



***“MATERIAUX....., QUI ETES-VOUS,  
D’OU VENEZ-VOUS, DEPUIS QUAND  
ETES-VOUS LA ?”***

**Sylvie Gallez**

Promoteurs : P.Dupont et M.Dramaix

Institut d’Administration scolaire

Centre de Didactique des Sciences

Université de Mons - Hainaut

***MATERIAUX....., QUI ETES-VOUS, D'OU VENEZ-VOUS,  
DEPUIS QUAND ETES-VOUS LA ?***

***Dossier Professeur***

Nous remercions les professeurs des établissements suivants qui ont collaboré à la recherche :

Duez Olivier (Ecole Technique d'Hornu - Hornu)

Fossion René (Athénée Royale Marguerite Bervoets - Mons)

Bailly Michel (Lycée Charles Plisnier - Saint-Ghislain)

L'équipe de recherche remercie vivement Claude Marco (Université de Mons – Hainaut) et Xavier Tercelin de Joigny (Haute Ecole de la Communauté française du Hainaut – Mons) pour les judicieux conseils qu'ils ont apportés lors de l'élaboration de ce dossier.

***MATERIAUX....., QUI ETES-VOUS, D'OU VENEZ-VOUS,  
DEPUIS QUAND ETES-VOUS LA ?***

<b>I.</b>	<b>Le papier</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Le verre</b>	<b>16</b>
<b>III.</b>	<b>Les métaux</b>	<b>34</b>
<b>IV.</b>	<b>Les plastiques</b>	<b>58</b>
<b>V.</b>	<b>Frise chronologique</b>	<b>73</b>

## **“LE PAPIER”**

<b>I.</b>	<b>Public Cible- Objectifs- Programme</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>La chimie dès le lever</b>	<b>4</b>
<b>III.</b>	<b>Fabriquons notre papier</b>	<b>6</b>
<b>IV.</b>	<b>Histoire du papier</b>	<b>11</b>
<b>V.</b>	<b>Lexique</b>	<b>13</b>
<b>VI.</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>14</b>

***DOSSIER PROFESSEUR***

# ***I. PUBLIC CIBLE – OBJECTIFS - PROGRAMME***

- **Public Cible**

- ✓ Deuxième degré de l'enseignement secondaire.

- **Compétences utiles**

- ✓ Faculté d'observation.
- ✓ Faculté de réflexion.

- **Approches pédagogiques**

- ✓ Analyse d'une photo immortalisant un fait de la vie courante (la table du petit déjeuner)
- ✓ Fabrication de papier recyclé.
- ✓ Résolution d'un rébus.

- **Objectifs**

- ✓ Faire prendre conscience aux élèves que le papier est un matériau omniprésent dans notre vie quotidienne.
- ✓ Sensibiliser les élèves au besoin du recyclage.
- ✓ Montrer aux élèves que, grâce à leurs connaissances, ils peuvent proposer une technique de fabrication.

• **Compétences valorisées**

Le document présenté privilégie la démarche scientifique.

Cette démarche développe :

- la découverte et l'analyse de la réalité ;
- le questionnement et la formulation d'hypothèse ;
- la vérification expérimentale ;

A. Compétences liées au contenu notionnel.

1. Maîtrise du vocabulaire : vocabulaire courant.

B. Compétences générales.

1. En rapport avec la démarche de recherche en vue d'apporter une solution à une situation - problème.

1.1. Interrogation :

-Face à une difficulté nouvelle,

1.2. Hypothèses :

-la personne interpellée émettra des hypothèses,

1.3. Vérification :

-dont elle vérifiera la pertinence,

1.4. Décision :

-avant de fonder sa décision sur les hypothèses

1.5. Conclusion :

-qui lui paraissent les plus significatives (elle précisera le domaine de validité de la conclusion adoptée).

2. En rapport avec la communication.

2.1. Extraire et consigner des informations.

2.2. Rédiger un texte, un rapport et communiquer éventuellement des informations.

C Compétences générales d'ordre scientifique.

1. Démarche inducto – déductive.

- 1.1. Observer, notamment, la situation-problème.
- 1.2. Analyser la situation et émettre des hypothèses.
- 1.3. Séquence expérimentale.
- 1.4. Induire une tendance, un concept, une théorie ou un modèle.
- 1.5. Déduire par la démarche hypothético – déductive.

2. Méthodes et techniques.

- 2.1. Observer et décrire des objets.
- 2.2. Exploiter un document.
- 2.3. Établir un mode opératoire.



...la serviette en papier - l'emballage du pain  
.....  
...l'étiquette du bocal de confiture - l'étiquette de la bouteille de lait.....

### **3. Où rencontres-tu encore ce matériau ?**

Dans une journée classique, essaie de recenser, de ton lever à ton coucher, sous quelles formes tu peux rencontrer ce matériau.

Le matin : aux toilettes : papier  
hygiénique.....  
au déjeuner : (voir l'illustration),  
l'hebdomadaire.....  
La journée : au cours : les cahiers, les livres, les feuilles, le journal de classe, les tickets repas.  
Le soir : le programme de télévision, le courrier .....

### **4. Nous pouvons donc dire que :**

Le papier intervient à tout moment dans la vie quotidienne.

Il est présent partout comme par exemple lors du petit déjeuner.

La consommation annuelle moyenne par habitant en Belgique est de 191 kg (en 1998).

### ***III. FABRIQUONS NOTRE PAPIER***

Avant de commencer la fabrication elle-même, nous allons essayer, ensemble, de trouver les matières premières nécessaires à cette opération.

#### **1. Quelle est une des matières premières couramment utilisée lors de la fabrication du papier ?**

Indice : quelle est la conséquence écologique consécutive à la fabrication du papier ?

...la déforestation.....

...le bois - le papier déjà utilisé - le papier – les feuilles – les tiges des plantes - .....

#### **2. Propose une technique pour fabriquer du papier ? Parles-en avec ton professeur.**

Indice : à proximité de quoi se trouvent les usines fabriquant du papier ? de cours d'eau, de forêts.

1) au départ de vieux papiers (voir le point  
3).....

2) en broyant des matériaux divers d'origine végétale avec de l'eau pour former une pâte, enlever l'eau, presser puis sécher.....

### **3. Résumé, avec l'aide de ton professeur, les principales étapes de la fabrication du papier**

Sur base des réponses élaborées au point 2, il est suggéré au professeur de discuter avec les élèves afin de concevoir ensemble les grandes étapes de la fabrication du papier.

- 1) Le bois (sous formes de copeaux) auquel est ajouté une grande quantité d'eau , est réduit en une pâte dans un tritrateur (sorte de gros mélangeur). Cette pâte dite « chimique » est constituée de fibres de bois et d'eau.
- 2) Il faut alors l'égoutter : la pâte est alors déversée sur un tapis roulant formé d'un tamis qui aspire l'eau pour ne laisser que les fibres.
- 3) Le futur papier est alors pressé et chauffé par des cylindres tournants.
- 4) Ensuite, la feuille est enroulée sur un mandrin avant d'être découpée.

Le papier obtenu par ce procédé est à courte durée de vie car il jaunit rapidement (il est par exemple utilisé pour la fabrication du journal).

On peut, si on le désire, parer à ces deux inconvénients par la cuisson et le blanchiment, par addition de chlore, des copeaux de bois écorcés. On obtient ainsi une pâte dite mécanique.

Comme tu as pu le constater lors de ta discussion avec ton professeur, la mise en œuvre nécessaire à la fabrication du papier est relativement laborieuse.

Cependant, tu connais une autre façon beaucoup plus économique et écologique pour fabriquer du papier..... ! Tu ne vois pas, alors je te mets sur la voie grâce à un rébus :



Voilà, tu as trouvé un moyen beaucoup plus simple et économique pour réutiliser du papier grâce au [recyclage](#).

#### **4. Méthode pour fabriquer du papier recyclé**

- MATERIEL

- un seau de 10 litres.
- un cadre en bois (il aura les dimensions de la feuille que l'on désire fabriquer).
- un bassin (un récipient peu profond mais assez large afin d'y plonger horizontalement le cadre en bois).
- un mixer usagé (à défaut un fouet).
- une passette.
- un morceau de toile de moustiquaire.
- des chiffonnettes style « viléda » (autant que le nombre de feuilles que l'on désire fabriquer).
- deux planches en contreplaqués (d'une dimension légèrement supérieure à celle du cadre de bois).
- 3 feuilles de papier journal (pas de feuilles de papier glacé).
- un point d'eau (chaude et froide).

- FABRICATION DE LA PATE

1. Remplir le seau d'eau tiède (environ 30 °C) jusqu'au 2/3 de sa capacité.

Conv.Rech.70/99 Com. Franç. Adm. Gén. Ens.et Rech.Scient.

Université de Mons-Hainaut -Centre de Didactique des Sciences- Institut d'Administration scolaire.

2. Le désencrage : Déchirer le journal en morceaux les plus petits possibles (environ 5 cm<sup>2</sup>), les placer dans le seau et brasser le tout. Si cela est possible, laisser macérer cette préparation toute une nuit. Durant cette opération, le papier se ramollit et les fibres commencent à se désolidariser, tandis que l'encre se détache du papier.

3. L'essorage : Filtrer le contenu du seau à l'aide de la passette afin d'extraire les fibres de papier de l'eau souillée par les encres. Confectionner ensuite des boules de papier et les presser fortement à la main.

4. Le broyage : Effriter (pour éviter de coincer l'hélice du mixer lors du broyage) les boules de papier essoré dans le bassin. Ajouter 10 litres d'eau tiède et mixer (à défaut fouetter à l'aide du fouet) jusqu'à l'obtention d'une pâte floconneuse. Il est à noter que plus le mixage sera important, plus le grain de la feuille sera fin. Si l'on désire donner un caractère rustique au papier, l'utilisation du fouet sera suffisante.

- REALISATION DES FEUILLES DE PAPIER

1. Après avoir tendu et bien fixé (en la clouant ou en l'agrafant) la toile de moustiquaire sur le cadre en bois, plonger le tamis ainsi réalisé dans le bassin contenant la pâte.

2. Le remonter doucement et laisser s'écouler l'eau.

3. Placer le tamis sur son grand côté, à côté d'une des plaques de contre plaqué recouverte d'une chiffonnette et le retourner sur cette dernière précautionneusement.

4. Déposer ensuite, sans appuyer, une chiffonnette sur la feuille qui vient d'être réalisée. Si l'on désire inscrire quelque chose en filigrane c'est à dire au travers et par transparence, il suffira d'intercaler pendant le pressage toutes sortes d'objets (feuilles d'arbres, fil de fer...).

5. Répéter ces opérations autant de fois que de feuilles nécessaires (ne pas oublier d'homogénéiser la pâte de temps en temps).

- PRESSAGE

Lorsque la dernière chiffonnette est placée, superposer la seconde plaque de contre plaqué et presser fortement la pile de feuilles à l'aide des deux mains afin d'en extraire le maximum d'eau.

- SECHAGE DES FEUILLES

1. Enlever délicatement la première chiffonnette.
2. Soulever délicatement la deuxième chiffonnette sur laquelle est déposée la feuille du dessus de la pile et procéder de façon similaire pour les autres chiffonnettes.
3. Les mettre sécher verticalement à l'aide de deux pinces à linge durant 24 heures (à température ambiante).
4. Dépendre les chiffonnettes et en détacher précautionneusement les feuilles de papier qui seront alors séchées.
5. Mettre alors les feuilles sous presse durant une nuit (sous des annuaires téléphoniques par exemple). Pour obtenir des feuilles encore plus lisses, il faut les dépendre après 12 heures, les détacher très délicatement, les placer sur une surface plane, les lisser à l'aide d'une bouteille en verre, d'un rouleau à pâtisserie ou d'un tuyau de plastique et les laisser sécher 12 heures encore.

## ***IV. HISTOIRE DU PAPIER***

### **1. Pour la petite histoire .....**

En 4000 avant J.C., les anciens Egyptiens fabriquèrent la première substance ressemblant au papier : le papyrus (le mot papier provient d'ailleurs du mot papyrus). Le papyrus était une natte de roseaux pressés ensemble en feuilles minces. Plus tard les Anciens Grecs utilisèrent un genre de parchemin fabriqué à partir de peaux d'animaux.

Le papier est originaire de Chine où il fut fabriqué en 105 après J.C..

En 751 après J.C., une guerre éclata entre les armées chinoises et arabes. De nombreux chinois furent faits prisonniers par les arabes, parmi ceux-ci se trouvaient beaucoup de fabricants de papier qui purent racheter leur liberté à la condition de livrer aux Arabes le secret de la fabrication de ce dernier.

Il fallut attendre 400 ans pour que le papier traverse le monde Arabe vers l'Europe. La première fabrique de papier fut construite par les Arabes en Espagne.

En 1250, l'Italie devint le premier producteur de papier.

En 1588, les anglais fabriquèrent leur propre papier.

En 1719, René Antoine Ferchault de Réaumur suggéra que le papier puisse être fabriqué à partir de bois (il fut inspiré par l'observation des guêpes en train de construire leur nid). En effet, jusqu'à cette époque, le papier était fabriqué au départ de vieux vêtements mais la demande étaient tellement importante qu'il n'y avait plus de vieux vêtements en suffisance.

En 1798, Nicholas Robert invente la première machine à fabriquer du papier.

Les années qui suivirent virent le perfectionnement de cette fabrication et donc son industrialisation (la production d'un artisan qui travaille un an est équivalente à une production industrielle de deux heures).

## 2. Pourquoi les feuilles de papier format A4 ont-elles cette taille saugrenue 21x29,7cm ?

1) Mesure la feuille sur laquelle tu es en train de travailler.

Note : - sa longueur que nous appellerons L : 29,7cm.

- sa largeur que nous appellerons l : 21cm.

Calcule le rapport  $l / L$  :  $21/29,7=0,7071$

2) Plie ta feuille en deux, tu obtiens une nouvelle feuille dont :

- le grand côté est la largeur de la feuille non pliée, nous l'appellerons long. : 21cm

- le petit côté est la moitié de la longueur de la feuille non pliée, nous l'appellerons larg. : 14,85cm.

Calcule le rapport larg./ long. :  $14,85/21=0.7071$

3) Compare ce rapport avec le premier que tu as calculé : ils sont égaux.

Les dimensions de la feuille sont ce que l'on appelle un « canon ».

Un canon est un rapport de proportions entre plusieurs nombres ; il a été découvert par Léonard de Vinci.

Le canon dont nous parlons ici, à la particularité de transformer la longueur de la feuille en sa largeur, ainsi que sa largeur en sa longueur, tout en gardant la même proportion entre les deux ; et ce en pliant simplement la feuille en deux.

## *V. LEXIQUE*

Désencrage	Opération visant à séparer l'encre d'impression de son support (le papier).
Filigrane	Dessin imprimé dans l'épaisseur du papier et qui peut se voir par transparence.
Homogénéiser	Faire subir un traitement afin de répartir de façon uniforme.
Matière	(matière première). Tout ce qui, issu de notre environnement, permet par l'action de l'Homme ou de la nature de fabriquer des matériaux.
Matériau	Tout ce qui résulte de l'action de l'Homme ou de la Nature sur les matières premières.
Objet	Tout ce qui est perceptible par la vue, le toucher.

## ***VI. BIBLIOGRAPHIE***

### ***LIVRES DE REFERENCE***

- Miram, W., Scharf, K.(1998)  
**Des molécules aux écosystèmes**  
Lausanne, Loisirs et pédagogie
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré

### ***TRAVAUX DE REFERENCE AGREGATION EN SCIENCES CHIMIQUES DE L'UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT***

- Pascal, L.(1998)  
**La chimie du chlore**

***TRAVAUX DE REFERENCE***  
***ARTICLES DE REFERENCE***

- Les amis de le Terre – Belgique (1993)  
**Fabrication de papier recyclé**
- Paper Chain forum  
**Demain, le papier**

***ADRESSES INTERNET DE REFERENCE***

<http://www2.ac-nice.fr/etabs/ecoles83/jmstmax83/CLASSES/A...>

<http://www.ac-montpellier.fr/academie/etab-associes/crdp/...>

<http://www.cvm.qc.ca/carrefour/departements/SciencesdelaNature...>

<http://www.mead.com/ml/docs/facts/history.html>

<http://www.fd.fr/~jrubeli/ecopap.html>

<http://www.paperchainforum.org>

## ***“LE VERRE”***

<b>I.</b>	<b>Public Cible-Objectifs-Programme</b>	<b>17</b>
<b>II.</b>	<b>Des charades pour découvrir la chimie</b>	<b>20</b>
<b>III.</b>	<b>La fabrication du verre</b>	<b>22</b>
<b>IV.</b>	<b>Histoire du verre</b>	<b>29</b>
<b>V.</b>	<b>Lexique</b>	<b>31</b>
<b>VI.</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>32</b>

***DOSSIER PROFESSEUR***

# ***I. PUBLIC CIBLE – OBJECTIFS - PROGRAMME***

- **Public Cible**

- ✓ Deuxième degré de l'enseignement secondaire.

- **Compétences utiles**

- ✓ Faculté d'observation.
- ✓ Faculté de réflexion.

- **Approches pédagogiques**

- ✓ Analyse d'une photo.
- ✓ Résolution de charades.

- **Objectifs**

- ✓ Sensibiliser les élèves au besoin du recyclage du verre.
- ✓ Envisager la chimie de manière ludique.
- ✓ Montrer aux élèves qu'ils rencontrent dans leur environnement plusieurs sortes de verre.

• **Compétences valorisées**

Le document présenté privilégie la démarche scientifique.

Cette démarche développe :

- la découverte et l'analyse de la réalité ;
- la vérification expérimentale ;

A. Compétences liées au contenu notionnel.

1. Maîtrise du vocabulaire :

- vocabulaire courant.
- vocabulaire spécifique.

2. Connaissance des conventions, des représentations :

- symboles, modèles, équations, nomenclature.....

B. Compétences générales.

1. En rapport avec la démarche de recherche en vue d'apporter une solution à une situation - problème.

1.1. Interrogation :

- Face à une difficulté nouvelle,

1.2. Hypothèses :

- la personne interpellée émettra des hypothèses,

1.3. Vérification :

- dont elle vérifiera la pertinence,

1.4. Décision :

- avant de fonder sa décision sur les hypothèses

1.5. Conclusion :

- qui lui paraissent les plus significatives (elle précisera le domaine de validité de la conclusion adoptée).

2. En rapport avec la communication.

2.1. Extraire et consigner des informations.

2.2. Rédiger un texte, un rapport et communiquer éventuellement des informations.

C Compétences générales d'ordre scientifique.

1. Démarche inducto – déductive.

1.1. Observer, notamment, la situation à problème.

1.2. Analyser la situation et émettre des hypothèses.

1.3. Séquence expérimentale.

1.4. Induire une tendance, un concept, une théorie ou un modèle.

1.5. Déduire par la démarche hypothético – déductive.

2. Méthodes et techniques.

2.1. Observer et décrire des objets ? des phénomènes.

2.2. Exploiter un document.

2.3. Établir un mode opératoire.

## ***II. DES CHARADES POUR DECOUVRIR LA CHIMIE***

Le matériau que nous allons étudier est très employé en optique, en construction et dans les arts de la table : c'est **le verre**.

