

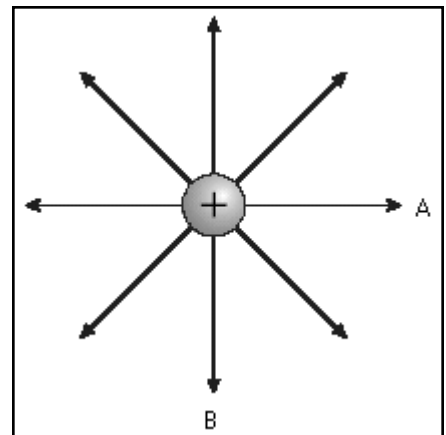
## ANNEXE 11 : Exercice – Les champs électriques

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Résous les problèmes ci-dessous à l'aide de la formule  $\vec{F}_e = q\vec{E}$ . Indique l'orientation, s'il y a lieu, et assure-toi de faire la distinction entre l'orientation du vecteur de champ électrique et du vecteur de force.

1. Une petite sphère portant une charge positive de  $2,4 \times 10^{-6}$  C subit une force de 1,8 N [sud] à une certaine distance d'une tige chargée. Quelles sont l'intensité et l'orientation du champ électrique en ce point?
2. Une petite sphère portant une charge négative de  $4 \times 10^{-6}$  C est placée à la même distance de la tige de la question précédente. Quelles sont l'intensité et l'orientation de la force subie par la sphère?
3. Une petite sphère chargée subit une force de 0,64 N [ouest] en un point d'un champ électrique où l'intensité s'élève à  $4,8 \times 10^6$  N/C [est].
  - a) Est-ce que la charge est négative ou positive? Explique ta réponse.
  - b) Quelle est la charge en coulombs? En microcoulombs?
4. L'intensité du champ électrique s'élève à  $2,1 \times 10^7$  N/C aux points A et B du diagramme ci-contre. Quelles sont la grandeur et l'orientation de la force subie par un ion de magnésium ( $q = 3,2 \times 10^{-19}$  C) se trouvant à chaque point?  
Un ion de phosphore ( $q = -4,8 \times 10^{-19}$  C)?



## ANNEXE 12 : Les champs électriques – Corrigé

### Note :

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

### Centre des manuels scolaires du Manitoba

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

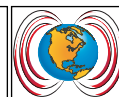
courrier électronique : [mttb@merlin.mb.ca](mailto:mttb@merlin.mb.ca)

téléphone : (204) 483-5040      télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



## ANNEXE 12 : Les champs électriques – Corrigé (suite)

**Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

**Centre des manuels scolaires du Manitoba**

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

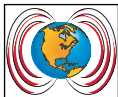
courrier électronique : [mttb@merlin.mb.ca](mailto:mttb@merlin.mb.ca)

téléphone : (204) 483-5040      télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



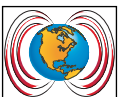
**ANNEXE 13 : Le mouvement des charges entre des plaques parallèles**

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Pour les questions suivantes,  $\vec{g} = 9,80 \text{ N/kg}$ 

- Une petite sphère de  $4,35 \times 10^{-15} \text{ kg}$  entre deux plaques parallèles subit une force électrique de  $3,70 \times 10^{-14} \text{ N}$  vers le haut.
  - Quelle est la force gravitationnelle qui agit sur la sphère?
  - Quelle est la force nette qui agit sur la sphère?
  - Calcule l'accélération de la sphère.
- Une goutte d'huile de  $5,73 \times 10^{-15} \text{ kg}$  accélère à  $0,572 \text{ m/s}^2$  vers le haut entre deux plaques parallèles.
  - Quelle est la force nette qui agit sur la goutte?
  - Quelle est la valeur de la force gravitationnelle qui agit sur la goutte?
  - Quelle est la force électrique qui agit sur la goutte?
- Une charge de  $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$  entre deux plaques parallèles est libérée de la plaque du haut et atteint la plaque du bas en  $2,60 \times 10^{-8} \text{ s}$ . Le champ électrique entre les plaques est de  $3,60 \times 10^6 \text{ N/C}$  vers le haut.
  - Quelle est la force électrique qui agit sur la charge?
  - Si la masse de la charge est de  $6,20 \times 10^{-14} \text{ kg}$ , quelle est la force gravitationnelle qui agit sur elle?
  - Quelle sera sa vitesse vectorielle lorsqu'elle atteindra la plaque du bas si sa vitesse vectorielle initiale est nulle?
  - Quelle est la distance entre les deux plaques?
- L'intensité du champ électrique entre deux plaques parallèles s'élève à  $1420 \text{ N/C}$  vers le haut. On place une petite sphère de plastique chargée positivement près de la plaque inférieure de sorte que sa vitesse vectorielle initiale soit nul. La sphère a une masse de  $3,30 \times 10^{-5} \text{ kg}$  et porte une charge de  $3,00 \times 10^{-7} \text{ C}$ . Quel est sa vitesse vectorielle 0,120 secondes plus tard?
- Deux plaques parallèles sont séparées de 2,5 cm. La plaque positive se trouve en haut et la plaque négative se trouve en bas. On place une particule de charge  $+ 1,0 \mu\text{C}$  tout près de la plaque positive. Sa masse est de  $7,2 \times 10^{-4} \text{ kg}$ . Elle est initialement au repos. Si l'intensité du champ électrique s'élève à  $2420 \text{ N/C}$ , en combien de temps atteint-elle la plaque négative?



