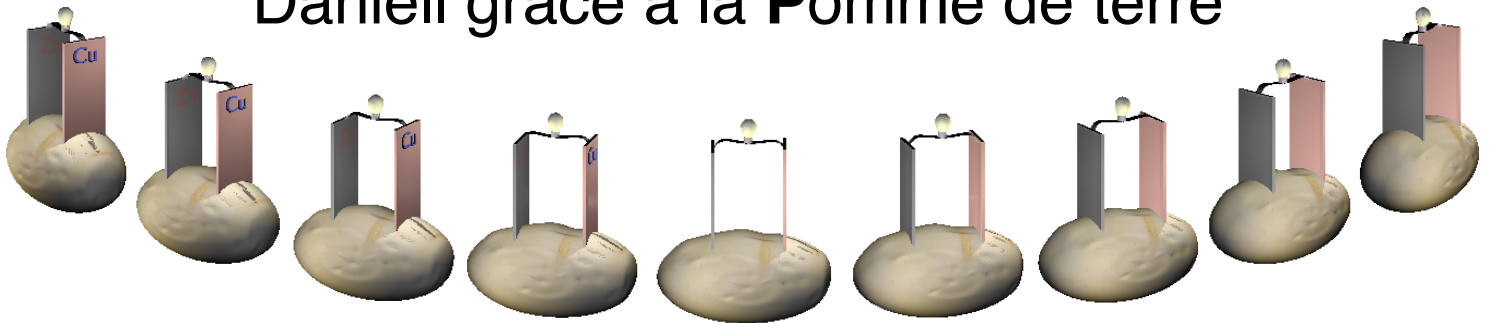


# Modélisation d'une Pile acide ou Daniell grâce à la Pomme de terre



## Introduction:

À la recherche de moyens alternatifs de produire du courant que des métaux lourds et des produits chimiques qui peuvent être retrouvés dans les piles, nous avons trouvé une forme de pile, à composantes végétales. En effet, celle-ci est composée d'une pomme de terre, dans laquelle sont plantées deux électrodes, une de zinc et une de cuivre. Notre but n'étant pas de remplacer les piles alcalines ou salines par ce type de générateur mais de chercher à

### Définition: Électrode

Conducteur par lequel le courant arrive ou sort d'un milieu.

montrer que d'autres moyens, sans les contraintes des énergies renouvelables, permettent de produire un courant suffisant à faire marcher de petits appareils. Et peut-être de découvrir un concept de pile différent de celui qui est généralement utilisé.

Nous nous sommes donc efforcés de comprendre comment ce montage pouvait produire un courant électrique.

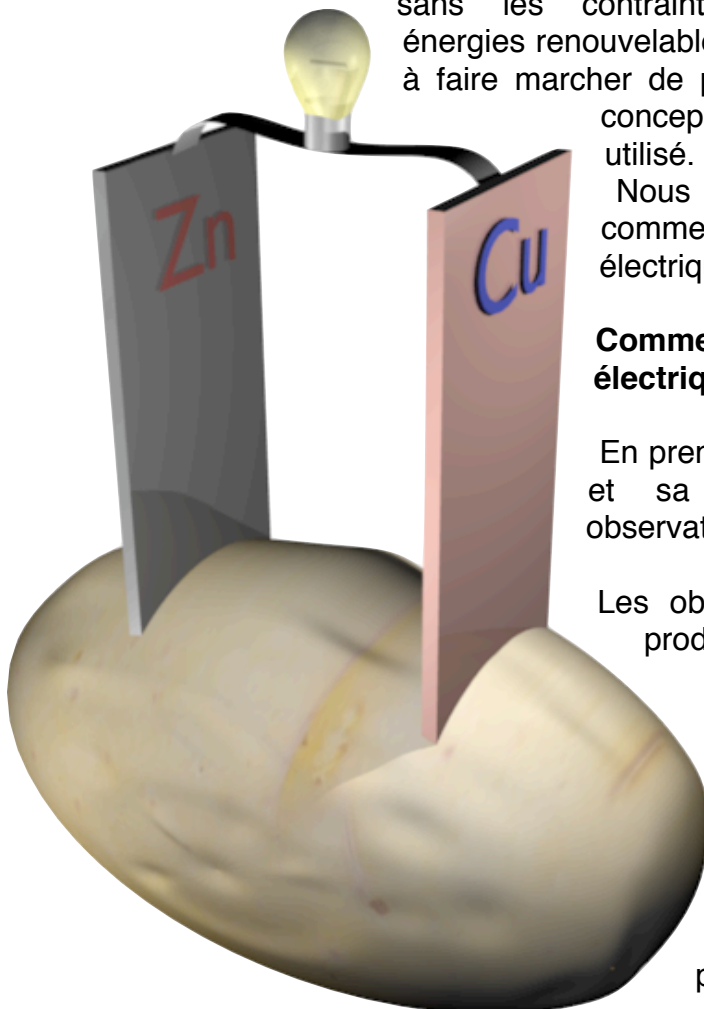
## Comment une "pilopatate" produit-elle du courant électrique?

En premier lieu nous allons étudier la pomme de terre et sa composition, avant de démarrer nos observations.

Les observations porteront sur le courant qui est produit ainsi que les électrodes.

Nous allons alors énoncer notre première hypothèse, et expliquer comment nous y sommes arrivés avant de chercher à la vérifier, puis l'infirmer.

C'est alors que nous avons été amenés à une deuxième hypothèse, que nous n'avons pu vérifier.