A partir de charades, nous allons te faire découvrir les trois principales matières à la base de la fabrication du verre.

### **1. Les matières premières nécessaires à la fabrication de ce matériau.**

- CHARADE N°1

- mon premier est le résultat de l'action du dioxygène sur un métal ou un non-métal : **oxyde**
- mon deuxième suit un : **deux**
- mon troisième est oui en italien : **si**
- mon dernier est le contraire de rugueux : **lisse**
- mon tout est l'oxyde essentiel à la fabrication du verre, on le trouve en abondance au bord des mers : **(le sable) le dioxyde de silicium communément appelé silice.**

- CHARADE N°2

- mon premier est l'élément qui constitue la mine du crayon du menuisier : **carbone**
- mon deuxième se dit de quelqu'un qui se dépêche : **hâte**
- mon troisième suit un : **deux**
- mon quatrième est le qualificatif donné au simplet : **sot**
- mon dernier est la deuxième syllabe de l'élément ayant Sc comme symbole : **(scan)dium**
- mon tout permet à la fois le passage de la silice à l'état vitreux ainsi que la fusion du sable :  
**carbonate de sodium (fabriqué par Solvay)**

- CHARADE N°3

- mon tout est le contraire de froid : **(chaud) la chaux**
- mon tout est introduit sous la forme d'un carbonate ; ce carbonate est très important pour la croissance des os : **(calcium ) carbonate de calcium**
- mon tout augmente la dureté et la stabilité du verre et le protège de l'attaque de l'air ainsi que de celle d'autres facteurs extérieurs.

## 2. En résumé :

### **Les principales matières premières à la base de la fabrication du verre sont :**

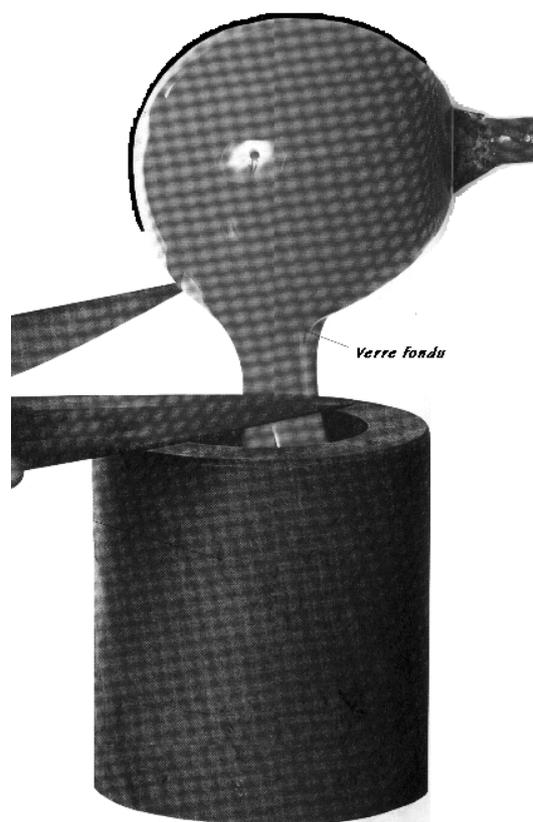
- le sable (plus précisément le dioxyde de silicium  $\text{SiO}_2$ ) pour 70% en masse
- le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pour 10% en masse
- la chaux vive ( $\text{CaO}$ ) introduite sous forme de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) pour 10% en masse

Les 10% restant sont des substances qui améliorent les propriétés chimiques et physiques du verre comme par exemple l'obtention d'une couleur particulière.

### ***III. LA FABRICATION DU VERRE***

#### **1. Comment le verre est-il fabriqué ?**

La fabrication du verre implique l'action simultanée de deux phénomènes, l'un physique, l'autre chimique.



Sur base de la photo ci-dessus, peux-tu préciser ces deux phénomènes ?

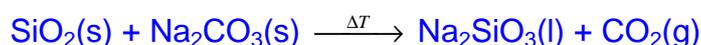
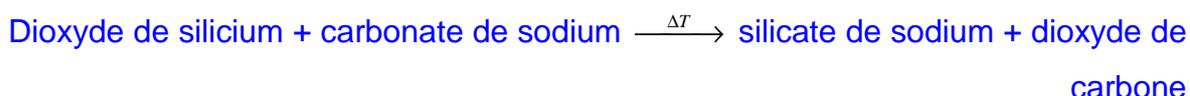
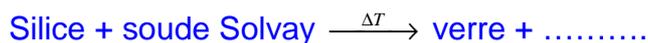
- La fusion des réactifs (action de fonte : passage de l'état solide à l'état liquide)
- Une réaction chimique faisant apparaître de nouvelles matières aux propriétés nouvelles

**Le verre est fabriqué par **fusion** et par **réaction chimique** entre les différentes matières premières.**

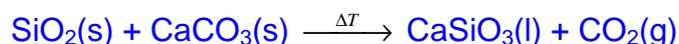
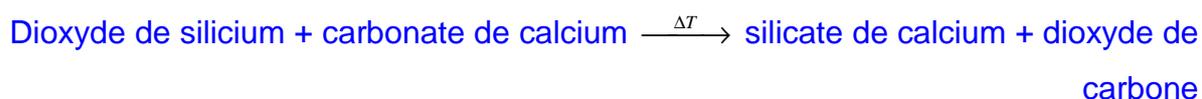
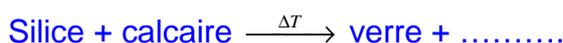
## 2. Essaye de comprendre ce qu'il s'est passé.

En chauffant les matières premières, celles-ci fondent et la silice entre en réaction avec les carbonates.

Ecrivons cela sous forme d'équations :



ou encore,



## 3. Le verre est-il un corps pur ?

Non, c'est un mélange de silicates.

Les différents silicates ainsi formés ont des points de fusion relativement bas (700 à 1000°C). Par conséquent, au fur et à mesure de l'élévation de température, le mélange à vitrifier se liquéfie. Le mélange fondu est alors déposé sur un bain d'étain en fusion, refroidi progressivement et coupé en grandes surfaces. Ce procédé industriel est appelé « Float ». (Pourquoi ? : **car float signifie en anglais flotter (flotter sur le bain d'étain).....**)

Des opérations supplémentaires peuvent compléter cette chaîne comme l'étirage pour avoir une épaisseur désirée ou le refroidissement brutal afin d'augmenter la résistance

**4. Donne un moyen de diminuer l'apport en matières premières ainsi que le coût en énergie ?**

Indice : que fais-tu des bouteilles de vins vides ?

Je les porte aux bulles prévues à cet effet.

On peut utiliser jusqu'à 85% de verre de récupération (appelé calcin) et l'introduire dans le mélange de matières premières que l'on fera fondre.

**5. Quels sont les avantages du verre?**

Le verre est à 100% recyclable.

Le verre est inerte ; il a donc une très longue durée de vie.

**6. Il y a verre et verre !**

Il existe différents types de verre en fonction des usages - donc des propriétés - que l'on désire en faire. On peut obtenir ces différentes catégories de verre en modifiant les proportions de chacun des réactifs ainsi que les conditions expérimentales.

Ces différents types de verre ne te sont pas inconnus. Pour te le prouver, tu vas compléter le tableau ci-après sur base des renseignements qui te sont donnés.

<i>Usages</i>	<i>Propriétés</i>	<i>Type de verre</i>	<i>Caractéristiques</i>
Vitres de fenêtre	Obtenu aux dimensions et à l'épaisseur désirées	Verre plat	Fabriqué selon le procédé industriel classique dit « Float »
Bouteilles, flacons	Peut prendre la forme que l'on désire par soufflage	Verre creux	Fabriqué par compression et par soufflage
Vitres latérales et lunettes arrières des voitures	Se brise en petits morceaux aux bords émoussés	Verre trempé	Verre durci extérieurement par soufflage d'air froid sous haute pression
Pare-brise de sécurité	Limite la progression des fissures en cas de choc et empêche la dispersion des morceaux coupants	Verre feuilleté	Composé de plusieurs épaisseurs de verre entre lesquelles sont intercalées des feuilles de plastique
Lunettes solaires	Se teinte spontanément au Soleil	Verre photochromique	Obtenu par addition de sels d'argent
Isolants thermiques	Isole de la chaleur et du froid	Fibres de verre	Enchevêtrement de fibres dans lequel est emprisonné de l'air
Endoscopes en médecine (et pour les télécommunication)	Permet des opérations chirurgicales très précises	Fibres optiques	Assemblage en un câble de fibres de verre étiré entouré d'une protection
Plats en verre pouvant aller au four	Résiste à des températures élevées	Verre borosilicaté (Pyrex)	Obtenu par addition d'un borate dans la composition du verre.

## 7. Comprendre les réactions impliquées lors de la fabrication du verre.

La fabrication du verre nécessite des températures très élevées (environ 1000°C), il ne nous est donc pas possible de la réaliser au laboratoire.

Nous allons donc remplacer certains réactifs impliqués dans la fabrication du verre par des substances présentant des propriétés analogues.

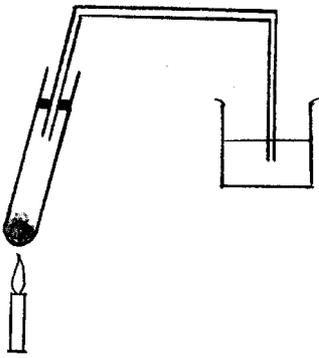
Relis les différentes réactions que tu as mis en évidence au point 2 et réponds aux questions qui suivent.

### **A) D'où provient le dioxyde de carbone libéré lors de la fabrication du verre ?**

De la décomposition du carbonate

- IMAGINE UNE EXPERIENCE QUI LE PROUVE.

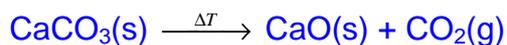
On chauffe du carbonate de calcium solide et on identifie le gaz qui s'échappe à l'aide de l'eau de chaux.

Schéma	Observation	Interprétation
	L'eau de chaux se trouble.	Il y a formation de dioxyde de carbone.

- ÉCRIS L'ÉQUATION DE LA TRANSFORMATION

Précise à quelles substances chimiques tu as affaire.

carbonate de calcium  $\xrightarrow{\Delta T}$  oxyde de calcium + dioxyde de carbone



Sel  $\xrightarrow{\Delta T}$  oxyde métallique + oxyde non-métallique

Remarque : l'utilisation de carbonate de plomb facilite la décomposition.

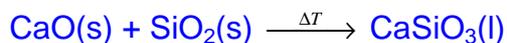
Pourtant, dans la fabrication du verre, l'oxyde de calcium n'apparaît pas.

**B) Que devient alors l'oxyde de calcium formé lors de la décomposition du carbonate à haute température ?**

Il réagit avec le dioxyde de silicium, un autre oxyde.

- ÉCRIS L'ÉQUATION DE LA TRANSFORMATION

oxyde de calcium + dioxyde de silicium  $\xrightarrow{\Delta T}$  silicate de calcium



oxyde métallique + oxyde non-métallique  $\xrightarrow{\Delta T}$  Sel

- L' OXYDE DE CALCIUM PEUT-IL REAGIR AVEC UN OXYDE, LE DIOXYDE DE CARBONE PAR EXEMPLE ?

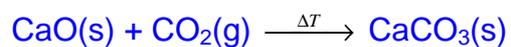
Remplis de dioxyde de carbone une seringue à gaz contenant de l'oxyde de calcium.

Schéma	Observation	Interprétation
	<p>Le piston se déplace en réduisant le volume du système réactionnel.</p>	<p>Le dioxyde de carbone a réagi.</p>

- ECRIS L'EQUATION DE LA TRANSFORMATION

Précise à quelles substances chimiques tu as à faire.

. oxyde de calcium + dioxyde de carbone  $\xrightarrow{\Delta T}$  carbonate de calcium



oxyde métallique + oxyde non-métallique  $\xrightarrow{\Delta T}$  Sel

## ***IV. HISTOIRE DU VERRE***

L'origine du verre se perd dans la Préhistoire. En effet, le verre naturel (appelé l'obsidienne) se forme grâce à la lave volcanique ; nos ancêtres l'utilisaient pour en faire des pointes de flèches.

La fabrication du verre remonte à 4000 ans avant J.C. au Moyen-Orient .

Le carbonate de sodium était connu dès l'antiquité égyptienne. Il existait en effet au nord-ouest de la vallée du Nil, des lacs qui, une fois asséchés par la chaleur du soleil, laissaient apparaître un sel connu sous le nom de natron. Le natron est essentiellement composé de carbonate et d'hydrogencarbonate de sodium. C'est pour la fabrication du verre que le natron d'Egypte fut exporté en Phénicie et à Rome. Pline l'Ancien raconte comment le verre fut découvert, « suite à un contact dû au hasard entre le sable et le natron sous l'effet de la chaleur ».

On a retrouvé dans les ruines de Pompéi des échantillons atteignant 80 cm sur 100 cm, signe que dès cette époque, le verre était utilisé comme vitrage.

Utilisé au départ pour vernir les perles et les poteries, il fut soufflé pour donner des récipients de formes variées à partir de 100 ans avant J.C.. Les Phéniciens furent les premiers artisans du verre. Ils fabriquaient des amulettes, des vases et des objets funéraires à l'aide de canne à souffler

Le premier verre moulé connu date du premier siècle .

Pendant de nombreux siècles, le carbonate de sodium fut extrait des plantes cultivées sur les côtes maritimes. C'est pour faire face à une demande de plus en plus croissante de ce sel que des chimistes (Dumonceau et Leblanc en France, au XVIII<sup>e</sup> siècle) mirent au point des procédés de synthèse.

Avant le XIX<sup>e</sup> siècle, on obtenait des surfaces planes à partir de cylindres de verre soufflé que l'on devait ensuite dérouler. A partir de cette époque, la technique évolue et les cylindres peuvent atteindre 15 mètres de long. La réalisation d'un bâtiment tout de verre devient alors possible.

En 1851, l'Exposition universelle de Londres accueille le « Cristal Palace ». Tout l'édifice est modulé sur la longueur de la plus grande vitre usinable, soit 1,25 m..

En 1861, le belge Ernest Solvay élabore un nouveau procédé de fabrication industrielle qui va contribuer à un nouvel essor de l'industrie du verre.

Le verre commercialisé aujourd'hui est fabriqué selon un procédé breveté en 1959 par la firme anglaise Pilkington.

## ***V. LEXIQUE***

Charade	Jeu où l'on doit deviner un mot de plusieurs syllabes décomposé en parties dont chacune forme un mot défini.
Décomposition	Transformation chimique au cours de laquelle une substance se sépare sous l'action de la chaleur en plusieurs autres substances.

## ***VI. BIBLIOGRAPHIE***

### ***LIVRES DE REFERENCE***

- Miram, W., Scharf, K.(1998)  
**Des molécules aux écosystèmes**  
Lausanne, Loisirs et pédagogie
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré
- Lafferty, P.(1993)  
**La matière – La molécule dans tous ses états**  
Paris, Gallimard, Passion des science

***TRAVAUX DE REFERENCE  
AGREGATION EN SCIENCES CHIMIQUES  
DE L'UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT***

- Delfosse, L., D'Orazio, R.(1993)

**Le verre**

***TRAVAUX DE REFERENCE  
AGREGATION EN SCIENCES  
HAUTE ECOLE DE LA COMMUNAUTE FRANÇAISE DU HAINAUT***

- Galluzo, D.(1997)

**La chimie de l'automobile**

***ADRESSES INTERNET DE REFERENCE***

<http://www2.ac-nice.fr/etabs/ecoles83/jmstmax83/CLASSES/A...>

<http://www.ac-montpellier.fr/academie/etab-associes/crdp/...>

<http://www.cvm.qc.ca/carrefour/departements/Sciencesde laNature...>

## **“LES METAUX”**

<b>I.</b>	<b>Public Cible – Objectifs – Programme</b>	<b>35</b>
<b>II.</b>	<b>La généalogie du fer</b>	<b>38</b>
<b>III.</b>	<b>La fabrication du cuivre</b>	<b>43</b>
<b>IV.</b>	<b>Des métaux dans un rôle de protection</b>	<b>47</b>
<b>V.</b>	<b>Histoire des métaux</b>	<b>54</b>
<b>VI.</b>	<b>Lexique</b>	<b>55</b>
<b>VII.</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>56</b>

# ***I. PUBLIC CIBLE – OBJECTIFS – PROGRAMME***

- **Public Cible**

- ✓ Deuxième degré de l'enseignement secondaire.

- **Compétences utiles**

- ✓ Faculté d'observation.
- ✓ Faculté de réflexion.
- ✓ Faculté de schématisation.

- **Approches pédagogiques**

- ✓ Analyse d'une publicité.
- ✓ Analyse d'un récit.
- ✓ Fabrication du cuivre par électrolyse.
- ✓ Galvanisation.
- ✓ Découverte du rôle de protection de certains métaux par l'étude de la fabrication d'une cannette de Coca.
- ✓ Dépôt métallique par simple immersion d'un métal dans une solution de sel métallique.

- **Objectifs**

- ✓ Faire prendre conscience aux élèves que les métaux sont souvent associés entre eux pour l'utilisation quotidienne.
- ✓ Apprendre aux élèves que, grâce à leurs connaissances et à l'expérimentation, ils peuvent comprendre la fabrication des objets de leur quotidien.

• **Compétences valorisées**

Le document présenté privilégie la démarche scientifique.

Cette démarche développe :

- la découverte et l'analyse de la réalité ;
- le questionnement et la formulation d'hypothèse ;
- la vérification expérimentale ;
- la construction de modèles ;

A. Compétences liées au contenu notionnel.

1. Maîtrise du vocabulaire :

- vocabulaire courant.
- vocabulaire spécifique.

2. Connaissance des conventions, des représentations :

- symboles, modèles.....

B. Compétences générales.

1. En rapport avec la démarche de recherche en vue d'apporter une solution à une situation - problème.

1.1. Interrogation :

- Face à une difficulté nouvelle,

1.2. Hypothèses :

- la personne interpellée émettra des hypothèses,

1.3. Vérification :

- dont elle vérifiera la pertinence,

1.4. Décision :

- avant de fonder sa décision sur les hypothèses

1.5. Conclusion :

- qui lui paraissent les plus significatives (elle précisera le domaine de validité de la conclusion adoptée).

2. En rapport avec la communication.

2.1. Extraire et consigner des informations.

2.2. Rédiger un texte, un rapport et communiquer éventuellement des informations.

C Compétences générales d'ordre scientifique.