**ANNEXE 14 : Cadre de notes – L'expérience de Millikan**

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Au tournant du \_\_\_\_ siècle, Millikan (chercheur \_\_\_\_\_, 1868-1953) entreprend une expérience afin de déterminer s'il existe une \_\_\_\_\_. Dans son expérience, il prouve qu'il existe bien une charge élémentaire, et que sa valeur est de \_\_\_\_\_ – c'est la charge d'un \_\_\_\_\_ ou d'un \_\_\_\_\_. Tous les objets chargés portent un multiple de cette charge. Il gagne le \_\_\_\_\_ de physique en 1923.

Il utilise un \_\_\_\_\_ pour produire un nuage de fines gouttelettes d'huile. Ces gouttelettes portent une charge \_\_\_\_\_. Il choisit l'huile au lieu de l'eau car \_\_\_\_\_.

Il vaporise l'huile entre deux \_\_\_\_\_ chargées où il y a un champ électrique \_\_\_\_\_ dont il peut varier l'intensité. Il étudie les gouttelettes au télescope et règle l'intensité du champ électrique ( $E$ ) de sorte que la gouttelette reste \_\_\_\_\_ : La grandeur de la force \_\_\_\_\_ vers le bas est égale à la grandeur de la force \_\_\_\_\_ vers le haut. La série de formules ci-dessous illustre comment calculer  $Q$  à partir de  $m$ ,  $g$ , et  $E$ .

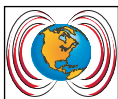
① \_\_\_\_\_

② \_\_\_\_\_

③ \_\_\_\_\_

Pour calculer  $m$ , il détermine la \_\_\_\_\_ de la gouttelette en chute libre. Utilisant \_\_\_\_\_, il peut calculer la masse à partir de la vitesse. (Cette loi est basée sur la mécanique des fluides et fait intervenir la \_\_\_\_\_ de l'huile.)

Il trouve que chaque gouttelette porte une charge qui est un \_\_\_\_\_ de  $1,6 \times 10^{-19}$  C. Il déduit que la charge élémentaire est de cette valeur.



## ANNEXE 15 : Cadre de notes – Corrigé

### **Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

### **Centre des manuels scolaires du Manitoba**

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : [mttb@merlin.mb.ca](mailto:mttb@merlin.mb.ca)

téléphone : (204) 483-5040      télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$



**ANNEXE 16 : Analyse d'article**

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

**FLIRTER AVEC LA FRAUDE**

**Millikan, Mendel : l'intégrité remise en question?**

Ces dernières années, le public a été témoin d'un flot d'accusations de fraude scientifique : l'affaire David Baltimore/Imanishi-Kari, la fusion froide (Pons et Fleischmann) et les allégations relatives aux requêtes de priorité de Gallo concernant la découverte du virus du sida. Étant donné l'absence d'un cadre de surveillance pour le système de compte rendu utilisé dans le projet du génome humain, ne doit-on pas s'attendre à de nouvelles accusations d'abus? Conformément aux directives établies par la NSF, de nombreuses universités ont mis en place des comités sur « l'intégrité scientifique » et la NSF a chargé des équipes d'enquêteurs d'effectuer des vérifications ponctuelles dans certains des établissements de recherche les plus actifs bénéficiant de fonds fédéraux.

La portée des cas de fraude sur le plan historique a été étudiée (quoique de façon incomplète) par les journalistes William Broad et Nicholas Wade dans leur ouvrage de 1982 intitulé *Betrayers of the Truth* (dont l'annexe résume 34 cas). Toutefois, un examen minutieux de ces affaires peut également mener à des questions dérangementantes sur la notion de « validité » scientifique. Prenons par exemple le cas classique de Gregor Mendel, dont les données publiées sur l'hérédité des pois étaient selon le statisticien Fisher « trop belles pour être vraies ». Les résultats de Mendel étaient hautement improbables. Certains l'ont cependant défendu en signalant qu'il s'était conformé aux pratiques de l'époque : répéter des expériences, affiner sa propre technique et n'utiliser ensuite que les meilleurs résultats du fait qu'ils sont les plus représentatifs. Si cette démarche n'est plus légitime de nos jours, à quoi cela est-il dû? Qu'est-ce que cela révèle sur notre façon d'évaluer les preuves? Il convient de remarquer à l'intention des élèves que les normes mêmes ont en fait changé. Pourquoi ce changement?