# 1. La Pomme de Terre dans tous ses états

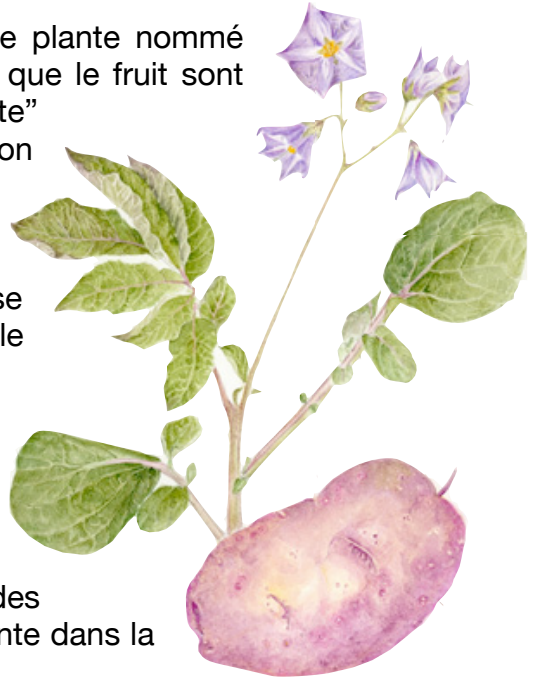
La pomme de terre, aujourd'hui l'une des bases de notre alimentation, était cultivée dans les Andes péruviennes depuis les débuts de l'agriculture sous le nom de "papa". Elle ne fut importée en Europe qu'en 1534 à travers l'Espagne, après la découverte des Amériques. Mais ce fut seulement en 1771 qu'Antoine Parmentier la démocratisa. Mais qu'est-ce vraiment ce végétal? Et de quoi est constituée sa chair?

## A. Un peu de botanique

La pomme de terre est en fait le tubercule d'une plante nommée "*Solanum tuberosum*", dont la tige, la feuille ainsi que le fruit sont toxiques. La pomme de terre, aussi nommée "patate" dans le langage courant, est comestible à condition qu'elle n'ait pas verdi suite à la germination.

C'est à partir de ce tubercule que se développent des rhizomes. C'est au bout de ces rameaux que se forme un nouveau tubercule, d'où naîtra une nouvelle tige.

Le tubercule comporte une forte proportion d'eau, pouvant aller jusqu'à 80 %, ainsi que des matières amylacées (la féculé de pomme de terre), du sucre, des matières albuminoïdes, des fibres cellulosiques, des éléments minéraux, des diastases, des vitamines (vitamine C, surtout présente dans la peau) et des toxines.



### Définition: Tubercule

Un tubercule est un organe végétal qui fait office de réserve. Généralement sous-terrain, il permet la survie des plantes durant l'hiver.

### Définition: Amylacées

Qui contient de l'amidon. Un glucide complexe (polymère de glucose) qui est utilisé par les végétaux comme réserve d'énergie afin de surmonter les périodes rudes (sèches ou froides).

### Définition: Albuminoïdes

Matière qui jouent un grand rôle dans les phénomènes biologiques en générale et dans la nutrition.

### Définition: Cellulosiques

Qui est formé de cellulose. La cellulose (polymère de glucose) est un des principaux constituants de la paroi des cellules végétales. C'est d'ailleurs le principal constituant du bois.

### Définition: Minéraux

Matériau constitué d'une structure atomique régulière et répétitive, qui en général forme des ions lors de sa dissolution.

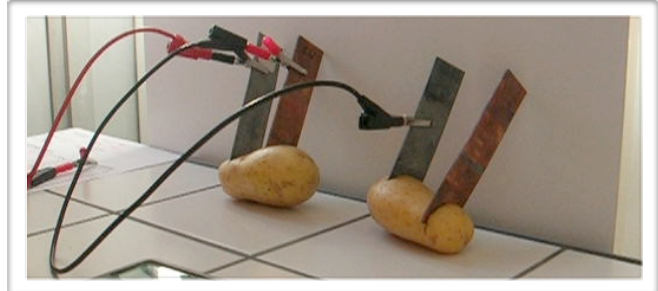
### Définition: Diastases

Substance capable d'hydrolyser l'amidon.

Du fait que la pomme de terre contient des minéraux et beaucoup d'eau, nous pouvons penser que des ions y sont présents. Or la plupart des piles marchent grâce à l'action des d'ions. Il est donc probable que ces ions participent au fonctionnement de la pile.

## 2. Observations

Nous avons observé en profondeur le phénomène de production d'électricité par une pilopatate avant de chercher à en déduire la cause.



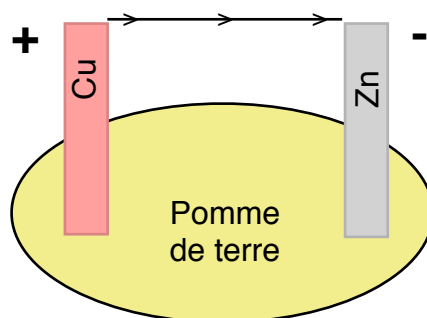
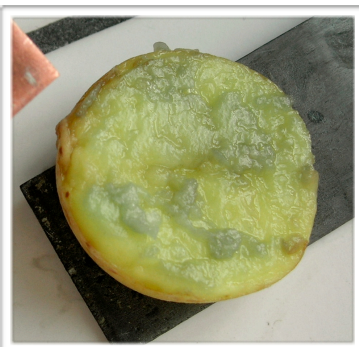
### A. Expérience d'observation

Pour débiter nos recherches nous avons commencé par faire des observations plus poussées. Nous avons donc effectué des mesures de production d'électricité en modifiant plusieurs facteurs afin d'essayer de comprendre d'où peut provenir cette énergie.

