

# Exercices corrigés – Chimie II niveau 3ème

Impression : Imprimez deux pages sur une page

## Exercice 10 page 72 (chapitre 4)

J'observe que le bécher de la figure n°1 a un pH de 7,2.

Je sais que l'eau a un pH proche de 7.

J'en conclus que le bécher de la figure n°1 est celui qui contient de l'eau du robinet.

Le bécher de la figure n°2 doit donc être celui qui contient de la limonade.

## Exercice 11 page 72 (chapitre 4)

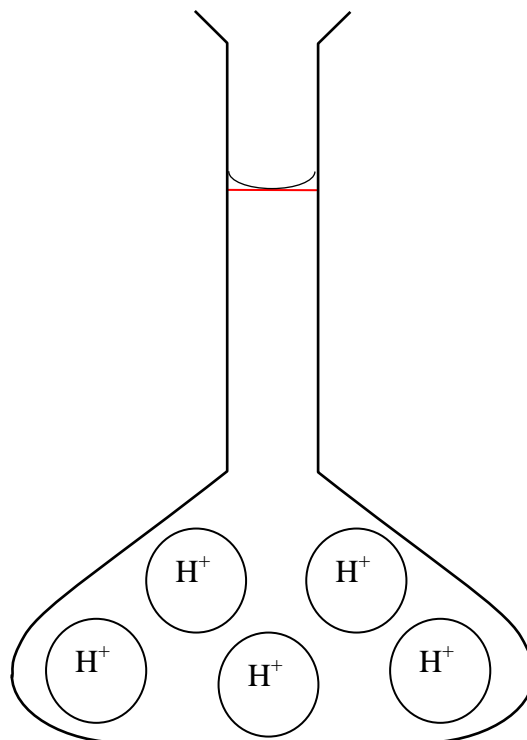
a) Lorsque l'on a dilué la solution acide, on a simplement ajouté des molécules d'eau. Ainsi, le nombre d'ions  $H^+$  n'a pas changé.

b) La concentration en ion  $H^+$  a diminué car si le nombre d'ions  $H^+$  n'a pas changé, le volume de la solution lui a augmenté.

Je sais que :  $[H^+] = \frac{\text{quantité } H^+}{\text{volume solution}}$ .

Si le volume augmente et que la quantité de  $H^+$  ne change pas alors la concentration diminue.

c) La solution finale est moins acide car elle est moins concentrée en  $H^+$ .



## Exercice 12 page 72 (chapitre 4)

a) La solution A fait virer au rose le papier pH ce qui indique sur le nuancier une valeur de pH égale à 1.

La solution B fait virer au jaune le papier pH ce qui indique sur le nuancier une valeur de pH égale à 6.

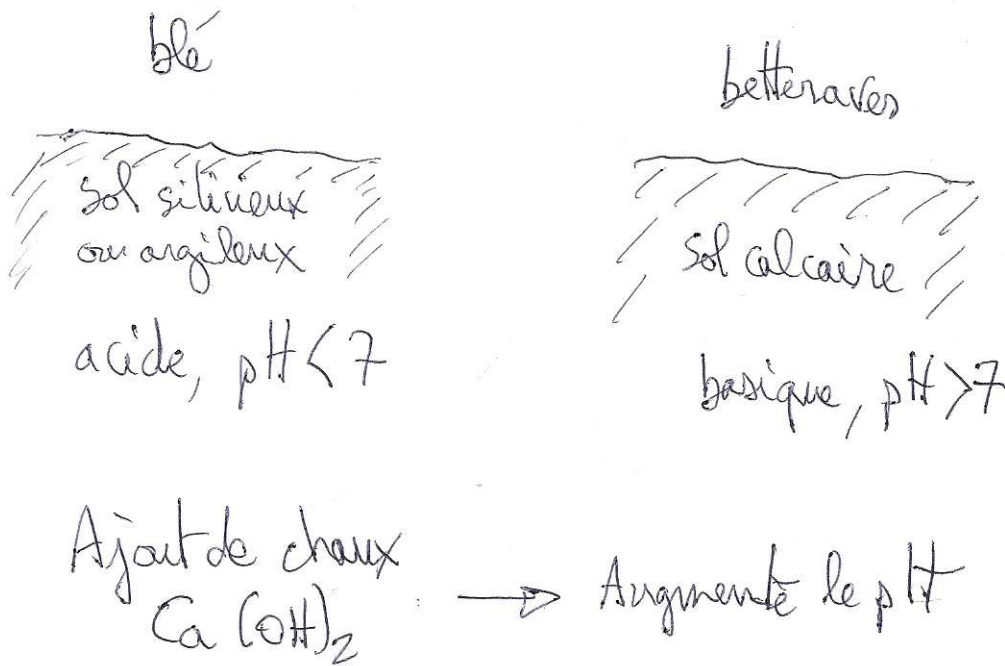
La solution C fait virer au vert foncé le papier pH ce qui indique sur le nuancier une valeur de pH égale à 9.

b) D'après le nuancier une valeur de pH égale à 3 correspond à une couleur orange foncé. La solution D fera donc virer le papier pH à l'orange foncé.

D'après le nuancier une valeur de pH égale à 8 correspond à une couleur vert kaki. La solution E fera donc virer le papier pH au vert kaki.

D'après le nuancier une valeur de pH égale à 12 correspond à une couleur bleu foncé. La solution F fera donc virer le papier pH au bleu foncé.

**Exercice 18 page 73 (chapitre 4)**



- a) Le pH du sol est important pour un agriculteur car il a un impact sur le bon développement des cultures. Par exemple, le blé préfère un sol acide alors que les betteraves se développent mieux dans un sol basique.
- b) La chaux est un solide ionique qui va donc se transformer en ions s'il est dissout.  
Equation de la réaction :  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^-$   
Il se forme donc des ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) qui vont augmenter la basicité du sol. Le pH du sol va donc augmenter.
- c) Recherche documentaire sur internet : J'ai fait une recherche sur un moteur de recherche avec les mots « hortensia et pH du sol ». Sur la liste de sites web proposés, deux ont attirés mon intérêt : un site qui parle de la couleur rose ou bleu des hortensias et deux autres qui semblent être scientifique « futura-sciences » et « questions2physique.wordpress ».

hortensia et ph du sol



Web Images Actualités Shopping Vidéos Plus ▾ Outils de recherche

Environ 358 000 résultats (0,35 secondes)

Les couleurs d'hortensia - Hortensia - Hydrangea

[www.hortensia-hydrangea.fr/content/11-les-couleurs-d-hortensia](http://www.hortensia-hydrangea.fr/content/11-les-couleurs-d-hortensia)

Les Hortensias roses resteront roses dans un sol neutre. Acidité : pH 6 à 7 maxi. Ils possèdent un pigment rose appelé delphinidine ( car il a été découvert chez ...

Un hortensia Rose ou Bleu ? - Hortensias

[www.hortensias.fr/un-hortensia-rose-ou-bleu/ad7.html](http://www.hortensias.fr/un-hortensia-rose-ou-bleu/ad7.html)

Dans une terre neutre (pH 7), les hortensias ne pourront produire que des fleurs roses ... très rapidement, mais leur effet est vite amoindri par le lessivage du sol.

coloration des hortensias - Forums Futura-Sciences

[forums.futura-sciences.com](http://forums.futura-sciences.com) > ... > VIE > Biologie

1 déc. 2004 - 10 messages - 4 auteurs

La couleur bleue des hortensias s'obtient pour un sol à pH 5-6 et la couleur rose pour un pH de 7, 7.5. Je ne sais pas si l'hortensia supporte ...

Images correspondant à hortensia et ph du sol

Signaler des images inappropriées



Plus d'images pour hortensia et ph du sol

La couleur des hortensia | Physique de tous les jours

<https://questions2physique.wordpress.com/.../la-couleur-des-hortensia/>

26 sept. 2012 - Ce n'est pas un problème de stabilité du complexe selon le pH mais de présence des cations aluminium. Dans les sols acides, les hortensias ...

Influence du pH du sol sur les hortensias ? | Yahoo Questio...

<https://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid...>

29 nov. 2010 - En principe, tous les hortensias sont roses, rouges ou blancs. La

Je vais surligner les parties intéressantes pour répondre à la question et je vais comparer entre les sites pour vérifier qu'on retrouve les mêmes réponses dans tous les sites. Rappel de la question : quelle est l'influence du pH du sol sur les hortensias. La question est accompagnée de photographies d'hortensias bleu et rouge.

« *Un hortensia Rose ou Bleu ?*

Pour obtenir une couleur de fleurs, il faut choisir une variété de la couleur appropriée.

Mais la nature acide ou basique du sol va influencer cette couleur.

Pour produire de belles fleurs bleues, les hydrangeas doivent être cultivés à la fois dans une terre acide (pH entre 4,5 et 6,5) et riche en aluminium assimilable (c'est l'acidité qui permet l'assimilation).

Dans une terre neutre (pH 7), les hortensias ne pourront produire que des fleurs roses ou rouges selon la variété. Les bleus deviendront mauves.

*Obtenir des bleus...*

Il est cependant possible d'avoir des hortensias bleus dans un terrain a priori peu propice.