Une question mérite d'être posée et débattue par les élèves (ici et ci-après) :

- Si un scientifique obtient la « bonne » réponse, faut-il s'inquiéter du fait que les données aient été « arrangées », « manipulées », faussées ou même complètement inventées?

Le cas de Robert Millikan, dont la fameuse expérience des gouttes d'huile lui a permis d'établir la valeur de la charge élémentaire de l'électron  $e$  et lui a valu le Prix Nobel en 1923, est bien plus controversé.

Millikan gardait bien sûr dans des cahiers des notes détaillées sur ses expériences, les données obtenues et l'évaluation des résultats. Il y a plusieurs années, une tentative visant à reproduire la démarche expérimentale « exemplaire » de Millikan a révélé de sérieux écarts entre le contenu de ses notes et les données « brutes » publiées (Holton, 1978). Les nombreuses notes qui parsèment les pages des cahiers renforcent les doutes quant à l'intégrité de Millikan :

*C'est presque parfait, le meilleur résultat jamais obtenu!!!* [20 décembre 1911]

*Parfait* [3 février 1912]

*Excellent, à publier* [24 février 1912]

*Excellent!! À publier, pour sûr!!* [15 mars 1912, n° 1]

*Taux d'erreur élevé – ne pas utiliser* [15 mars 1912, n° 2]

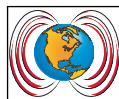
*Parfait, à publier* [11 avril 1912]

*Ne fonctionnera pas* [16 avril 1912, n° 2]

*Trop élevé de 1½ %* [16 avril 1912, n° 3]

*Faible de 1 %*

*e trop élevée de 1¼ %*



## ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Millikan calculait apparemment au fur et à mesure les valeurs de  $e$  pour chaque série d'observations et les comparait ensuite avec la valeur escomptée. Il semblait en fait utiliser le degré de concordance avec la théorie qu'il tentait de prouver comme critère pour inclure ou omettre les résultats obtenus! Comme l'a souligné Franklin (1986), « cela nous donne le sentiment troublant que Millikan analysait de façon sélective ses données de manière à étayer ses opinions préconçues » (p. 141; se faisant l'écho de Holton, 1978). Devons-nous conclure que l'analyse de Millikan, imprégnée de partialité théorique et traitant les données expérimentales avec tant de désinvolture, exemplifie la nature du « génie » scientifique?

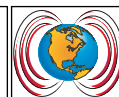
Ces carnets révèlent en fait qu'une quantité considérable de données ont été omises dans les rapports publiés de Millikan. Sur les 175 gouttes recensées dans les cahiers, seulement 58 (soit un tiers à peine) sont prises en compte dans le compte rendu final. Millikan n'hésitait pourtant pas à souligner dans son rapport de 1913 qu'« il convient aussi de remarquer qu'il ne s'agit pas d'un groupe de gouttes choisies, mais bien de toutes les gouttes expérimentées dans une période de 60 jours consécutifs pendant laquelle l'appareil a été démonté et réinstallé plusieurs fois ». Dans son ouvrage de 1917, *The Electron*, il fait la même observation et ajoute : « ces gouttes sont toutes celles étudiées pendant 60 jours consécutifs; pas une seule goutte n'a été omise ».

Il semblerait à première vue que cette atteinte scandaleuse à l'intégrité scientifique jette le discrédit sur les conclusions de Millikan. Même si l'on suppose que les normes de présentation des données en vigueur au début du XX<sup>e</sup> siècle étaient moins rigoureuses, Millikan fait à l'évidence une déclaration inexacte quant à la portée des données. Les élèves doivent toutefois savoir qu'il faut éviter de conclure que son usage sélectif des données n'avait pas de fondement scientifique valable. En fait, une analyse plus complète des cahiers de Millikan et de la nature du travail expérimental qu'ils décrivent grossièrement révèle plus clairement les raisons pour lesquelles Millikan a tenu compte de certaines gouttes et en a écarté d'autres.

Le physicien et philosophe Allan Franklin a abordé la question en utilisant les données initiales de Millikan pour calculer la valeur de  $e$ . Même si l'on utilise des constellations différentes de données brutes, les résultats demeurent sensiblement les mêmes que ceux obtenus par Millikan. Autrement dit, le fait que ce dernier se soit limité à un sous-ensemble de ses observations ne nuit pas à l'exactitude de ses conclusions. La sélectivité de Millikan donne tout au plus une impression erronée de la variation des valeurs ou de la gamme d'erreur applicable aux données et, en conséquence, de la précision statistique de la valeur calculée.

Franklin signale que Millikan avait en fait écarté à la fois des données « favorables » et « défavorables » par rapport à ses attentes. Ses résultats étaient à l'évidence surdéterminés. Autrement dit, il avait plus de données qu'il n'en avait besoin pour s'assurer de la fiabilité de la valeur de la charge de l'électron. Dans ce cas, la redondance des données était une méthode implicite permettant de minimiser le risque d'erreurs. Une démarche apparemment frauduleuse peut donc s'avérer être un exemple de bonne technique du point de vue expérimental.