#### Expérience 1: Expérience de base

La première expérience consistait à monter une pilopatate et à mesurer la valeur de l'énergie qu'elle produisait. Nous avons mesuré une valeur de 824 mV en plaçant le zinc sur la borne .com du multimètre. Nous en avons donc déduit que le cuivre était la borne plus et que le zinc était la borne moins . Ceci nous indiquait que les électrons, source du courant électrique, circulaient du zinc vers le cuivre. Pour ce qui est de l'intensité, une valeur de 532mA fut mesuré elors de notre premier montage.

Nous observons aussi une couleur turquoise (photo ci-dessous) où l'électrode de cuivre était plantée. On en déduit que des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  sont produits.



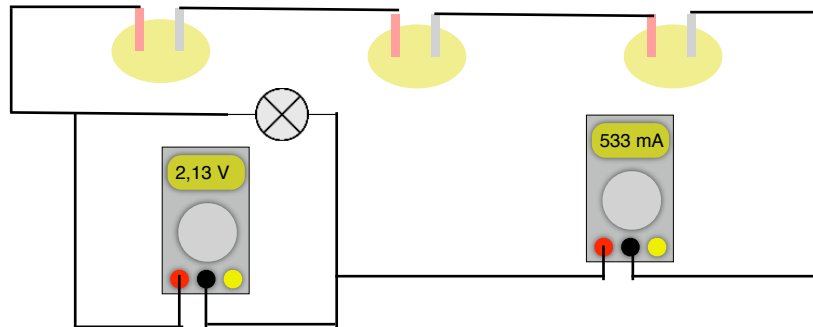
#### Rappel: Electricité

L'électricité est une force qui est causée par un déplacement d'électrons ( $e^-$ ) . Par convention le courant circule de la borne plus à la borne moins, mais en réalité les  $e^-$  circulent de la borne moins à la borne plus. L'électricité est caractérisée par la tension et l'intensité. La tension est la force des électrons et se mesure en volts ( V ). L'intensité et le débit d' $e^-$  et se mesure en ampères ( A ).

## B. La pilopatate, un générateur formel?

### Expérience 2: Montage en série

Ensuite nous avons monté en série plusieurs pilopatates (1, 2 puis 3). Schéma du montage:



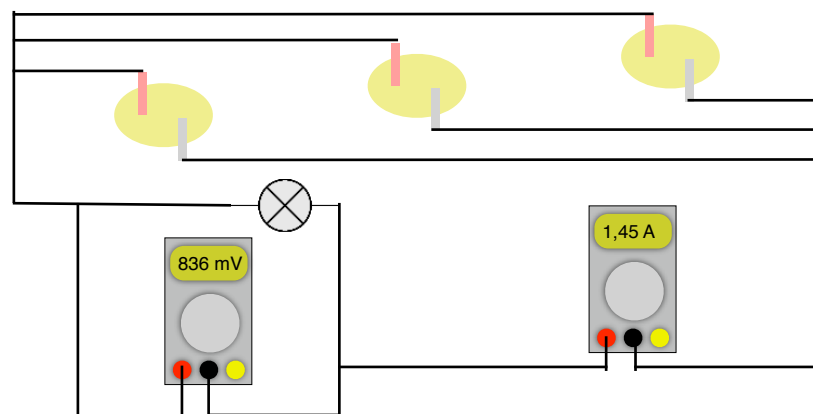
**Résultats:** Variation de la tension et de l'intensité en fonction du nombre de pommes de terre en série

Nbr. de pommes de terres	Mesure	Tension	Intensité
1 pomme de terre		<b>854 mV</b>	521 mA
2 pommes de terre		<b>1.578 mV</b>	528 mA
3 pommes de terre		<b>2,13 V</b>	533 mA

**Observations:** Nous constatons que la tension augmente proportionnellement au nombre de pomme de terre.

### Expérience 3: Montage en dérivation

Puis nous avons monté en dérivation plusieurs pilopatates (1, 2 puis 3). Schéma du montage:



**Résultats:** Variation de la tension et de l'intensité en fonction du nombre de pommes de terre en dérivation

Nbr. de pommes de terres	Mesure	Tension	Intensité
1 pomme de terre		854 mV	<b>521 mA</b>
2 pommes de terre		842 mV	<b>985 mA</b>
3 pommes de terre		836 mV	<b>1453 mA</b>

**Observations:** Nous constatons que l'intensité augmente proportionnellement au nombre de pomme de terre.

Déduction: On déduit des deux expériences précédente qu'il s'agit bien d'un générateur formel. C'est-à-dire que les principales lois de l'électricité sont conservées. C'est important car cela montre que le générateur produit réellement du courant et ce ne sont pas des impulsions électrique due à la vie que l'on peut mesurer sur la plupart des êtres vivants, comme nous lorsque nous prenons une électrode entre chaque main.

Nous avons donc une nouvelle problématique:

**Comment les électrons passent-t-il du zinc jusqu'au cuivre à travers le fil?**

## C. Étude des électrodes

Des rugosités apparues sur les électrodes après leur utilisation nous ont laissé penser que la forme ou la structure des électrodes étaient modifiées lors du fonctionnement de la pilopatate. La précédente observation des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  nous a conduit à nous demander si le zinc subissait le même sort. Autrement dit si des ions  $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$  se formaient.

Ces deux pistes nous ont conduit à émettre l'hypothèse que c'était une réaction chimique qui était à l'origine de la production de courant électrique. Et si nous avions vu juste la zone de contact entre l'électrode et la chair de la pomme de terre aurait son importance. Pour vérifier notre hypothèse nous avons alors mesuré la tension et l'intensité du courant produit en fonction de la surface de contact entre l'électrode et la pomme de terre.