Avant plantation, mélangez à la terre de l'aluminium assimilable (2kg/m<sup>3</sup>) (Voir 'Bleu de Bretagne', dans Engrais et amendements).

Répartissez ensuite la poudre autour de la plante, puis arrosez 2 ou 3 fois jusqu'à ce qu'elle soit dissoute.

Certain produit présenté sous forme liquide on l'avantage de se répandre très rapidement, mais leur effet est vite amoindri par le lessivage du sol.

La meilleure période pour ce traitement est pendant la montée de la sève du printemps la plante aura le temps d'absorber l'aluminium jusqu'à la formation de ses fleurs.

Et, pour stabiliser la couleur, rajouter une petite dose à la fin du printemps, quand les feuilles sont sorties mais avant la floraison.

*Et des roses...*

L'inverse est aussi vrai. Si vous désirez un hortensia rose, il faut diminuer l'acidité du sol (augmenter son pH). (Voir 'Algues marines fossiles', dans Engrais et amendements).

Vous pouvez aussi :

Mettre une poignée de chaux ou de plâtre dans un seau. Laissez dissoudre, mélangez et répartissez cette solution sur une surface de 1 m autour de la plante.

Vous pouvez également utiliser de la cendre de cheminée chargée de calcaire et de potasse.

*Plusieurs couleurs*

Si un hortensia sort des fleurs de différentes couleurs, cela veut dire qu'étant très sensibles à l'acidité du sol ses racines ne propagent pas les mêmes éléments dans toutes les parties de la plante.

Il peut arriver aussi qu'à la plantation il ait du mal à s'adapter et à trier les éléments qui influenceront sur sa couleur. »

Remarque : *Hydrangea macrophylla*, est une plante horticole dénommée Hortensia.

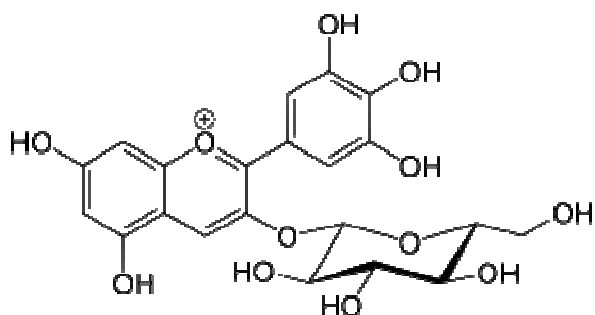
Ce site est un forum comme le lien l'indique et donc je le laisse de côté. Les réponses sont formulées par n'importe qui, aussi bien des experts que des personnes ignares. Je préfère donc, dans un premier temps, laisser ce site de côté car la lecture sera longue et nécessitera des vérifications complémentaires. Si les autres sites ne me satisfont pas, je pourrais toujours y revenir.

Autre problème : ce site date de 2004 !! Résultats les liens mis par les participants du forum ne sont plus actifs...

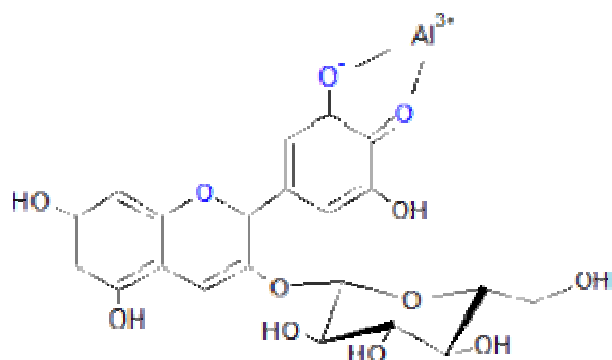
« La couleur des hortensia 26 09 2012

Les hortensias que l'on rencontre en France appartiennent le plus souvent à l'espèce *Hydrangea macrophylla*. Ils ont la particularité de donner des fleurs bleues ou rouges. Cependant cette couleur n'est pas fixée pour un hortensia donné et peut changer plusieurs fois au cours de son existence. Si la couleur des fleurs d'un hortensia n'est pas une donnée génétique, quel paramètre la détermine ? En réalité la couleur des fleurs dépend de l'acidité du sol sur lesquels la plante pousse. Un sol basique donnera naissance à des fleurs rouges fuchsia alors qu'à l'inverse un sol acide rendra les fleurs bleues pourpre.

Le chercheur Kumi Yoshida et son équipe ont pu montrer que la couleur des hortensia était due à un pigment, le 3-glucoside de delphinidine. Lorsque celui-ci se présente sous forme de cation flavylum de la delphinidine (voir au dessous), il donne aux fleurs une coloration rouge.



Si des ions  $\text{Al}^{3+}$  sont présents dans le milieu, il complexe avec le 3-glucoside de delphinidine selon la forme ci dessous. Ce complexe produit une couleur bleue. On comprend le rôle essentiel de l'aluminium dans le changement de coloration des hortensias.



Il nous reste à savoir pourquoi le passage de la forme rouge à bleue dépend du pH du sol. Ce n'est pas un problème de stabilité du complexe selon le pH mais de présence des cations

aluminium. Dans les sols acides, les hortensias sécrètent de l'acide citrique. Cet acide forme un complexe avec  $Al^{3+}$  présent dans le sol qui est ensuite absorbé par la plante. Cet aluminium finit par s'accumuler dans les fleurs et le pigment 3-glucoside de delphinidine se complexe sous sa forme bleue. A l'inverse dans les sols basiques, les ions  $Al^{3+}$  ne sont pas absorbés par les hortensias car ils ne produisent pas d'acide citrique. **En l'absence d'ion aluminium, le pigment garde la couleur rouge** du flavylium. On comprend donc que **c'est l'absorption d'aluminium par les racines, rendue possible en sol acide, qui fait passer la coloration des fleurs des hortensias du rouge au bleu.**

Sources : Wikipédia – Hydrangea macrophylla. (#) Kumi Yoshida, Mihoko Mori and Tadao Kondo. *Nat. Prod. Rep.*, 2009,26, 884-915. DOI: 10.1039/B800165K. (#) »

### *Réponse au brouillon*

En résumé, ces deux sites font le constat suivant : le pH a un impact sur la couleur des hortensias :

- Pour avoir des hortensias bleus, il faut que le sol soit acide et que soit présents des ions aluminium
- Pour avoir des hortensias rose ou rouge, il faut que le sol soit neutre ou basique.

Par contre, je reste insatisfait de la réponse concernant la coloration rouge ou rose : le sol est neutre ou basique ?

Donc, je vais rechercher sur le premier site de la liste pour plus d'informations.

### Site Hortensia-hydrangea.fr

#### « Les couleurs des Hortensias

Parmi les Hydrangea, les H. macrophylla (Hortensia) et serrata changent de couleur en fonction du sol. C'est une chance dont il faut profiter.

On peut, grâce à un choix judicieux, installer dans le jardin toute une gamme de couleurs allant, soit du rouge le plus profond au rose pale et au blanc, soit du violet le plus sombre (presque noir) au bleu le plus lumineux, ou au bleu clair opalescent et blanc.

Il sera toujours possible de mélanger toutes ces couleurs en plantant des variétés adéquates par zone et en amendant les sols à la plantation, puis régulièrement.

Hortensia H. macrophylla Meissen rose Hortensia H. macrophylla Meissen bleu

#### 1) Le Bleuissement des Hortensias

Hortensia Blanc / Bleu / Rose : Comment "ça marche"

Les Hortensias blancs ne possèdent pas de pigments (colorant végétal) et restent blancs (avec parfois des nuances bleutées ou rosées, le plus souvent en fin de floraison, en fonction des sols et selon les variétés. Dans ce cas il ne s'agit pas de blanc pur.

**Les Hortensias roses resteront roses dans un sol neutre. Acidité : pH 6 à 7 maxi.** Ils possèdent un pigment rose appelé delphinidine ( car il a été découvert chez le delphinium). **Lorsque le pH du sol devient acide, ce pigment combiné à l'aluminium devient bleu.**

Pour une même variété, la couleur des hortensias varie donc selon les conditions de plantation.

Les Hortensias bleus sont donc des variétés roses cultivées en sol acide. Acidité : pH 4 à 5

Les variétés rose clair évoluent vers du bleu clair, les rose vif vers du bleu soutenu, les rouges vers du violet.

Certains sols seront suffisamment acides pour donner aux plantes un bleu franc, d'autres devront être amendés avec un apport d'alumine (sulfate d'alumine, Alun de potasse, "Bleu de France") pour donner la même intensité de bleu. »

Je vais donc pouvoir faire une réponse plus précise. Les trois sites sont cohérents dans leurs propos je peux donc considérer que l'information est véridique.

#### *Réponse finale*

En résumé, trois sites font le constat suivant : le pH a un impact sur la couleur des hortensias roses.

