

ANALOGIE HYDRAULIQUE DE LA MÉTHODE CURIE

COMMENT MESURER LA RADIOACTIVITÉ ?

LE MYSTÈRE DE L'ÉLECTROSCOPE

Pendant le XIX^{ème} siècle, une énigme préoccupe les scientifiques au sujet d'un appareil : l'électroscope. Il se compose de deux feuilles d'or. En raison des forces de répulsion entre les charges de même signe, ces feuilles d'or se séparent lorsqu'elles sont chargées. Plus la charge apportée est grande, plus l'écart entre les feuilles est important. Problème : alors même que l'appareil est isolé électriquement, les feuilles se rapprochent. L'électroscope se décharge spontanément.

Un élément de réponse est apporté par Henri Becquerel lorsqu'il approche un minéral radioactif d'un électroscope chargé : la décharge est alors plus rapide. Pour lui, c'est donc la radioactivité terrestre qui est responsable de l'ionisation de l'air autour de l'électroscope, et donc de sa décharge. L'ionisation est le processus au cours duquel un électron est retiré d'un atome, transformant ainsi cet atome en un ion positif.



Chambre d'ionisation (Source : Musée Curie)

LA MÉTHODE CURIE



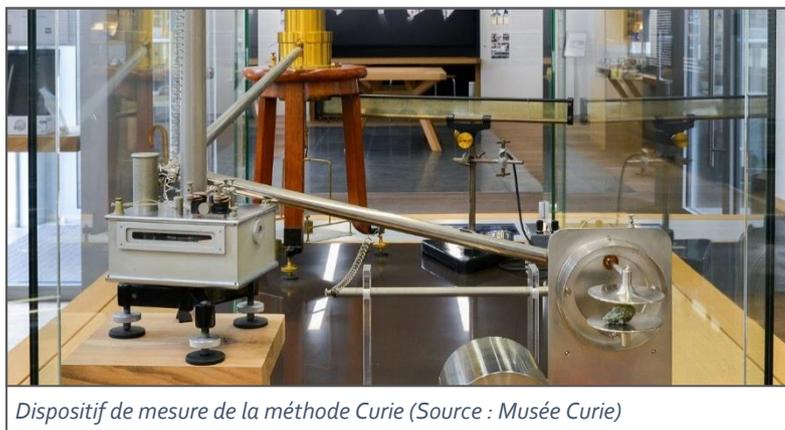
Electromètre à quadrants de Mascart (Source : Collection UMONS)

Les recherches sur la radioactivité se poursuivent avec Pierre et Marie Curie. Le couple de scientifique veut quantifier le phénomène. Quantifier les charges produites par ionisation sur un temps donné renseigne sur l'activité de l'échantillon, on parle du courant d'ionisation. Plus ce courant est important, plus l'échantillon est radioactif. Pour mesurer ce courant, ils ont l'idée de relier une chambre d'ionisation à un électromètre à quadrants.

L'électromètre à quadrants est constitué d'un long fil très fin au bout duquel est attaché un miroir qui peut tourner sur lui-même. Plus l'électromètre est chargé, plus le miroir est dévié. La lecture de la déviation se fait au moyen d'une source lumineuse réfléchi par ce-dernier sur une règle graduée.

Un élément distingue leur méthode de mesure des autres : l'ajout d'un quartz piézoélectrique étalon. Le quartz a la propriété de pouvoir libérer des charges lorsqu'il est déformé, c'est la piézoélectricité. Cette quantité de charges est connue pour des quartz calibrés.

L'objectif de la méthode Curie est de déterminer les charges produites par un échantillon radioactif (inconnues) en les compensant par celles du quartz piézoélectrique (connues). Cette méthode rappelle le fonctionnement des anciennes balances à plateaux qui permet de mesurer une masse inconnue à l'aide d'étalons. On parle de méthode de zéro.



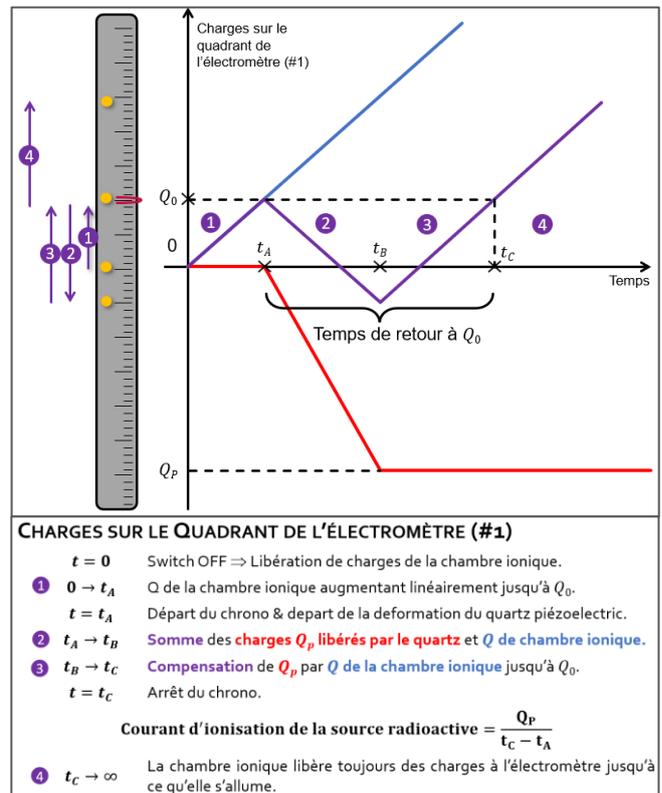
Dispositif de mesure de la méthode Curie (Source : Musée Curie)