### Expérience 4: Surface de contact

Nous avons ensuite fait varier la surface de contact entre les électrodes et la pomme de terre. Nous avons mesuré:

Résultats: Variation de la tension et de l'intensité en fonction de la surface de contact entre l'électrode et la pomme de terre

Mesure Surface de contact	Tension	Intensité
$\approx 3\text{cm}^2$ / électrode	839 mV	<b>521 mA</b>
$\approx 6\text{cm}^2$ / électrode	852 mV	<b>737 mA</b>
$\approx 9\text{cm}^2$ / électrode	838 mV	<b>834 mA</b>

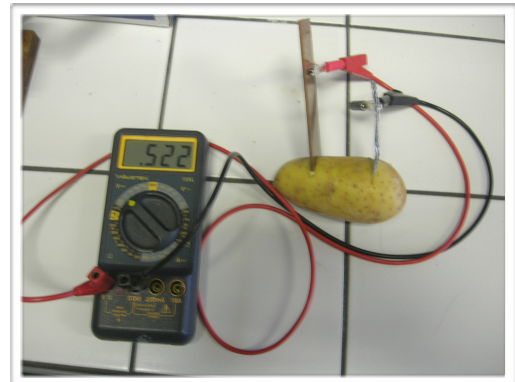
Observations: Nous observons une faible mais non négligeable augmentation de l'intensité, on en déduit que la production d'énergie se fait au niveau des électrodes et qu'il s'agit d'une réaction de contact et dans notre cas chimique.

### Expérience 5: Nature des électrodes

Ensuite nous nous sommes demandés quel rôle jouait la nature des électrodes. Nous avons donc décidé de tester la pilopatate avec des électrodes constituées de différents métaux.

Résultats des expériences:

Électrodes		Mesure de
+	-	la Tension
Cuivre	Zinc	835 mV
Cuivre	Fer	641 mV
Cuivre	Aluminium	522 mV
Fer	Zinc	294 mV
Fer	Aluminium	0 mV
Fer	Fer	32 mV (négligeable)
Zinc	Zinc	80mV (négligeable)
Cuivre	Cuivre	29mV (négligeable)



**Observations:** Nous constatons de grandes différences de performances entre les différents couples d'électrodes.

**Déductions:** On comprend qu'une différence entre les deux électrodes définit la performance de la pilopatate et donc que la production d'énergie est facilitée ou même déterminée par cette différence.

**Observations:** Le couple Cuivre-Aluminium est performant ainsi que le couple Cuivre-Fer. Mais que le couple Fer-Aluminium ne produit pas de courant électrique.

**Hypothèse:** On peut donc supposer qu'il y a une complémentarité entre les électrodes; ou que chaque électrode ne peut servir que de borne plus ou moins et que si l'on associe deux bornes négatives ou positives elles ont une efficacité que très réduite.

Mais dans ce cas le couple Fer-Zinc ne devrait pas produire du courant. On peut alors déduire qu'il existe une échelle et plus ces matériaux sont éloignés, plus la production est élevée. Cela expliquerait ainsi les différences de tension.

Par ailleurs l'expérience 4, à validé notre hypothèse, il s'agit donc bien d'une réaction chimique. Nous avons cherché du côté du tableau périodique, pour vérifier qu'il ne s'agissait pas d'une simple propriété de l'atome, mais nous n'avons rien trouvé de ce côté là. Pour avancer nous avons alors cherché des échelles qui déterminent des réactions chimiques. Nous avons trouvé après quelques recherches sur internet une échelle qui nous a parut intéressante: l'échelle d'oxydoréduction, qui classe les éléments selon leur potentiel d'oxydoréduction.

### Rappel: Oxydoréduction

L'oxydoréduction correspond à des réactions dans lesquelles il y a des échanges d'électrons, entre un oxydant et un réducteur. L'oxydant capte les électrons que lui cède un réducteur.

Pour déterminer une réaction d'oxydoréduction on utilise les couples redox qui marquent la forme oxydante et réductrice d'une espèce.

### Rappel: Potentiel d'oxydoréduction.

Le potentiel d'oxydoréduction est la force avec laquelle les ions attirent les électrons.

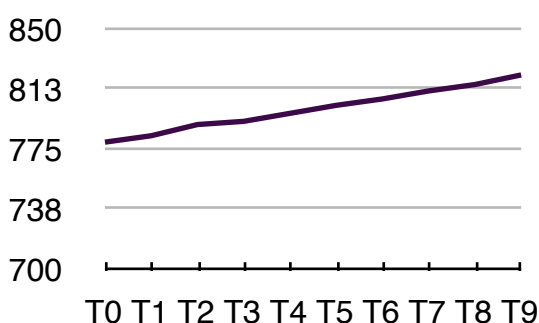
Elle est mesurée en Volts (V).

Pour la mesurer, les chimistes ont arbitrairement choisi de comparer la force de chaque élément à celle de l'hydrogène. Pour ce faire ils montent deux demi-piles, l'une d'elle avec le couple de référence  $H^+/H_2$ , et l'autre avec l'espèce que l'on veut mesurer. La tension entre les deux bornes est alors égale au potentiel. Celui de l'hydrogène est donc 0,0V.