1. Démarche inducto – déductive.

1.1. Observer, notamment, la situation à problème.

1.2. Analyser la situation et émettre des hypothèses.

1.3. Séquence expérimentale.

1.4. Induire une tendance, un concept, une théorie ou un modèle.

1.5. Déduire par la démarche hypothético – déductive.

1.6. Déduire un modèle.

2. Méthodes et techniques.

2.1. Observer et décrire des objets, des faits.

2.2. Exploiter un document.

2.3. Construire un schéma.

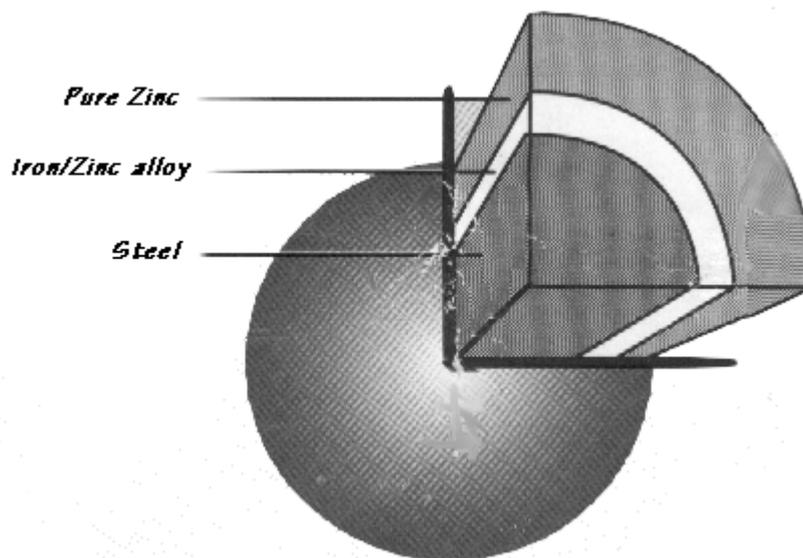
2.4. Établir un rapport d'expériences.

## ***II. LA GENEALOGIE DU FER***

Nous avons, dans la première partie du travail (classification des matériaux), analysé une photo donnée à titre d'exemple. L'analyse de celle-ci nous a permis d'établir une liste d'objets; parmi ceux-ci se trouve un treillis. La suite de notre travail consiste à nous interroger sur la nature du matériau utilisé pour la fabrication de ce treillis.

Dans le cas où ce treillis ne fait pas partie de la liste des objets relevés par les élèves, il est suggéré au professeur de commencer directement par le point 1 (analyse d'une publicité).

### **1. Etudie la publicité ci-dessous.**



- QUEL MATERIAU DE BASE EST UTILISE POUR REALISER CE TREILLIS ?

« steel » : acier

- DE QUOI EST-IL RECOUVERT ?

D'une couche de zinc. On dit que le métal est galvanisé.

Nous étudierons, par après, comment un métal peut être protégé par un autre métal.

Dans le cas d'une protection par le zinc, on parle de galvanisation.

## 2. Remontons le cours du temps

Afin de mieux comprendre l'origine de l'acier intervenant dans la fabrication du treillis, je vais vous relater un conte moderne.

C'est l'histoire d'Iron, neveu d'un génial inventeur.

En 2077, année de la découverte de la réduction humaine à l'échelle du picomètre, un jeune garçon s'embarque dans une folle aventure. Ce jeune garçon, appelé Iron, est le neveu du savant ayant mis au point cette machine révolutionnaire.

Un après-midi, alors que son grand-père rend visite à des amis sur Pluton, Iron emprunte le réducto-temporo-spatiomètre afin de l'essayer.

Il se cache alors dans sa cabane faite de treillis et de vieilles guenilles, actionne l'appareil et se retrouve réduit à une dimension telle qu'il peut côtoyer les constituants de la matière.

Comme, lors de la mise sous tension de l'appareil, il se trouvait très près d'un morceau de treillis, il se retrouve, après réduction, face aux constituants de ce treillis, c'est à dire face à une immense forteresse à l'allure imprenable.

Cette forteresse est gardée par des zincturions (soldats de la famille Zinc) qui barrent l'entrée à Iron. Ceux-ci lui racontent qu'ils sont là pour protéger les habitants de la forteresse de l'attaque des aquas ( $H_2O$ ) qui avec leurs comparses, les oxys ( $O_2$ ), n'ont qu'un but : enlever toutes les feramazones afin de les oxyder ( $Fe_2O_3$ ).

Après moult discussions, Iron parvient à convaincre un des soldats de le laisser passer afin que lui aussi puisse rencontrer ces superbes feramazones dont les hommes de la garde lui ont tant parlé.

C'est ainsi qu'il fait la connaissance de la grande tribu Acier : les feramazones (Fe) et leurs inséparables amies : les carbones (C). Il sympathise avec une feramazone qui lui raconte comment elles sont toutes arrivées là.

Tout d'abord, pour que la forteresse qu'elles forment ait cette allure (la forme du morceau de treillis), elles ont été moulées, étirées et séparées du reste de leur famille bien connue sous le nom d'Acier.

Cette famille Acier -composée de fer (Fe), de carbone (C) et d'autres éléments comme le silicium (Si), le phosphore (P), le soufre (S), etc.- a subi une chirurgie plastique afin de perdre une partie importante du carbone qui la compose. Avant cette chirurgie, qui lui donne de nouvelles propriétés, la famille Acier était connue sous le nom de famille Fonte.

La famille Fonte est née dans la douleur. En effet, la réducto-gestation, issue de la rencontre entre le minerai de fer (magnétite- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), le coke (C) et la pierre de chaux ( $\text{CaCO}_3$ ), s'est effectuée dans un haut-fourneau.

Auparavant, le minerai de fer avait été débarrassé des roches (matières terreuses) qui l'entouraient.

Pour arriver jusqu'au haut-fourneau, le minerai de fer, leurs parents, avait accompli un grand voyage depuis les mines de Suède et d'Asie mineure.

- GRACE A CE RECIT, TU PEUX REpondre AUX QUESTIONS SUIVANTES :

Trouve-t-on du fer à l'état natif ? **Non**

Comment nomme-t-on la matière première servant à la fabrication de l'acier ? **Le minerai de fer (1)**

Quel est le constituant essentiel du **minerai de fer (1)** ? **L'oxyde de fer ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )**

Où traite-t-on le **minerai de fer (1)** ? **Dans un haut-fourneau**

Qu'obtient-on après traitement du **minerai de fer(1)** ? **De la fonte (2)**

Que contient la **fonte (2)** ? **Du fer, du carbone, du silicium, du phosphore, ...**

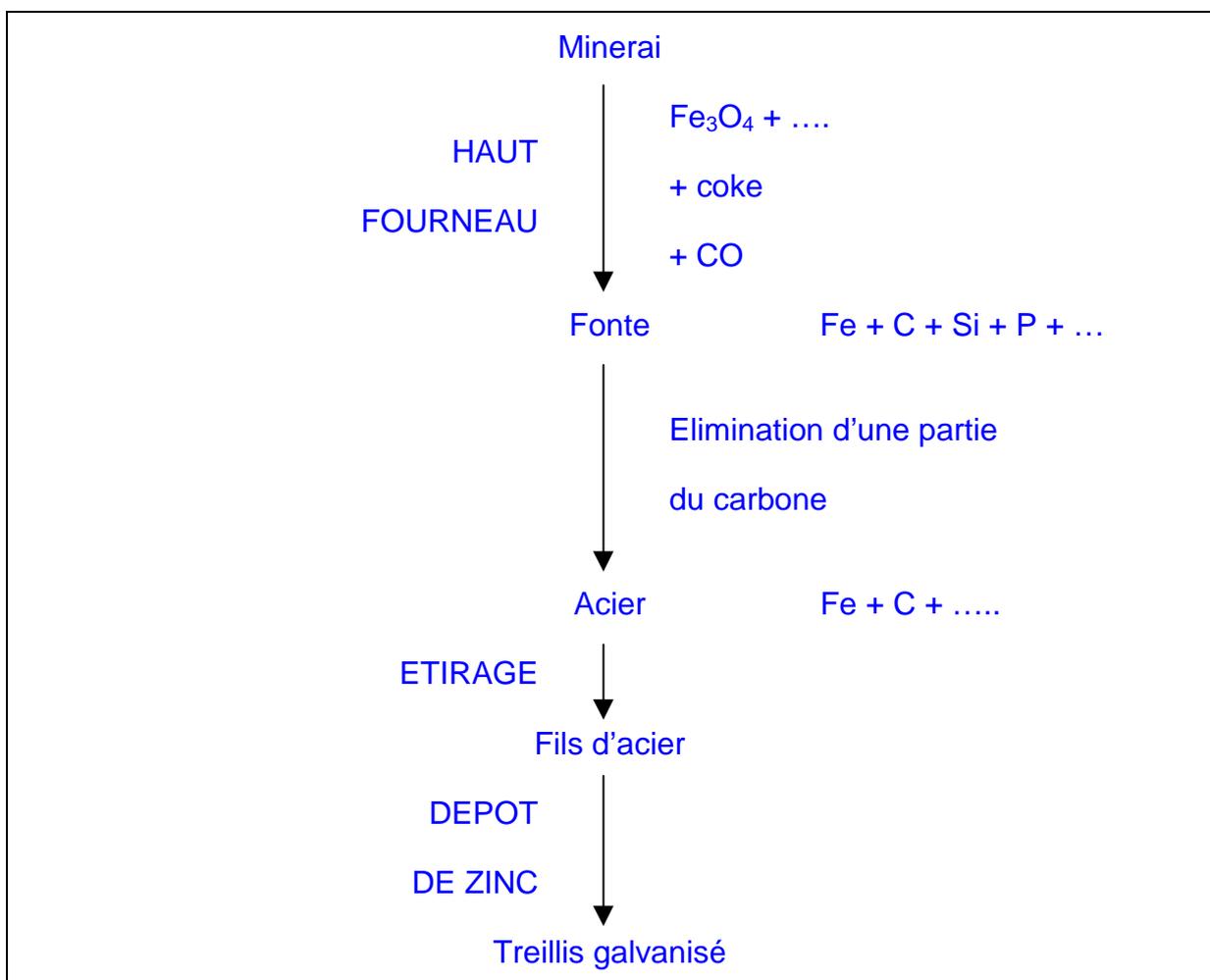
Est-elle directement utilisée pour la fabrication du treillis ? **Non**

Dès lors, quel traitement subit la **fonte (2)** ? **On élimine une partie du carbone**

Comment nomme-t-on le nouveau mélange obtenu ? **L'acier** (3)

Quelles transformations **l'acier** (3) subit-il en vue d'en faire un treillis galvanisé ? **Etirage et dépôt de zinc**

- RESUME LES DIFFERENTES ETAPES DE LA FABRICATION DU TREILLIS AU DEPART DU MINERAI DE FER (AIDE-TOI DES QUESTIONS AUXQUELLES TU VIENS DE REpondre)



- L'EXPRESSION SUIVANTE EST-ELLE CORRECTE ? SI NON POURQUOI ?

Peux-tu dire de ton professeur que c'est « une main de fer dans un gant de velours » ?

Non, il vaudrait mieux parler d'une main d'acier. Le fer à l'état pur est rarement utilisé, il est souvent associé à d'autres éléments comme le C, le P, le Si...

### ***III. LA FABRICATION DU CUIVRE***

Le cuivre a existé à l'état natif. Actuellement, on le trouve sous forme de minerai : c'est la malachite ( $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu(OH)}_3$ ) ou encore la pyrite de cuivre (minerai contenant du fer et du soufre).

Le cuivre étant un métal peu réactif, il peut être extrait de son minerai par calcination à haute température. C'est ainsi qu'après élimination des gros résidus, le minerai chauffé est débarrassé de ses particules de fer, puis plus tard de soufre. Le cuivre est finalement purifié par électrolyse.

N'ayant pas à notre disposition de minerai de cuivre, nous allons réaliser la synthèse du cuivre au départ d'un de ses sels que vous pouvez trouver en droguerie : le sulfate de cuivre.

#### **1. Quelle est l'utilisation du sulfate de cuivre ?**

Renseigne-toi auprès d'un droguiste.

Il est utilisé dans la préparation des « bouillies bordelaises » utiles pour traiter le mildiou des tomates.

Bouillie bordelaise : 25% de sulfate de cuivre

25% de sulfate de zinc

50% de chaux

## 2. Et un peu de cuisine !

- LE MATERIEL DONT TU AS BESOIN

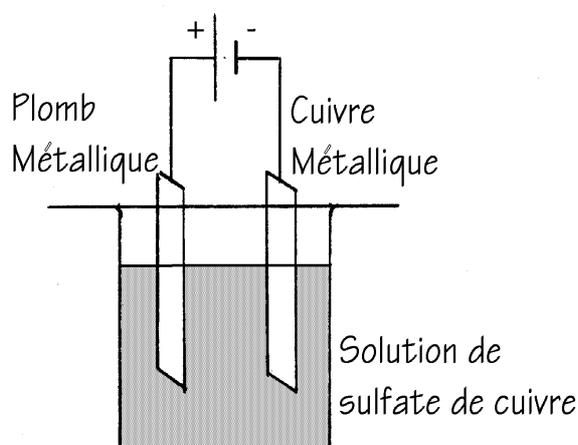
- un bécher de 500 mL;
- un morceau de bois percé de deux fentes (qui servira à maintenir les deux métaux) ;  
rem. : ce morceau de bois aura une longueur supérieure au diamètre du bécher.
- un générateur de tension continue variable ;
- des fils électriques et des pinces qui te permettront de réaliser le montage qui suit.

- LES PRODUITS DONT TU AS BESOIN

- un morceau de plomb (tu peux t'en procurer chez un couvreur) ;
- un morceau de cuivre ;
- 200 mL d'une solution de sulfate de cuivre 0,5 mol/L.

- LE MONTAGE ELECTRIQUE QUE TU DOIS REALISER

Avant de commencer l'électrolyse proprement dite, examine avec ton professeur le schéma électrique du montage que tu dois réaliser.



- LES DIFFERENTES ETAPES A EFFECTUER POUR REALISER LE MONTAGE SONT :

- Insère le morceau de cuivre et de plomb dans les fentes, distantes de 6 cm, prévues à cet effet dans le morceau de bois en veillant à les laisser dépasser de ce morceau de bois afin de les relier au générateur à l'aide des fils électriques et des pinces.
- Dépose le morceau de bois dans lequel tu as inséré les métaux sur le béccher préalablement rempli de 200 ml d'une solution de sulfate de cuivre afin que les deux morceaux métalliques soient immergés à mi-hauteur.
- Réalise le montage schématisé ci-dessus en ayant soin de connecter l'électrode de cuivre à la borne négative du générateur.
- Ferme le circuit électrique en reliant au générateur les morceaux métalliques.
- Etablis une tension aux bornes telle que l'intensité du courant soit de 0,5 A.
- Laisse passer le courant pendant environ 15 minutes.

### 3. Qu'observes-tu ?

L'électrode reliée à la borne négative du générateur a augmenté de volume; il y a donc eu sur celle-ci un dépôt.

### 4. Donne une signification à tes constatations

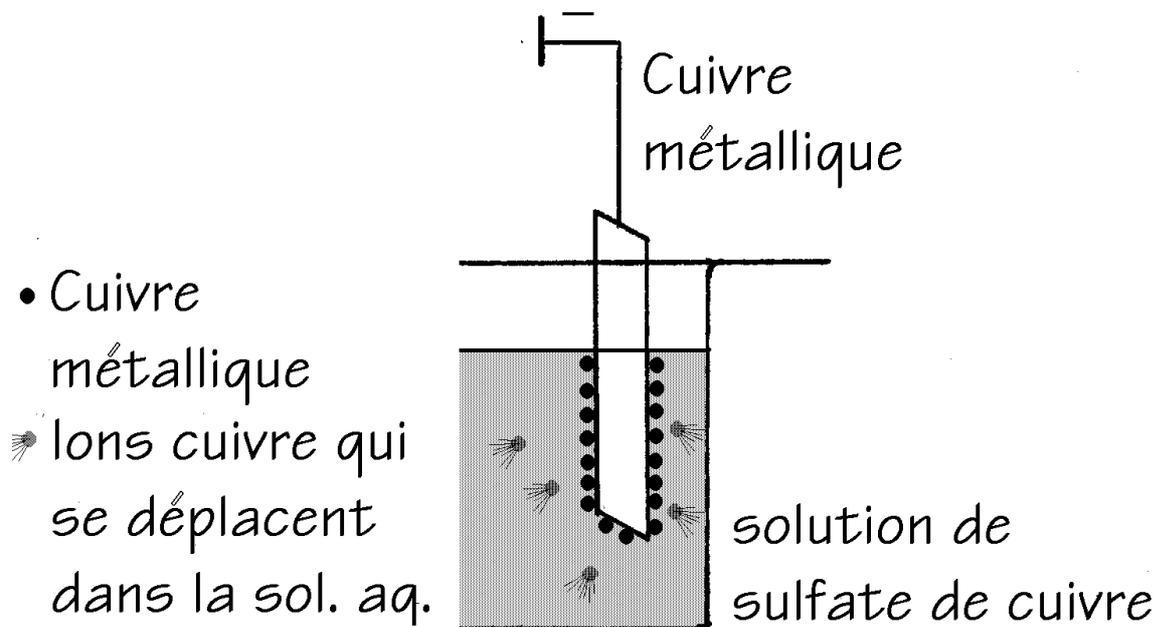
Puisque c'est l'électrode négative qui a grossi, c'est qu'elle a attiré des entités positives (voir les règles de l'électrostatique).

L'entité positive est  $\text{Cu}^{++}$  car  $\text{CuSO}_4 (\text{sol.}) \longrightarrow \text{Cu}^{++} (\text{aq.}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq.})$

En se déposant sur l'électrode, les entités  $\text{Cu}^{++}$  (particules positives de cuivre non-métallique) sont devenues Cu (cuivre métallique) grâce au passage du courant électrique engendré par le générateur.

Nous avons donc fabriqué du cuivre métallique.

- SCHEMATISE LE MOUVEMENT ET LA PRESENCE DES DIFFERENTES ENTITES AUTOUR DE LA BORNE NEGATIVE



Les ions positifs  $\text{Cu}^{2+}$  sont attirés par la borne négative.

Au niveau de l'électrode négative, les ions  $\text{Cu}^{2+}$  se transforme en cuivre métallique (Cu).

## ***IV. DES METAUX DANS UN ROLE DE PROTECTION***

Nous avons, dans la première partie du travail (classification des matériaux), analysé une photo donnée à titre d'exemple. L'analyse de celle-ci nous a permis d'établir une liste d'objets; parmi ceux-ci se trouve une cannette de coca. La suite de notre travail consiste à nous interroger sur la nature du matériau utilisé pour la fabrication de cette cannette.

Dans le cas où cette cannette ne fait pas partie de la liste des objets relevés par les élèves, il est suggéré au professeur de demander aux élèves de sortir de leur cartable la boisson qu'ils ont apportée à l'école. Trois grandes classes de récipients seront certainement illustrées : la bouteille en plastique, le tétra brick et la cannette de boisson gazeuse (la boîte de coca en étant une illustration).

Nous allons, dans ce dossier, nous intéresser à la boîte métallique de couleur rouge à l'écriture blanche contenant une boisson gazeuse à la caféine ; vous l'avez deviné , c'est bien entendu la **boîte de coca**.

### **1. Quel est le matériau utilisé pour fabriquer cette cannette ?**

Propositions : fer- acier- aluminium

Suggère une vérification de tes propositions : ce matériau est-il attiré par un aimant ? Le corps de la cannette est attiré, il est donc en acier.

#### **N.B. :**

L'endroit de la cannette où l'on dépose l'aimant est important car le corps de la cannette est bien en acier, cependant, le couvercle et son goupillon sont en aluminium.

Etant donné le chapitre précédent, les élèves peuvent facilement rejeter la proposition fer pour privilégier l'acier.

## 2. Vérifie ta proposition par analyse chimique :

Nous allons essayer de trouver une ou des expériences simples nous permettant de vérifier ou non ta proposition..