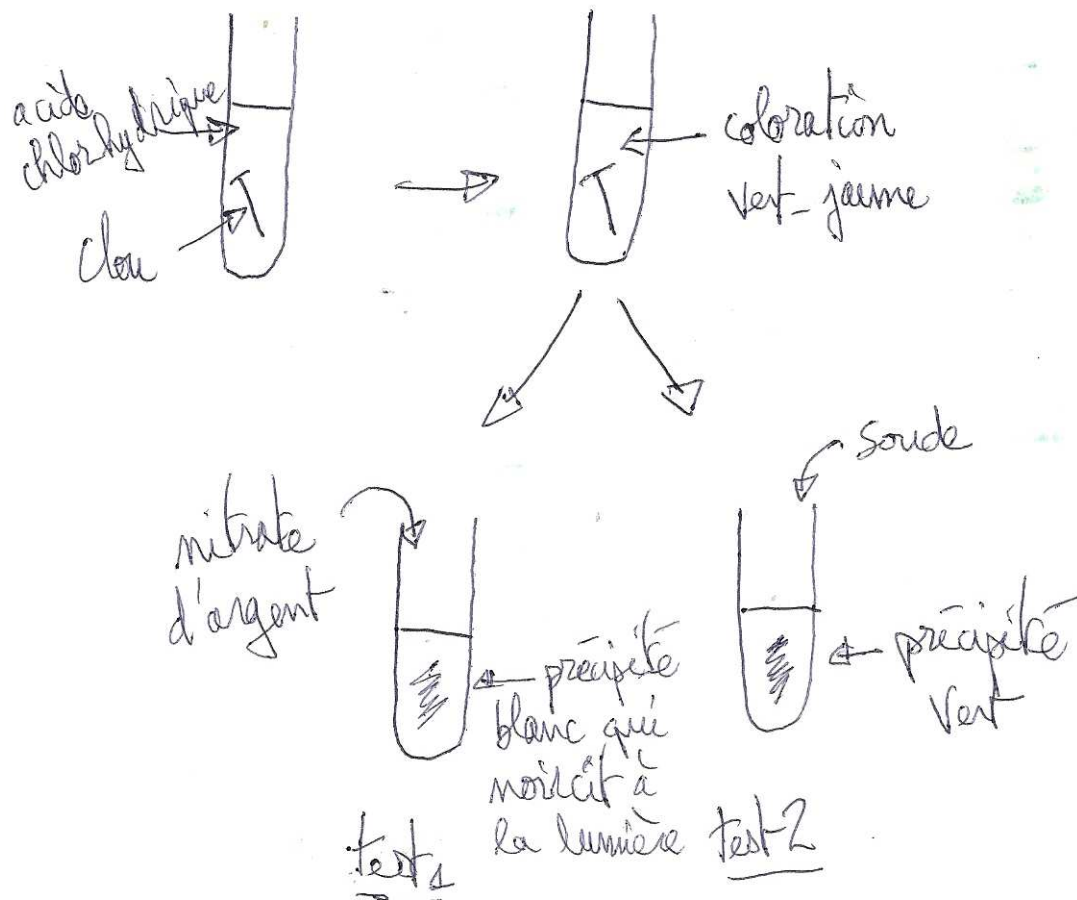
- Pour que les hortensias roses ou rouges gardent leur couleur, il faut que le sol soit neutre : pH 7
- Pour que les hortensias rose changent de couleur et virent au bleu voir au violet, il faut que le sol soit acide, pH 5, et que soit présents des ions aluminium

Sources : <http://www.hortensia-hydrangea.fr/content/11-les-couleurs-d-hortensia> ;  
<http://www.hortensias.fr/un-hortensia-rose-ou-bleu/ad7.html> ;  
<https://questions2physique.wordpress.com/2012/09/26/la-couleur-des-hortensia/>

#### **Exercice 22 page 73 (chapitre 4)**

- a) La personne qui proposa le premier le terme « pH » est, d'après le texte, le scientifique danois Sören Sørensen.
- b) Le « H » est écrit en majuscule dans le symbole pH car il caractérise l'importance des ions hydrogène. Comme le symbole de l'élément hydrogène est un H majuscule, on a gardé la majuscule dans le symbole pH.

### Exercice 6 page 85 (chapitre 4)



- a) Lors du test 1 l'ajout du nitrate d'argent forme un précipité blanc qui noircit à la lumière. Cela caractérise la présence d'ions chlorure,  $\text{Cl}^-$ .  
Lors du test 2 l'ajout de soude forme un précipité vert. Cela caractérise la présence d'ions fer II,  $\text{Fe}^{2+}$ .
- b) La solution est composée, d'après les tests 1 et 2, d'ions chlorure et d'ions fer II. Son nom est donc une solution de chlorure de fer II.

### Exercice 13 page 86 (chapitre 4)

- a) On observe plusieurs changements :
- le morceau de cuivre a disparu
  - la solution a changé de couleur, d'incolore à bleue
  - la formation d'un gaz roux au dessus du liquide

Ces changements nous montrent que les réactifs initialement présents dans le tube à essai se sont transformés en autre chose : il y a eu transformation de la matière et donc transformation chimique.

Les produits présents dans le tube à essai sur la figure 2 semblent être stabilisés et ne plus évoluer. On peut donc en déduire que la transformation chimique est terminée.

b) L'ajout de soude forme un précipité bleu. Cela caractérise la présence d'ions cuivre II,  $\text{Cu}^{2+}$ .

c) Les réactifs sont : l'acide nitrique et le morceau de cuivre. L'acide nitrique étant un acide doit contenir des ions  $\text{H}^+$  et le cuivre n'est composé que d'atomes de cuivre.

D'après le test à la soude, je peux déduire qu'il se forme des ions cuivre II.

En résumé,

Réactifs :  $\text{H}^+$ , Cu

Produit :  $\text{Cu}^{2+}$

*Pour aller plus loin*

Acide nitrique :  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$

gaz roux formé : dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  toxique !!

L'équation de l'attaque du cuivre par l'acide nitrique est trop compliquée pour être abordée au collège et certain de ces mécanismes ne sont pas encore pleinement maîtrisés.

### **Exercice 16 page 87 (chapitre 4)**

a) On observe la formation d'un gaz qui n'était pas présent au paravent. Il y a donc eu transformation chimique.

b) Il existe des tests pour caractériser la présence de dihydrogène, le test de la flamme, et de dioxyde de carbone, le test à l'eau de chaux.

Pour cela nous allons recueillir le gaz formé à l'aide d'un tube en plastique.

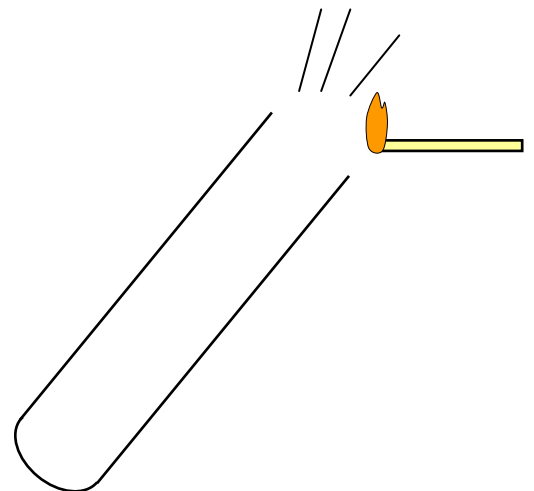
Il serait dangereux de présenter une flamme devant le tube à essai sous risque de projection de son contenu, à savoir du vinaigre blanc. Le vinaigre blanc n'est pas dangereux mais si l'expérience était effectuée avec un acide concentré, il en serait tout autre.

#### Test de flamme

Nous recueillons le gaz formé dans un autre tube à essai et ensuite nous présentons une flamme devant l'ouverture du tube.

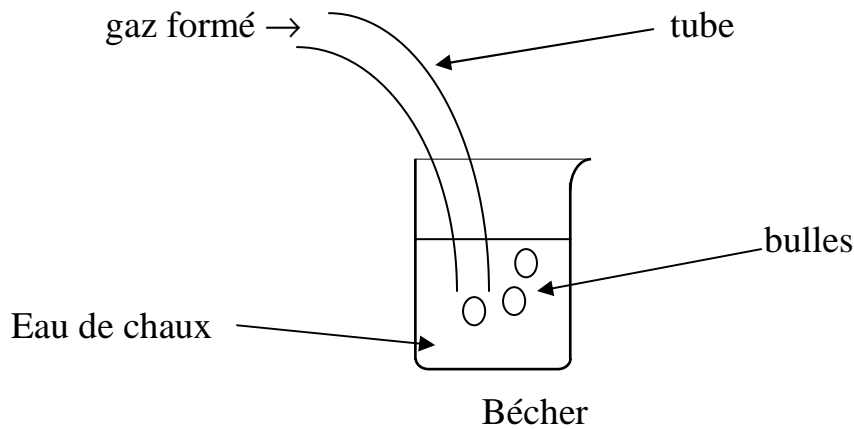
*Précaution d'emploi : tenir le tube à essai avec une pince au cas où il se casserait lors de l'explosion.*

Si on entend une petite détonation, c'est que le gaz formé est du dihydrogène,  $\text{H}_2$ .