### Expérience 6: Au cours du temps

Nous avons mesuré le voltage toutes les 5 min pendant 45min, voici les résultats:

T0: 780 mV  
T1: 784 mV  
T2: 791 mV  
T3: 793 mV  
T4: 798 mV  
T5: 803 mV  
T6: 807 mV  
T7: 812 mV  
T8: 816 mV  
T9: 822 mV



On observe une augmentation progressive qui pour l'instant reste inexplicable.

## 3. 1<sup>ère</sup> hypothèse

### A. D'où vient notre hypothèse?

La méthode employée pour mesurer le potentiel d'oxydoréduction nous a mis sur la piste de deux demi-piles, une à chaque cuve électrode. Ceci expliquerait la présence d'ions  $Cu^{2+}_{(aq)}$  et celle d'ions  $Zn^{2+}_{(aq)}$ . Néanmoins il nous manque l'oxydant de chaque réaction, nous avons alors cherché à déterminer l'oxydant qui oxydait le cuivre et le zinc lors de la production d'énergie.

Par ailleurs, nous avons trouvé que l'on peut remplacer la pomme de terre par un agrume notamment le citron, bien connu pour contenir de l'acide citrique. Nous nous sommes alors demandés s'il n'y avait pas un rapport avec l'acidité, puisque l'on sait qu'un milieu acide est susceptible de fournir des ions  $H^+_{(aq)}$ . Nous avons alors entrepris de mesurer le pH de la pomme de terre, pour voir si elle était acide.

### Rappel: pH

Le pH (potentiel hydrogène) est une mesure sans unité de l'acidité ou basicité d'un milieu. Entre 0 et 7 le milieu est acide, entre 7 et 14 le milieu est basique, et à 7 il est neutre. La valeur du pH est liée à la concentration des ions  $H^+_{(aq)}$  dans le milieu.

Nous avons mesuré le pH à l'aide de papier pH, car la mesure précise par une sonde n'était pas possible, les particules de pomme de terre pouvant altérer la sonde.

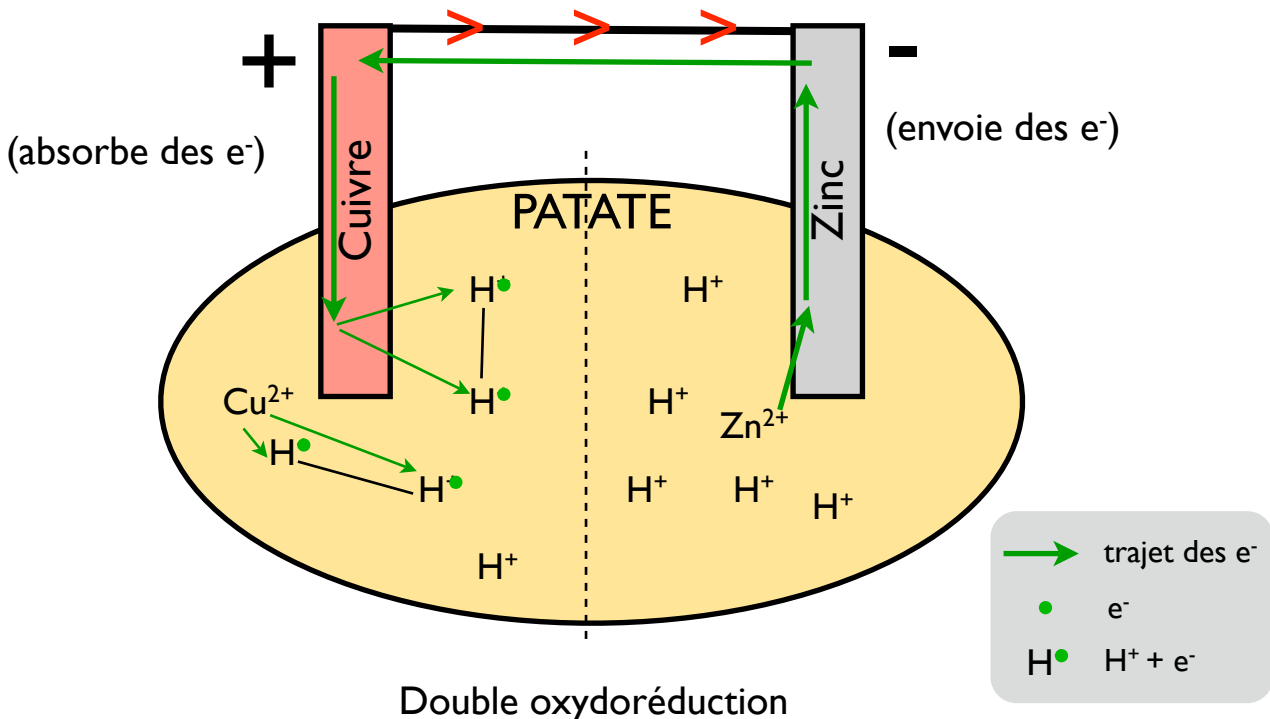
## Expérience 7: Le pH de la pomme terre

Nous avons mesuré le pH à l'aide de papier pH. Nous avons eu un résultat de 6.

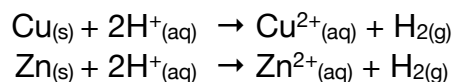
Nous avons vérifié si ce résultat était cohérent en consultant des données sur un site internet. Nous en déduisons que la chair de la pomme de terre peut fournir des ions  $H^+_{(aq)}$ . Ensuite nous avons énoncé une hypothèse.

