

République du Bénin

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE ET DE LA
FORMATION TECHNIQUE ET PROFESSIONNELLE

**GUIDE DU PROGRAMME
D'ETUDES PAR
COMPETENCES**

***PHYSIQUE-CHIMIE-
TECHNOLOGIE***

CLASSE DE 1^{ère} SERIES C & D
VERSION REVISEE

DIRECTION DE L'INSPECTION PEDAGOGIQUE

Porto – Novo, août 2010

SITUATION D'APPRENTISSAGE N°1

TITRE : L'énergie mécanique au service du développement

1 Elément de planification

1.1 DUREE :

1.2 CONNAISSANCES ET TECHNIQUES

DOMAINE : MECANIQUE		
Connaissances et techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Connaissances exigibles (Evaluation)
1- Notions de cinématique - Vecteur espace et vecteur vitesse d'un point dans un repère donné - Mouvement de translation d'un solide - Mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe ; vitesse angulaire ; vitesse linéaire d'un point du solide. - Moment d'une force par rapport à un axe ; moment d'un couple de forces	<p>D'une manière générale, la mécanique a été abordée de façon plus ou moins approfondie par les apprenants aussi bien au primaire (EST) et au secondaire (classe de 3^{ème} et 2^{nde}).</p> <p>En classe de première, il s'agit d'aller plus loin et d'asseoir de manière plus ferme des concepts nouveaux et les applications associées.</p> <p>Pour cette étude le professeur peut faire visiter les espaces de jeu de Magic Land(Cotonou), du CTA BIMYNS (de Djèrègbé) Wêkê, l'échangeur de Godomey ou les passages supérieurs. Il partira d'une situation complexe de vie ou des photos pour permettre aux apprenants de se poser des questions comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quels sont les différents types de mouvement ? - Comment caractériser chaque type de mouvement ? <p>• Le professeur amènera les apprenants à formuler la définition de la vitesse instantanée comme étant une variation infinitésimale du vecteur position par rapport au même ordre de grandeur de variation de temps; ils illustreront par quelques exemples et mettront l'accent sur les unités du système international</p> <p>Tous les mouvements seront étudiés dans un repère orthonormé galiléen à deux dimensions ; toutefois il ne sera pas nécessaire de définir le repère galiléen (prévue pour la classe de Terminale).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Construction des vecteurs vitesses moyenne \vec{V}_m et instantanée \vec{v} d'un point mobile. - Enoncé des propriétés de la vitesse des points d'un solide en translation et d'un solide en rotation (en relation avec la vitesse angulaire w). - Les conditions de variation d'un vecteur- vitesse. - Détermination des vitesses angulaire w et linéaire v d'un point d'un solide en rotation. - Comparaison des vitesses v de deux points situés à des distances différentes d'un même axe de rotation. - Exploitation de l'expression de la vitesse angulaire w en fonction de la fréquence N. - Exploitation de l'expression du moment d'une force \vec{F} $\mathcal{M} = F \times d$. - Définition d'un couple de forces.
2- Travail et puissance d'une force	<p>A partir des activités d'observation et d'exploitation documentaire, le professeur amènera les apprenants à formuler des questions comme :</p> <p>Comment définir le travail d'une force en physique ?</p> <p>De quels paramètres le travail mécanique dépend-il ?</p>	