### Test à l'eau de chaux

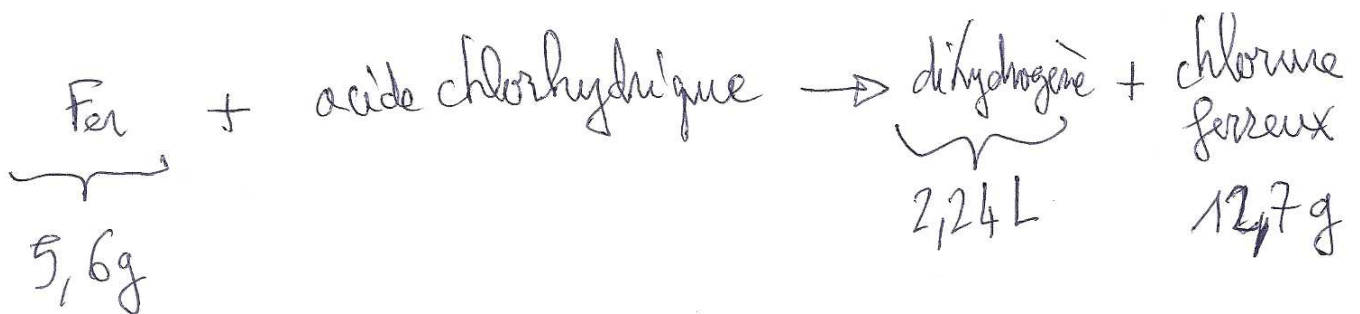
Nous recueillons le gaz formé et le faisons « buller » dans un bécher contenant de l'eau de chaux. Si l'eau de chaux se trouble, c'est-à-dire qu'elle devient blanchâtre, alors c'est que le gaz formé est du dioxyde de carbone, CO<sub>2</sub>.



Si le test de flamme fonctionne, Rachel aura raison.

Si le test à l'eau de chaux fonctionne, Louis aura raison.

### Exercice 17 page 87 (chapitre 4)



a) Nous allons utiliser la proportionnalité, c'est-à-dire nous allons chercher dans un premier temps combien de fois moins s'est produit du chlorure ferreux. Ensuite, nous allons appliquer ce ratio à la quantité de fer qui a réagi pour former le chlorure ferreux.

Pour cela nous allons utiliser un tableau que nous compléterons au fur à mesure pour en faciliter la compréhension.

	1 <sup>ère</sup> réaction	2 <sup>ème</sup> réaction	Ratio
Fer	5,6 g		
Chlorure ferreux	12,7 g	1,8g	

1<sup>ère</sup> étape : calcul du ratio

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Masse (chlorure ferreux de la 2<sup>ème</sup> réaction)}}{\text{Masse (chlorure ferreux de la 1<sup>ère</sup> réaction)}}$$

$$\text{Ratio} = \frac{1,8 \text{ g}}{12,7 \text{ g}}$$

$$\text{Ratio} \cong 0,14$$

Pour plus de simplicité nous utiliserons la valeur approchée dans le tableau, par contre nous utiliserons la fraction dans les calculs pour plus de précision.

	1 <sup>ère</sup> réaction	2 <sup>ème</sup> réaction	Ratio
Fer	5,6 g		
Chlorure ferreux	12,7 g	1,8g	<b>0,14</b>

2<sup>ème</sup> étape : appliquer le ratio au fer

Comme il y a proportionnalité, le ratio est le même pour le chlorure ferreux et pour le fer.

	1 <sup>ère</sup> réaction	2 <sup>ème</sup> réaction	Ratio
Fer	5,6 g		<b>0,14</b>
Chlorure ferreux	12,7 g	1,8g	0,14

Soit,

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Masse (fer de la 2<sup>ème</sup> réaction)}}{\text{Masse (fer de la 1<sup>ère</sup> réaction)}}$$

Donc,

$$\text{Masse (fer de la 2<sup>ème</sup> réaction)} = \text{Ratio} \times \text{Masse (fer de la 1<sup>ère</sup> réaction)}$$

$$\text{Masse (fer de la 2<sup>ème</sup> réaction)} = \frac{1,8}{12,7} \times 5,6 \text{ g}$$

$$\text{Masse (fer de la 2<sup>ème</sup> réaction)} \cong 0,79 \text{ g}$$

	1 <sup>ère</sup> réaction	2 <sup>ème</sup> réaction	Ratio
Fer	5,6 g	0,79 g	0,14
Chlorure ferreux	12,7 g	1,8g	0,14

La masse de fer nécessaire pour obtenir 1,8 g de chlorure ferreux est donc 0,79 gramme.

b) Nous allons utiliser le même raisonnement et donc le même tableau pour le dihydrogène formé en ajoutant une ligne dans le tableau et en reprenant directement à l'étape 2 car nous connaissons déjà le ratio.

	1 <sup>ère</sup> réaction	2 <sup>ème</sup> réaction	Ratio
Fer	5,6 g	0,8 g	0,14
Chlorure ferreux	12,7 g	1,8g	0,14
Dihydrogène	2,24 L	?	0,14

Soit,

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Volume (dihydrogène de la 2ème réaction)}}{\text{Volume (dihydrogène de la 1ère réaction)}}$$

Donc,

$$\begin{aligned} \text{Volume (dihydrogène de la 2ème réaction)} \\ = \text{Ratio} \times \text{Volume (dihydrogène de la 1ère réaction)} \end{aligned}$$

$$\text{Volume (dihydrogène de la 2ème réaction)} = \frac{1,8}{12,7} \times 2,24 \text{ L}$$

$$\text{Volume (dihydrogène de la 2<sup>ème</sup> réaction)} \cong 0,32 \text{ L}$$

Le volume de dihydrogène formé lorsqu'il se forme 1,8 g de chlorure ferreux est donc 0,32 litre.

#### **Exercice 4 page 99 (chapitre 5)**

a) Sur le schéma on peut voir, à l'état initial,  $\text{Cu}^{2+}$  et Zn, et à l'état final, Cu,  $\text{Zn}^{2+}$ .

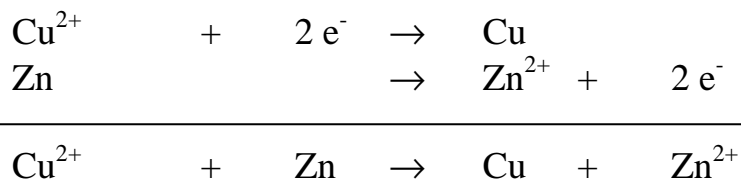
b) L'ion cuivre II a une charge électrique de +2 donc, il a un déficit de 2 électrons par rapport à l'atome de cuivre. Pour que l'ion cuivre II puisse redevenir un atome de cuivre, il doit récupérer deux électrons. Dans ce cas, il va les prendre à un atome de zinc. Cet atome de zinc perdant deux électrons va devenir un ion zinc II,  $\text{Zn}^{2+}$ .

La lame de zinc va perdre des atomes de zinc mais se recouvrir d'atomes de cuivre.

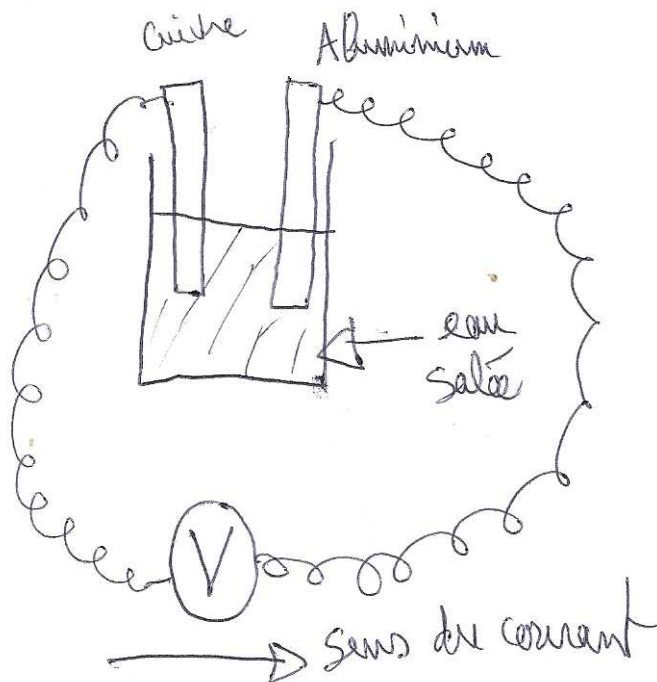
*Pour aller plus loin :*

Les électrons n'apparaissent pas dans l'équation bilan de la réaction car il ne s'agit que d'un échange d'électrons. On peut les faire apparaître dans ce qu'on appelle des demi-équations.

Le symbole d'un électron est  $e^-$  car on garde la première lettre du mot électron et comme il s'agit d'une charge électrique négative on ajoute un signe - pour la charge électrique.