Si la cannette est bien dans le matériau que vous suggérez, ce matériau doit pouvoir être mis en contact avec le coca sans pour autant réagir.

- COMMENT POURRIONS-NOUS VERIFIER CELA ?

Essayer en classe d'élaborer avec les élèves un mode opératoire structuré afin de vérifier leur hypothèse.

1) Se procurer chez un chauffagiste, un garagiste ou un atelier utilisant de l'acier, quelques copeaux d'acier fraîchement coupés (afin d'éviter la formation d'oxyde à leur surface).

Prendre soin, au préalable, de bien dégraisser, en le frottant avec un chiffon imbibé d'alcool, le morceau d'acier dont on fera des copeaux avec un tour.

2) Dans 2 récipients de 100 mL, verser environ 50 mL de coca; dans l'un, introduire quelques copeaux d'acier, rien dans l'autre (ce dernier nous sert de témoin).

Il est à noter que l'utilisation d'erlenmeyers est suggérée, la forme étroite du col permettant de mieux percevoir les émanations gazeuses qui se dégagent.

- NOTE TES OBSERVATIONS

1) Après un quart d'heure, une odeur nauséabonde se dégage de l'erlenmeyer contenant le coca.

Cette odeur, caractéristique de l'œuf pourri ( $H_2S$ ), se forme lorsque le coca est mis en contact avec l'acier.

2) Après une heure, cette odeur est encore plus forte.

3) Après quelques jours, le coca mis en présence de l'acier est trouble, un dépôt de rouille est visible dans le fond du récipient traduisant ainsi une oxydation de l'acier.

- QUE PEUX-TU DEDUIRE DE L'EXPERIENCE QUE TU VIENS DE REALISER ?

Si le coca était mis dans des boîtes en acier, il se dégagerait, à l'ouverture, l'odeur nauséabonde que nous venons de constater.

- QUELLE SOLUTION ONT DONC APPOORTEE LES FABRICANTS DE CE TYPE DE CANNETTE ?

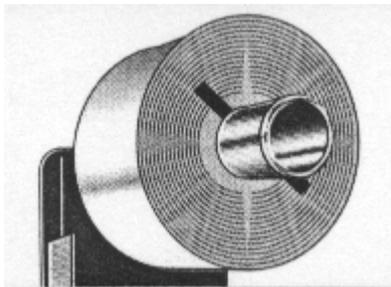
Ils ont recouvert l'intérieur des cannettes d'un film dans un matériau ne réagissant pas avec le coca.

Dans le cas des cannettes de coca, le dépôt réalisé sur l'acier est un dépôt d'étain. Ce procédé s'appelle l'étamage et l'acier recouvert d'étain est appelé du fer blanc.

Il est à noter qu'un vernis protecteur est aussi déposé sur la paroi interne des cannettes.

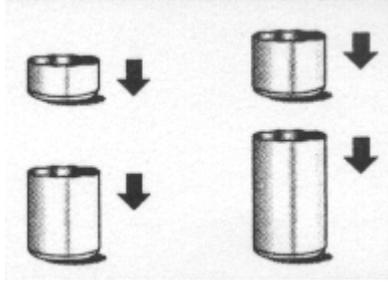
- VOICI LE FILM DE LA FABRICATION DES CANNETTES

### La bobine de fer blanc



Le matériau de base pour fabriquer les cannettes est du fer recouvert d'étain appelé « fer blanc ».

### L'étirage



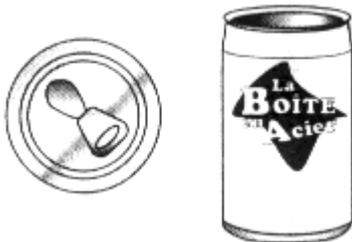
Des disques sont découpés dans cette bobine, puis étirés afin d'en faire le corps de la boîte.

### Le vernissage interne



Une fois lavée et décorée, une couche de vernis est pulvérisée sur la paroi interne de la cannette puis elle est séchée dans un four.

### L'expédition



Les cannettes et leurs couvercles en aluminium sont envoyées au fabricant de boisson.

### Le remplissage



Les cannettes sont remplies et leurs couvercles sont sertis. Vous n'avez plus qu'à boire les boissons qu'elles contiennent.

### 3. Réalisons nous-même une protection semblable

Deux types de dépôt vont être réalisés :

- un dépôt « chimique » par immersion dans une solution d'un sel métallique.
- un dépôt électrolytique par passage d'un courant dans une solution d'un sel métallique.

Nous allons ainsi montrer qu'il est possible de réaliser des dépôts de la plupart des métaux mais que les techniques requises pour y arriver varient en fonction du métal à déposer et de celui à protéger.

Vu la difficulté de se procurer des sels d'étain en droguerie, nous avons opté pour un dépôt de cuivre (possible grâce à une solution de  $\text{CuSO}_4$ ) sur un morceau d'acier : nous illustrons ainsi le dépôt chimique.

Le dépôt électrolytique sera illustré par la recouvrement d'un morceau d'acier par une couche de zinc (possible grâce à une solution de  $\text{ZnSO}_4$ ).

- DEPOT PAR IMMERSION

Pour réaliser ce dépôt, tu as besoin :

- d'un bécher de 50 mL et d'eau distillée
- de sulfate de cuivre (disponible en droguerie)
- d'un copeau d'acier semblable à celui que tu as utilisés pour l'expérience avec le coca

- Prépare 50 mL d'une solution de sulfate de cuivre 0,5 mol/L.
- Dépose dans cette solution un morceau d'acier.
- Après quelques minutes ; retire-le.
- Que constates-tu ? Un dépôt noirâtre apparaît sur le morceau d'acier

Ce dépôt n'est pas fixé sur son support car en y passant le doigt, on peut l'enlever.

Réalise la même expérience mais cette fois en trempant le morceau d'acier dans une solution de sulfate de zinc.

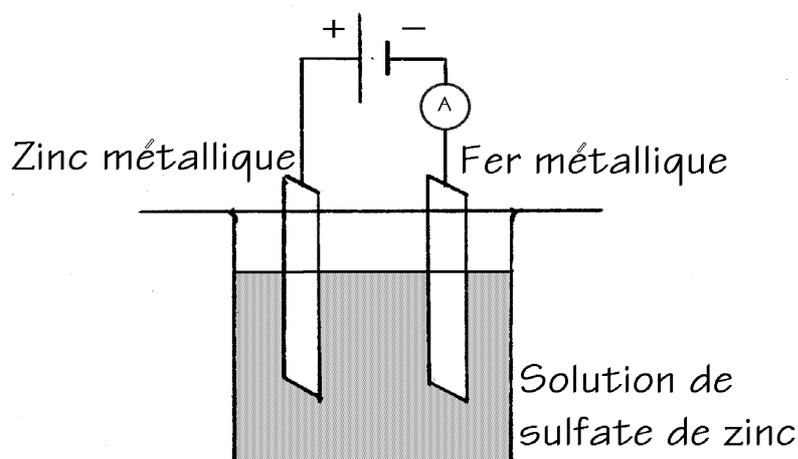
Que constates-tu ? **Aucun dépôt n'apparaît sur le morceau d'acier.**

Que peux-tu en conclure ? **Tous les métaux ne peuvent pas être déposés de la même manière.**

- DEPOT PAR ELECTROLYSE

Pour réaliser ce dépôt, tu as besoin :

- d'un bécher de 100 mL ;
- d'un morceau de zinc (tu peux t'en procurer chez un couvreur) ;
- d'un morceau d'acier (semblable à ceux utilisés pour l'expérience avec le coca) ;
- d'un morceau de bois percé de deux fentes (qui servira à maintenir les deux métaux) ; rem. : ce morceau de bois aura une longueur supérieure au diamètre du bécher.
- de 100 mL d'une solution de sulfate de zinc 50 g/L ;
- d'un générateur de tension continue variable ;
- d'un ampèremètre afin de contrôler l'intensité du courant dans le circuit ;
- de fils électriques et de pinces qui te permettront de réaliser le montage qui suit.



Avant de commencer l'électrolyse proprement dite, examine avec ton professeur le schéma électrique du montage que tu dois réaliser.

Les différentes étapes à effectuer pour réaliser ce montage sont :

- 1) Insère le morceau de zinc et d'acier dans les fentes prévues à cet effet dans le morceau de bois en veillant à les laisser dépasser du morceau de bois afin de les relier au générateur à l'aide des fils électriques et de pinces ;
- 2) Dépose le morceau de bois dans lequel tu as inséré les métaux sur le bécher dans lequel tu auras préalablement versé 50 mL de solution de sulfate de zinc afin que les deux morceaux métalliques soient immergés à mi-hauteur.
- 3) Réalise le montage schématisé ci-dessus en ayant soin de connecter l'électrode d'acier à la borne négative du générateur.
- 4) Etablis une tension aux bornes de la cuve pour que l'intensité du courant dans le circuit soit de 0,5 A environ. Laisse passer le courant pendant 15 minutes.
- 5) Retire le morceau d'acier du bécher et observe l'aspect de sa surface.

Qu'observes-tu sur le morceau d'acier ? **Un dépôt de zinc qui confère à l'acier un aspect mat**

Que tires-tu comme conclusion de cette expérience ? **Il est possible de déposer certains métaux sur d'autres grâce au courant électrique.**

Propose une modélisation du phénomène au niveau de l'électrode négative. **S'inspirer de celui réalisé à la page 46.**

## V. HISTOIRE DES METAUX

Dans les débuts de l'Humanité, pendant près de 5 000 ans, les Hommes n'ont connu que les métaux qui existent dans la nature (on dit à l'état natif) comme l'or et l'argent. Ils étaient utilisés en bijouterie. Pour obtenir l'or, il suffit de le séparer du mélange qui l'enrobe : c'est un traitement physique du minerai.

Dès 5000 ans avant Jésus-Christ, les Hommes ont su extraire chimiquement un métal à partir de son minerai : le cuivre à partir de pyrite de cuivre.

Environ 1000 ans avant Jésus-Christ, les Hommes ont élaboré le fer à partir de son minerai. Les historiens parlent de « l'âge du fer ». La métallurgie du fer est née. ( Pourquoi le fer a-t-il été découvert aussi tardivement ? **Car les températures nécessaires à atteindre pour son obtention ne sont possibles qu'à cette époque**).

Au XVI<sup>e</sup> siècle, un nouveau métal est élaboré à partir de son minerai : le zinc. Ce minerai « la blende » contient du sulfure de zinc. Après séparation du sulfure de zinc du minerai, le zinc est obtenu par une suite de réactions chimiques.

Dès 1530, l'ouvrage « De re metallica », écrit par Georg Agricola, traite des techniques minières, de la fonte des métaux et des procédés permettant leur analyse.

L'apparition tardive de l'aluminium dans l'histoire de l'Humanité (à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle) est due à la difficulté de son élaboration à partir de l'oxyde d'aluminium obtenu par traitement de son minerai « la bauxite ». L'aluminium est obtenu industriellement par électrolyse (réaction chimique faisant intervenir l'électricité) de l'oxyde d'aluminium. Il est utilisé dans l'aéronautique ainsi que dans la construction des moteurs, car il est peu dense, dur et il résiste à la corrosion.

## ***VI. LEXIQUE***

Généalogie	Liste qui donne la succession des ancêtres de (quelqu'un).
Galvaniser	Recouvrir un métal ferreux d'une mince couche de zinc pour le protéger de la rouille.
Natif	Qu'on a de naissance.
Calciner	Soumettre un corps à l'action d'une haute température.
Electrolyse	Décomposition chimique obtenue par le passage d'un courant électrique.

## ***VII. BIBLIOGRAPHIE***

### ***LIVRES DE REFERENCE***

- Miram, W., Scharf, K.(1998)  
**Des molécules aux écosystèmes**  
Lausanne, Loisirs et pédagogie
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré

### ***TRAVAUX DE REFERENCE***

- Ministère de l'Education Nationale.(1986)  
**Chimie – Expériences de cours I et II**

***TRAVAUX DE REFERENCE  
AGREGATION EN SCIENCES  
HAUTE ECOLE DE LA COMMUNAUTE FRANÇAISE DU HAINAUT***

- Dujacquier , F.(1998)  
**L'électrochimie en boîte**
- Galluzo, D.(1997)  
**La chimie de l'automobile**

***ADRESSES INTERNET DE REFERENCE***

<http://www2.ac-nice.fr/etabs/ecoles83/jmstmax83/CLASSES/A...>

<http://www.ac-montpellier.fr/academie/etab-associes/crdp/...>

<http://www.cvm.qc.ca/carrefour/departements/SciencesdelaNature...>

<http://le-village.ifrance.com/okapi/aluminium.htm>

**« LES PLASTIQUES »**

<b>I.</b>	<b>Public Cible – Objectifs – Programme</b>	<b>59</b>
<b>II.</b>	<b>Avantages et inconvénients des plastiques</b>	<b>62</b>
<b>III</b>	<b>La fabrication d’un plastique bio</b>	<b>65</b>
<b>IV.</b>	<b>Histoire des plastiques</b>	<b>69</b>
<b>V.</b>	<b>Lexique</b>	<b>70</b>
<b>VI.</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>71</b>

# ***I. PUBLIC CIBLE – OBJECTIFS – PROGRAMME***

- **Public Cible**

- ✓ Deuxième degré de l'enseignement secondaire.

- **Compétences utiles**

- ✓ Faculté d'observation.
- ✓ Faculté de réflexion.
- ✓ Faculté de schématisation.

- **Approches pédagogiques.**

- ✓ Analyse d'un texte.
- ✓ Fabrication d'un plastique biodégradable au départ de réactifs disponibles facilement.

- **Objectifs**

- ✓ Faire prendre conscience aux élèves que les plastiques présentent beaucoup d'avantages et que de nombreuses recherches sont réalisées pour parer à leurs défauts.
- ✓ Apprendre aux élèves que, grâce à leurs connaissances et à l'expérimentation, ils peuvent fabriquer un plastique.
- ✓ Avoir un autre regard sur les choses qui nous entourent.
- ✓ Reconnaître les bienfaits de la chimie.

- **Compétences valorisées**

Le document présenté privilégie la démarche scientifique.

Cette démarche développe :

- la découverte et l'analyse de la réalité ;
- le questionnement et la formulation d'hypothèse ;
- la vérification expérimentale ;
- la construction de modèles ;

A. Compétences liées au contenu notionnel.

1. Maîtrise du vocabulaire :

- vocabulaire courant.
- vocabulaire spécifique.

B. Compétences générales.

1. En rapport avec la démarche de recherche en vue d'apporter une solution à une situation - problème.

1.1. Interrogation :

- Face à une difficulté nouvelle,

1.2. Hypothèses :

- la personne interpellée émettra des hypothèses,

1.3. Vérification :

- dont elle vérifiera la pertinence,

1.4. Décision :

- avant de fonder sa décision sur les hypothèses

1.5. Conclusion :

- qui lui paraissent les plus significatives (elle précisera le domaine de validité de la conclusion adoptée).

2. En rapport avec la communication.

2.1. Extraire et consigner des informations.

2.2. Rédiger un texte, un rapport et communiquer éventuellement des informations.

C Compétences générales d'ordre scientifique.

1. Démarche inducto – déductive.

1.1. Observer, notamment, la situation à problème.

1.2. Analyser la situation et émettre des hypothèses.

1.3. Séquence expérimentale.

1.4. Induire une tendance, un concept, une théorie ou un modèle.

1.5. Déduire par la démarche hypothético – déductive.

1.6. Déduire un modèle.

2. Méthodes et techniques.

2.1. Observer et décrire des objets, des faits.

2.2. Exploiter un document.

2.3. Établir un rapport d'expériences.

## ***II. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES PLASTIQUES***

Les plastiques sont partout, ils ont envahi notre quotidien et, tout comme une partie de notre histoire porte le nom de « l'âge du fer », celle que tu vis actuellement peut certainement porter le nom de « l'ère des plastiques ».

### **1. Retournons quelques années en arrière**

Lis le texte qui suit et réponds ensuite aux questions qui te sont posées.

L'illustration par un texte extrait de *Germinal* peut être envisagée.

Après s'être lavée dans la bassine métallique que lui avait préparée sa grand-mère, Louise déjeuna sur la table en bois.

Elle prit ensuite la manne en osier contenant le linge qu'elle devait laver et partit à la rivière. Là, elle déballa le morceau de savon qu'elle avait emballé dans un morceau de tissu et se mit à l'ouvrage.

Le marchand de lait passant, elle en profita pour lui acheter du lait qu'il lui mit dans deux bouteilles de verre.

Ce texte te semble peut-être d'une autre époque, pas si lointaine que cela pourtant, tes grands parents l'ont certainement bien connue.

Si tu devais, aujourd'hui, effectuer les mêmes tâches que le personnage ci-dessus tes conditions seraient certainement différentes.

De nos jours, par quoi ont été remplacés les objets soulignés dans le texte ?

Bassine métallique : **baignoire en acrylique**.

Table en bois : **table en contreplaqué**.

Manne en osier : **manne en plastique**.

Morceau de savon emballé dans un morceau de tissu : **produit liquide contenu dans un récipient en plastique**.

Bouteilles de verre : **bouteilles en plastique ou tétra brick**.

## **2. Quelles sont les principales qualités des matières plastiques ?**

En aucun cas nous ne voudrions nous priver des avantages que nous procurent les plastiques.

En t'aidant du travail que tu as réalisé ci-dessus, trouve les avantages que présentent les plastiques.

Voici les réponses les plus fréquemment obtenues lors de nos tests.

- Ils
- sont peu denses et donnent des objets légers
  - sont résistants
  - ont une longue durée de vie- sont réutilisables
  - ne réagissent pas dans l'environnement
  - sont de bons isolants thermiques et électriques
  - sont hygiéniques
  - peuvent être moulés facilement pour donner des objet divers
- .....

Malheureusement ces qualités se révèlent parfois être des défauts !

## **3. Quelles sont les principaux défauts des matières plastiques ?**

Sur base des qualités que tu as relevées au point 2, envisage en quoi celles-ci peuvent se révéler être parfois des défauts.

Ils sont peu denses mais...

ne sont pas utilisés là où les matériaux lourds sont requis

sont résistants mais...

ne sont pas facilement détruits- difficulté de recyclage

ont une longue durée de vie- sont réutilisables mais...

ne sont pas facilement détruits- difficulté de recyclage

ne réagissent pas dans l'environnement mais...

ne sont pas facilement détruits- difficulté de recyclage

sont de bons isolants thermiques et électriques mais...

ne permettent pas le passage du courant

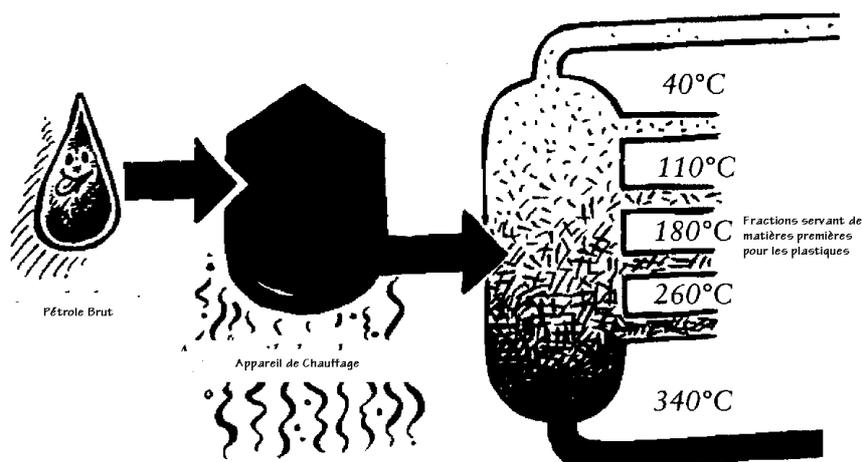
.....

