan du cours

3-5. Expériences de décharges avec un volant d'inertie de Hamilton				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	1. Présenter le Genecon statique et le volant d'inertie de Hamilton. 2. Claquage. 3. Les décharges à étincelles et de corona.	1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents.	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	1. Expérience avec un Genecon statique et un volant d'inertie de Hamilton. 2. Démonstration du professeur.	1. Faire en sorte que l'humidité soit basse dans la classe. 2. Une démonstration plus efficace sera possible avec une plaque en plastique sous le volant d'inertie de Hamilton.	40 min
3	Conclusion	1. La décharge de corona se produit à l'extrémité pointue d'un métal. 2. La décharge de corona est la décharge continue d'un point en métal précis dans l'air environnant. 3. Le volant tourne par force de répulsion produite entre la charge électrique du point métallique et celle de l'air environnant.	1. Rappeler l'expérience précédente. 2. Encourager les élèves à discuter. 3. Induction électrostatique. 4. Forces d'attraction / de répulsion 5. Décharge de corona	10 min

3-5. Expériences de décharges avec un volant d'inertie de Hamilton

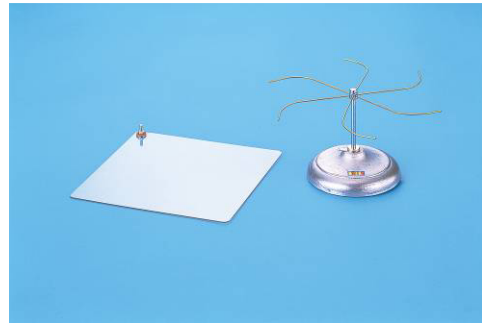
Nous réaliserons une expérience avec un Genecon statique et un volant d'inertie de Hamilton. Nous produirons grâce à eux une décharge de corona (effet couronne). Nous comparerons les résultats avec la décharge à étincelles que nous avons faite plus tôt, et nous comprendrons ainsi mieux les décharges.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324)
- Volant d'inertie de Hamilton : 1 exemplaire (Narika B10-1324-02)



Genecon statique
(Narika B10-1324)

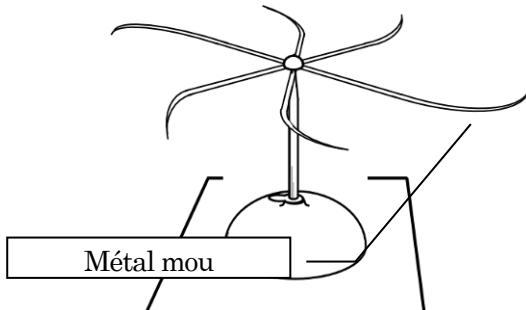
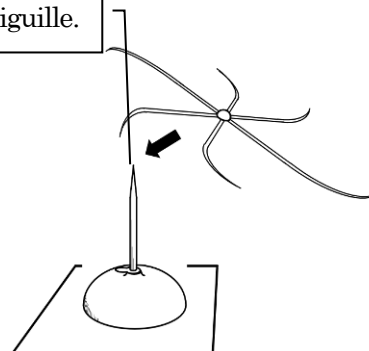


Volant d'inertie de Hamilton
(Narika B10-1324-02)

[Procédure expérimentale :]

ATTENTION : Embout pointu comme une aiguille.

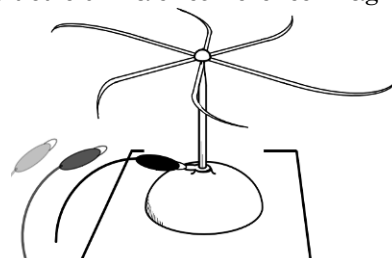
- 1) Le volant d'inertie de Hamilton est léger. De plus, ses embouts sont pointus : faire attention en le manipulant.
- 2) Une aiguille pointue est à la base du volant. Prendre garde à ne pas se blesser pendant la manipulation.
- 3) En faisant attention à ce qui est mentionné ci-dessus, attacher le volant d'inertie de Hamilton comme montré sur le schéma à droite.