SCIENCE ON STAGE

Le déroulement de la prise de mesure est le suivant :

1. On commence par laisser la source radioactive charger l'électromètre. Dès lors, le point lumineux réfléchi par le miroir se déplace dans un certain sens sur la règle.
2. A un temps t_A , on commence à libérer les charges du quartz piézoélectrique et simultanément on déclenche le chronomètre. La position du point lumineux est repérée. Les charges provenant du quartz et de l'échantillon radioactif s'additionnent.
3. A un temps t_B , la totalité des charges produites par le quartz sont libérées. Le point lumineux se déplace à nouveau dans le sens initial.
4. A un temps t_C , le point lumineux est revenu à sa position de départ. Cela signifie que la charge apportée par le quartz a totalement été compensée par la chambre d'ionisation. On arrête le chronomètre.

ANALOGIE HYDRAULIQUE DE LA MÉTHODE CURIE

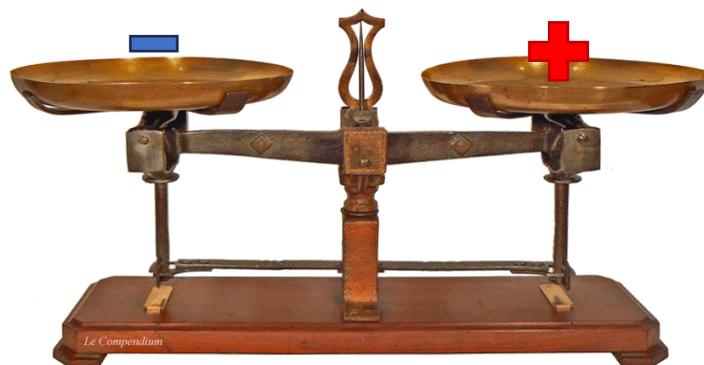


Le temps mesuré correspond au temps nécessaire à la source radioactive pour compenser la quantité connue de charges électriques délivrées par le quartz piézoélectrique. On peut ainsi déduire le courant d'ionisation de la source radioactive et faire le lien avec son activité.

ANALOGIE HYDRAULIQUE DE LA MÉTHODE CURIE

Comprendre la mesure de la radioactivité par la méthode Curie n'est pas un exercice aisé. Il est question de manipuler des charges, des objets invisibles pour nos yeux. Dès lors, nous vous proposons de réaliser une expérience qui remplace les charges par de l'eau !

Dans cette analogie hydraulique, l'électromètre à quadrants laisse place à une balance à plateaux. Le plateau de droite représente les charges positives reçues par l'électromètre et le plateau de gauche, les charges négatives. La lecture de l'aiguille de la balance montre la somme de ces charges, à l'instar de la lecture de l'électromètre.



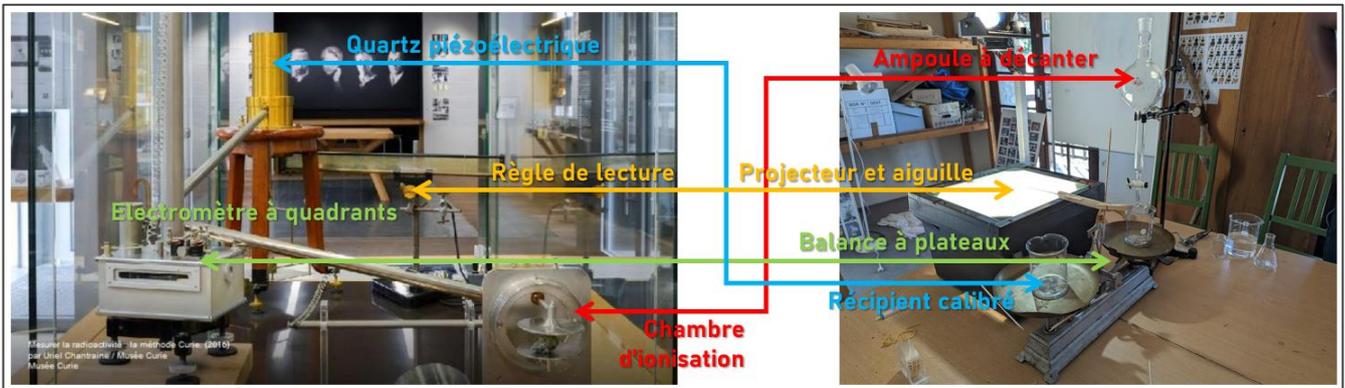
Dans la mesure historique, la chambre d'ionisation délivre à l'électromètre les charges positives créées par la source radioactive tandis que le quartz piézoélectrique fournit des charges négatives.