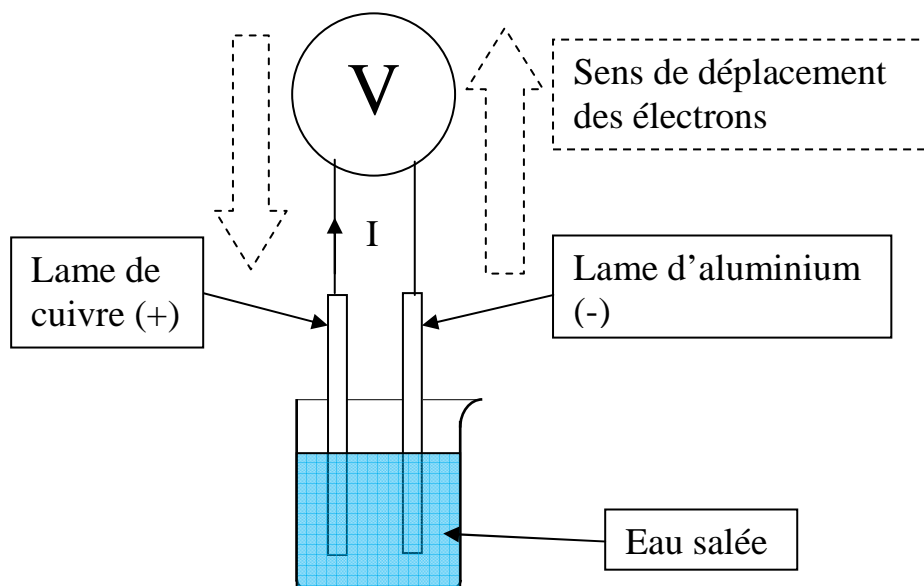


**Exercice 14 page 101 (chapitre 5)**



a) Le courant se déplace du cuivre vers l'aluminium or nous savons que le courant se déplace de la borne positive vers la borne négative en passant par le circuit. Les bornes positive et négative sont donc respectivement la lame cuivre et la lame d'aluminium. L'électrolyte utilisé est l'eau salée car l'électrolyte est la solution conductrice qui relie les deux électrodes.

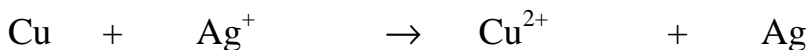
b)



### Exercice 16 page 101 (chapitre 5)

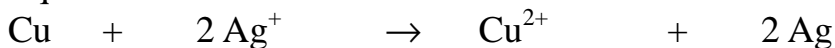
- a) Je sais qu'une solution contenant des ions cuivre II est bleue, je suppose donc que les atomes de cuivre présents dans la tournure se sont transformés en ions cuivre II.
- b) Pour être sûr de la présence d'ions cuivre II dans la solution, il faut faire le test de précipitation en utilisant de la soude. On prélève un peu de la solution que l'on met dans un tube à essai puis on ajoute quelques gouttes de soude. S'il y a des ions cuivre II, alors on pourra constater la formation d'un précipité bleu.
- c) Le métal cuivre est transformé en ions cuivre II comme nous l'atteste la présence d'ions cuivre II dans la solution.
- d) Le dépôt gris est composé d'atomes d'argent qui proviennent de la transformation des ions argent présents dans la solution.

e) Réactif : Cu, Ag<sup>+</sup>                      Produits : Cu<sup>2+</sup>, Ag



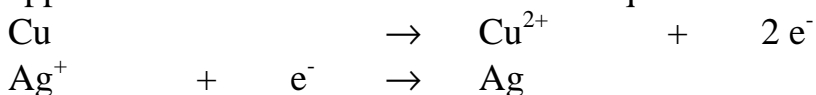
Attention, cette équation n'est pas équilibrée car elle ne vérifie pas la conservation de la charge électrique. Nous allons donc doubler l'élément argent pour qu'il y ait autant de charges électriques côté réactif et côté produit.

Equation :

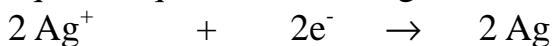


*Pour aller plus loin*

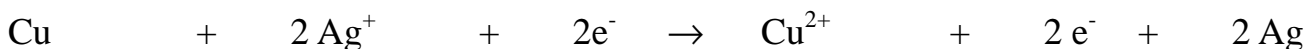
Pour bien comprendre ce qui s'est passé nous allons écrire les demi-équations en faisant apparaître les électrons avant d'écrire l'équation bilan



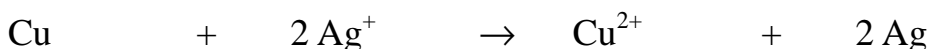
Ce sont les mêmes électrons qui sont échangés, nous allons donc multiplier par 2 la demi-équation qui concerne l'argent.



Nous allons pouvoir faire le bilan des deux demi-équations en les additionnant.



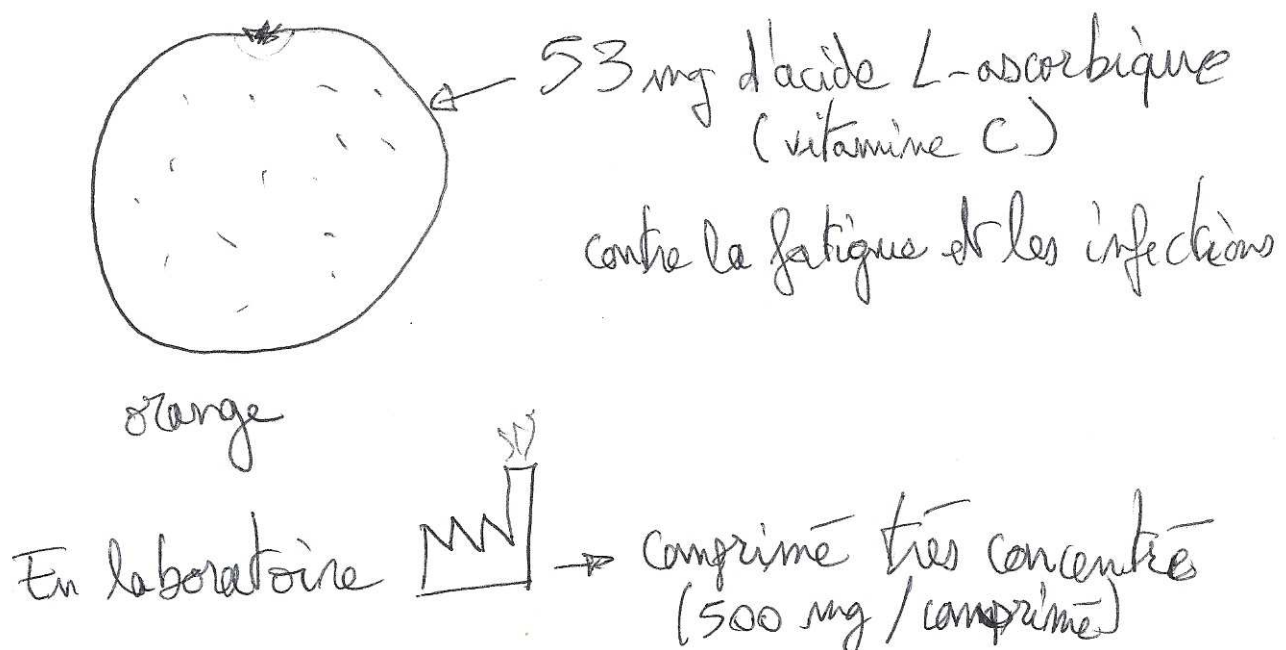
Il suffit maintenant d'enlever les deux électrons échangés qui se retrouvent des deux côtés de l'équation : ils étaient là avant la réaction chimique et ils sont là après.



### Exercice 6 page 111 (chapitre 6)

- a) L'arôme de vanille peut être synthétisé dans des laboratoires de chimie, il est identique à celui retrouvé dans la plante. Par contre, le polychlorure de vinyle (PVC) est synthétisé dans des laboratoires mais n'existe pas dans la nature, il s'agit d'un produit artificiel.
- b) Oui, l'acétate d'isoamyle est la même molécule contenue dans l'arôme présent dans les bananes. Par contre, il y a dans une banane d'autres molécules qui peuvent procurer des différences dans le goût ce qui explique les différences subtiles de goût entre différentes bananes.

### Exercice 10 page 112 (chapitre 6)



- a) Les oranges et les comprimés contiennent tous de l'acide L-ascorbique, aussi appelée vitamine C, comme le précise l'énoncé.
- b) Un comprimé contient 500 mg de vitamine C alors qu'une orange n'en contient que 53 mg. Dix oranges contiennent donc 530 mg de vitamine C. Pour avoir le même apport qu'un comprimé, il faudrait manger 10 oranges.
- c) L'utilisation de comprimé très concentré permet d'éviter une consommation excessive d'agrumes car si l'on doit prendre 3 comprimés par jour cela équivaldrait à manger 30 oranges dans la journée.

## Exercice 12 page 112 (chapitre 6)

### a) Recherche documentaire

J'ai utilisé un moteur de recherche avec les mots suivants : matière première des plastiques. J'ai décidé d'utiliser le site « larecherche.fr » car il s'agit d'une revue scientifique de référence. Je me limiterai à ce seul site car l'information qu'il contient est sûre même si elle date (2006) et l'article est déjà très long. Comme il s'agit d'une revue de référence, je sais que cet article sera difficile. Je ne lirai donc pas tous les paragraphes, je retiens :

- Qu'est-ce qu'une matière plastique
- Depuis quand s'en sert-on ?
- Peut-on se passer de pétrole pour fabriquer des matières plastiques ?
- Comment les recycle-t-on ? (en lien avec l'exercice)
- Sont-elles dangereuses pour la santé ? (pour ma culture)

### « Les matières plastiques

back to basic - par Frédéric Momprou, Christian Gondard dans mensuel n°401 daté octobre 2006 à la page 75 (2572 mots) | Gratuit

Polyéthylène, polypropylène, polystyrène..., autant de noms pour désigner ce que l'on appelle des matières plastiques. Déclinables en d'innombrables variantes et utilisées en masse, elles sont plus que jamais les champions des matériaux ! L'enjeu de demain : mieux les recycler.