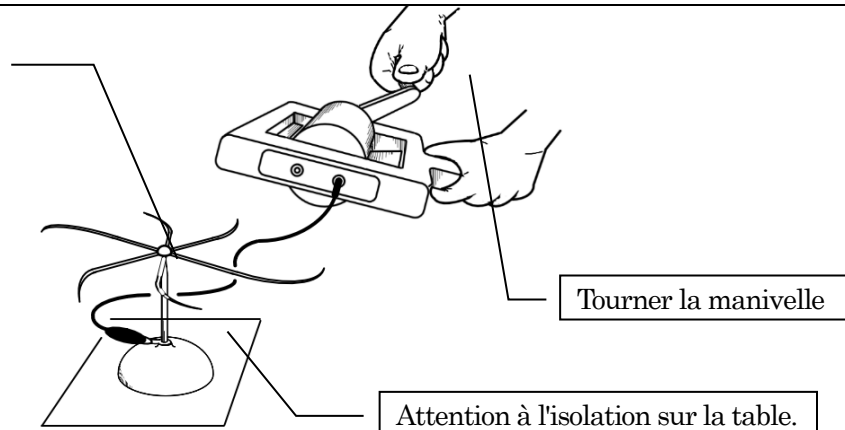
- 6) Utiliser la borne négative (-) (rouge) du Genecon statique, et la connecter par câble à la borne de la base du volant d'inertie de Hamilton.
- 7) Ne pas connecter quoi que ce soit à la borne (noire) positive (+) du Genecon statique.

- 4) Le volant d'inertie est fait d'un matériau fin et fragile. Il est donc possible que certains embouts pointus ne soient pas sur la circonférence imaginaire (créée par les embouts pointus). Dans ce cas, ajuster les embouts pointus.

- 5) Placer le volant d'inertie sur la table et ajuster sa forme avec les doigts. La direction de chaque embout pointu doit être sur la circonférence imaginaire.



Si la roue ne tourne pas, il est possible qu'il y ait de la poussière sur le Genecon statique.
Dans ce cas, le nettoyer.



8) Faire lentement tourner la manivelle du Genecon statique. Continuer à la faire tourner lentement pendant un moment.

9) Le volant d'inertie de Hamilton commencera vite à tourner lentement.

10) Si le volant d'inertie de Hamilton ne commence pas à tourner, ajuster la direction des embouts pointus de celui-ci.

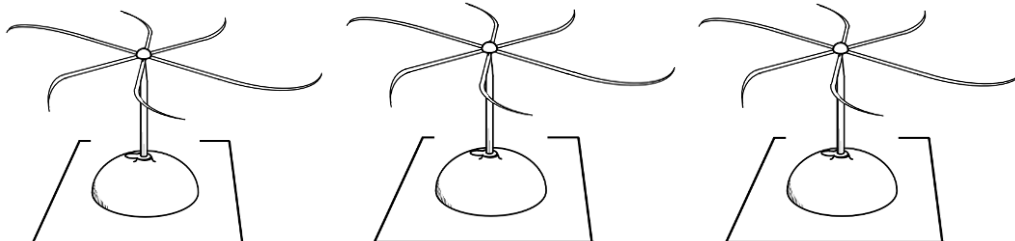
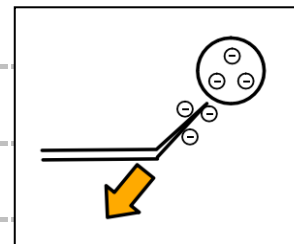
Question 3-5

1. Expliquer le mécanisme de rotation du volant d'inertie de Hamilton en utilisant des symboles de charges positives (+) ou négatives (-). Utiliser le schéma ci-dessous.

Le mécanisme de rotation du volant d'inertie de Hamilton par décharge de corona :

En concentrant la charge électrique à la pointe connectée à la base du volant, l'air autour de l'embout se charge également.

Comme la pointe et l'air autour ont la même charge, une force de répulsion se produit et fait tourner le volant, comme représenté à droite.



2. Résumer ci-dessous la différence entre la décharge de deux sphères de collecte en aluminium et celle du volant d'inertie de Hamilton.

La décharge à étincelles vue entre deux sphères de collecte est le phénomène de transfert discontinu d'électrons entre deux sphères lorsqu'un claquage se produit, après que la charge électrique stockée à la surface des sphères ait atteint son seuil critique de capacité d'accumulation par zone de surface.

À l'inverse, la décharge de corona est continue et d'émission faible, contrairement à la décharge à étincelles qui est discontinue et basée sur l'air chargé autour d'une pointe où une charge est concentrée.

3-6. Expérience sur l'éclairage avec des tubes de décharge

1. Objectif pédagogique

Nous confirmerons que le courant électrique est un flux d'électrons, par la décharge lumineuse et l'arc électrique.