## B. L' hypothèse

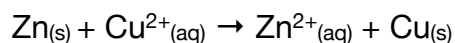
### Hypothèse 1: La double oxydoréduction



1. Lorsque les deux électrodes (cuivre et zinc) sont plantées dans la pomme de terre, aussi bien le zinc que le cuivre subissent une réaction d'oxydation avec les ions  $H^+$  présents dans la pomme de terre à cause de son acidité, selon les équations suivantes:



2. Cependant,  $Cu^{2+}_{(aq)}$  étant un meilleur oxydant que  $H^+_{(aq)}$  (du fait de leurs potentiels d'oxydoréduction respectifs), l'électrode de Zinc (qui n'a que partiellement réagi) ne s'oxyde plus avec le  $H^+_{(aq)}$ , mais avec le  $Cu^{2+}_{(aq)}$ , produit de l'oxydation de l'électrode de cuivre, selon la réaction d'oxydation suivante:



Les électrons libérés par l'électrode de Zinc passent donc par le câble électrique afin de rejoindre les ions  $Cu^{2+}_{(aq)}$ , produisant ainsi un courant électrique.



## C. Vérification de l'hypothèse

Nous avons fait quelques expériences pour tester notre hypothèse.

Pour valider notre hypothèse nous devons vérifier les conséquences "vérifiables" suivantes:

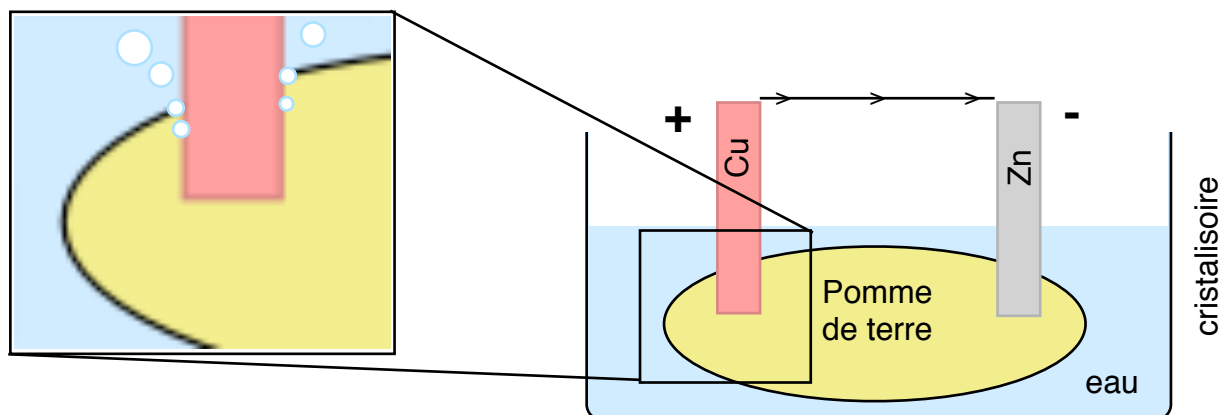
- si le pH augmente entre avant et après l'utilisation de la pilopatate;
- qu'il y a un dégagement dihydrogène du côté de l'électrode cuivre, et uniquement du côté de l'électrode cuivre;
- la présence d'ions  $Zn^{2+}_{(aq)}$  et  $Cu^{2+}_{(aq)}$ ;
- si l'on neutralise une pomme de terre à l'aide de soude, elle ne devrait plus produire de courant.

Nous avons alors mis au point des expériences qui permettent de vérifier les points précédents. Mais suite au manque de personnel, le matériel n'a pu nous être fourni ce qui nous a retardé de 15 jours.

La séance suivante, nous avons pu faire quelques expériences.

### Expérience 8: Vérification du dégagement de dihydrogène

Nous avons placé une pilopatate dans un cristalliseur rempli d'eau, nous devons observer l'apparition de bulles au niveau de la borne cuivre et aucune au niveau de la borne zinc.



### Expérience 9: Effet de la neutralisation de la pomme de terre

Nous avons ensuite tenté d'approcher le pH de la pomme de terre à 7 à l'aide de soude grâce au papier pH, puisque nous pensions que le courant était généré par l'acidité, s'il il n'y avait plus d'ions  $H^{+}_{(aq)}$ , la réaction devrait stopper et la production d'énergie de même. Mais nous avons rencontré un problème, avant de verser de la soude, le pH de la pomme de terre que mesurait le papier pH était de 8, or nous avons trouvé 6 lors des dernières recherches. Comme nous n'avons aucun acide, nous n'avons pas pu effectuer cette expérience.

Par ailleurs, ce papier pH mesurait un pH de 14 pour une solution de soude même avec une très faible concentration. Nous avons donc pensé qu'il était périmé.

### Expérience 10: Vérification de l'évolution du pH

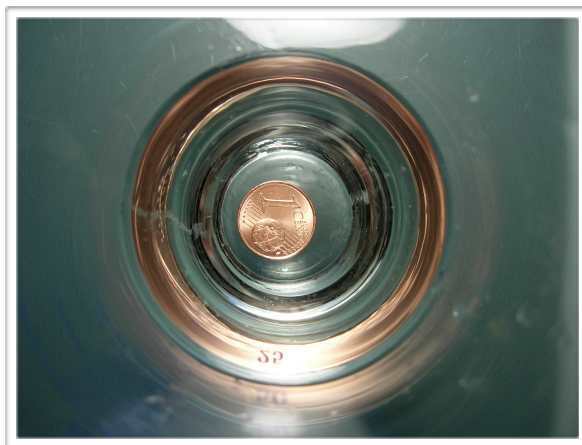
Nous devons mesurer une augmentation de pH au cours de la réaction, qui traduit une baisse de l'acidité et donc une diminution de la concentration en  $H^{+}_{(aq)}$ , mais comme le papier pH n'était pas fiable nous n'avons pu donner de l'importance aux résultats de l'expérience.