On peut également étudier plus en détail le moment auquel les observations omises par Millikan ont été faites. Par exemple, les 68 premières observations ont toutes été écartées. Pourquoi? À partir du 13 février 1912 (date de la collecte des premières données publiées), on peut également remarquer que le nombre de résultats exclus diminue à mesure que la série d'expériences continue. Apparemment, Millikan est peu à peu devenu plus habile à produire des données stables et reproductibles. On peut imaginer que, avant le 13 février, il tentait toujours de résoudre les « problèmes » liés à l'appareil et de déterminer la marche à suivre pour obtenir des résultats fiables. À ce stade, les essais portaient sur l'équipement et non sur une théorie relative à l'électron ou à sa charge. Dans ce contexte, les cahiers nous aident à nous concentrer sur l'appareil et sur les conditions nécessaires à la production des données et non sur l'utilisation de celles-ci.





## ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Les commentaires inscrits par Millikan dans ses cahiers mettent en évidence l'importance du jugement expérimental, en particulier pour ce qui a trait à l'omission de certaines observations. Par exemple, la mention « Excellent, à publier » du 10 avril 1912 a été barrée et remplacée par « mouvement brownien »; compte tenu du mouvement de la goutte, les mesures ne correspondaient pas dans ce cas aux valeurs dont Millikan avait besoin pour ses calculs – celles, bien sûr, que Millikan espérait précisément atteindre en mettant au point son appareil. Le jugement de Millikan concernant d'autres aspects du montage expérimental est mis en évidence par d'autres remarques :

*Ce travail sur une goutte très lente a été réalisé pour observer s'il y avait des courants de convection notables. Les résultats semblent indiquer que oui. Dois maintenant étudier plus attentivement la temp[érature] de la pièce. [19 décembre 1911]*

*Aujourd'hui, les conditions étaient particulièrement bonnes et les résultats devraient être plus fiables que la normale. Nous avons maintenu la temp. très constante au moyen d'un ventilateur, une précaution que nous n'avions jusqu'ici pas prise dans la salle 12, mais que nous avons jugée essentielle hier. [20 décembre 1911]*

*Possibilité d'une goutte double [26 janvier 1912]*

*Cela semble montrer clairement que le champ [électrique] n'est pas exactement uniforme : il est plus intense aux bouts qu'au milieu. [27 janvier 1912]*

*C'est bon pour un exemple si petit, mais je dois éviter la convection en cas de taille si réduite, toujours préférable. [9 février 1912]*

*Cette goutte tremblote comme si elle était asymétrique. [2 mars 1912]*

*OK, mais les volts sont un peu incertains et la temp. est mauvaise. Elle est proche de la ligne inférieure. [7 mars 1912, n° 1]*

Millikan s'inquiétait donc de plusieurs paramètres essentiels à l'obtention de résultats « favorables » ou « nets », conformément à l'intention de l'expérience : la taille et la symétrie de la goutte; les courants de convection (température de la pièce); la régularité du mouvement de la goutte; (partout ailleurs) la poussière, la pression et la régularité de la tension (Franklin, p. 149-50).

Même lorsqu'il ne pouvait isoler le problème, il pressentait que « quelque chose se passait... » [13 février 1912]. Millikan se fiait à son jugement et, dans certains cas, ne calculait même pas  $e$  et excluait les observations avant même d'en constater les « résultats ». Dans d'autres cas, il reconnaissait l'« excellence » de l'essai :

*Excellent. Temp. et conditions parfaites, pas de convection. À publier [8 avril 1912]*

Les décisions de Millikan de publier des données ou pas étaient fondées sur leur « excellence » (voir ci-avant) et reflétaient donc probablement son évaluation des conditions particulières de l'expérience. Le commentaire frappant datant du 27 février 1912, « Excellent, un des meilleurs » pourrait donc faire référence à la qualité de sa propre technique et non à la valeur de  $e$ .

Millikan excluait d'autres essais en fonction des méthodes de calcul. Par exemple, la formule utilisait une valeur substituée en fonction de certaines hypothèses théoriques établies dans la loi de Stokes (pression connexe, viscosité de l'air et rayon de la goutte). Même s'il tolérait les « corrections » du premier ordre pour les valeurs, il a tout simplement omis les observations dans douze cas où des données inhabituelles l'avaient forcé à effectuer des corrections moins certaines du second ordre. Entre autres mots, certaines données n'étaient pas « conviviales », c.-à-d. adaptées au cadre lui permettant de tirer des conclusions légitimes.

## ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

Millikan a également pu tirer parti du fait que la valeur de  $e$  pouvait être calculée de deux façons s'appuyant chacune sur des mesures légèrement différentes du même essai. Il vérifiait le calcul en comparant les résultats obtenus par ces deux méthodes. Dans certains cas, il a fait les annotations suivantes :

*Concordance insuffisante. Ne fonctionnera pas.* [17 février 1912, n° 3]

*Taux d'erreur élevé, ne pas utiliser. . . . Peux arranger cela et probablement OK, mais le point n'est pas important. Arrangerai si j'ai le temps 22 août* [15 mars 1912, n° 2]

Là encore, lorsqu'il constatait des écarts, il avait intérêt à écarter tout doute possible en omettant tout simplement les observations « inutilisables ». Vers la fin de la période expérimentale, on peut sentir que Millikan, qui disposait de plus de données qu'il n'en avait besoin, poursuivait ses travaux dans le seul but de s'assurer de la fiabilité de ses résultats. Trois jours avant de cesser ses observations, il se montre satisfait : « Le meilleur jusqu'ici, quel que soit l'usage » [13 avril 1912]. Deux jours plus tard, la veille de la fin des travaux, il écrit :

*Excellent pour montrer la concordance des deux méthodes utilisées pour obtenir  $v_1 + v_2$ . À publier sans aucun doute.* [15 avril 1912]

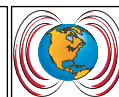
C'est la recherche de la constance interne plutôt que la concordance entre la théorie et les données qui guide à l'évidence le travail de Millikan.

Même les valeurs finales des calculs pouvaient en soi être des pistes ou des signes que quelque chose « clochait ». Une valeur de  $e$  erratique, c.-à-d. se démarquant clairement des valeurs typiques ou « raisonnables » ou de toute autre observation réalisée jusqu'alors, poussait Millikan à décider que " cela n'a pas pu être une goutte d'huile " [20 décembre 1911 no 3] et à conclure qu'il s'agissait apparemment d'une particule de poussière. Millikan a omis deux autres gouttes importantes ayant donné des valeurs anormales de  $e$ , alors même que l'une d'elles, selon le jugement même du chercheur, était un modèle de cohérence. Après s'être d'abord montré très confiant :

*À publier. Permet de montrer les méthodes utilisées pour obtenir  $v$*  [16 avril 1912, no 2]

Il a ensuite marqué dans le coin de la page (sans autre indication) « ne fonctionnera pas ». Rétrospectivement, l'intuition de Millikan semble l'avoir bien aidé : nous savons à partir des données figurant dans le cahier de Millikan que ces deux gouttes avaient des charges totales élevées et que ce genre de gouttes (comme nous l'avons appris plus tard) ne sont pas fiables dans le cadre de la méthode utilisée par Millikan. Ici encore, le raisonnement de Millikan s'appliquait au degré de confiance à accorder à l'appareil et à ses mesures expérimentales et non (du moins pas à ce stade) à l'exactitude de la théorie ou de la valeur même de  $e$ .

Du fait de la réalisation en classe de l'expérience des gouttes d'huile de Millikan, les élèves pourraient facilement penser qu'il s'agit d'un travail plutôt insignifiant – après tout, de simples novices peuvent reproduire les travaux d'un lauréat du Prix Nobel! La standardisation actuelle de l'expérience cache toutefois la complexité du contexte dans lequel elle a été mise au point. Théoriquement, la tâche était au début du XX<sup>e</sup> siècle relativement claire. En fait, la démarche expérimentale suivie par Millikan de 1910 à 1912 – à savoir observer des gouttes de liquide, chacun ayant une charge électrique, se déplacer dans un champ électrique –, avait été appliquée par de nombreux chercheurs avant lui. À l'époque, les principales difficultés résidaient en l'établissement de la situation idéale prévue de façon théorique. La démarche de Millikan, qui s'est finalement avérée efficace, différait des autres par l'observation de gouttes uniques et par le remplacement de l'eau par l'huile, qui ne s'évaporait pas si facilement et qui permettait donc des observations plus prolongées. La réussite qui a valu le Prix Nobel à Millikan était donc essentiellement de nature technique.



## ANNEXE 16 : Analyse d'article (suite)

L'analyse des cahiers de Millikan met donc en évidence une zone mal définie entre la présentation trompeuse de données et un « micro-raisonnement » expérimental habile. L'usage sélectif des données par Millikan constituait-il une pratique scientifique « valide »? On pourrait comparer Millikan (et son succès dans ce cas) à son adversaire, Felix Ehrenhaft, qui s'interdisait obstinément toute omission de résultats d'essai. La démarche expérimentale d'Ehrenhaft reflétait-elle une prudence justifiée ou une rigidité excessive? De même, Millikan était-il impardonnablement malhonnête ou légitimement pragmatique?

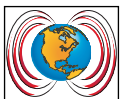
La question consistant à savoir si la sélection de données est une pratique scientifique valide est à l'évidence d'autant plus litigieuse que, dans certains cas, cette méthode n'a pas donné de conclusions fiables. Stephen Jay Gould (1981, p. 56-60) fait remarquer que, dans une étude sur la capacité crânienne relative des races caucasioïde et « indienne », un chercheur du XIX<sup>e</sup> siècle avait exclu un grand nombre de crânes hindous. Son raisonnement? Les cavités cérébrales hindoues étaient trop petites et, du fait qu'elles étaient « clairement » peu représentatives de la population caucasioïde visée, elles auraient « faussé » les résultats. Dans ce cas, l'effet de la sélection n'était probablement même pas conscient. De même, lors de l'évaluation de crânes de femmes, des anthropologues se fondaient à cette époque sur leur « intuition » pour écarter les genres de mesures suggérant que les femmes (ou les éléphants, les baleines, etc.) étaient plus intelligentes que les hommes. Mais alors, comment déterminer dans quels cas la sélection est légitime et quand elle ne l'est pas?