2. Présentation des différents types de décharges

[1] Décharge obscure :

Si une haute tension est appliquée à deux électrodes, un champ électrique apparaît entre elles. Si un rayon radioactif (dont la radiation naturelle) frappe ensuite le champ électrique, un phénomène de « décharge obscure » se produit. La chambre à étincelles est un appareil pour observer la radiation naturelle basée sur la « décharge obscure ».

[2] Décharge à étincelles :

Il s'agit du phénomène selon lequel des électrons sont transférés entre les deux électrodes de manière discontinue, lors d'un claquage après l'application d'une haute tension entre deux électrodes et l'atteinte d'un seuil critique. La décharge électrostatique qui se produit lorsque les doigts touchent une poignée de porte métallique est une décharge à étincelles.

[3] Décharge de corona :

Appelée également « effet couronne », il s'agit de la décharge continue d'une électrode pointue. Son nom vient de l'émission au point de décharge qui ressemble à une couronne solaire.

[4] Décharge lumineuse :

La décharge qui se produit au niveau des gaz à basse pression. Le type du gaz contenu dans le tube de décharge détermine la couleur de l'émission. Si la quantité de courant contenu est augmentée, la décharge lumineuse devient un arc électrique.

[5] Arc électrique :

Une émission d'électrons connue comme la dernière étape de la décharge. Ce phénomène est appliqué en éclairage comme avec les lampes fluorescentes et le soudage à l'arc.

La décharge lumineuse et l'arc électrique sont tous deux des phénomènes de décharges et d'émission qui se produisent lorsqu'une haute tension est forcée après une baisse de pression dans un tube de décharge. Lorsque des électrons libres entrent en collision avec un atome gazeux, celui-ci est ionisé et séparé en ions positifs et électrons, qui sont transférés à l'électrode positive (+) (anode), en passant par le tube de décharge. Ce flux est appelé « courant ».

3. Plan du cours

3-6. Expérience sur l'éclairage d'un tube de décharge causé par l'électricité statique				
	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présenter le Genecon statique et le tube spectral (tube de décharge). 2. Claquage. 3. Décharge luminescente et arc électrique. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montrer aux élèves les matériaux d'apprentissage utilisés dans les chapitres précédents. 	10 min
2	Expérience par groupes d'élèves	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expérience avec un Genecon statique et un tube spectral. 2. Démonstration du professeur. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faire en sorte que l'humidité soit basse dans la classe. 2. Utilisation d'une sphère de collecte. 	40 min
3	Conclusion	<ol style="list-style-type: none"> 1. La décharge luminescente émet une lumière faible. 2. L'arc électrique émet une lumière forte. 3. Les électrons s'échappent de l'électrode si une haute tension est forcée par réduction de pression. 4. La lumière est émise lorsque les électrons libres des atomes gazeux sont excités. 5. Le courant électrique est le flux d'électrons. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rappeler l'expérience précédente. 2. Encourager les élèves à discuter. 3. Condition de décharge 4. Électron libre 5. Courant électrique 	10 min

3-6. Expérience sur l'éclairage avec des tubes de décharge

Dans le sous-chapitre 3-1, nous avons fait des expériences sur la décharge électrique avec une sphère de collecte en aluminium.

Dans ce sous-chapitre, nous allons utiliser un tube de décharge, une sphère de collecte en aluminium et un Genecon statique pour faire des expériences sur la décharge électrique.

[Matériel :]

- Genecon statique : 1 exemplaire (Narika B10-1324)
- Sphère de collecte en aluminium : 1 exemplaire (Narika B10-1324-03)
- Petit tube néon : 1 exemplaire (Narika B10-7008-05)
- Grand tube néon : 1 exemplaire (Narika B10-7693)
- Petit tube fluorescent : 1 exemplaire (Narika P70-0745)



Genecon statique
(Narika B10-1324)



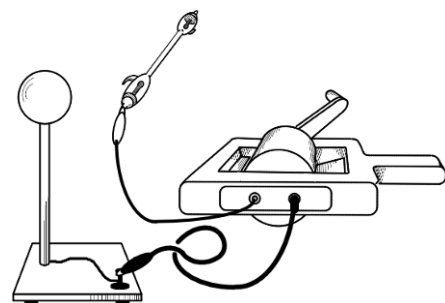
Sphère de collecte en aluminium
(Narika B10-1324-03)



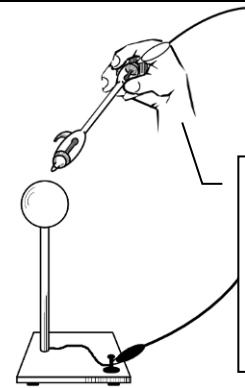
- Lampe à néon - type fusible (Narika B10-7691)
 - Petit tube néon (Narika.B10-7008-05)
 - Grand tube néon (Narika.B10-7693)
 - Petit tube fluorescent (Narika P70-0745)
- *Le petit tube fluorescent n'est pas représenté sur l'image à droite.