## D. Une critique de nos expériences

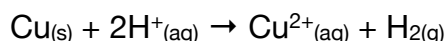
Après notre série d'expériences un autre problème surgit. C'est après avoir approfondi le potentiel d'oxydoréduction que nous nous sommes rendus compte que la réaction entre le Cuivre et les ions  $H^+_{(aq)}$  n'était pas possible.

Nous avons décidé de vérifier l'oxydation du cuivre en milieu acide.

### Expérience 11: Oxydation du cuivre dans de l'acide chlorhydrique



Contrairement à ce que l'on pensait, l'oxydation du cuivre n'a pas lieu dans l'acide chlorhydrique. La réaction d'oxydoréduction caractérisée par l'équation:



n'a pas lieu. En effet, nous n'observons ni présence d'ions  $Cu^{2+}_{(aq)}$ , caractérisée par la couleur bleu turquoise, ni un dégagement gazeux de  $H_{2(g)}$ .

Cependant, lors de nos premiers constats, nous avons remarqué cette couleur turquoise. Mais peut être qu'elle apparaît naturellement, sans réaction avec le  $Cu_{(s)}$ . Si c'est le cas, notre hypothèse serait définitivement invalidé car la présence de  $Cu^{2+}_{(aq)}$  que nous avons constaté aurait été une erreur de constat, engendré par une déduction hâtive.

### Expérience 12: Coloration de la pomme de terre

Après avoir laissé la pomme de terre à l'air libre nous avons observé qu'elle avait pris une teinte foncée.

On constate que la couleur bleu turquoise apparaît bel et bien. Notre première hypothèse est donc infirmée.

## 3. 2<sup>ème</sup> hypothèse

Mais pourquoi la face de la pomme de terre a l'air libre est-elle devenue bleue?

Nous pouvons penser que c'est la réactions entre le gaz de l'air et les composants de la pomme de terre qui explique cette couleur. En effet, seul les faces non recouvertes de peau exposées à l'air libre deviennent bleues. La pomme de terre réagiy de la même façon que la

pomme noircie lorsqu'elle a été pelée, puis exposée à l'air libre. Mais ceci n'est pas notre sujet de TPE, nous n'approfondirons pas sur ce phénomène.

Nous venons de voir que l'oxydation du cuivre avec le  $H^+_{(aq)}$  n'a pas lieu, et que donc, il ne devrait pas y avoir de dégagement gazeux de  $H_{2(g)}$ . Cependant, nous avons relevé dans l'expérience 8, qu'il y a bien un dégagement gazeux à la borne de cuivre.

De plus, le cas inverse se présente avec le zinc. En effet, alors que la réaction avec le  $H^+_{(aq)}$  a bien lieu, on ne peut pas constater le dégagement gazeux.

Ces deux situations semblent paradoxales; ainsi, du côté de la borne de cuivre, il devrait n'y avoir pas de dégagement gazeux, car l'oxydation n'a pas lieu; et à la borne zinc, l'oxydation a bien lieu, mais le dégagement gazeux, lui, n'est pas observé.

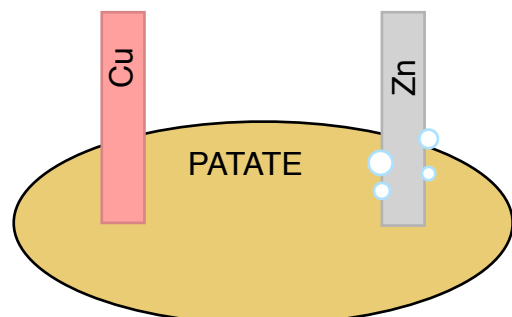
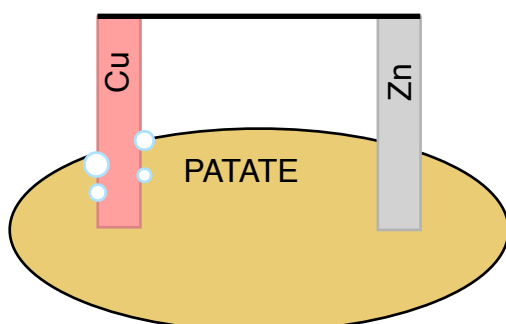
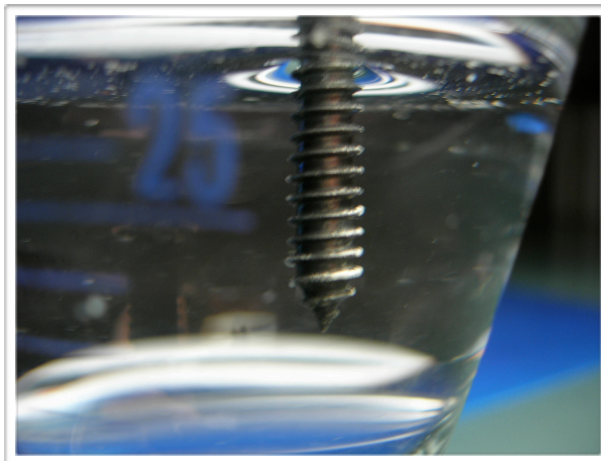
Reprenons ce que l'on sait: la pomme de terre est un milieu acide conducteur, qui est composé d'ions  $H^+_{(aq)}$ , et si des électrons arrivaient dans celle-ci, ils pourraient circuler à l'intérieur. De plus, on a observé que l'électrode de Zinc a subi une réaction d'oxydation, fort probablement avec le  $H^+_{(aq)}$ , car l'on observe un dégagement gazeux au niveau de l'électrode cuivre. Rappelons que les deux électrodes sont reliées par un fil électrique.