### *Qu'est-ce qu'une matière plastique ?*

Un matériau est dit « plastique » s'il peut être déformé à une température relativement basse pour prendre une forme désirée. Contrairement à l'acier, chauffé à 1 500 °C pour être mis en forme, la plupart des matières plastiques sont ainsi malléables au-dessous de 200 °C. En les mouvant ou en les effilant, elles peuvent prendre presque toutes les formes possibles. Cette propriété est à l'origine de leur succès dans le domaine des emballages ou de l'industrie automobile, par exemple.

Quelques matières plastiques existent à l'état naturel, tels le caoutchouc ou la cellulose des plantes, mais le terme désigne surtout les produits de synthèse dérivés du pétrole. En ajoutant différentes substances, comme des colorants ou des molécules ignifugeantes, ces produits sont à l'origine d'objets aussi divers que des sacs « plastiques » polyéthylène, des boîtes de CD polystyrène, des bouteilles de shampoing polychlorure de vinyle ou PVC, des colles résines époxy, cyanoacrylate ou Superglu, des peintures acryliques ou des fibres synthétiques Nylon, polyester.

### *Depuis quand s'en sert-on ?*

Les Mayas sont vraisemblablement les premiers à avoir utilisé les propriétés du caoutchouc naturel pour mettre en forme des objets simples, comme des balles ou des sandales. Ce caoutchouc provient de la coagulation de la sève extraite de plusieurs arbres, principalement de l'hévéa. En 1839, l'inventeur américain Charles Goodyear développe un procédé industriel permettant de transformer le caoutchouc naturel en une matière plus élastique et plus résistante : c'est la « vulcanisation », qui s'effectue en présence de soufre et à température élevée. Des procédés utilisant une autre substance naturelle, la cellulose, seront mis au point vers la fin du XIXe siècle, afin de mimer les propriétés mécaniques de matériaux rares, tels

que l'ivoire et la soie.

C'est en cherchant un produit de substitution aux bois exotiques que le chimiste belge Leo Baekeland élabore, en 1907, la première matière plastique totalement synthétique. Elle est fabriquée à partir d'une résine liquide, qui durcit rapidement en prenant la forme de son contenant. Baptisé « bakélite », ce matériau conserve sa forme, mais il ne peut être fondu pour être remodelé. Une vingtaine d'années plus tard, l'industrie plastique connaît un formidable essor grâce à la découverte de matières plastiques bon marché et faciles à utiliser, comme le polyéthylène, le polychlorure de vinyle ou le polypropylène. Aujourd'hui, près de 5 millions de tonnes de matières plastiques sont consommées en France chaque année.

### *De quoi sont-elles faites ?*

De molécules géantes, les polymères, dont la longueur peut atteindre plusieurs micromètres ! Ces macromolécules sont composées d'une succession de petites molécules identiques appelées « monomères ». Le polyéthylène, par exemple, est constitué d'un enchaînement de molécules d'éthylène  $C_2H_4$ . La « colonne vertébrale » de ces chaînes de polymères est formée d'atomes de carbone. Ils sont eux-mêmes liés à des groupements chimiques latéraux riches en carbone et en hydrogène, atomes de petite taille. C'est la raison pour laquelle les matières plastiques sont des matériaux légers. Les groupements latéraux peuvent aussi être composés de chlore (PVC), de soufre (caoutchouc vulcanisé), d'oxygène (polyester) ou d'azote (Nylon). Lorsque les atomes de carbone de ces groupements sont remplacés par du silicium ou du phosphore, on obtient des matières plastiques inorganiques, tel le silicone.

Une réaction chimique appelée « polymérisation » permet aux monomères de se lier de façon linéaire. Des réactions « parasites », souvent inévitables mais néanmoins maîtrisables, provoquent le greffage d'une chaîne sur une autre : on obtient des polymères ramifiés. Généralement flexibles, les chaînes ont alors tendance à se replier en raison des forces intramoléculaires. Les chaînes s'ordonnent d'autant mieux qu'elles sont linéaires, et que les groupements latéraux se répartissent uniformément autour de la colonne vertébrale. En outre, sous l'effet de forces intermoléculaires cette fois, les chaînes de polymères s'empilent les unes sur les autres. On dit qu'elles « cristallisent ». Dans le Nylon, par exemple, les liaisons hydrogène\* qui se forment entre des groupements latéraux de deux chaînes adjacentes forcent les polymères à s'ordonner. Mais les chaînes de polymères ne cristallisent jamais parfaitement. On obtient ainsi un matériau semi-cristallin, tel le polypropylène, constitué de milliers de petits cristaux appelés « cristallites ». Les parties cristallines sont séparées par des zones « amorphes », où les chaînes ne sont pas repliées.

Lorsque l'intensité des forces intermoléculaires n'est pas assez grande pour entraîner l'empilement des chaînes de polymères, celles-ci s'enchevêtrent, formant une sorte de pelote : le matériau est alors totalement amorphe, comme le polystyrène dit « atactique » par exemple. C'est le cas des polymères ramifiés, dont les chaînes sont particulièrement rigides. L'état amorphe étant moins dense que l'état semi-cristallin, la densité d'un polymère ramifié sera donc moins grande que celle de son équivalent linéaire. Il existe ainsi des polyéthylènes dits de « basse densité » (films alimentaires) et de « haute densité » (bidons d'huile, d'eau, etc..).

### ***Peut-on se passer de pétrole pour fabriquer des matières plastiques ?***

La quasi-totalité des matières plastiques est fabriquée à partir d'une fraction de pétrole distillé appelée « naphta », d'où l'on extrait les différents monomères par craquage\*. Bien que l'industrie plastique ne consomme qu'environ 2 % de la production mondiale de pétrole,

l'utilisation des ressources naturelles, comme la biomasse ou les sources organiques de méthane, constitue une solution pour remplacer l'utilisation de cette énergie fossile. L'acide polylactique peut ainsi être produit à partir d'acide lactique extrait de la fermentation de sous-produits agricoles riches en amidon. On peut espérer produire de nombreux « bioplastiques » à partir de cellulose, d'huiles végétales et même de la caséine du lait.

### *Comment réagissent-elles à la chaleur ?*

Mal, en général, car les liaisons intra- et intermoléculaires, qui assurent la cohésion des matières plastiques, se brisent facilement quand la température augmente. Considérons une matière plastique amorphe. À basse température, les chaînes se déplacent peu : elles sont enchevêtrées, et les forces intermoléculaires participent à la cohésion du système. Au-dessus d'une température dite de « transition vitreuse », les chaînes se déplacent plus librement, car ces forces ont disparu. On obtient une matière plastique molle, qui devient de plus en plus fluide à mesure que la température augmente. En fait, le matériau se comporte comme un plat de spaghettis : chauds, ils glissent les uns sur les autres ; froids, les spaghettis sont enchevêtrés, comme dans une pelote de laine.

La température de transition vitreuse varie beaucoup d'un matériau à l'autre, et dépend surtout de la longueur des chaînes : plus elles sont longues, plus elles s'enchevêtrent facilement, et plus la température de transition vitreuse est grande. Ainsi, alors que le polyéthylène de basse densité est flexible à température ambiante (sa température de transition vitreuse est de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), le polycarbonate reste dur jusqu'à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Les polymères semi-cristallins résistent encore mieux à la chaleur, car de l'énergie est nécessaire pour briser l'ordre des zones cristallines. Ils « coulent » donc à une température plus élevée que la plupart des matières plastiques. Le polyétheréthercétone PEEK, par exemple, fond à la température record de  $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ces matériaux « thermoplastiques » peuvent être ramollis puis refroidis avant d'être mis en forme.

D'autres matières plastiques appelées « élastomères réticulés » caoutchouc vulcanisé et « thermodurcissables » (bakélite, résines époxy) se comportent différemment. Sous l'effet de la chaleur, des liaisons chimiques permanentes se forment entre les chaînes de polymères, et le matériau dans son ensemble constitue une seule molécule. La vulcanisation du caoutchouc naturel entraîne, par exemple, la formation de liaisons soufrées entre des chaînes de polymères d'isoprène. Le matériau perd alors sa viscosité. Il ne peut plus être fondu, et il n'est plus possible de le remettre en forme.

### *Pourquoi certaines matières plastiques ne se déforment-elles pas ?*

Parce que leurs chaînes de polymères ne peuvent pas se déplacer. Lorsqu'on tente de les déformer, ces matériaux se brisent brutalement à l'endroit où la contrainte mécanique est suffisamment forte pour rompre les liaisons intermoléculaires. C'est le cas des « thermoplastiques » au-dessous de leur température de transition vitreuse : les chaînes sont trop enchevêtrées, et les forces intermoléculaires trop importantes pour déformer le matériau. Au-dessus de cette température, le mouvement des chaînes se fait plus facilement, car les liaisons intermoléculaires sont rompues par l'agitation thermique. Sous l'effet d'une contrainte, les chaînes commencent par se déplier avant de glisser les unes sur les autres. Puisque les chaînes ont tendance à se pelotonner en raison des forces intramoléculaires, l'élasticité du matériau est grande.