Le principal défaut des matières plastiques est donc la difficulté de recyclage.

A cet inconvénient, il convient d'en ajouter un autre : la matière première utilisée pour leur obtention est une ressource naturelle limitée.

#### **4. A ce propos, quelle est cette matière première ?**

Aide-toi du schéma ci-dessous.



**Le pétrole brut.**

### ***III. FABRICATION D'UN PLASTIQUE BIO***

Comme nous l'avons mis en évidence auparavant, les plastiques présentent beaucoup d'avantages mais aussi des inconvénients majeurs : la difficulté de recyclage ainsi que l'épuisement des matières premières utilisées pour leur fabrication.

#### **1. Comment remédier à ces principaux inconvénients ?**

- en trouvant de nouvelles matières premières
- en fabriquant des plastiques recyclables

Il serait donc intéressant de pouvoir synthétiser des matériaux ayant les qualités des plastiques tout en remédiant à leurs principaux défauts.

C'est ce que nous te proposons de faire grâce au mode opératoire qui suit.

## 2. Synthèse d'un film plastique à partir d'amidon

- POURQUOI ?

Le développement de films biodégradables contribue de façon considérable à la sauvegarde de l'environnement.

Une matière première de base renouvelable et surtout biodégradable est l'amidon. Une de ses propriétés naturelles est la possibilité de former des films.

La possibilité pour l'amidon de former un film est principalement due aux ponts hydrogènes entre les longues chaînes non ramifiées de molécules d'amylose. Malheureusement, la haute fragilité due à l'amylopectine empêche l'application commerciale de films d'amidon simples. Les dérivés chimiques de l'amidon et l'addition de plastifiants non toxiques (les polyols et plus particulièrement le glycérol) utilisés dans la fabrication de films permettent une meilleure résistance à la tension, ainsi qu'une flexion et une transparence satisfaisante pour de multiples applications. Grâce à la présence de certains groupements fonctionnels (groupes hydroxyls alcooliques) les films amidonnés peuvent être colorés avec des colorants alimentaires solubles à l'eau. Les films contenant de l'amidon, du glycérol et des colorants alimentaires sont bien sûr non toxiques.

- LE MATERIEL DONT TU AS BESOIN

- un bécher de 250 mL
- un erlenmeyer de 100 mL
- un bec bunsen, un trépied et une toile en céramique ou mieux une plaque chauffante
- un thermomètre pouvant atteindre 100°C
- une plaque de verre ou une boîte de pétri
- une étuve permettant d'atteindre 90 à 100°C
- des pipettes de 2 mL, 3 mL, 20 mL, 25 mL

- LES PRODUITS DONT TU AS BESOIN

- de l'amidon de maïs
- de l'eau distillée
- une solution de glycérol dans de l'eau distillée (50% en volume)
- des colorants alimentaires (tu peux te les procurer dans le rayon pâtisserie)
- une solution de chlorure d'hydrogène (0,1 mole/L)
- une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 mole/L)

- LA SYNTHÈSE PROPREMENT DITE - A NOS CASSEROLES !

1) Mets dans l'erlenmeyer les réactifs suivants :

- 2,5 g d'amidon
- 2 mL de glycérol
- quelques gouttes de colorants alimentaires
- 3 mL de la solution de chlorure d'hydrogène
- 20 mL d'eau distillée pour l'amidon de maïs ou 25 mL pour l'amidon de pomme de terre

2)- Remplis le bécher, et planges-y l'erlenmeyer que tu viens de préparer afin de le chauffer au bain-marie.

- Agite perpétuellement (par exemple à l'aide d'un agitateur magnétique) afin de bien homogénéiser le mélange.
- Lorsque la température du mélange atteint 100°C, continue d'agiter pendant plus ou moins 15 minutes jusqu'à formation d'un mélange homogène.

3) Additionne ensuite 3 mL de la solution d'hydroxyde de sodium afin de contrecarrer la forte viscosité de la solution.

- 4) Verse le mélange sur la plaque de verre ( ou dans une boîte de pétri) et laisse sécher dans une étuve à une température de 90 à 100°C pendant plus ou moins une heure.
- 5) Afin de pouvoir détacher facilement le film plastique, retire la plaque de verre de l'étuve lorsque, quand on l'agite, les bords sont secs mais que le milieu a l'aspect gélatineux (il sera alors plus facile de détacher délicatement le film de son support).
- 6) Sépare le film plastique coloré de la plaque de verre à l'aide de tes doigts. Dépose-le sur la table de travail. Le reste du séchage peut alors se faire à l'air libre.

## ***IV. HISTOIRE DES PLASTIQUES***

Des produits plastiques furent fabriqués pour la première fois en 1862, à partir de matières végétales. Des fibres de cellulose, sous forme d'ouate, furent traitées à l'acide nitrique pour donner le « Celluloïd », utilisé dans la fabrication d'objets tels que bibelots, manches de couteaux, boîtes, manchettes et cols de chemises.

En 1909, le belge Baekeland mit au point la « Bakélite » fabriquée à partir de goudron de houille. La bakélite fut utilisée pour l'isolation électrique, les boîtiers d'appareils photos et les premiers postes de radio, les boîtiers d'appareils ménagers, ....

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les chimistes commencèrent à mieux comprendre les réactions qu'ils provoquaient, ce qui accéléra la recherche de nouvelles matières. Dans les années trente, débuta la fabrication de plastiques à base de produits chimiques dérivés du pétrole. Ce fut l'apparition du polystyrène, des polymères acryliques et du polychlorure de vinyle.

Le nylon est produit industriellement depuis la fin des années trente. Il fut d'abord produit sous forme de longs filaments que l'on savait tricoter. La production et la fabrication d'autres matières plastiques -polyéthylène, polyuréthane, polyesters, silicones- augmenta dans les années quarante. Dans les années cinquante, s'ajouta le polypropylène (récipient pour margarine, meubles de jardin ...).

Il existe maintenant plus de trente sortes de matières plastiques servant à fabriquer des objets quotidiens ( lecteur de disques compacts, disquettes d'ordinateur, bouteilles de boissons ....).

## *V. LEXIQUE*

Plastique (matière)

Mélange contenant une matière de base susceptible d'être moulée (bakélite, cellulose, galalithe, nylon, résine, silicone, ....).

Plastic

Masse d'explosif ayant la consistance du mastic.

## ***VI. BLIOGRAPHIE***

### ***LIVRES DE REFERENCE***

- Miram, W., Scharf, K.(1998)  
**Des molécules aux écosystèmes**  
Lausanne, Loisirs et pédagogie
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Hébert, A.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Bordas, Collection Arc-en-ciel
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 5<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré
- Carré, H.(1998)  
**Physique Chimie 3<sup>ème</sup>**  
Paris, Nathan, Collection Hélène Carré

### ***TRAVAUX DE REFERENCE AGREGATION EN SCIENCES CHIMIQUES DE L'UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT***

- Merckx, S.(1998)  
**Le monde des plastiques**
- Draguet, V.(1998)  
**Les plastiques**
- Hantron-Dumont, D.(1998)  
**Gels, aérogels et leurs applications**

## *DOCUMENT DE REFERENCE*

Fechiplast (1997)

**Podium ; un dossier éducatif sur les plastiques.**

## *ADRESSES INTERNET DE REFERENCE*

<http://www2.ac-nice.fr/etabs/ecoles83/jmstmax83/CLASSES/A...>

<http://www.ac-montpellier.fr/academie/etab-associes/crdp/...>

<http://www.cvm.qc.ca/carrefour/departements/Sciencesde la Nature...>

<http://www.ping.be/at-home/film-amidon.htm>

## *FRISE CHRONOLOGIQUE*

Les précédentes activités ayant été réalisées, la recherche de l'ordre chronologique dans lequel ces différents matériaux ont été découverts peut être faite aisément.

AVANT de distribuer les fiches-élèves à classer aux élèves, vous devrez découper sur le côté gauche de chacune de ces fiches toute la bande ombrée à l'exception de la forme blanche. Les élèves pourront ainsi emboîter les différentes fiches et réaliser une frise chronologique.

Tu vas recevoir 6 fiches.

Il t'est demandé le travail suivant :

- 1) Par fiche et sur base des indices à ta disposition sur ces fiches, trouve ce dont il est question.
- 2) Sur chacune de ces fiches, un indice va te permettre de classer l'ensemble des fiches par ordre chronologique. Choisis cet indice.
- 3) A cet indice, correspond une forme à découper sur la partie droite de ta feuille. Découpe-la.
- 4) Si tu as fait le bon choix quant à l'indice, tu pourras aisément emboîter les différentes fiches les unes après les autres et réaliser ainsi une frise chronologique. Dans le cas contraire, il te faudra reconsidérer ton choix.

Bon travail et à vos ciseaux !

La succession des fiches est : 1) le feu : - 400000 ans avant J.-C..

2) le cuivre : 5000 ans avant J.-C..

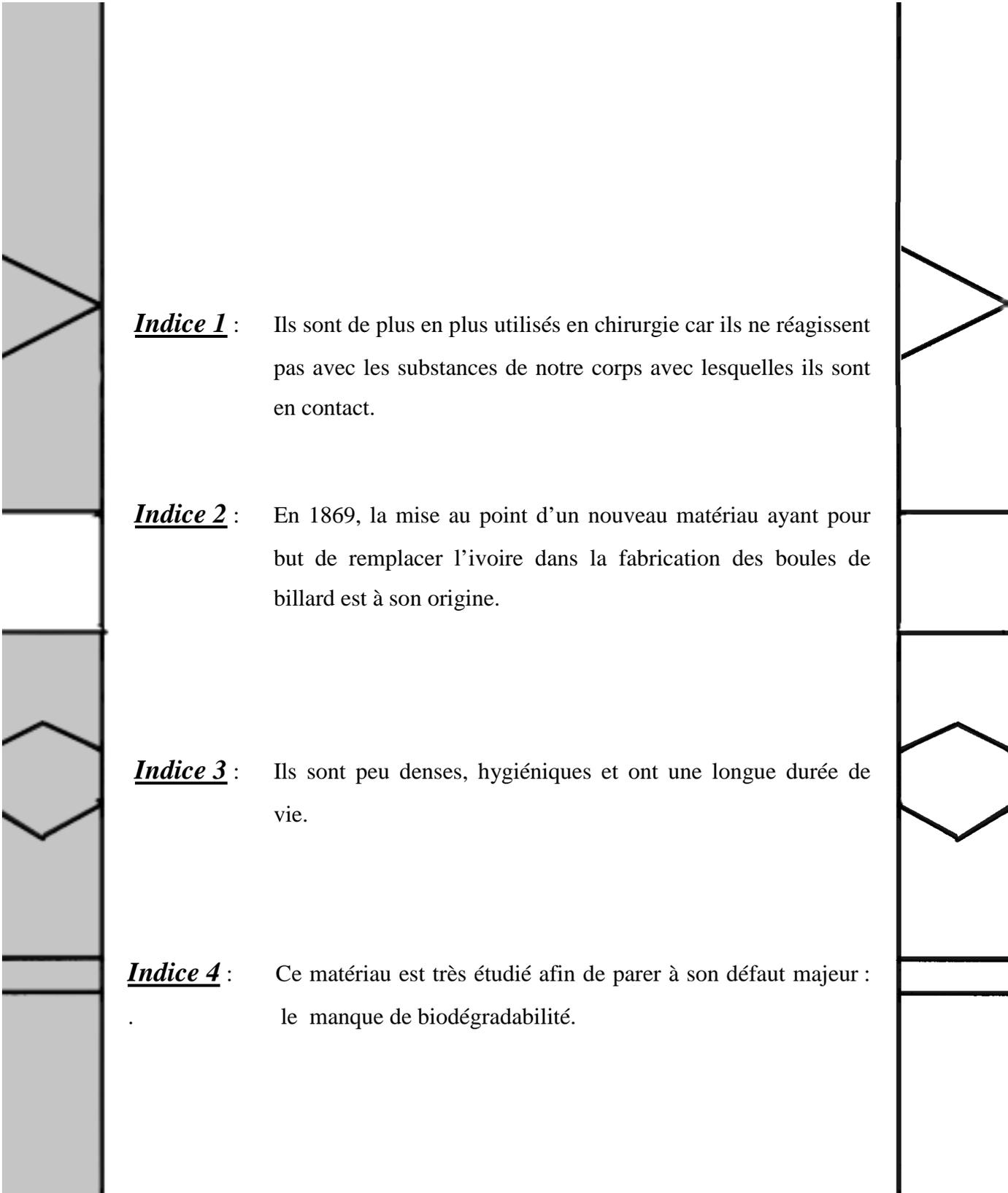
3) le fer : 2500 ans avant J.-C..

4) le verre : 100 ans avant J.-C..

5) le papier : 105 après J.C..

6) les plastiques : 1869.

## LES PLASTIQUES



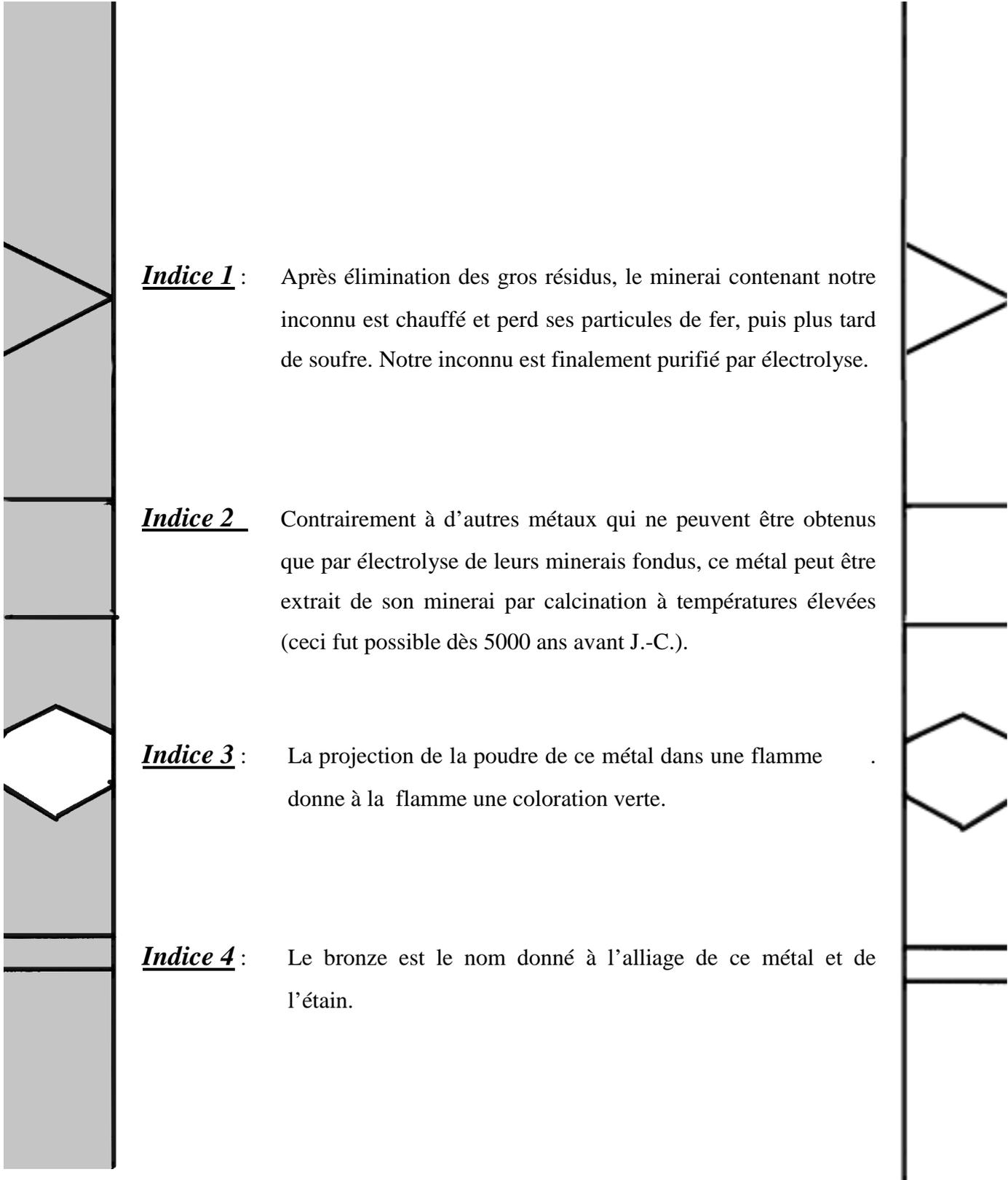
**Indice 1** : Ils sont de plus en plus utilisés en chirurgie car ils ne réagissent pas avec les substances de notre corps avec lesquelles ils sont en contact.

**Indice 2** : En 1869, la mise au point d'un nouveau matériau ayant pour but de remplacer l'ivoire dans la fabrication des boules de billard est à son origine.

**Indice 3** : Ils sont peu denses, hygiéniques et ont une longue durée de vie.

**Indice 4** : Ce matériau est très étudié afin de parer à son défaut majeur : le manque de biodégradabilité.

## LE CUIVRE



**Indice 1** : Après élimination des gros résidus, le minerai contenant notre inconnu est chauffé et perd ses particules de fer, puis plus tard de soufre. Notre inconnu est finalement purifié par électrolyse.

**Indice 2** Contrairement à d'autres métaux qui ne peuvent être obtenus que par électrolyse de leurs minerais fondus, ce métal peut être extrait de son minerai par calcination à températures élevées (ceci fut possible dès 5000 ans avant J.-C.).

**Indice 3** : La projection de la poudre de ce métal dans une flamme donne à la flamme une coloration verte.

**Indice 4** : Le bronze est le nom donné à l'alliage de ce métal et de l'étain.

## LE VERRE

**Indice 1** : Utilisé au départ pour vernir les perles et les poteries, il fut soufflé pour donner des récipients de formes variées à partir de 100 ans avant J.-C..

**Indice 2** : Il en existe du naturel appelé obsidienne, obtenu par refroidissement très rapide du sable en fusion entraîné par la lave volcanique.

**Indice 3** : Durant la Haute Antiquité, les Phéniciens en furent les premiers artisans. Ils fabriquaient des amulettes, des vases, des objets funéraires à l'aide de canne à souffler.

**Indice 4** : Des morceaux atteignant 80 cm sur 100 cm ont été découverts dans les ruines de Pompéi.

## LE FER

**Indice 1** : Obtenu pur à partir d'hématite ou de magnétite, il permet en association avec le carbone de fabriquer de la fonte.

**Indice 2** : Son nom est souvent utilisé de manière erronée pour désigner ce qui est de l'acier.

**Indice 3** : On peut le trouver à l'état pur dans certaines météorites.

**Indice 4** : Il est plus difficile à extraire de son minerai que le cuivre et l'étain car il nécessite des températures de fusion plus élevées.  
Son utilisation ne commence réellement que vers 2500 ans avant J.-C. .