Les cas de Millikan et de Mendel montrent que, pour répondre à cette question, nous devons nous concentrer sur le jugement et les aptitudes expérimentales (ainsi que sur les appareils) autant que sur les concepts mêmes. Outre cet « enseignement », il convient de remarquer que le problème qui a déclenché l'enquête pourrait être la possibilité que la fraude soit l'outil même du génie.

### Autres lectures

- Fisher, R.A. 1936. « Has Mendel's Work Been Rediscovered? » *Annals of Science* 1:115-137. Réédité dans l'ouvrage de C. Stern et E. Sherwood (éd.), *The Origins of Genetics: A Mendel Source Book* (W.H. Freeman, 1966).
- Franklin, Allen. 1981. « Millikan's Published and Unpublished Data on Oil Drops. » *Hist. Studies in the Phys. Sciences* 11:185-201. Également abordé au chapitre 5 de *The Neglect of Experiment* (Cambridge Univ. Press, 1986).
- Gould, Stephen Jay. 1981. *The Mismeasure of Man*. W.W. Norton.
- Holton, Gerald. 1978. « Subelectrons, presuppositions and the Millikan-Ehrenhaft Dispute. » *Hist. Studies in the Phys. Sciences* 9:166-224. Réédité (p. 25-83) dans *The Scientific Imagination* (Cambridge Univ. Press, 1978).

Traduction de l'article Flirting with Fraud : Millikan, Mendel and the Fringes of Integrity, par Douglas Allchin © 1992. Reproduit avec la permission de ships.umn.edu.



**ANNEXE 17 : L'expérience de Millikan – Test**

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

1. Dans son expérience, Millikan cherchait à prouver l'existence d'une \_\_\_\_\_.
2. Il a vaporisé un nuage de fines gouttelettes d'huile entre deux plaques parallèles.
  - a) Pourquoi a-t-il choisi d'utiliser l'huile au lieu de l'eau? Indique deux raisons.
  - b) Pourquoi a-t-il choisi d'utiliser des plaques parallèles?
3. Il a observé les gouttelettes au télescope et a réglé l'intensité du champ électrique de sorte qu'une gouttelette restât au repos. Quelles deux forces étaient équilibrées?
4. Les gouttelettes étaient bien trop légères pour que l'on puisse en déterminer la masse directement.
  - a) Quelle loi lui a permis de calculer la masse?
  - b) À partir de quelles informations a-t-il calculé la masse? (Indiquer le nom de deux variables.)
5. Il a observé que la charge de chaque gouttelette était un \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ C.
6. En répétant l'expérience de Millikan, une scientifique trouve qu'une gouttelette de masse  $5,0 \times 10^{-15}$  kg reste suspendue dans un champ électrique de  $6,1 \times 10^4$  N/C. Quelle charge, en coulombs, cette gouttelette porte-t-elle? Combien de charges élémentaires cette gouttelette porte-t-elle? Indique les formules employées ainsi que les unités de mesure.



**ANNEXE 18 : L'expérience de Millikan – Corrigé**

**Note :**

Pour obtenir ce corrigé, prière de vous référer au document imprimé. On peut se procurer ce document au Centre des manuels scolaires du Manitoba.

**Centre des manuels scolaires du Manitoba**

site : <http://www.mtbb.mb.ca>

courrier électronique : [mttb@merlin.mb.ca](mailto:mttb@merlin.mb.ca)

téléphone : (204) 483-5040      télécopieur : (204) 483-5041

sans frais : (866) 771-6822

n° du catalogue : 92897

coût : 19,85 \$

## ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant

Nom : \_\_\_\_\_

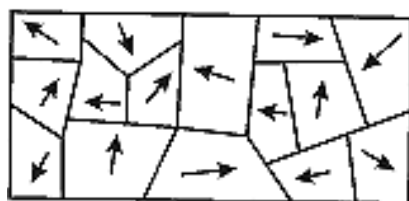
Date : \_\_\_\_\_

Le magnétisme, comme la gravité et l'électricité, constitue une force à distance, c'est-à-dire qu'aucun contact apparent n'est exigé pour que la force s'exerce. Ce phénomène a longtemps fasciné les humains. Les **Grecs** semblent être les premiers à l'avoir constaté. Vers le II<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, ils découvrent un minerai de fer ayant la propriété d'attirer le fer et qui, s'il est suspendu, s'oriente en direction nord-sud. Ils nomment le minerai « **magnétite** », du nom de la région où ils l'ont découvert, la Magnésie.