<ul style="list-style-type: none"> • Travail et puissance d'une force constante • Travail et puissance des forces agissant sur un solide en mouvement de translation <ul style="list-style-type: none"> - Travail élémentaire d'une force et puissance instantanée - Travail du poids d'un corps - Travail d'une force de frottement • Travail et Puissance des forces agissant sur un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe 	<p>Comment illustrer l'expression mathématique du travail ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit ici d'une force constante en grandeur, direction et sens. • Le professeur attirera l'attention des apprenants sur : <ul style="list-style-type: none"> - le travail élémentaire $\delta W = F \cdot \delta \ell (\cos \alpha)$ et sur la nature du travail d'une force (travail moteur, travail résistant) - la puissance instantanée $p = \delta W / \delta t$ • Par des activités d'exploitation documentaire, le professeur partira de l'expression du travail élémentaire et de la puissance instantanée pour amener les apprenants à : <ul style="list-style-type: none"> - établir et utiliser la relation $W = F \ell (\cos \alpha)$ et $p = F v \cos \alpha$ - établir et utiliser l'expression du travail du poids d'un corps - établir et utiliser l'expression du travail de la force de frottement • Par des activités d'exploitation documentaire, le professeur partira de l'expression du moment d'une force constante, d'un couple de forces constantes, du travail élémentaire et de la puissance instantanée pour établir et utiliser l'expression du travail d'une force et d'un couple de forces de moment constant et celle de la puissance instantanée. <p>On abordera le couple de torsion, mais le travail de ce couple ne sera pas étudié.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation de l'expression du travail d'une force constante. - Détermination de la nature du travail d'une force (moteur, résistant) et inversement. - Exploitation de l'expression du travail du poids d'un corps, de la puissance moyenne et de la puissance instantanée. - Conversion d'unité : Wh ou kWh en joule - Prévision du sens de rotation imposée par une force agissant seule sur un solide. - Exploitation de l'expression du travail d'une force de moment constant pour une rotation d'angle α. - Détermination de la nature du travail et de la puissance d'une force ou d'un couple de forces. - Exploitation de la formule donnant les puissances moyenne P_m et instantanée p
<p>3- Energie cinétique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie cinétique de translation • Energie cinétique d'un 	<p>A partir des activités expérimentales et/ou d'exploitation documentaire, le professeur amènera les apprenants à formuler des questions comme :</p> <p>Comment définit-on l'énergie liée à la vitesse ? Quelle relation existe-t-il entre la vitesse acquise et la hauteur de chute ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le professeur partira de la définition de l'énergie cinétique pour établir et utiliser: <ul style="list-style-type: none"> - l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation • l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe ; De cette 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation de la formule donnant l'énergie cinétique de translation et de rotation - Formulation et exploitation de l'expression du moment d'inertie J et de l'énergie cinétique E_c. - Détermination de la valeur du moment d'inertie J dans le cas de solides usuels.

<p>solide en mouvement de rotation. Moment d'inertie</p> <p>• Théorème de l'énergie cinétique</p>	<p>expression, le professeur dégagera l'expression de quelques moments d'inertie</p> <p>• L'énoncé du théorème de l'énergie cinétique s'établira à partir de l'activité expérimentale sur la chute verticale d'une bille. A l'aide de cette activité, on vérifiera que $\frac{V^2}{h} = \text{constante} = 2g$ et par suite $\Delta E_c = W_p$. L'application du théorème de l'énergie cinétique sera limitée aux seuls cas étudiés : la translation et la rotation ; le mouvement mixte (translation + rotation) étant exclu.</p> <p>Le professeur amènera les élèves à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - donner d'autres exemples pour étayer l'énoncé - découvrir que le théorème reste vrai, même si la force ou le moment ne restent pas constants, car la variation de l'énergie cinétique du solide est égale à la somme algébrique des travaux des forces qui lui sont appliquées pendant la durée de la variation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enoncé et exploitation du théorème de l'énergie cinétique. - Application du théorème de l'énergie cinétique au solide en translation ou en rotation autour d'un axe fixe.
<p>4- Energie potentielle de pesanteur</p>	<p>A partir des activités d'exploitation documentaire, le professeur amènera les apprenants à formuler la question suivante: D'où provient une énergie potentielle ?</p> <p>Le professeur se limitera au cas d'un champ de pesanteur uniforme. L'énergie potentielle de pesanteur est une énergie de position qui sera interprétée comme une énergie potentielle d'interaction du système terre-solide.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Définition du champ de pesanteur uniforme. - Expression de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide en un point de ce champ.
<p>5- Energie mécanique totale : conservation et non conservation</p>	<p>L'énergie mécanique dans le système terre-solide est</p> $E_m = E_{pp} + E_c = mgz + \frac{1}{2}mv^2$ <p>A l'aide d'exemples concrets (chute libre, chute sur un plan incliné sans frottement, pendule pesant), le professeur fera découvrir aux apprenants avec une panoplie suffisante d'exercices, les conditions de la conservation de l'énergie mécanique (absence de force de frottement) et celles de sa non- conservation (présence de forces de frottement).</p> <p>L'enseignant amènera l'apprenant à découvrir quelques applications de la conservation et de la non – conservation de l'énergie mécanique</p> <p><u>N.B</u> : Ne pas insister sur la transformation de l'énergie mécanique en chaleur ; cette notion sera vue plus tard dans la SA.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Définition et expression de l'énergie mécanique (totale) E_m. - Condition de la conservation de l'énergie mécanique. - Exploitation de la conservation et de la non-conservation de cette énergie mécanique.

Annexes de la S.A n°1

1- Cinématique

Fig. 1 : Echangeur routier

Certaines automobiles ont un mouvement rectiligne, d'autres ont un mouvement approximativement circulaire.