## LE PAPIER

**Indice 1** : Son véritable ancêtre est le papyrus, bien connu des anciens égyptiens.

**Indice 2** : Importé en France au XVI<sup>e</sup> siècle, il est originaire de Chine où il fut fabriqué en 105 après J.-C..

**Indice 3** : Son usage est pour toi quotidien.

**Indice 4** : Il peut être hygiénique, cadeau ou adhésif.

## LE FEU

**Indice 1** : Sans lui, la métallurgie ne serait pas.

**Indice 2** : Selon Homère au IX<sup>e</sup> siècle avant J.-C., le corps matériel n'est en fait rien d'autre que la combinaison de trois éléments : l'Eau, la Terre et notre inconnu.

**Indice 3** : Des traces de notre inconnu laissées par l'Homme ont été datées de – 400 000 ans avant J.-C..(époque paléolithique).

**Indice 4** : Vulcain en est le dieu dans la mythologie romaine.

***MATERIAUX....., QUI ETES-VOUS, D'OU VENEZ-VOUS,  
DEPUIS QUAND ETES-VOUS LA ?***

***DOSSIER ELEVE***

---

***MATERIAUX....., QUI ETES-VOUS, D'OU VENEZ-VOUS,  
DEPUIS QUAND ETES-VOUS LA ?***

<b>I.</b>	<b>Le papier</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Le verre</b>	<b>11</b>
<b>III.</b>	<b>Les métaux</b>	<b>24</b>
<b>IV.</b>	<b>Les plastiques</b>	<b>41</b>
<b>V.</b>	<b>Frise chronologique</b>	<b>50</b>

**“LE .....**”

<b>I.</b>	<b>La chimie dès le lever</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Fabriquons notre .....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Histoire du .....</b>	<b>8</b>
<b>IV.</b>	<b>Lexique</b>	<b>10</b>

***DOSSIER ELEVE***



**3. Où rencontres-tu encore ce matériau ?**

Dans une journée classique, essaie de recenser, de ton lever à ton coucher, sous quelles formes tu peux rencontrer ce matériau.

.....
.....
.....
.....

**4. Nous pouvons donc dire que :**

Le .....intervient à tout moment dans la vie quotidienne.

Il est présent partout comme par exemple lors du petit déjeuner.

La consommation annuelle moyenne par habitant en Belgique est de 191 kg (en 1998).

## ***II. FABRIQUONS NOTRE PAPIER***

Avant de commencer la fabrication elle-même, nous allons essayer, ensemble, de trouver les matières premières nécessaires à cette opération.

### **1. Quelle est une des matières première couramment utilisées lors de la fabrication du papier ?**

Indice : quelle est la conséquence écologique consécutive à la fabrication du papier ?

.....

.....  
.....

### **2. Propose une technique pour fabriquer du papier ? Parles-en avec ton professeur.**

Indice : à proximité de quoi se trouvent les usines fabriquant du papier .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....

**3. Résume, avec l'aide de ton professeur, les principales étapes de la fabrication du papier**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Comme tu as pu le constater lors de ta discussion avec ton professeur, la mise en œuvre nécessaire à la fabrication du papier est relativement laborieuse.

Cependant, tu connais une autre façon beaucoup plus économique et écologique pour fabriquer du papier..... ! Tu ne vois pas, alors je te mets sur la voie grâce à un rébus :



Voilà, tu as trouvé un moyen beaucoup plus simple et économique pour réutiliser du papier grâce au .....

#### 4. Méthode pour fabriquer du papier recyclé

- MATERIEL

- un seau de 10 litres.
- un cadre en bois (il aura les dimensions de la feuille que l'on désire fabriquer).
- un bassin (un récipient peu profond mais assez large afin d'y plonger horizontalement le cadre en bois).
- un mixer usagé (à défaut un fouet).
- une passette.
- un morceau de toile de moustiquaire.
- des chiffonnettes style « viléda » (autant que le nombre de feuilles que l'on désire fabriquer).
- deux planches en contreplaqués (d'une dimension légèrement supérieure à celle du cadre de bois).
- 3 feuilles de papier journal (pas de feuilles de papier glacé).
- un point d'eau (chaude et froide).

- FABRICATION DE LA PATE

1. Remplir le seau d'eau tiède (environ 30 °C) jusqu'au 2/3 de sa capacité.
2. Le désencrage : Déchirer le journal en morceaux les plus petits possibles (environ 5 cm<sup>2</sup>), les placer dans le seau et brasser le tout. Si cela est possible, laisser macérer cette préparation toute une nuit. Durant cette opération, le papier se ramollit et les fibres commencent à se désolidariser, tandis que l'encre se détache du papier.

3. L'essorage : Filtrer le contenu du seau à l'aide de la passette afin d'extraire les fibres de papier de l'eau souillée par les encres. Confectionner ensuite des boules de papier et les presser fortement à la main.

4. Le broyage : Effriter (pour éviter de coincer l'hélice du mixer lors du broyage) les boules de papier essoré dans le bassin. Ajouter 10 litres d'eau tiède et mixer (à défaut fouetter à l'aide du fouet) jusqu'à l'obtention d'une pâte floconneuse. Il est à noter que plus le mixage sera important, plus le grain de la feuille sera fin. Si l'on désire donner un caractère rustique au papier, l'utilisation du fouet sera suffisante.

- REALISATION DES FEUILLES DE PAPIER

1. Après avoir tendu et bien fixé (en la clouant ou en l'agrafant) la toile de moustiquaire sur le cadre en bois, plonger le tamis ainsi réalisé dans le bassin contenant la pâte.

2. Le remonter doucement et laisser s'écouler l'eau.

3. Placer le tamis sur son grand côté, à côté d'une des plaques de contre plaqué recouverte d'un chiffonnette et le retourner sur cette dernière précautionneusement.

4. Déposer ensuite, sans appuyer, une chiffonnette sur la feuille qui vient d'être réalisée. Si l'on désire inscrire quelque chose en filigrane c'est à dire au travers et par transparence, il suffira d'intercaler pendant le pressage toutes sortes d'objets (feuilles d'arbres, fil de fer...).

5. Répéter ces opérations autant de fois que de feuilles nécessaires (ne pas oublier d'homogénéiser la pâte de temps en temps).

- PRESSAGE

Lorsque la dernière chiffonnette est placée, superposer la seconde plaque de contre plaqué et presser fortement la pile de feuilles à l'aide des deux mains afin d'en extraire le maximum d'eau.

- SECHAGE DES FEUILLES

1. Enlever délicatement la première chiffonnette.
2. Soulever délicatement la deuxième chiffonnette sur laquelle est déposée la feuille du dessus de la pile et procéder de façon similaire pour les autres chiffonnettes.
3. Les mettre sécher verticalement à l'aide de deux pinces à linge durant 24 heures (à température ambiante).
4. Dépendre les chiffonnettes et en détacher précautionneusement les feuilles de papier qui seront alors séchées.
5. Mettre alors les feuilles sous presse durant une nuit (sous des annuaires téléphoniques par exemple). Pour obtenir des feuilles encore plus lisses, il faut les dépendre après 12 heures, les détacher très délicatement, les placer sur une surface plane, les lisser à l'aide d'une bouteille en verre, d'un rouleau à pâtisserie ou d'un tuyau de plastique et les laisser sécher 12 heures encore.

### ***III. HISTOIRE DU PAPIER***

#### **1. Pour la petite histoire .....**

En 4000 avant J.C., les anciens Egyptiens fabriquèrent la première substance ressemblant au papier : le papyrus (le mot papier provient d'ailleurs du mot papyrus). Le papyrus était une natte de roseaux pressés ensemble en feuilles minces. Plus tard les Anciens Grecs utilisèrent un genre de parchemin fabriqué à partir de peaux d'animaux.

Le papier est originaire de Chine où il fut fabriqué en 105 après J.C..

En 751 après J.C., une guerre éclata entre les armées chinoises et arabes. De nombreux chinois furent faits prisonniers par les arabes, parmi ceux-ci se trouvaient beaucoup de fabricants de papier qui purent racheter leur liberté à la condition de livrer aux Arabes le secret de la fabrication de ce dernier.

Il fallut attendre 400 ans pour que le papier traverse le monde Arabe vers l'Europe. La première fabrique de papier fut construite par les Arabes en Espagne.

En 1250, l'Italie devint le premier producteur de papier.

En 1588, les anglais fabriquèrent leur propre papier.

En 1719, René Antoine Ferchault de Réaumur suggéra que le papier puisse être fabriqué à partir de bois (il fut inspiré par l'observation des guêpes en train de construire leur nid). En effet, jusqu'à cette époque, le papier était fabriqué au départ de vieux vêtements mais la demande étaient tellement importante qu'il n'y avait plus de vieux vêtements en suffisance.

En 1798, Nicholas Robert invente la première machine à fabriquer du papier.

Les années qui suivirent virent le perfectionnement de cette fabrication et donc son industrialisation (la production d'un artisan qui travaille un an est équivalente à une production industrielle de deux heures).

**2. Pourquoi les feuilles de papier de format A4 ont-elles cette taille saugrenue 21x29,7cm ?**

1) Mesure la feuille sur laquelle tu es en train de travailler.

Note : - sa longueur que nous appellerons L : .....cm.

- sa largeur que nous appellerons l : .....cm.

Calcule le rapport  $l / L$  : .....

2) Plie ta feuille en deux, tu obtiens une nouvelle feuille dont :

- le grand côté est la largeur de la feuille non pliée, nous l'appellerons long. : .....cm

- le petit côté est la moitié de la longueur de la feuille non pliée, nous l'appellerons larg. : .....cm.

Calcule le rapport larg./ long. : .....

3) Compare ce rapport avec le premier que tu as calculé : .....

Les dimensions de la feuille sont ce que l'on appelle un « canon ».

Un canon est un rapport de proportions entre plusieurs nombres ; il a été découvert par Léonard de Vinci.

Le canon dont nous parlons ici, à la particularité de transformer la longueur de la feuille en sa largeur, ainsi que sa largeur en sa longueur, tout en gardant la même proportion entre les deux ; et ce en pliant simplement la feuille en deux.

## ***IV. LEXIQUE***

Désencrage	Opération visant à séparer l'encre d'impression de son support (le papier).
Filigrane	Dessin imprimé dans l'épaisseur du papier et qui peut se voir par transparence.
Homogénéiser	Faire subir un traitement afin de répartir de façon uniforme.
Matière	(matière première). Tout ce qui, issu de notre environnement, permet par l'action de l'Homme ou de la nature de fabriquer des matériaux.
Matériau	Tout ce qui résulte de l'action de l'Homme ou de la Nature sur les matières premières.
Objet	Tout ce qui est perceptible par la vue, le toucher.

## ***“LE VERRE”***

<b>I.</b>	<b>Des charades pour découvrir la chimie</b>	<b>12</b>
<b>II.</b>	<b>La fabrication du verre</b>	<b>14</b>
<b>III.</b>	<b>Histoire du verre</b>	<b>21</b>
<b>IV.</b>	<b>Lexique</b>	<b>23</b>

***DOSSIER ELEVE***

# ***I. DES CHARADES POUR DECOUVRIR LA CHIMIE***

Le matériau que nous allons étudier est très employé en optique, en construction et dans les arts de la table : c'est .....

A partir de charades, nous allons te faire découvrir les trois principales matières à la base de la fabrication du verre.

## **1. Les matières premières nécessaires à la fabrication de ce matériau.**

- CHARADE N°1

- mon premier est le résultat de l'action du dioxygène sur un métal ou un non-métal : .....
- mon deuxième suit un : .....
- mon troisième est oui en italien : .....
- mon dernier est le contraire de rugueux : .....
- mon tout est l'oxyde essentiel à la fabrication du verre, on le trouve en abondance au bord des mers : .....

• CHARADE N°2

- mon premier est l'élément qui constitue la mine du crayon du menuisier : .....
- mon deuxième se dit de quelqu'un qui se dépêche : .....
- mon troisième suit un : .....
- mon quatrième est le qualificatif donné au simplet : .....
- mon dernier est la deuxième syllabe de l'élément ayant Sc comme symbole : .....
- mon tout permet à la fois le passage de la silice à l'état vitreux ainsi que la fusion du sable :  
.....

• CHARADE N°3

- mon tout est le contraire de froid : .....
- mon tout est introduit sous la forme d'un carbonate ; ce carbonate est très important pour la croissance des os : .....
- mon tout augmente la dureté et la stabilité du verre et le protège de l'attaque de l'air ainsi que de celle d'autres facteurs extérieurs.

**2. En résumé :**

**Les principales matières premières à la base de la fabrication du verre sont :**

.....

.....

.....

.....

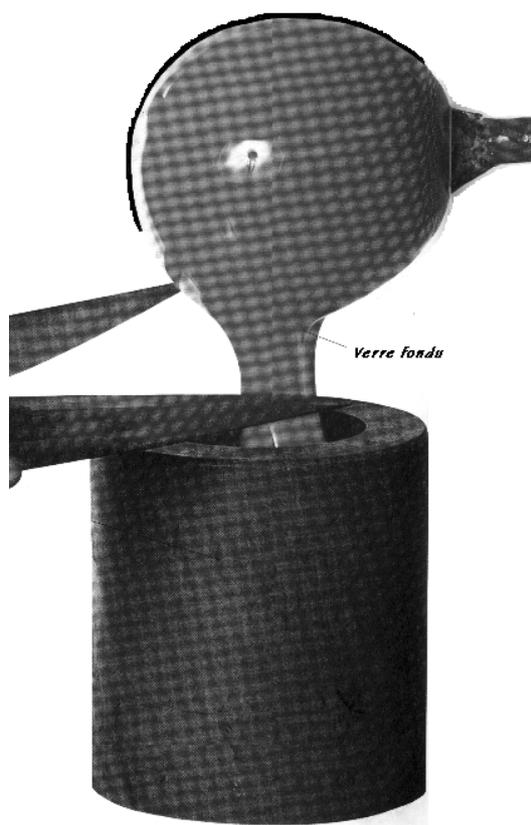
.....

.....

## ***II. LA FABRICATION DU VERRE***

### **1. Comment le verre est-il fabriqué ?**

La fabrication du verre implique l'action simultanée de deux phénomènes, l'un physique, l'autre chimique.



Sur base de la photo ci-dessus, peux-tu préciser ces deux phénomènes ?

.....

.....

.....

.....

.....  
.....

**Le verre est fabriqué par .....et par ..... entre les différentes matières premières.**

**2. Essaye de comprendre ce qu'il s'est passé.**

En chauffant les matières premières, celles-ci fondent et la silice entre en réaction avec les carbonates.

Ecrivons cela sous forme d'équations :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. Le verre est-il un corps pur ?**

.....

Les différents silicates ainsi formés ont des points de fusion relativement bas (700 à 1000°C). Par conséquent, au fur et à mesure de l'élévation de température, le mélange à vitrifier se liquéfie. Le mélange fondu est alors déposé sur un bain d'étain en fusion, refroidi progressivement et coupé en grandes surfaces. Ce procédé industriel est appelé « Float ». (Pourquoi ? :.....)

Des opérations supplémentaires peuvent compléter cette chaîne comme l'étirage pour avoir une épaisseur désirée ou le refroidissement brutal afin d'augmenter la résistance

**4. Donne un moyen de diminuer l'apport en matières premières ainsi que le coût en énergie ?**

Indice : que fais-tu des bouteilles de vins vides ?

.....

.....  
.....

**5. Quels sont les avantages du verre?**

.....  
.....

**6. Il y a verre et verre !**

Il existe différents types de verre en fonction des usages - donc des propriétés - que l'on désire en faire. On peut obtenir ces différentes catégories de verre en modifiant les proportions de chacun des réactifs ainsi que les conditions expérimentales.

Ces différents types de verre ne te sont pas inconnus. Pour te le prouver, tu vas compléter le tableau ci-après sur base des renseignements qui te sont donnés.

<i>Usages</i>	<i>Propriétés</i>	<i>Type de verre</i>	<i>Caractéristiques</i>
..... .....	Obtenu aux dimensions et à l'épaisseur désirées	Verre plat	Fabriqué selon le procédé industriel classique dit « Float »
..... .....	Peut prendre la forme que l'on désire par soufflage	..... .....	Fabriqué par compression et par soufflage
..... .....	Se brise en petits morceaux aux bords émoussés	Verre trempé	Verre durci extérieurement par soufflage d'air froid sous haute pression
..... .....	Limite la progression des fissures en cas de choc et empêche la dispersion des morceaux coupants	..... .....	Composé de plusieurs épaisseurs de verre entre lesquelles sont intercalées des feuilles de plastique
Lunettes solaires	..... .....	Verre photochromique	Obtenu par addition de sels d'argent
Isolants thermiques	..... .....	Fibres de verre	Enchevêtrement de fibres dans lequel est emprisonné de l'air
Endoscopes en médecine (et pour les télécommunication)	..... .....	Fibres optiques	Assemblage en un câble de fibres de verre étiré entouré d'une protection
Plats en verre pouvant	.....	Verre borosilicaté	Obtenu par addition

aller au four	.....	(Pyrex)	d'un borate dans la composition du verre.
---------------	-------	---------	---

**7. Comprendre les réactions impliquées lors de la fabrication du verre.**

La fabrication du verre nécessite des températures très élevées (environ 1000°C), il ne nous est donc pas possible de la réaliser au laboratoire.

Nous allons donc remplacer certains réactifs impliqués dans la fabrication du verre par des substances présentant des propriétés analogues.

Relis les différentes réactions que tu as mis en évidence au point 2 et réponds aux questions qui suivent.

**A ) D'où provient le dioxyde de carbone libéré lors de la fabrication du verre ?**

.....

.....

- IMAGINE UNE EXPERIENCE QUI LE PROUVE.

.....

.....

.....

.....

.....

Schéma	Observation	Interprétation

--	--	--

- ÉCRIS L'ÉQUATION DE LA TRANSFORMATION

Précise à quelles substances chimiques tu as à faire.

.....
.....
.....

Pourtant, dans la fabrication du verre, l'oxyde de calcium n'apparaît pas.

**B) Que devient alors l'oxyde de calcium formé lors de la décomposition du carbonate à haute température ?**

.....
.....

- ÉCRIS L'ÉQUATION DE LA TRANSFORMATION

.....
.....

- L' OXYDE DE CALCIUM PEUT-IL REAGIR AVEC UN OXYDE, LE DIOXYDE DE CARBONE PAR EXEMPLE ?

Remplis de dioxyde de carbone une seringue à gaz contenant de l'oxyde de calcium.

Schéma	Observation	Interprétation

- ÉCRIS L'ÉQUATION DE LA TRANSFORMATION

Précise à quelles substances chimiques tu as à faire.

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

### ***III. HISTOIRE DU VERRE***

L'origine du verre se perd dans la Préhistoire. En effet, le verre naturel (appelé l'obsidienne) se forme grâce à la lave volcanique ; nos ancêtres l'utilisaient pour en faire des pointes de flèches.

La fabrication du verre remonte à 4000 ans avant J.C. au Moyen-Orient .