Dans les matières plastiques semi-cristallines, les liaisons intermoléculaires sont très fortes et

très nombreuses au niveau des zones cristallisées. Ces matériaux sont d'autant plus durs et cassants que la fraction de polymères cristallisés est grande. En outre, lorsque les chaînes cristallisent en s'orientant de façon parallèle, le matériau est particulièrement résistant dans la direction des chaînes, car les liaisons le long de la colonne vertébrale du polymère sont beaucoup plus solides. Cette propriété peut être accentuée en filant le matériau dans la direction des chaînes.

En effet, celles qui sont repliées dans les régions amorphes ont alors tendance à s'étirer. C'est la raison pour laquelle on utilise généralement des fibres pour fabriquer des cordes.

Dans les polymères à cristaux liquides, comme le Kevlar, les chaînes polymères s'orientent parallèlement avant de se solidifier. Ces fibres sont encore plus résistantes que l'acier ! Les liaisons entre les chaînes des élastomères réticulés sont elles aussi très solides, et procurent au matériau une grande élasticité. Lorsque ces chaînes sont déformées, elles se déplient, mais ne glissent pas les unes sur les autres. Au moment où la contrainte est relâchée, les chaînes se pelotonnent, et reprennent instantanément leur forme d'origine.

Les thermodurcissables sont quant à eux beaucoup plus réticulés : ils forment un maillage serré, qu'il est difficile de déformer sans rompre les liaisons entre les chaînes. Ces matériaux sont extrêmement durs et cassants.

Pourquoi certaines matières plastiques sont-elles transparentes ?

Une matière plastique est transparente si elle est amorphe, car les rayons lumineux la traversent sans être diffractés. Une matière plastique semi-cristalline est quant à elle opaque, parce que les milliers de cristallites qui la composent diffractent la lumière. Un phénomène similaire se produit lorsque les cristaux de glace s'entassent pour former une couverture neigeuse opaque. En réduisant la taille des cristallites au-dessous d'une longueur critique pour laquelle la lumière visible n'est plus diffractée, on obtient des matières plastiques transparentes possédant la résistance des polymères cristallisés. Les emballages en polyéthylène dit « métallocène » sont ainsi transparents, rigides et résistants à la chaleur.

*Peuvent-elles conduire le courant électrique ?*

La grande majorité des matières plastiques sont de très bons isolants, car les électrons sont fortement liés aux atomes qui constituent les polymères : ils ne peuvent pas se déplacer sous l'effet d'une tension électrique. Certains polymères arrivent toutefois à « imiter » les propriétés des métaux, dans lesquels des électrons se déplacent librement. Pour cela, la colonne vertébrale des polymères doit être constituée alternativement de liaisons chimiques « simples » et « doubles » entre les atomes de carbone. Les liaisons simples sont formées d'une paire d'électrons ; les doubles, de deux. Le polyacétylène possède une telle colonne vertébrale, et conduit le courant électrique. La conductivité de ce polymère reste faible, mais elle peut être considérablement augmentée par une réaction d'oxydoréduction appelée « dopage ». En faisant réagir le matériau avec de l'iode notamment, des charges électriques apparaissent. Les électrons supplémentaires ont la particularité de pouvoir se déplacer le long de la molécule, qui devient capable de conduire le courant. L'Américain Alan Heeger, le Néo-Zélandais Alan MacDiarmid et le Japonais Hideki Shirakawa, qui ont découvert ce phénomène, ont été récompensés par le prix Nobel de chimie en 2000.

D'autres polymères, comme la polyaniline par exemple, présentent des propriétés électriques qui sont encore plus proches de celles des métaux [1]. L'idée de combiner les avantages des matières plastiques moulage, légèreté avec la conductivité des métaux a suscité une intense activité de recherche. Les travaux se concentrent aujourd'hui sur l'émission de lumière

lorsque certains polymères conducteurs sont soumis à une tension électrique. Les premières diodes électroluminescentes organiques faites de plastiques équipent déjà des écrans plats, que l'on imagine bientôt flexibles. En outre, puisqu'un courant électrique peut être produit par l'absorption de lumière, un nouveau type de panneaux solaires faciles à fabriquer et que l'on pourrait dérouler sur de larges surfaces pourrait également voir le jour.

### *Les matières plastiques se dégradent-elles ?*

Elles « vieillissent » sous l'action combinée du rayonnement ultraviolet, de la chaleur et de l'oxygène de l'air, qui détruisent les liaisons chimiques au sein des polymères. Ces processus sont néanmoins lents, et les matières plastiques se dégradent très peu en milieu naturel. Elles finissent par se fragmenter en chaînes de plus petites tailles, mais même si un sac plastique « disparaît » au bout de dix à vingt ans, le sol portera les traces de cette dégradation pendant plusieurs décennies. Il existe aussi des matières plastiques biodégradables, dont l'emploi à usage temporaire en agriculture pour le paillage ou en médecine sutures, seringues jetables est écologiquement intéressant. Par exemple, l'acide polylactique est dégradé par les enzymes des micro-organismes présents dans le sol. En outre, selon une étude récente, la « pourriture blanche », un champignon qui s'attaque à la lignine, molécule qui donne sa rigidité au bois, pourrait dégrader un type de colles courant, les résines phénoliques [2] .

### *Comment les recycle-t-on ?*

Les thermoplastiques peuvent être fondus et remis en forme pour des applications non alimentaires tapis, rembourrage, vêtements ou incinérés afin de produire de l'énergie. Les thermodurcissables et les élastomères réticulés, qui ne peuvent pas être fondus, peuvent quant à eux être broyés mécaniquement. On les ajoute ensuite aux thermoplastiques, pour produire des matériaux composites plus durs ou plus élastiques. En fait, toutes les matières plastiques sont recyclables, mais le taux de recyclage, 20 % en France, demeure bien inférieur à celui du verre 73 % et du papier 54 %.

Le principal obstacle provient de la difficulté de trier de façon automatique des matériaux très variés. Ainsi, les objets contenant un trop grand nombre de matières plastiques ou de mélanges de polymères sont quasi impossibles à recycler. Depuis les années 1990, certains secteurs industriels (l'emballage, l'automobile) se sont engagés à utiliser davantage de thermoplastiques simples et recyclables. Dans de nombreux pays, des programmes de tri sélectif, de collecte et de recyclage ont également été mis en place. En France, depuis 1992, la majorité des industries plastiques délèguent le recyclage de leurs produits aux sociétés Eco-emballages et Valorplast. Elles organisent et financent la majorité de la collecte des emballages ménagers, et assurent des débouchés aux emballages triés. Cependant, pour le long terme, la meilleure stratégie consiste à favoriser les produits réutilisables et à allonger leur durée de vie.

### *Sont-elles dangereuses pour la santé ?*

Quasi inertes d'un point de vue chimique, les matières plastiques présentent peu de risques pour le consommateur. Elles constituent même une protection efficace contre la dégradation de produits sensibles comme le lait, les légumes ou la viande. Des emballages, telles les fameuses « Tetra-Brick », possèdent ainsi plusieurs couches de polymères différents, qui servent à protéger le produit de l'air et de la lumière. Certains polymères contenant du chlore ou du benzène peuvent toutefois se révéler cancérigènes et polluants s'ils sont relâchés dans l'environnement par combustion ou dégradation. D'autres produits employés comme

plastifiants et contenant des phtalates, molécule organique produite à environ 3 millions de tonnes par an dans le monde, sont eux aussi particulièrement surveillés.

Par Frédéric Mompiou, Christian Gondard »

Voici donc les phrases qui vont me servir pour faire une réponse :

« Quelques matières plastiques existent à l'état naturel, tels le caoutchouc ou la cellulose des plantes, mais le terme désigne surtout les produits de synthèse dérivés du pétrole. »

« Ce caoutchouc provient de la coagulation de la sève extraite de plusieurs arbres, principalement de l'hévéa .»

Réponse :

La matière utilisée pour fabriquer les plastiques est principalement le pétrole mais on utilise aussi la cellulose et la sève de certaines plantes.