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E
Collection NATHAN. Page 7.
Edition 1988



Fig. 2 : Translations rectiligne et curviligne

*Tous les points de l'équerre sont animés d'un mouvement rectiligne

. * Chaque point du solide a un mouvement curviligne, le même pour tous les points qui suivent tous des trajectoires identiques (courbes parallèles)

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E
Collection NATHAN. Page 14.
Edition 1988

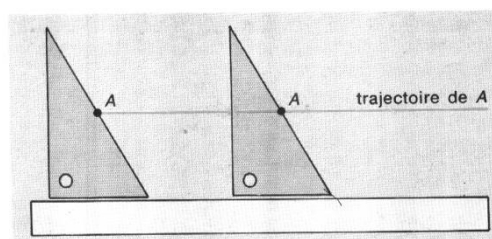


Fig. 14. **Translation rectiligne** : le milieu A de l'hypoténuse a un mouvement rectiligne (uniforme ou non); il en est de même de tout point de l'équerre.

• **La translation curviligne** : chaque point du solide a un mouvement curviligne (fig. 15), le même pour tous les points qui suivent tous des trajectoires identiques (courbes parallèles).

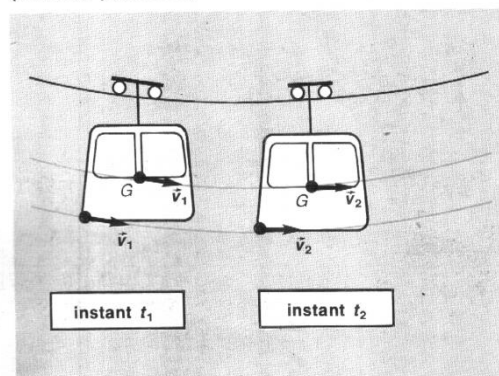


Fig. 3 : Translation circulaire

Tout point d'une nacelle a un mouvement circulaire

(Parc d'attraction du Prater à Viennes – Autriche)

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E
Collection NATHAN. Page 14.
Edition 1988



Fig. 4: Solide en rotation autour d'un axe fixe vertical

(Manège de fête foraine)

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E

Collection NATHAN. Page 15.