Le carbonate de sodium était connu dès l'antiquité égyptienne. Il existait en effet au nord-ouest de la vallée du Nil, des lacs qui, une fois asséchés par la chaleur du soleil, laissaient apparaître un sel connu sous le nom de natron. Le natron est essentiellement composé de carbonate et d'hydrogencarbonate de sodium. C'est pour la fabrication du verre que le natron d'Egypte fut exporté en Phénicie et à Rome. Pline l'Ancien raconte comment le verre fut découvert, « suite à un contact dû au hasard entre le sable et le natron sous l'effet de la chaleur ».

On a retrouvé dans les ruines de Pompéi des échantillons atteignant 80 cm sur 100 cm, signe que dès cette époque, le verre était utilisé comme vitrage.

Utilisé au départ pour vernir les perles et les poteries, il fut soufflé pour donner des récipients de formes variées à partir de 100 ans avant J.C.. Les Phéniciens furent les premiers artisans du verre. Ils fabriquaient des amulettes, des vases et des objets funéraires à l'aide de canne à souffler

Le premier verre moulé connu date du premier siècle .

Pendant de nombreux siècles, le carbonate de sodium fut extrait des plantes cultivées sur les côtes maritimes. C'est pour faire face à une demande de plus en plus croissante de ce sel que des chimistes (Dumonceau et Leblanc en France, au XVIII<sup>e</sup> siècle) mirent au point des procédés de synthèse.

Avant le XIX<sup>e</sup> siècle, on obtenait des surfaces planes à partir de cylindres de verre soufflé que l'on devait ensuite dérouler. A partir de cette époque, la technique évolue et les cylindres peuvent atteindre 15 mètres de long. La réalisation d'un bâtiment tout de verre devient alors possible.

En 1851, l'Exposition universelle de Londres accueille le « Cristal Palace ». Tout l'édifice est modulé sur la longueur de la plus grande vitre usinable, soit 1,25 m..

En 1861, le belge Ernest Solvay élabore un nouveau procédé de fabrication industrielle qui va contribuer à un nouvel essor de l'industrie du verre.

Le verre commercialisé aujourd'hui est fabriqué selon un procédé breveté en 1959 par la firme anglaise Pilkington.

## ***IV. LEXIQUE***

Charade

Jeu où l'on doit deviner un mot de plusieurs syllabes décomposé en parties dont chacune forme un mot défini.

Décomposition

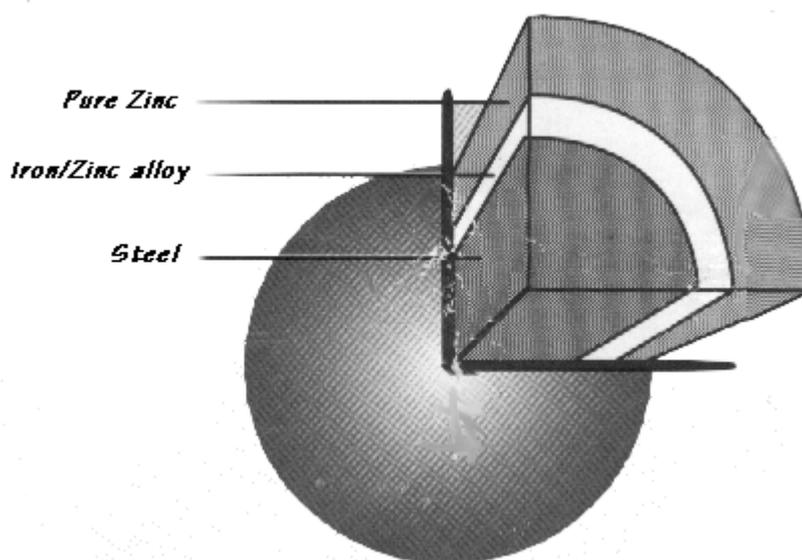
Transformation chimique au cours de laquelle une substance se sépare sous l'action de la chaleur en plusieurs autres substances.

## ***“LES METAUX”***

<b>I.</b>	<b>La généalogie du fer</b>	<b>25</b>
<b>II.</b>	<b>La fabrication du cuivre</b>	<b>29</b>
<b>III.</b>	<b>Des métaux dans un rôle de protection</b>	<b>33</b>
<b>IV.</b>	<b>Histoire des métaux</b>	<b>39</b>
<b>V.</b>	<b>Lexique</b>	<b>40</b>

# I. LA GENEALOGIE DU FER

## 1. Etudie la publicité ci-dessous.



- QUEL MATERIAU DE BASE EST UTILISE POUR REALISER CE TREILLIS ?

.....

- DE QUOI EST-IL RECOUVERT ?

.....

Nous étudierons, par après, comment un métal peut être protégé par un autre métal.

Dans le cas d'une protection par le zinc, on parle de galvanisation.

## 2. Remontons le cours du temps

Afin de mieux comprendre l'origine de l'acier intervenant dans la fabrication du treillis, je vais vous relater un conte moderne.

C'est l'histoire d'Iron, neveu d'un génial inventeur.

En 2077, année de la découverte de la réduction humaine à l'échelle du picomètre, un jeune garçon s'embarque dans une folle aventure. Ce jeune garçon, appelé Iron, est le neveu du savant ayant mis au point cette machine révolutionnaire.

Un après-midi, alors que son grand-père rend visite à des amis sur Pluton, Iron emprunte le réducto-temporo-spatiomètre afin de l'essayer.

Il se cache alors dans sa cabane faite de treillis et de vieilles guenilles, actionne l'appareil et se retrouve réduit à une dimension telle qu'il peut côtoyer les constituants de la matière.

Comme, lors de la mise sous tension de l'appareil, il se trouvait très près d'un morceau de treillis, il se retrouve, après réduction, face aux constituants de ce treillis, c'est à dire face à une immense forteresse à l'allure imprenable.

Cette forteresse est gardée par des zincurions (soldats de la famille Zinc) qui barrent l'entrée à Iron. Ceux-ci lui racontent qu'ils sont là pour protéger les habitants de la forteresse de l'attaque des aquas ( $H_2O$ ) qui avec leurs comparses, les oxys ( $O_2$ ), n'ont qu'un but : enlever toutes les feramazones afin de les oxyder ( $Fe_2O_3$ ).

Après moult discussions, Iron parvient à convaincre un des soldats de le laisser passer afin que lui aussi puisse rencontrer ces superbes feramazones dont les hommes de la garde lui ont tant parlé.

C'est ainsi qu'il fait la connaissance de la grande tribu Acier : les feramazones (Fe) et leurs inséparables amies : les carbonés (C). Il sympathise avec une feramazone qui lui raconte comment elles sont toutes arrivées là.

Tout d'abord, pour que la forteresse qu'elles forment ait cette allure (la forme du morceau de treillis), elles ont été moulées, étirées et séparées du reste de leur famille bien connue sous le nom d'Acier.

Cette famille Acier -composée de fer (Fe), de carbone (C) et d'autres éléments comme le silicium (Si), le phosphore (P), le soufre (S),etc..- a subi une chirurgie plastique afin de perdre une partie importante du carbone qui la compose. Avant cette chirurgie , qui lui donne de nouvelles propriétés, la famille Acier était connue sous le nom de famille Fonte.

La famille Fonte est née dans la douleur. En effet, la réducto-gestation, issue de la rencontre entre le minerai de fer (magnétite- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), le coke (C) et la pierre de chaux ( $\text{CaCO}_3$ ), s'est effectuée dans un haut-fourneau.

Auparavant, le minerai de fer avait été débarrassé des roches (matières terreuses) qui l'entouraient.

Pour arriver jusqu'au haut-fourneau, le minerai de fer, leurs parents, avait accompli un grand voyage depuis les mines de Suède et d'Asie mineure .

- GRACE A CE RECIT, TU PEUX REpondre AUX QUESTIONS SUIVANTES :

Trouve-t-on du fer à l'état natif ? .....

Comment nomme-t-on la matière première servant à la fabrication de l'acier ?  
..... (1)

Quel est le constituant essentiel du ..... (1) ? .....

Où traite-t-on le ..... (1) ? .....

Qu'obtient-on après traitement du .....(1) ? ..... (2)

Que contient la .....(2) ? .....

Est-elle directement utilisée pour la fabrication du treillis ? .....

Dès lors, quel traitement subit la ..... (2) ? .....

Comment nomme-t-on le nouveau mélange obtenu ? ..... (3)

Quelles transformations .....(3) subit-il en vue d'en faire un treillis galvanisé ?  
.....

- RESUME LES DIFFERENTES ETAPES DE LA FABRICATION DU TREILLIS AU DEPART DU MINERAI DE FER (AIDE-TOI DES QUESTIONS AUXQUELLES TU VIENS DE REPONDRE)

- L'EXPRESSION SUIVANTE EST-ELLE CORRECTE ? SI NON POURQUOI ?

Peux-tu dire de ton professeur que c'est « une main de fer dans un gant de velours » ?

.....

.....

.....

.....

## ***II. LA FABRICATION DU CUIVRE***

Le cuivre a existé à l'état natif. Actuellement, on le trouve sous forme de minerai : c'est la malachite ( $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_3$ ) ou encore la pyrite de cuivre (minerai contenant du fer et du soufre).

Le cuivre étant un métal peu réactif, il peut être extrait de son minerai par calcination à haute température. C'est ainsi qu'après élimination des gros résidus, le minerai chauffé est débarrassé de ses particules de fer, puis plus tard de soufre. Le cuivre est finalement purifié par électrolyse.

N'ayant pas à notre disposition de minerai de cuivre, nous allons réaliser la synthèse du cuivre au départ d'un de ses sels que vous pouvez trouver en droguerie : le sulfate de cuivre.

### **1. Quelle est l'utilisation du sulfate de cuivre ?**

Renseigne-toi auprès d'un droguiste.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 2. Et un peu de cuisine !

- LE MATERIEL DONT TU AS BESOIN

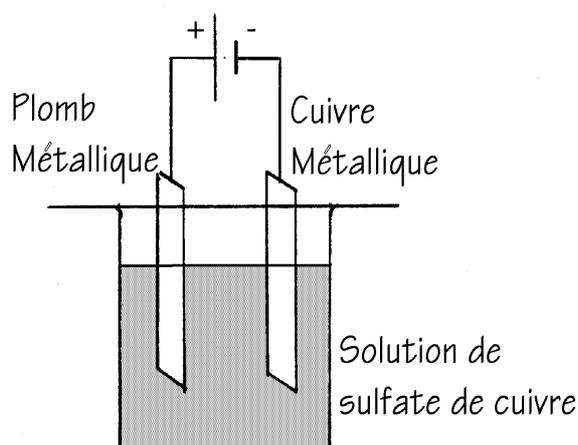
- un bécher de 100 mL ;
- un morceau de bois percé de deux fentes (qui servira à maintenir les deux métaux) ;  
rem. : ce morceau de bois aura une longueur supérieure au diamètre du bécher.
- un générateur de tension continue variable ;
- des fils électriques et des pinces qui te permettront de réaliser le montage qui suit.

- LES PRODUITS DONT TU AS BESOIN

- un morceau de plomb (tu peux t'en procurer chez un couvreur) ;
- un morceau de cuivre ;
- 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre 0,5 mol/L.

- LE MONTAGE ELECTRIQUE QUE TU DOIS REALISER

Avant de commencer l'électrolyse proprement dite, examine avec ton professeur le schéma électrique du montage que tu dois réaliser.



• LES DIFFERENTES ETAPES A EFFECTUER POUR REALISER LE MONTAGE

SONT :

- Insère le morceau de cuivre et de plomb dans les fentes, distantes de 6 cm, prévues à cet effet dans le morceau de bois en veillant à les laisser dépasser de ce morceau de bois afin de les relier au générateur à l'aide des fils électriques et des pinces.
- Dépose le morceau de bois dans lequel tu as inséré les métaux sur le béccher préalablement rempli de 200 ml d'une solution de sulfate de cuivre afin que les deux morceaux métalliques soient immergés à mi-hauteur.
- Réalise le montage schématisé ci-dessus en ayant soin de connecter l'électrode de cuivre à la borne négative du générateur.
- Ferme le circuit électrique en reliant au générateur les morceaux métalliques.
- Etablis une tension aux bornes telle que l'intensité du courant soit de 0,5 A.
- Laisse passer le courant pendant environ 15 minutes.

**3. Qu'observes-tu ?**

.....  
.....

**4. Donne une signification à tes constatations**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- SCHEMATISE LE MOUVEMENT ET LA PRESENCE DES DIFFERENTES ENTITES AUTOUR DE LA BORNE NEGATIVE

### ***III. DES METAUX DANS UN ROLE DE PROTECTION***

Nous allons, dans ce dossier, nous intéresser à la boîte métallique de couleur rouge à l'écriture blanche contenant une boisson gazeuse à la caféine ; vous l'avez deviné , c'est bien entendu la .....

#### **1. Quel est le matériau utilisé pour fabriquer cette cannette ?**

Propositions : .....

Suggère une vérification de tes propositions : .....

.....

#### **2. Vérifie ta proposition par analyse chimique :**

Nous allons essayer de trouver une ou des expériences simples nous permettant de vérifier ou non ta proposition..

Si la cannette est bien dans le matériau que vous suggérez, ce matériau doit pouvoir être mis en contact avec le coca sans pour autant réagir.

- COMMENT POURRIONS-NOUS VERIFIER CELA ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- NOTE TES OBSERVATIONS

1) Après un quart d'heure, .....

2) Après une heure, .....

3) Après quelques jours, .....

.....

- QUE PEUX-TU DEDUIRE DE L'EXPERIENCE QUE TU VIENS DE REALISER ?

.....

.....

- QUELLE SOLUTION ONT DONC APPORTEE LES FABRICANTS DE CE TYPE DE CANNETTE ?

.....

.....

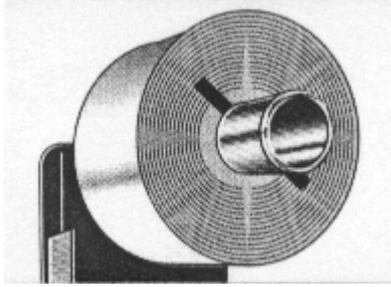
.....

.....

.....

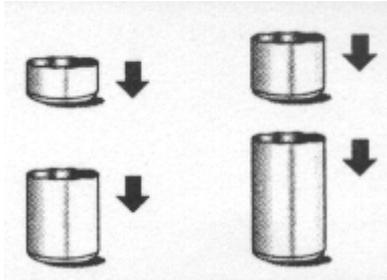
- VOICI LE FILM DE LA FABRICATION DES CANNETTES

La bobine de fer blanc



Le matériau de base pour fabriquer les cannettes est du fer recouvert d'étain appelé « fer blanc ».

### L'étirage



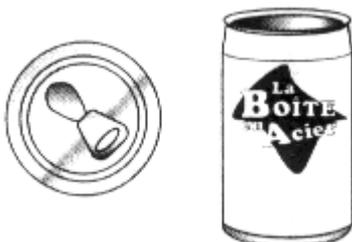
Des disques sont découpés dans cette bobine, puis étirés afin d'en faire le corps de la boîte.

### Le vernissage interne



Une fois lavée et décorée, une couche de vernis est pulvérisée sur la paroi interne de la cannette puis elle est séchée dans un four.

### L'expédition



Les cannettes et leurs couvercles en aluminium sont envoyées au fabricant de boisson.

### Le remplissage



Les cannettes sont remplies et leurs couvercles sont sertis. Vous n'avez plus qu'à boire les boissons qu'elles contiennent.

### 3. Réalisons nous-même une protection semblable

- DEPOT PAR IMMERSION

Pour réaliser ce dépôt, tu as besoin :

- d'un bécher de 50 mL et d'eau distillée
- de sulfate de cuivre (disponible en droguerie)
- d'un copeau d'acier semblable à celui que tu as utilisés pour l'expérience avec le coca

- Prépare 50 mL d'une solution de sulfate de cuivre 0,5 mol/L.

- Dépose dans cette solution un morceau d'acier.

- Après quelques minutes ; retire-le.

- Que constates-tu ? .....

Réalise la même expérience mais cette fois en trempant le morceau d'acier dans une solution de sulfate de zinc.

Que constates-tu ? .....

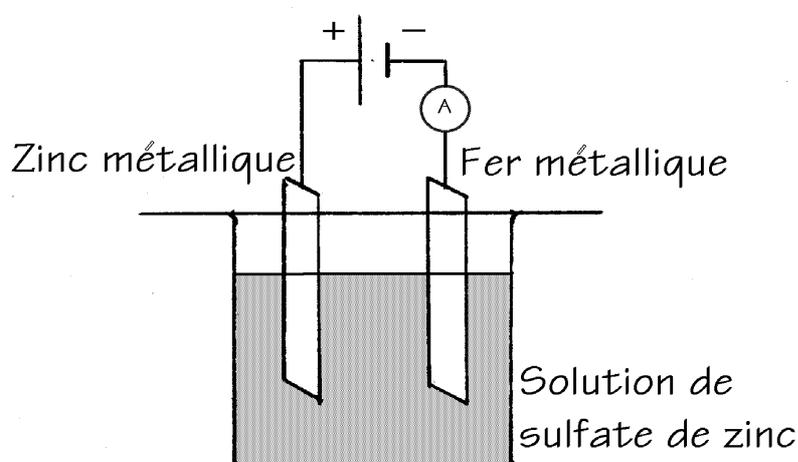
Que peux-tu en conclure ? .....

- DEPOT PAR ELECTROLYSE

Pour réaliser ce dépôt, tu as besoin :

- d'un bécher de 100 mL ;
- d'un morceau de zinc (tu peux t'en procurer chez un couvreur) ;
- d'un morceau d'acier (semblable à ceux utilisés pour l'expérience avec le coca) ;

- d'un morceau de bois percé de deux fentes (qui servira à maintenir les deux métaux) ; remq : ce morceau de bois aura une longueur supérieure au diamètre du bécher.
- de 100 mL d'une solution de sulfate de zinc 50 g/L ;
- d'un générateur de tension continue variable ;
- d'un ampèremètre afin de contrôler l'intensité du courant dans le circuit ;
- de fils électriques et de pinces qui te permettront de réaliser le montage qui suit.



Avant de commencer l'électrolyse proprement dite, examine avec ton professeur le schéma électrique du montage que tu dois réaliser.

Les différentes étapes à effectuer pour réaliser ce montage sont :

- 1) Insère le morceau de zinc et d'acier dans les fentes prévues à cet effet dans le morceau de bois en veillant à les laisser dépasser du morceau de bois afin de les relier au générateur à l'aide des fils électriques et de pinces ;
- 2) Dépose le morceau de bois dans lequel tu as inséré les métaux sur le bécher dans lequel tu auras préalablement versé 50 ml de solution de sulfate de zinc afin que les deux morceaux métalliques soient immergés à mi-hauteur.
- 3) Réalise le montage schématisé ci-dessus en ayant soin de connecter l'électrode d'acier à la borne négative du générateur.

- 4) Etablis une tension aux bornes de la cuve pour que l'intensité du courant dans le circuit soit de 0,5 A environ. Laisser passer le courant pendant 15 minutes.
- 5) Retire le morceau d'acier du bécher et observer l'aspect de sa surface.

Qu'observes-tu sur le morceau d'acier ? .....

.....

Que tires-tu comme conclusion de cette expérience ? .....