La chambre d'ionisation délivre de manière constante des charges. Pour représenter cela, nous utilisons une ampoule à décanter munie d'un robinet qui laisse couler un flux d'eau à débit constant.

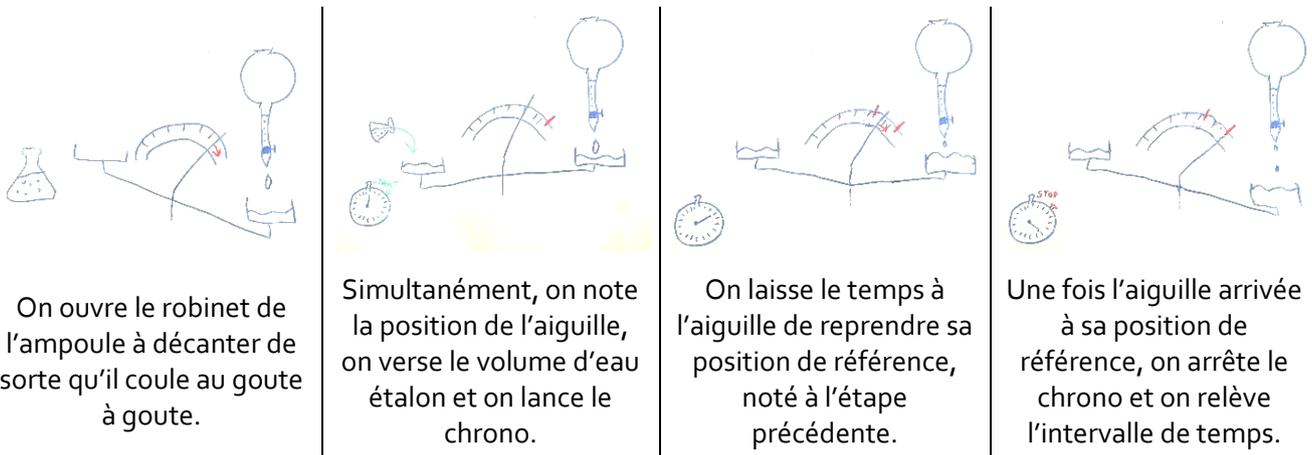
Le quartz piézoélectrique délivre quant à lui une quantité de charge bien connue. Nous le remplaçons dans notre analogie par un **bécher contenant une quantité d'eau déterminée**.

Pour rendre la lecture de la balance plus précise, nous prolongeons son aiguille à l'aide d'un bâtonnet.

Ci-dessous, un schéma comparatif permet de visualiser l'ensemble des dispositifs expérimentaux :



L'expérience peut commencer et son protocole peut être imagé de la manière suivante !



Lorsque que la manipulation a été entièrement réalisée une première fois, il faut la réitérer afin d'avoir une multitude de résultats à pouvoir comparer. Si ces résultats sont concordants, il est envisageable de continuer l'expérimentation en recommençant le protocole avec d'autres quantités d'eau étalon.

Une fois toutes les mesures prises, il est possible d'approfondir l'étude du phénomène en portant les données en graphique et en réalisant une régression linéaire.

Mais à quoi tout cela va-t-il servir ? Quelle est la conclusion de ces manipulations ?

Via la quantité d'eau qui s'est écoulée de l'ampoule à décanter pendant un certain temps, il est possible de calculer le débit. En effet, après avoir réalisé la régression linéaire de nos données, la pente obtenue correspond au débit.

Dans notre analogie, l'eau étant l'équivalent des charges, le débit est l'équivalent de la quantité de charge mesurée pendant un certain temps. En d'autres termes, il s'agit de l'activité radioactive ! Le but initial est donc atteint !

POURQUOI CETTE ANALOGIE EST INTÉRESSANTE POUR UN ENSEIGNANT ?

- Parce qu'elle permet de réaliser une expérience historique en classe avec pas grand-chose.
- Parce qu'il est possible de faire une expérience sur la mesure de la radioactivité, comprendre les phénomènes physiques qui conduisent à cette mesure, sans utiliser la moindre source.
- Parce qu'elle permet de familiariser l'élève à un processus expérimental.
- L'exercice de l'analogie peut être donnée à l'élève comme un défi à relever en lui demandant d'imaginer de construire l'ensemble à partir des éléments séparés.
- Parce qu'elle permet de comprendre qu'une mesure est toujours entachée d'une erreur et de trouver des moyens d'optimiser le résultat en multipliant les mesures.
- Parce qu'elle permet de porter en graphique des données et de faire une étude mathématique du nuage de points par régression linéaire. La lecture graphique est aussi importante car la pente correspond au débit.
- ...