Peut-être que les électrons libérés par la borne Zinc lors de son oxydation avec le proton  $H^+$  passent par le câble électrique pour une raison qui nous est encore inconnue.

Si tel est le cas, alors lorsque les deux électrodes ne sont pas reliées, nous devrions observer que le dégagement gazeux a lieu au niveau de celle de Zinc, et que celle de cuivre ne dégage rien.

### Expérience 12: Test oxydoréduction du zinc

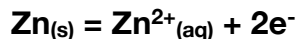
Nous avons plongé du zinc (visse zingué) dans une solution d'acide chlorhydrique concentré, et nous avons immédiatement observé des bulles et un décapage de la vis.



Observation du dégagement gazeux lorsque les électrodes ne sont pas reliés.

Nous pouvons donc en déduire que les électrons libérés par le Zinc, ne réagissent pas directement avec  $H^+$ , mais passe dans le câble électrique pour réagir avec les  $H^+$  se trouvant dans le milieu du cuivre.

**Pourquoi les électrons libérées par le zinc:**



**passent par le fil pour aller réagir avec les  $H^+$  au niveau de l'électrode cuivre?**

Mme Cambillaud nous a alors mis sur la piste. Selon le principe de corrosion électrochimique, la formation de  $H_{2(g)}$  ( $2H^+_{(aq)} + 2e^- = H_{2(g)}$ ) est favorisé par un milieu cuivreux par rapport à un milieu zingué.

Malheureusement lorsque nous sommes arrivés à ce point il ne nous restait plus beaucoup de temps. Nous n'avons donc pas eu le temps de vérifier notre hypothèse. Nous avons cherché à comprendre le phénomène de corrosion électrochimique mais il est complexe et nous n'avons pas réussi à trouver d'explications claires dans le temps qui nous restait.

**Conclusion:**

Nous n'avons donc pas réussi à conclure notre recherche mais uniquement à cerner le problème. Ceci grâce à une série d'expériences, qui nous ont conduits à nous intéresser de plus près à la réaction entre les protons présents dans la pomme de terre et les électrodes. Après nous être orientés vers une double oxydoréduction, et avoir infirmé cette première hypothèse, nous avons cherché à comprendre plus précisément ce qui se passait. C'est alors que nous nous sommes orientés vers le phénomène de corrosion électrochimique. Mais suite au manque de temps nous n'avons pu aller plus loin.

L'aide de Mme Ruer et de M. Julien nous a été très précieuse car nous ne savions pas ce qui était attendu. D'autre part ils nous ont aidé à ne pas nous dévier et à nous orienter dans nos recherches. Ils ont aussi tenté de répondre à nos questions même si celles-ci ne correspondaient que rarement à leurs domaines, ce dont nous leurs remercions. Pour les questions plus délicates, nous avons aussi fait appel à Mme Cambillaud, qui a consacré de son temps pour nous aider. Nous la remercions de son soutien et de son aide tout au long de ce TPE.

---

**Synthèse Personnel:**

**Augustin:** Ce projet que nous n'avons malheureusement pu achever a été un bon moyen de m'initier à ce qu'est la réelle démarche scientifique, celle où l'on avance sans être sûr de rien. Il m'a permis de me rendre compte de la complexité des lois chimiques qui régissent le monde qui nous entoure ; ainsi que de mieux comprendre à quel point il est difficile de mener à bien une recherche scientifique. Rien qu'à notre modeste niveau, des difficultés de tout ordre, aussi bien de personnels que de compréhension des phénomènes, nous ont empêchés d'avancer. Ce fut également un bon moyen de nous rendre compte des réels problèmes de manque de personnel au laboratoire du lycée.

Cependant, malgré ces problèmes rencontrés qui nous ont fait perdre du temps ; d'une part grâce à la bonne communication au sein du groupe du fait de l'apport au niveau de la communication que représente internet ; d'autre part grâce au fait que nous ayons avancé ensemble, sans diviser le travail ; nous avons pu rattraper un peu du temps perdu car deux cerveaux raisonnent plus vite qu'un. Grâce à ce système, nous nous expliquions mutuellement les phénomènes ou raisonnement incompris par l'autre.

**Jon:** Cette expérience m'a semblé enrichissante car c'est la première fois que j'ai pu élaborer une démarche scientifique complète même si elle ne nous a pas mené à un résultat probant. Nous avons par ailleurs subi les mêmes difficultés que les plus grands scientifiques tel que le manque de moyens due à la pénurie de personnel de laboratoire qui nous ont coûté plusieurs séances d'expériences, ainsi que le manque de temps qui nous a empêché de conclure nos recherches.

J'ai trouvé que le travail d'équipe c'est bien déroulé. Il y a eu une bonne communication en parti grâce au carnet de bord en ligne que j'ai mis en place, ainsi que les nombreux mails que nous nous sommes échangés. Le travail n'a pas vraiment été réparti puisque nous avons tout fait ensemble, je ne peut donc pas détailler ce que j'ai ou pas fait. Ce qui m'a aussi étonné est la quantité et la complexité des phénomènes et champs d'études qui se rapportent à ce type de pile, qui peut paraître à première vue assez simple. D'une certaine façon nous avons fait la démarche historique qui a mené à la fabrication des piles. Ça a été intéressant de comprendre en partie comment marche ces générateurs et de découvrir une partie de la chimie que je ne connaissait pas.

**Ce dossier est téléchargeable à l'adresse suivante:**

<http://neo.media.free.fr/tpc>