.....

Propose une modélisation du phénomène observé au niveau de l'électrode négative.

## ***IV. HISTOIRE DES METAUX***

Dans les débuts de l'Humanité, pendant près de 5 000 ans, les Hommes n'ont connu que les métaux qui existent dans la nature (on dit à l'état natif) comme l'or et l'argent. Ils étaient utilisés en bijouterie. Pour obtenir l'or, il suffit de le séparer du mélange qui l'enrobe : c'est un traitement physique du minerai.

Dès 5000 ans avant Jésus-Christ, les Hommes ont su extraire chimiquement un métal à partir de son minerai : le cuivre à partir de pyrite de cuivre.

Environ 1000 ans avant Jésus-Christ, les Hommes ont élaboré le fer à partir de son minerai. Les historiens parlent de « l'âge du fer ». La métallurgie du fer est née. ( Pourquoi le fer a-t-il été découvert aussi tardivement ?.....  
.....

Au XVI<sup>e</sup> siècle, un nouveau métal est élaboré à partir de son minerai : le zinc. Ce minerai « la blende » contient du sulfure de zinc. Après séparation du sulfure de zinc du minerai, le zinc est obtenu par une suite de réactions chimiques.

Dès 1530, l'ouvrage « De re metallica », écrit par Georg Agricola, traite des techniques minières, de la fonte des métaux et des procédés permettant leur analyse.

L'apparition tardive de l'aluminium dans l'histoire de l'Humanité (à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle) est due à la difficulté de son élaboration à partir de l'oxyde d'aluminium obtenu par traitement de son minerai « la bauxite ». L'aluminium est obtenu industriellement par électrolyse (réaction chimique faisant intervenir l'électricité) de l'oxyde d'aluminium. Il est utilisé dans l'aéronautique ainsi que dans la construction des moteurs, car il est peu dense, dur et il résiste à la corrosion.

## *V. LEXIQUE*

Généalogie	Liste qui donne la succession des ancêtres de (quelqu'un).
Galvaniser	Recouvrir un métal ferreux d'une mince couche de zinc pour le protéger de la rouille.
Natif	Qu'on a de naissance.
Calciner	Soumettre un corps à l'action d'une haute température.
Electrolyse	Décomposition chimique obtenue par le passage d'un courant électrique.

**« LES PLASTIQUES »**

<b>I.</b>	<b>Avantages et inconvénients des plastiques</b>	<b>42</b>
<b>II.</b>	<b>La fabrication d'un plastique bio</b>	<b>45</b>
<b>III.</b>	<b>Histoire des plastiques</b>	<b>48</b>
<b>IV.</b>	<b>Lexique</b>	<b>49</b>

# I. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES PLASTIQUES

Les plastiques sont partout, ils ont envahi notre quotidien et, tout comme une partie de notre histoire porte le nom de « l'âge du fer », celle que tu vis actuellement peut certainement porter le nom de « l'ère des plastiques ».

## 1. Retournons quelques années en arrière

Lis le texte qui suit et réponds ensuite aux questions qui te sont posées.

Après s'être lavée dans la bassine métallique que lui avait préparée sa grand-mère, Louise déjeuna sur la table en bois.

Elle prit ensuite la manne en osier contenant le linge qu'elle devait laver et partit à la rivière. Là, elle déballa le morceau de savon qu'elle avait emballé dans un morceau de tissu et se mit à l'ouvrage.

Le marchand de lait passant, elle en profita pour lui acheter du lait qu'il lui mit dans deux bouteilles de verre.

Ce texte te semble peut-être d'une autre époque, pas si lointaine que cela pourtant, tes grands parents l'ont certainement bien connue.

Si tu devais, aujourd'hui, effectuer les mêmes tâches que le personnage ci-dessus tes conditions seraient certainement différentes.

De nos jours, par quoi ont été remplacés les objets soulignés dans le texte ?

Bassine métallique : .....

Table en bois : .....

Manne en osier : .....

Morceau de savon emballé dans un morceau de tissu : .....

Bouteilles de verre : .....

**2. Quelles sont les principales qualités des matières plastiques ?**

En aucun cas nous ne voudrions nous priver des avantages que nous procurent les plastiques.

En t'aidant du travail que tu as réalisé ci-dessus, trouve les avantages que présentent les plastiques.

Ils .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Malheureusement ces qualités se révèlent parfois être des défauts !

**3. Quelles sont les principaux défauts des matières plastiques ?**

Sur base des qualités que tu as relevées au point 2, envisage en quoi celles-ci peuvent se révéler être parfois des défauts.

Ils .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

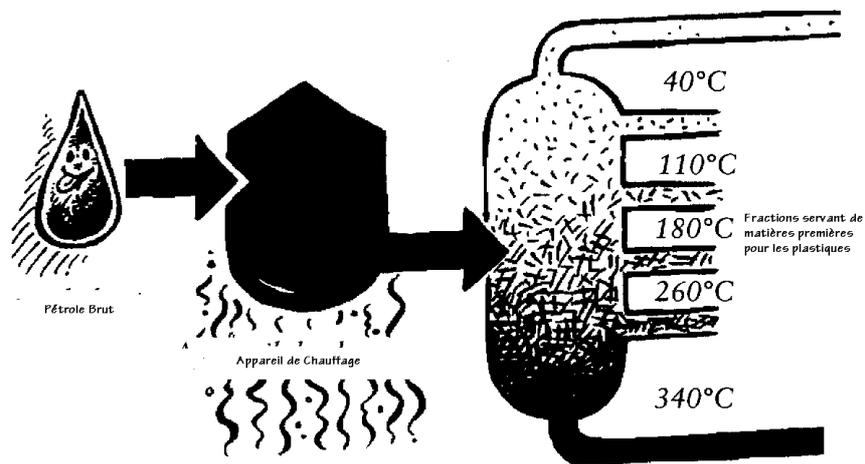
.....

Le principal défaut des matières plastiques est donc.....

A cet inconvénient, il convient d'en ajouter un autre : la matière première utilisée pour leur obtention est une ressource naturelle limitée.

**4. A ce propos, quelle est cette matière première ?**

Aide-toi du schéma ci-dessous.



.....

.....

## ***II. FABRICATION D'UN PLASTIQUE BIO***

Comme nous l'avons mis en évidence auparavant, les plastiques présentent beaucoup d'avantages mais aussi des inconvénients majeurs : .....

.....

### **1. Comment remédier à ces principaux inconvénients ?**

.....

.....

.....

Il serait donc intéressant de pouvoir synthétiser des matériaux ayant les qualités des plastiques tout en remédiant à leurs principaux défauts.

C'est ce que nous te proposons de faire grâce au mode opératoire qui suit.

## 2. Synthèse d'un film plastique à partir d'amidon

- POURQUOI ?

Le développement de films biodégradables contribue de façon considérable à la sauvegarde de l'environnement.

Une matière première de base renouvelable et surtout biodégradable est l'amidon.

Une de ses propriétés naturelles est la possibilité de former des films.

- LE MATERIEL DONT TU AS BESOIN

- un bécher de 250 mL
- un erlenmeyer de 100 mL
- un bec bunsen, un trépied et une toile en céramique ou mieux une plaque chauffante
- un thermomètre pouvant atteindre 100°C
- une plaque de verre ou une boîte de pétri
- une étuve permettant d'atteindre 90 à 100°C
- des pipettes de 2 mL, 3 mL, 20 mL, 25 mL

- LES PRODUITS DONT TU AS BESOIN

- de l'amidon de maïs
- de l'eau distillée
- une solution de glycérol dans de l'eau distillée (50% en volume)
- des colorants alimentaires (tu peux te les procurer dans le rayon pâtisserie)
- une solution de chlorure d'hydrogène (0,1 mole/L)
- une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 mole/L)

• LA SYNTHÈSE PROPREMENT DITE - A NOS CASSEROLES !

1) Mets dans l'erenmeyer les réactifs suivants :

- 2,5 g d'amidon
- 2 mL de glycérol
- quelques gouttes de colorants alimentaires
- 3 mL de la solution de chlorure d'hydrogène
- 20 mL d'eau distillée pour l'amidon de maïs ou 25 ml pour l'amidon de pomme de terre

2)- Remplis le bécher, et plonges-y l'erenmeyer que tu viens de préparer afin de le chauffer au bain-marie.

- Agite perpétuellement (par exemple à l'aide d'un agitateur magnétique) afin de bien homogénéiser le mélange.
- Lorsque la température du mélange atteint 100°C, continue d'agiter pendant plus ou moins 15 minutes jusqu'à formation d'un mélange homogène.

3) Additionne ensuite 3 mL de la solution d'hydroxyde de sodium afin de contrecarrer la forte viscosité de la solution.

4) Verse le mélange sur la plaque de verre (ou dans une boîte de pétri) et laisse sécher dans une étuve à une température de 90 à 100°C pendant plus ou moins une heure.

5) Afin de pouvoir détacher facilement le film plastique, retire la plaque de verre de l'étuve lorsque, quand on l'agite, les bords sont secs mais que le milieu a l'aspect gélatineux (il sera alors plus facile de détacher délicatement le film de son support).

6) Sépare le film plastique coloré de la plaque de verre à l'aide de tes doigts. Dépose-le sur la table de travail. Le reste du séchage peut alors se faire à l'air libre.

### ***III. HISTOIRE DES PLASTIQUES***

Des produits plastiques furent fabriqués pour la première fois en 1862, à partir de matières végétales. Des fibres de cellulose, sous forme d'ouate, furent traitées à l'acide nitrique pour donner le « Celluloïd », utilisé dans la fabrication d'objets tels que bibelots, manches de couteaux, boîtes, manchettes et cols de chemises.

En 1909, le belge Baekeland mit au point la « Bakélite » fabriquée à partir de goudron de houille. La bakélite fut utilisée pour l'isolation électrique, les boîtiers d'appareils photos et les premiers postes de radio, les boîtiers d'appareils ménagers, ....

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les chimistes commencèrent à mieux comprendre les réactions qu'ils provoquaient, ce qui accéléra la recherche de nouvelles matières. Dans les années trente, débuta la fabrication de plastiques à base de produits chimiques dérivés du pétrole. Ce fut l'apparition du polystyrène, des polymères acryliques et du polychlorure de vinyle.

Le nylon est produit industriellement depuis la fin des années trente. Il fut d'abord produit sous forme de longs filaments que l'on savait tricoter. La production et la fabrication d'autres matières plastiques -polyéthylène, polyuréthane, polyesters, silicones- augmenta dans les années quarante. Dans les années cinquante, s'ajouta le polypropylène (récipient pour margarine, meubles de jardin ...).

Il existe maintenant plus de trente sortes de matières plastiques servant à fabriquer des objets quotidiens ( lecteur de disques compacts, disquettes d'ordinateur, bouteilles de boissons ....).

## *IV. LEXIQUE*

Plastique (matière)

Mélange contenant une matière de base susceptible d'être moulée (bakélite, cellulose, galalithe, nylon, résine, silicone, ....).

Plastic

Masse d'explosif ayant la consistance du mastic.

## *FRISE CHRONOLOGIQUE*

Tu vas recevoir 6 fiches.

Il t'est demandé le travail suivant :

- 1) Par fiche et sur base des indices à ta disposition sur ces fiches, trouve ce dont il est question.
- 2) Sur chacune de ces fiches, un indice va te permettre de classer l'ensemble des fiches par ordre chronologique. Choisis cet indice.
- 3) A cet indice, correspond une forme à découper sur la partie droite de ta feuille. Découpe-la.
- 4) Si tu as fait le bon choix quant à l'indice, tu pourras aisément emboîter les différentes fiches les unes après les autres et réaliser ainsi une frise chronologique. Dans le cas contraire, il te faudra reconsidérer ton choix.

Bon travail et à vos ciseaux !

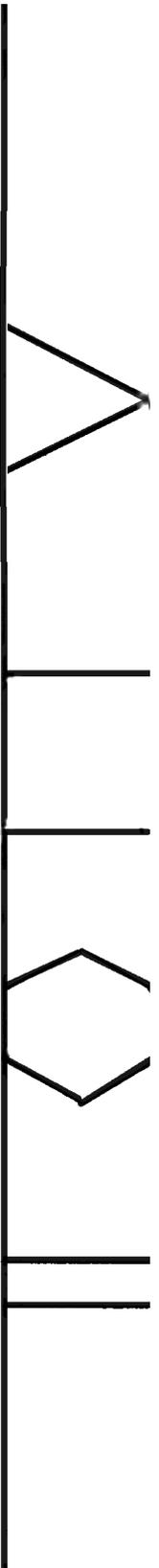


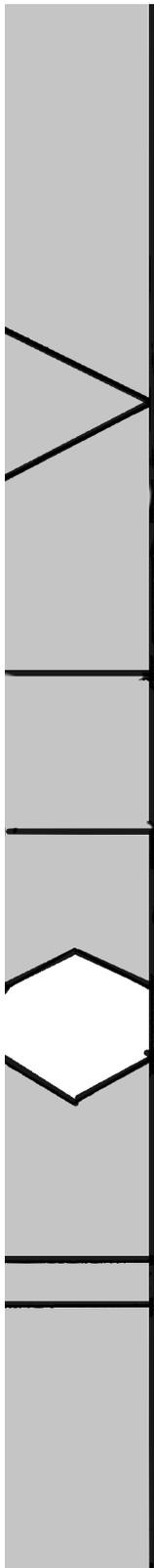
**Indice 1** : Ils sont de plus en plus utilisés en chirurgie car ils ne réagissent pas avec les substances de notre corps avec lesquelles ils sont en contact.

**Indice 2** : En 1869, la mise au point d'un nouveau matériau ayant pour but de remplacer l'ivoire dans la fabrication des boules de billard est à son origine.

**Indice 3** : Ils sont peu denses, hygiéniques et ont une longue durée de vie.

**Indice 4** : Ce matériau est très étudié afin de parer à son défaut majeur : le manque de biodégradabilité.





**Indice 1** : Après élimination des gros résidus, le minerai contenant notre inconnu est chauffé et perd ses particules de fer, puis plus tard de soufre. Notre inconnu est finalement purifié par électrolyse.

**Indice 2** Contrairement à d'autres métaux qui ne peuvent être obtenus que par électrolyse de leurs minerais fondus, ce métal peut être extrait de son minerai par calcination à températures élevées (ceci fut possible dès 5000 ans avant J.-C.).

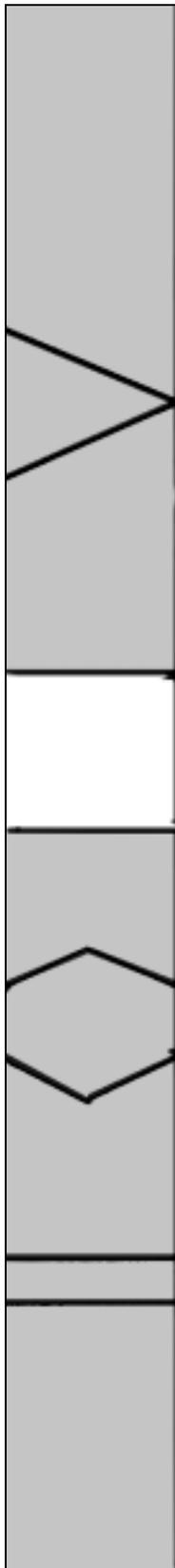
**Indice 3** : La projection de la poudre de ce métal dans une flamme donne à la flamme une coloration verte.

**Indice 4** : Le bronze est le nom donné à l'alliage de ce métal et de l'étain.





	<p><b><u>Indice 1</u></b> : Utilisé au départ pour vernir les perles et les poteries, il fut soufflé pour donner des récipients de formes variées à partir de 100 ans avant J.-C..</p>	
	<p><b><u>Indice 2</u></b> : Il en existe du naturel appelé obsidienne, obtenu par refroidissement très rapide du sable en fusion entraîné par la lave volcanique.</p>	
	<p><b><u>Indice 3</u></b> : Durant la Haute Antiquité, les Phéniciens en furent les premiers artisans. Ils fabriquaient des amulettes, des vases, des objets funéraires à l'aide de canne à souffler.</p>	
	<p><b><u>Indice 4</u></b> : Des morceaux atteignant 80 cm sur 100 cm ont été découverts dans les ruines de Pompéi.</p>	



**Indice 1** : Obtenu pur à partir d'hématite ou de magnétite, il permet en association avec le carbone de fabriquer de la fonte.

**Indice 2** : Son nom est souvent utilisé de manière erronée pour désigner ce qui est de l'acier.

**Indice 3** : On peut le trouver à l'état pur dans certaines météorites.

**Indice 4** : Il est plus difficile à extraire de son minerai que le cuivre et l'étain car il nécessite des températures de fusion plus élevées. Son utilisation ne commence réellement que vers 2500 ans avant J.-C. .



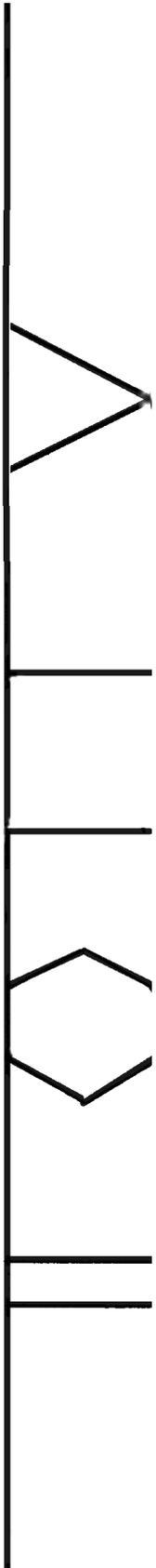


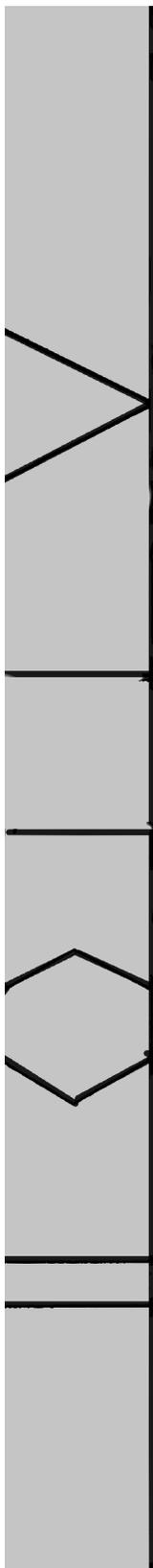
**Indice 1** : Son véritable ancêtre est le papyrus, bien connu des anciens égyptiens.

**Indice 2** : Importé en France au XVI<sup>e</sup> siècle, il est originaire de Chine où il fut fabriqué en 105 après J.-C..

**Indice 3** : Son usage est pour toi quotidien.

**Indice 4** : Il peut être hygiénique, cadeau ou adhésif.





**Indice 1** : Sans lui, la métallurgie ne serait pas.

**Indice 2** : Selon Homère au IX<sup>e</sup> siècle avant J.-C., le corps matériel n'est en fait rien d'autre que la combinaison de trois éléments : l'Eau, la Terre et notre inconnu.

**Indice 3** : Des traces de notre inconnu laissées par l'Homme ont été datées de - 400 000 ans avant J.-C..(époque paléolithique).

**Indice 4** : Vulcain en est le dieu dans la mythologie romaine.