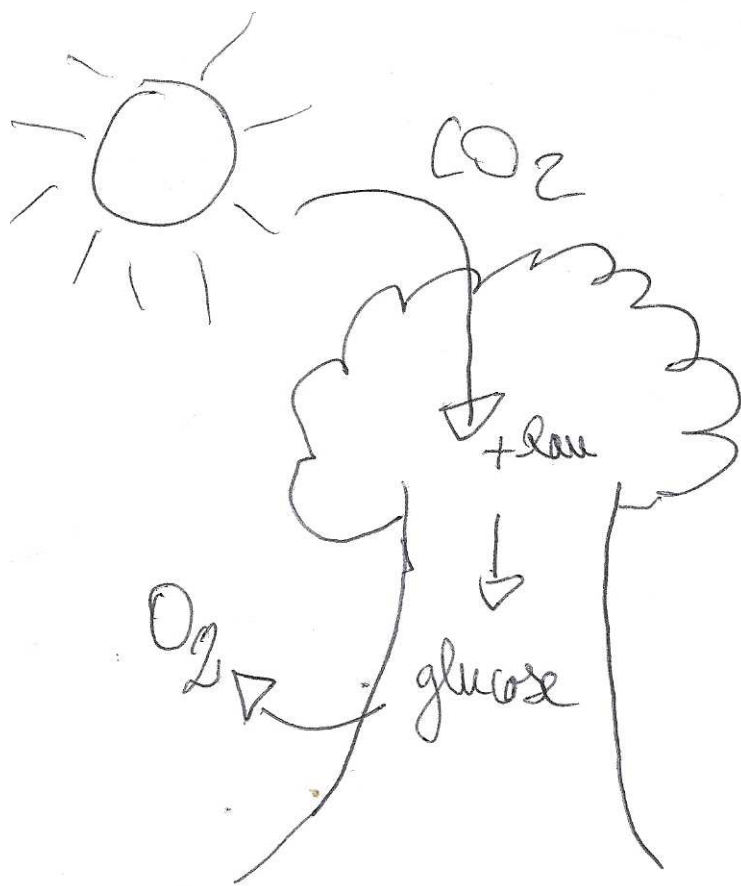
Source : <http://www.larecherche.fr/idees/back-to-basic/matieres-plastiques-01-10-2006-88708>

- b) Les avantages des matières plastiques sont qu'elles permettent de fabriquer de nombreux objets comme le précise l'énoncé pour des applications très différentes.
- c) L'inconvénient des matières plastiques est qu'elles ne se décomposent pas dans la nature. Avant qu'elles ne puissent reformer du pétrole, il faudrait des millions d'années.
- d) Certains commerçants ou grandes surfaces vendent des sacs en plastiques plus résistants et donc réutilisables.

### **Exercice 13 page 113 (chapitre 6)**

- a) La médecine d'Hippocrate peut être qualifiée de naturelle car elle était à base de plantes. Comme le texte le précise, dans le cas de maux de tête ou de fièvre, il fallait boire des tisanes de feuilles de saule.
- b) L'acide acétylsalicylique est plus connu sous le nom d'aspirine.
- c) L'acide acétylsalicylique est un produit de synthèse car il a été fabriqué par un chimiste allemand, Félix Hoffmann. Le produit naturel est l'acide salicylique qui se trouve dans les feuilles de saule.

**Exercice 14 page 113 (chapitre 6)**



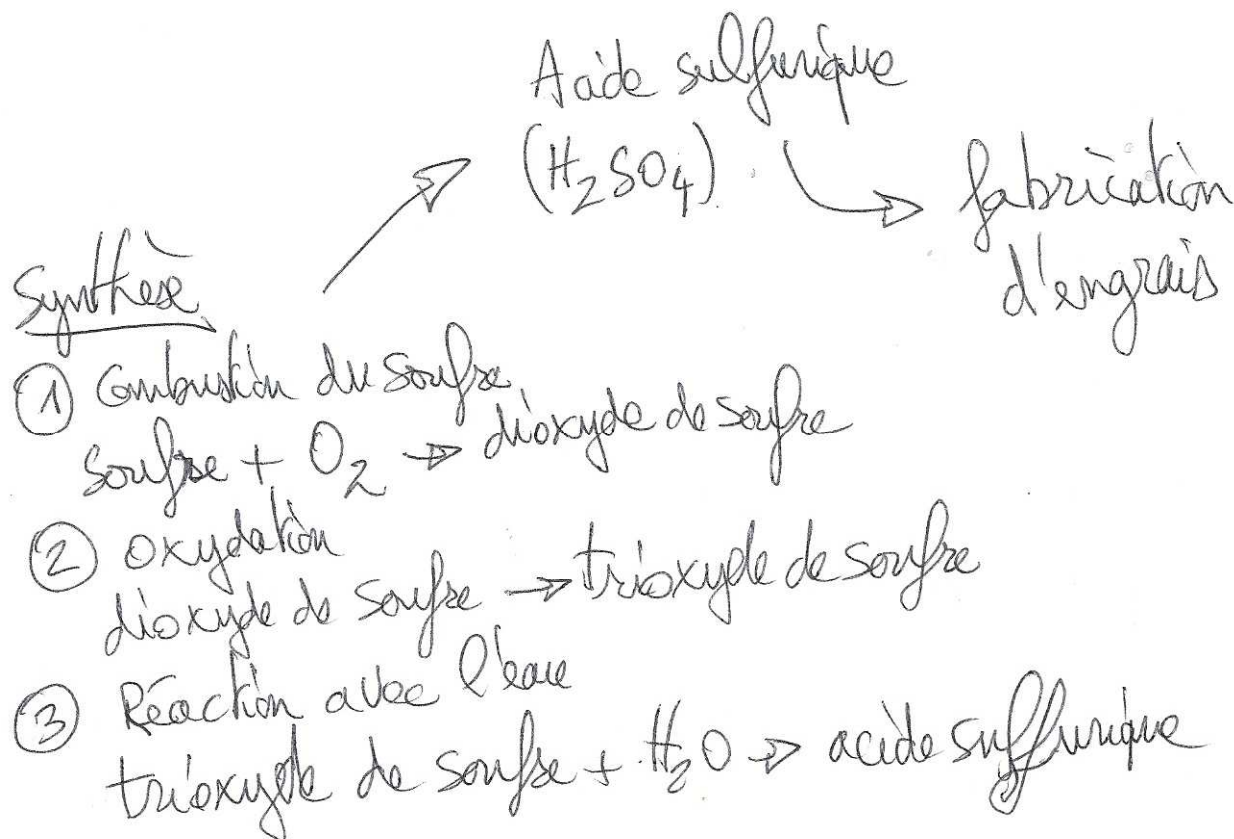
- a) La formule du glucose est  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Le glucose contient donc 6 atomes de carbone, 12 atomes d'hydrogène et 6 atomes d'oxygène.
- b) Les deux réactifs sont les espèces chimiques qui ont réagi ensemble et donc, d'après l'équation chimique et le texte, il s'agit du dioxyde de carbone,  $\text{CO}_2$ , et de l'eau,  $\text{H}_2\text{O}$ . Les deux produits de la réaction sont les espèces chimiques qui se sont formés et donc, d'après l'équation chimique et le texte, il s'agit du glucose,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , et du dioxygène,  $\text{O}_2$ .
- c) Pour vérifier la conservation des atomes, je vais compter le nombre d'atomes de chaque type du côté réactif et du côté produit.

	$6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$
Atome C	$(6 \times 1) + (6 \times 0) = 6$		$6 + (6 \times 0) = 6$
Atome H	$(6 \times 0) + (6 \times 2) = 12$		$12 + (6 \times 0) = 12$
Atome O	$(6 \times 2) + (6 \times 1) = 18$		$6 + (6 \times 2) = 18$

Comme le nombre d'atomes de chaque type ne changent pas, cette équation vérifie la conservation des atomes.

d) L'effet de serre est notamment dû à la trop grande présence de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Le développement de végétaux chlorophylliens permettra de consommer plus de  $\text{CO}_2$  lors de la photosynthèse et donc de diminuer l'effet de serre.

**Exercice 16 page 113 (chapitre 6)**



- Etape 1

Réaction : soufre + dioxygène  $\rightarrow$  dioxyde soufre

Après recherche, je découvre la formule du dioxyde de soufre :  $\text{SO}_2$ .

	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$	
Atome S	$1 + 0 = 1$	1
Atome O	$0 + 2 = 2$	2

Après vérification, l'équation est bien équilibrée.

Equation chimique :  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

- Etape 2

Réaction : dioxyde soufre → trioxyde soufre

Après recherche, je découvre la formule du trioxyde de soufre :  $\text{SO}_3$ .

De plus, j'apprends qu'une oxydation est une réaction avec l'oxygène au cours de laquelle se produit un échange d'électrons. Dans ce cas, c'est le dioxygène qui joue le rôle d'oxydant (sources : Larousse, Wikipedia, [www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/reacteurs-chimiques-42330210/calcul-des-reacteurs-catalytiques-j4030/conversion-de-so2-en-so3-j4030niv10001.html](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/reacteurs-chimiques-42330210/calcul-des-reacteurs-catalytiques-j4030/conversion-de-so2-en-so3-j4030niv10001.html))

	$2 \times \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$	$2 \times \text{SO}_3$
Atome S	$1 + 0 = 1$	1
Atome O	$2 + 2 = 4$	3
	Pour équilibrer les atomes d'oxygène, je vais ajouter une molécule de dioxyde de soufre et une molécule de trioxyde de soufre pour ne pas déséquilibrer le soufre et aussi pour augmenter le nombre d'atomes d'oxygène. Ensuite, j'ajuste si besoin avec le nombre de molécule de dioxygène.	
	$(2 \times 2) + 2 = 6$	$2 \times 3 = 6$

Equation chimique :  $2 \times \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \times \text{SO}_3$

- Etape 3

Réaction : trioxyde soufre + eau → acide sulfurique

	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Atome S	$1 + 0 = 1$	1
Atome H	$0 + 2 = 2$	2
Atome O	$3 + 1 = 4$	4

Après vérification, l'équation est bien équilibrée.

Equation chimique :  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$