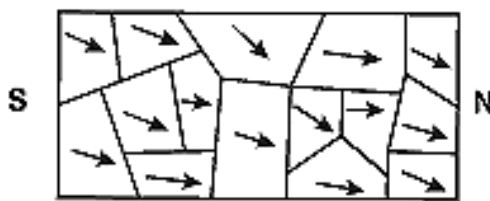
Vers le I<sup>er</sup> siècle après Jésus-Christ, les **Chinois** exploitent également le magnétisme. Une légende ancienne veut que Hoang-Ti, fondateur de l'empire chinois, ait conçu une boussole dont l'aiguille était mue par une force invisible. Graduellement, cet instrument révolutionne la navigation marine. Ce n'est que vers le X<sup>e</sup> siècle après Jésus-Christ que les Européens commenceront à utiliser des boussoles pour naviguer. On ignore si cette innovation leur est parvenue des Chinois. Au XVI<sup>e</sup> siècle, William Gilbert, scientifique et médecin à la cour de la reine Élisabeth 1<sup>re</sup>, mène les premières expériences contrôlées. Il découvre plusieurs façons d'induire le magnétisme, par exemple si l'on frotte une tige d'acier contre un aimant, la tige devient elle-même un aimant. Il observe aussi que les propriétés magnétiques d'un objet disparaissent s'il est chauffé.

Charles de Coulomb (physicien français, 1736-1806) a formulé la **théorie des domaines** selon laquelle un aimant se compose d'un grand nombre de petits aimants. Une preuve convaincante en faveur de cette théorie est le fait que de petites régions distinctes sont observables au microscope sur la surface du fer. Ces régions, appelées « **domaines** », consistent en un groupement d'atomes mesurant entre  $10^{-6}$  et  $10^{-3}$  m et manifestant un caractère magnétique-autrement dit, les domaines, comme tout aimant, possèdent un pôle nord et un pôle sud.

Les domaines d'un objet magnétisé sont tous alignés dans le même sens (voir la figure ci-dessous). Certains objets non magnétisés, comme un clou de fer ou certaines pièces de monnaie, sont pourtant attirés aux aimants. De tels objets, appelés **substances ferromagnétiques**, possèdent des domaines qui sont orientés de façon aléatoire mais qui s'alignent rapidement en présence d'un champ magnétique extérieur. Les substances ferromagnétiques sont généralement composées de **fer**, de **nickel**, de **cobalt** ou d'un alliage tel que l'**acier**, qui contient de ces éléments. La magnétite découverte par les Grecs est un constituant ferromagnétique de la croûte terrestre.

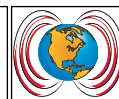


Les domaines sont orientés de façon aléatoire.



Les domaines sont alignés.

La figure ci-contre illustre un objet ferromagnétique d'abord non magnétisé et ensuite magnétisé.



## ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant (suite)

La théorie des domaines permet d'expliquer bon nombre de phénomènes intéressants, dont certains observés par William Gilbert au XVI<sup>e</sup> siècle :

1. Pourquoi un clou de fer se magnétise-t-il à proximité d'un aimant permanent?

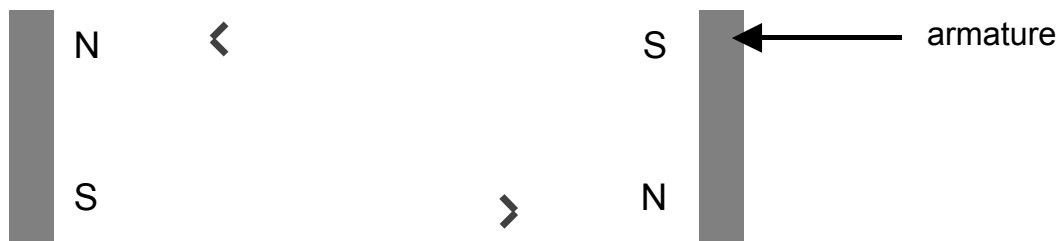
Un clou de fer devient magnétisé quand on l'approche d'un aimant permanent parce que les domaines du clou s'alignent avec les lignes du champ magnétique de l'aimant. Ce phénomène s'appelle l'**induction magnétique**. Ce n'est que temporaire, car si l'on enlève le champ magnétique extérieur, les domaines s'orienteront aléatoirement de nouveau.

2. Pourquoi un aimant perd-il parfois son caractère magnétique?

Un aimant perd parfois son caractère magnétique parce que ses domaines perdent leur alignement, devenant aléatoires. Cette réorientation arrive quand on fournit de l'énergie aux domaines en chauffant l'aimant, en le laissant tomber ou en le martelant.

3. Pourquoi les pôles d'un aimant s'inversent-ils parfois?

Les pôles d'un aimant peuvent s'inverser si l'on place l'aimant dans le champ magnétique d'un aimant puissant de polarité opposée. Les domaines de l'aimant s'alignent graduellement avec les lignes du champ magnétique plus puissant. C'est pourquoi il faut entreposer les aimants avec soin-on place des **armatures** (de petites barres de fer) aux extrémités des aimants pour créer un champ magnétique circulaire continu. L'effet de champs magnétiques extérieurs est ainsi minimisé.