Edition 1988



2- Travail et puissance

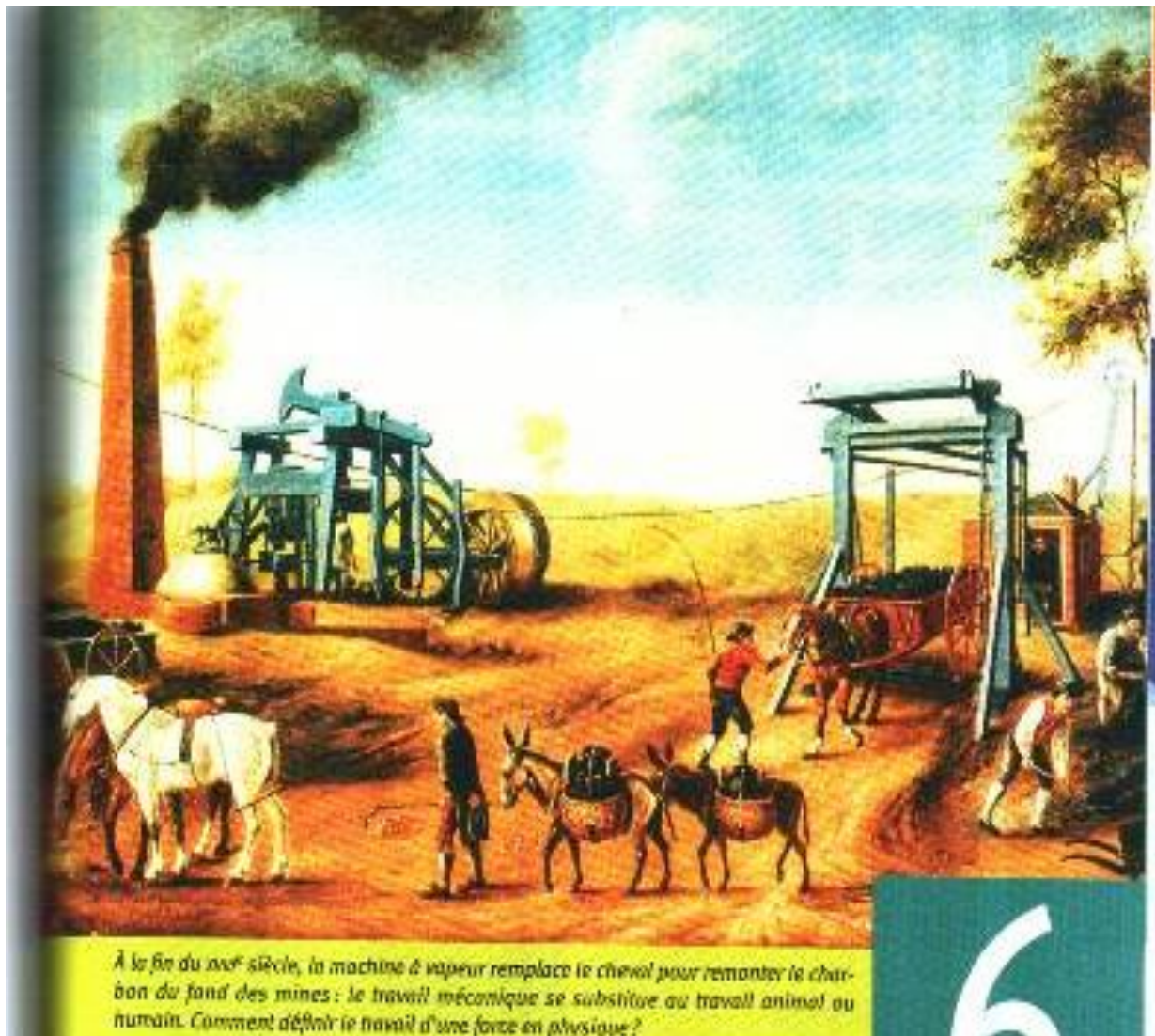


Fig. 5

Source : Jean – Marie Parisi Physique 1^{re} S

Collection PARISI Page 95.

Edition 2001

Fig. 6: Facteurs dont dépend le travail d'une force

Quand le voyageur monte l'escalier, les forces \vec{F} et \vec{P} travaillent. Leur travail dépend de leur intensité, de la longueur AB du déplacement et de la pente de l'escalier

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E
Collection NATHAN. Page 24.
Edition 1988

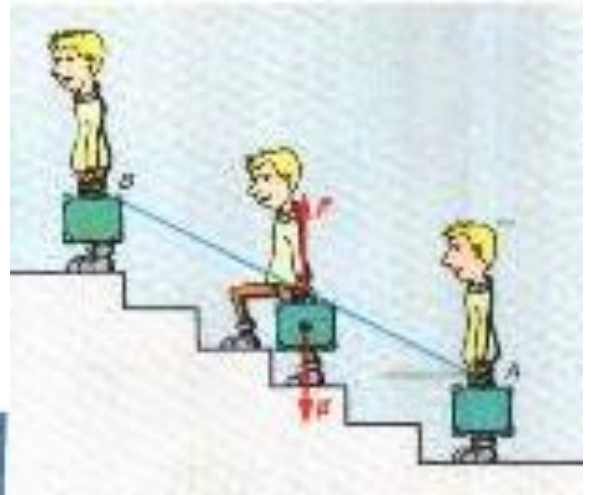


Fig. 7: Chariot élévateur

Deux forces s'exercent sur la remorque : son poids et la force développée par le chariot. Toutes deux effectuent un travail considérable

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 33
Edition 1988

Fig. 8: Lanceur de disque en plein effort

Au cours du mouvement de rotation, le disque est soumis à des forces qui travaillent

Source : Adolphe TOMASINO
Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN.
Page 43 Edition 1988



Fig. 9: Couple de forces

La clé, le tire – bouchon, le rodéo....
exercent chacun un couple de forces

Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection
NATHAN. Page 47. Edition 1988



Fig. 9. La clé anglaise permet en effet de dévisser grâce au couple qu'elle exerce sur le bouchon.

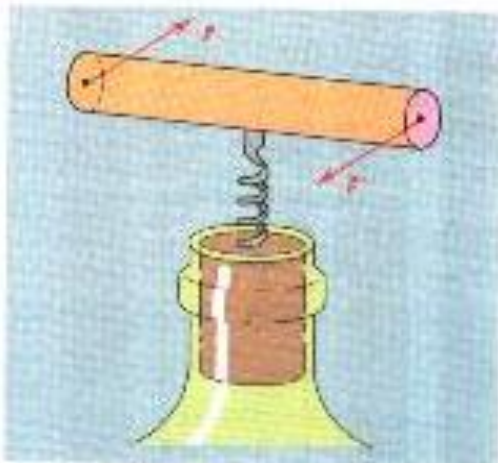


Fig. 11. Tire-bouchon : le couple de forces $(\vec{P}, \vec{P'})$ le fait tourner et le s'enfoncer dans le bouchon.