[Procédure expérimentale :]

- 1) Mettre les élèves deux par deux.
- 2) Comme sur le schéma à droite, connecter le Genecon statique et les sphères de collecte en aluminium avec un câble à clip.
- 3) Connecter également le Genecon statique avec un petit tube néon en utilisant l'autre câble à clip.



- 4) Un élève du binôme fait tourner la manivelle du Genecon statique.
- 5) Éteindre les lumières dans la pièce (la rendre sombre).
- 6) L'autre élève place lentement le petit tube néon de plus en plus près de la sphère de collecte en aluminium.
- 7) Vérifier que le petit tube néon commence bien à briller.
- 8) Utiliser les autres tubes de décharge préparés comme le petit tube néon et vérifier qu'ils brillent tous.



Un choc électrique peut survenir en touchant une partie métallique de l'installation.

Question 3-6

1. Quel est le type de décharge survenu dans l'expérience que nous venons de réaliser ? Choisir parmi la décharge à étincelles, celle de corona, la luminescente ou l'arc électrique. Expliquer la décharge ci-dessous.

La décharge luminescente se produit dans les lampes / tubes néon. L'arc électrique se produit dans les petits tubes fluorescents.

Décharge luminescente :

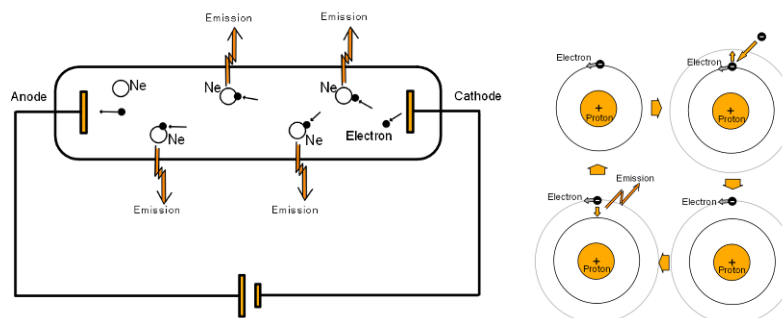
La décharge qui se produit au niveau des gaz à basse pression. Le type du gaz contenu dans le tube de décharge détermine la couleur de l'émission. Si la quantité de courant contenu est augmentée, la décharge luminescente devient un arc électrique.

Arc électrique :

Une émission d'électrons connue comme la dernière étape de la décharge. Ce phénomène est appliqué en éclairage comme avec les lampes fluorescentes et le soudage à l'arc.

Notes

Une décharge à aspiration se produit entre deux électrodes, si celle du tube de décharge reçoit plusieurs milliers de volts alors que la pression dans le tube est abaissée avec une pompe aspirante. Le tube émet du gaz, et un courant électrique est produit. Les électrons éjectés émis des électrodes touchent l'atome de néon et excitent les électrons dans l'orbite de la couche extérieure de l'atome. Lorsque les électrons excités retournent sur leur orbite d'origine, de la lumière est émise.



De nombreuses études sur les rayons cathodiques ont été faites au XIX^e siècle, dont la mesure de la masse du rayon, ainsi que les effets de leur champs électrique / magnétique, par J. J. Thomson (1856 - 1940, Royaume-Uni) qui a identifié les rayons cathodiques comme des électrons.

Guide du professeur pour la sélection des expériences sur l'électricité statique
de Narika Corporation

Copyright © 2014 by Narika Corporation.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, conservée dans un système de recherche ou transmise d'aucune forme ou moyen électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre, sans l'accord préalable de l'éditeur.

Édité à Tokyo au Japon, par Narika Corporation

Narika Corporation
5-3-10 Sotokanda, Chiyoda, Tokyo 101-0021, Japon
<http://global.narika.jp>
global@rika.com

Imprimé au Japon