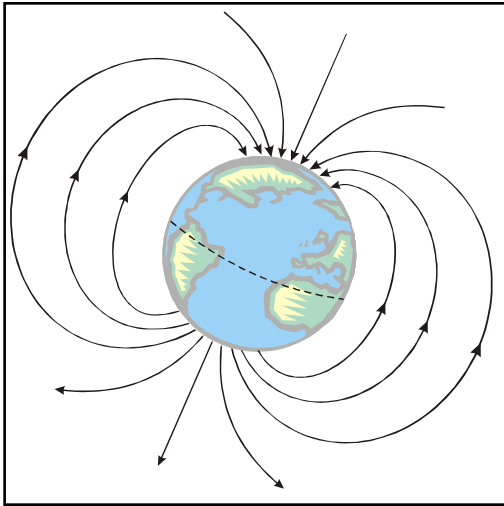


4. Qu'arrive-t-il quand on coupe un aimant en deux?

Quand on coupe un aimant en deux, on produit deux nouveaux aimants. Ce phénomène résulte du fait que les domaines d'un aimant sont alignés. Même si l'aimant est coupé, les domaines de chaque morceau demeurent alignés.

## ANNEXE 19 : Les champs magnétiques – Renseignements pour l'enseignant (suite)

### Le champ magnétique terrestre



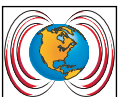
Si les Chinois et les Européens se servaient de boussoles pour la navigation, ils n'avaient aucune explication scientifique de leur fonctionnement. Certains croyaient que l'aiguille était attirée par une étoile dans la constellation de la Grande Ourse ou par une chaîne de montagnes du Nord, riche en fer.

Il a fallu attendre les travaux de William Gilbert pour une explication plus crédible. Dans son livre intitulé « **De Magnete** », recueil des connaissances existantes au sujet du magnétisme et les résultats des expériences de l'auteur, Gilbert explique que la Terre est un aimant géant et que l'aiguille d'une boussole pointe vers le nord à cause du champ magnétique de la Terre. De par ce fait, le pôle magnétique se trouvant dans l'Arctique canadien est un pôle sud alors que le pôle magnétique se trouvant dans l'Antarctique est un pôle nord.

D'autre part, les pôles magnétiques de la Terre ne coïncident pas avec les pôles géographiques. C'est pourquoi une boussole n'indique pas le nord véritable. Les navigateurs sont bien au courant de ce fait et emploient un facteur de correction, appelé **angle de déclinaison**, correspondant à l'angle entre le pôle magnétique et le pôle géographique. L'angle de déclinaison varie d'un endroit à l'autre sur la surface du globe. Par exemple, il est de  $20^{\circ}$  E à Victoria et de  $23^{\circ}$  O à St. John's (Terre-Neuve).

Bien que notre compréhension de l'origine du champ magnétique terrestre soit incomplète, nous croyons qu'il résulte de la masse de fer tourbillonnant au centre du globe. Des variations dans le sens de déplacement du fer provoquent des changements dans la position des pôles magnétiques. En d'autres mots, la position des pôles n'est pas statique. Elle varie dans le temps; à une époque, les pôles étaient même renversés. Heureusement pour les navigateurs, la variation est très graduelle et s'étend sur des temps géologiques ( $\approx 250\,000$  ans). Présentement, un des pôles magnétiques se trouve dans l'Arctique canadien et l'autre, dans l'océan près de l'Antarctique.

On a tendance à oublier que le champ magnétique existe en trois dimensions, avec une composante horizontale et une composante verticale. On appelle l'angle que font les lignes du champ magnétique par rapport à l'horizontale l'**angle d'inclinaison**. On croit que certains animaux tels que les tortues et les oiseaux sont sensibles aux angles de déclinaison et d'inclinaison et que cette sensibilité les aide à s'orienter dans leurs migrations.





## ANNEXE 20 : Réflexion individuelle sur le travail en groupe

Nom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Réfléchis au travail que toi et ton groupe avez fait ensemble et évalue-le. Après ta réflexion, discutes de tes réponses avec les membres de ton groupe.

Légende : 1 - peu satisfait(e)                      3 - satisfait(e)                      5 - très satisfait(e)

<p><b>J'ai bien participé.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>	<p><b>Le groupe s'est bien concentré sur la tâche.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>
<p><b>Je me suis consciemment efforcé(e) de collaborer.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>	<p><b>Le groupe a bien collaboré.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>
<p><b>J'ai écouté les autres et j'ai bien accueilli leurs contributions.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>	<p><b>Tout le monde a contribué.</b></p> <p>1    2    3    4    5</p>
<p><b>La prochaine fois, je pourrais...</b></p>	<p><b>La prochaine fois, le groupe pourrait...</b></p>