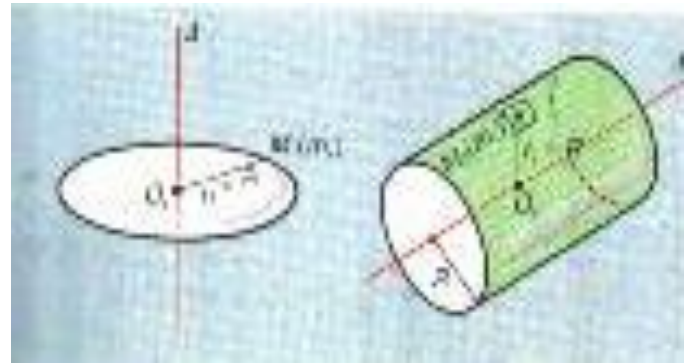


Fig. 10. Image d'un rodéo de nos jours aux États-Unis : c'est grâce à un couple que l'homme peut maîtriser la bête.

Fig. 10: Valeur de quelques moments d'inertie

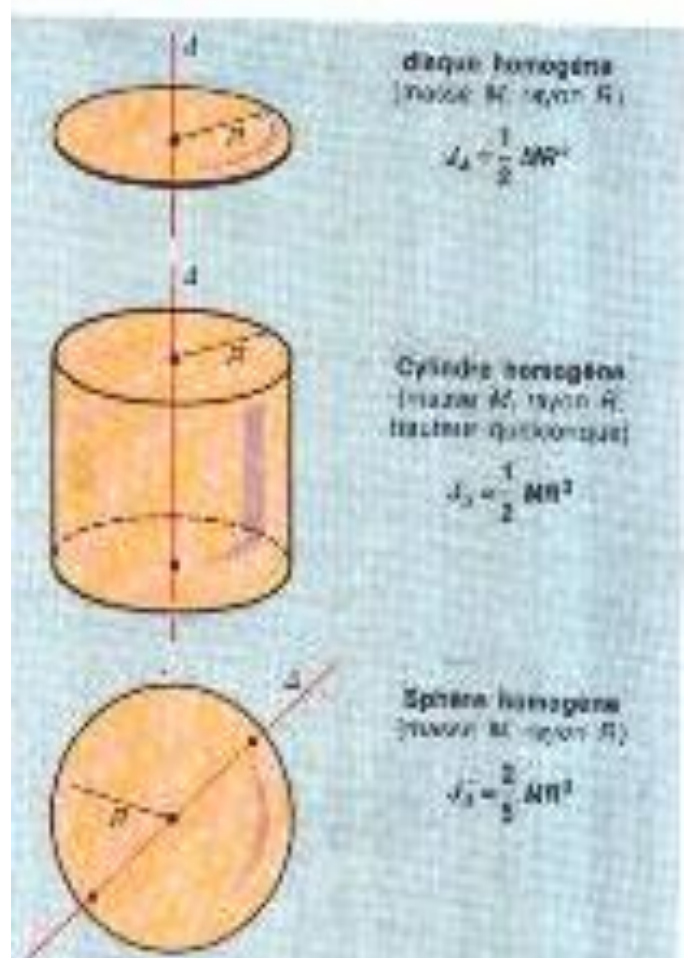
Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 63.
Edition 1988



Anneau et manchon

$$J_A = MR^2$$



3- Energie



Fig. 11 : Quelques formes d'énergie

Les rapaces exploitent les courants ascendants pour prendre l'altitude, puis fondre en piqué sur leurs proies. Quelles formes d'énergie cette technique de chasse met-elle en jeu ?

Source : Jean – Marie Parisi Physique 1^{re} Collection PARISI Pages 111. Edition 2001



Fig. 12: Saut à la perche

Quand l'athlète a lâché sa perche, il évolue dans le champ de pesanteur terrestre avec conservation de son énergie mécanique

Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN.
Page 90 Edition 1988



Fig. 13: Evolution au trampoline

Quand l'athlète est en l'air, son énergie mécanique demeure approximativement constante

Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection
NATHAN. Page 89 Edition 1988



Fig. 14: Saut à ski

A cause des frottements, l'énergie mécanique du skieur tend à diminuer

Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN.
Page 94 Edition 1988



Fig. 15: Lancement du poids

L'athlète augmente l'énergie mécanique de la boule métallique dénommée poids pour la faire aller le plus loin possible

Source : Adolphe TOMASINO

Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 95
Edition 1988

QUELQUES ACTIVITES

Source : Jean – Marie Parisi Physique 1^{re} Collection PARISI Pages 112-113-114. Edition 2001

Activité expérimentale

1

Chute libre sans vitesse initiale



Dans un manuscrit daté de 1608, Galilée donne des résultats chiffrés de l'étude de la trajectoire d'une bille au cours de sa chute. Faute d'un repérage exact du temps, un suivi précis de l'évolution de la valeur de la vitesse lui était impossible. Aujourd'hui, nous disposons d'un matériel performant, fournissant des données expérimentales que nous pouvons exploiter par des moyens informatiques.

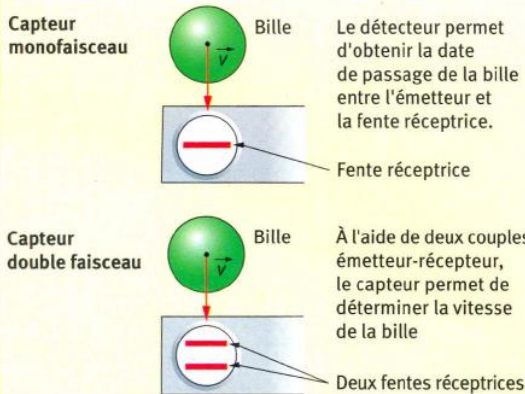
Matériel

- Fil à plomb, bille en acier, électro-aimant avec son circuit d'alimentation électrique, interrupteur.
- Monorail vertical muni d'une règle graduée, un ou plusieurs capteurs chronocinés, module électronique de chronométrage.
- Éventuellement, carte pour la transmission des données vers l'ordinateur équipé d'un logiciel d'acquisition.
- Ordinateur avec logiciel de traitement des données.

Manipulation

OBJECTIF : relier le travail du poids à l'énergie cinétique acquise par la bille.

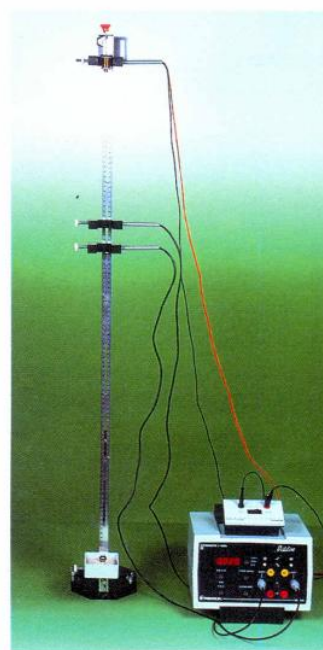
Il existe deux types de capteurs chronocinés. Un capteur chronociné **monofaisceau** fonctionne en interrupteur : lorsqu'une bille passe entre les branches du capteur, elle s'interpose entre un émetteur infrarouge et un récepteur en vis-à-vis. Le capteur déclenche ou arrête un chronomètre.



Doc. 1.a. Capteur monofaisceau et capteur double faisceau.

Un capteur chronociné **double faisceau** possède deux couples émetteur-récepteur. Ce dispositif permet ainsi de déterminer la vitesse instantanée de la bille.

- Disposer un capteur double faisceau en bas du rail. À l'aide du fil à plomb et des vis de calage du pied, régler le rail pour que la bille passe au milieu de la fourche du capteur.
- Insérer la bille à la base de l'électro-aimant, l'interrupteur de commande étant fermé. Placer le capteur en haut du rail. Déplacer lentement ce capteur vers la bille jusqu'à ce qu'il détecte la présence de celle-ci. Lire alors la valeur x_0 de la position du capteur sur la règle. Pour l'étude de la chute de la bille, on aura donc $v = 0$ pour $x = x_0$.
- Déplacer le capteur et repérer sa position x .
- Préparer le module de chronométrage. Ouvrir l'interrupteur pour libérer la bille. Mesurer la vitesse v de la bille. Répéter cette opération pour différentes positions x . Reporter dans un tableau les couples de valeurs (x, v) .



Doc. 1.b. Dispositif d'étude de la chute libre d'une bille. ►

Questions

1. Pourquoi utilise-t-on un électro-aimant ?
2. Pourquoi un capteur double faisceau permet-il de mesurer la vitesse instantanée de la bille ? Quelle approximation fait-on alors ? Comment procéder si l'on ne dispose que de capteurs monofaisceaux ?
3. À l'aide d'un logiciel, tracer la courbe représentant v en fonction de la hauteur de chute $h = x - x_0$.

4. Choisir sur la courbe un couple de valeurs (h_1, v_1) . Rechercher ensuite la valeur h_2 telle que la vitesse v_2 soit le double de v_1 . Calculer le rapport $\frac{h_2}{h_1}$. Proposer une relation entre la vitesse v et la hauteur de chute h .

5. Pour chaque valeur de h , calculer alors v^2 et tracer la courbe représentant v^2 en fonction de h . Cela confirme-t-il la relation proposée à la question précédente?

6. Déterminer le coefficient directeur a de la droite modélisant la courbe ci-dessus. Quelle est l'unité de a ?

Comparer la valeur de a à celle de g , que l'on prendra égale à $9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. En déduire la relation liant v^2 à h (on l'exprimera en fonction de g).

7. Calculer le travail W_h du poids de la bille de masse m lorsque celle-ci tombe d'une hauteur h . Dans la relation précédente, remplacer h par son expression en fonction de W_h . Montrer alors qu'il est possible de relier W_h à une grandeur que l'on définira en fonction de la masse m et de la vitesse v de la bille après une chute de hauteur h .

Activité documentaire 2

Chute libre avec vitesse initiale

L'expérience sur la chute libre d'une bille se limitait au cas d'une vitesse initiale nulle. L'exploitation d'un **enregistrement** de la **chute libre d'une boule**, lancée avec une **vitesse** quelconque en **valeur** et en **direction**, permet de généraliser la conclusion de l'activité précédente.

Document

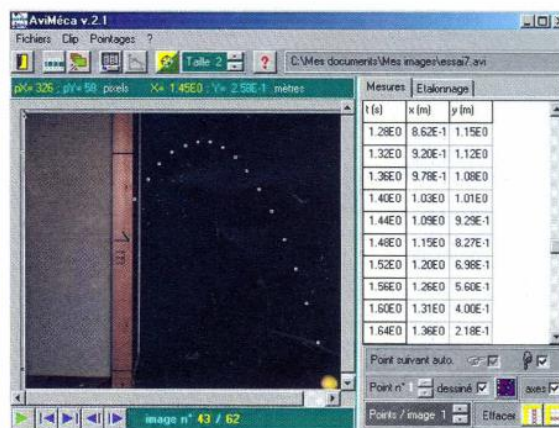
Exploitation d'un enregistrement vidéo

La trajectoire du centre de la boule (doc. 2) est située dans un plan vertical. L'enregistrement du mouvement de la boule est obtenu par chronophotographie, à l'aide d'un caméscope ou d'une webcam, en plaçant l'axe de l'objectif perpendiculairement à ce plan. Une règle donne l'échelle des longueurs, et la connaissance du nombre d'images par seconde enregistrées lors de la prise de vue renseigne sur les différentes dates.

Un logiciel de capture permet de superposer les différentes images à des intervalles de temps réguliers et d'en réaliser une exploitation numérique. Le tableau ci-dessous (doc. 3) reproduit des résultats obtenus à l'aide d'un tel système d'acquisition et de traitement des données, à partir d'un enregistrement vidéo. Il est issu d'une acquisition à 30 images par seconde. Nous n'avons conservé les résultats des calculs que pour une image

sur trois. La durée entre deux positions successives y est donc de $0,10 \text{ s}$.

Un pointage des extrémités de la règle donne le facteur d'échelle entre les dimensions réelles et les dimensions à l'écran. On définit à l'écran la position des axes : Ox est horizontal et Oz vertical descendant. Le pointage du centre de la boule mémorise ses coordonnées (x, z) aux différentes dates t . À partir de ces données, le logiciel calcule la valeur des coordonnées réelles du point. On pourra ensuite calculer sa vitesse instantanée.



Doc. 2. Exemple d'exploitation d'un enregistrement vidéo.

$x \text{ (cm)}$	0	8	16	24	32	40	48	55	64	72	80	87
$z \text{ (cm)}$	150	187	214	232	240	237	224	203	171	130	78	17
$v_x \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
$v_z \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	4,20	3,21	2,22	1,24	0,25	-0,72	-1,70	-2,67	-3,65	-4,62	-5,59	-6,56

Doc. 3. Résultats obtenus à partir d'un enregistrement du mouvement de la chute d'une boule. La durée entre deux positions successives est de $0,100 \text{ s}$.

Questions

1. Choisir une échelle et représenter la trajectoire du centre de la boule en utilisant les données du doc. 3. Dessiner le vecteur vitesse en $x = 16$ cm et en $x = 55$ cm.
2. À partir des valeurs v_x et v_z du tableau (doc. 3), calculer à l'aide d'un tableur le carré v^2 de la vitesse du centre de la boule pour les différentes positions de la boule. On repérera par l'indice 1 la première position de la boule.

3. À l'aide d'un grapheur, tracer la courbe représentant $v^2 - v_1^2$ en fonction de $h = (z_1 - z)$. Comparer la pente de la droite modélisant cette courbe à la valeur de $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
4. Conclure en généralisant le résultat établi activité 1, question 7, au cas d'un mouvement de chute libre avec une vitesse initiale quelconque.

Activité documentaire 3

Importance des frottements de l'air

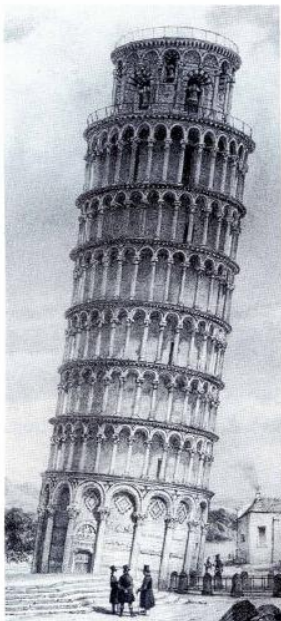
Lors d'une chute, un corps est soumis à son **poids**, mais également aux **forces de frottements** de l'atmosphère. Ces forces ne peuvent être éliminées que si la chute est réalisée dans une enceinte où règne un vide poussé. Le document suivant analyse les **effets** de ces frottements.

Document

Une expérience galiléenne

« Considérons par exemple une boule de pétanque de masse 700 g et de diamètre 7,5 cm, ainsi qu'une balle de tennis à peu près de même diamètre que la boule de pétanque, mais de masse 58 g. Laissons tomber ces objets de la tour de Pise (Italie), haute de 51,0 m, sans vitesse initiale.

La valeur de la vitesse atteinte au moment de l'impact serait de $31,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans le cas d'une chute libre dans le vide. Cependant, du fait des frottements de l'air, les deux objets sont freinés et touchent le sol un peu plus tard que si l'expérience avait lieu dans le vide. Le retard à l'arrivée au sol, entre le cas réel et le cas sans frottement, est ainsi de 0,05 s pour la boule de



Doc. 4. La tour de Pise.

pétanque et de 0,57 s pour la balle de tennis.

La différence entre les deux corps, de même forme, est flagrante : la balle est encore à 10,6 m du sol lorsque la boule de pétanque touche terre.

Qu'il ait ou non réalisé ces expériences lui-même, Galilée connaissait ces difficultés et c'est pourquoi il a accordé une telle importance à la résistance de l'air. Ainsi, les expériences de chute de corps dans l'air sont-elles parfaitement décrites par les arguments de Galilée, qui avait compris que le paramètre pertinent pour décrire les effets de la résistance de l'air est bien le rapport de la masse à la surface.»



Galilée (1564-1642).

D'après Serge Raynaud, « L'actualité de Galilée », *Pour la Science*, « Les génies de la science » n° 1, novembre 1999.

Questions

1. En se plaçant dans le cas de la chute libre, retrouver à partir de la conclusion de l'activité 1 la valeur de $31,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ correspondant à la vitesse à l'arrivée au sol de la boule de pétanque et de la balle de tennis. Comment la chute libre est-elle définie dans ce document ?
2. Quelle durée met la balle de tennis pour parcourir les 10,6 derniers mètres de sa chute ? Quelle est la vitesse moyenne v_B de la balle sur cette distance ? Commenter.
3. Outre le poids, quelle autre force le document cite-t-il ?
4. Quel argument justifie le choix d'une bille en acier pour l'étude expérimentale de la chute libre, activité 1 ? Faut-il plutôt prendre une petite ou une grosse bille ?
5. En conclusion, pourquoi peut-on considérer que les conditions de l'activité 1 permettent une bonne approximation d'une chute libre ?

SITUATION D'A PPRENTISSAGE N° 2

Titre : ETUDE DE QUELQUES COMPOSES ORGANIQUES ET LEURS PROPRIETES

1. Eléments de planification

1.1 Durée :

1.2 Connaissances et techniques

Domaine : chimie organique		
Connaissances et techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Connaissances et techniques exigibles (évaluation)
	<p>Le professeur partira d'une situation de vie courante posant des problèmes de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - effet de serre causé par certains hydrocarbures et les produits de leur combustion ; - pollution liées à l'utilisation des matières plastiques (PE, PTFE, PCV, PP, PS), des dérivés du pétrole brute et à leur combustion ; - dangers liés à l'utilisation des explosifs (TNT, nitrobenzène, TNP) et à la consommation abusive des produits contenant l'éthanol. 	
<p>1. Le carbone : élément essentiel des composés organiques</p> <p>1.1. Mise en évidence du carbone</p> <p>1.2. Les liaisons covalentes dans les composés organiques : la tétravalence du carbone</p>	<p>Il conduira les apprenants à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser la mise en évidence expérimentale de l'élément carbone - Citer les méthodes permettant de mettre en évidence l'élément carbone (pyrolyse, oxydation, etc. ...). - Mettre l'accent sur : <ul style="list-style-type: none"> * l'importance des composés organiques et de leurs dérivés. * les dangers liés à leur manipulation ; * les dangers liés aux produits de leur combustion ; - Savoir que les oxydes, les cyanures, les carbonates et les carbures ne sont pas des composés organiques. - Reconnaître les différents types de liaisons covalentes entre le carbone et les autres éléments chimiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en évidence expérimentale du carbone par la pyrolyse et par oxydation. - Description de la pyrolyse et de l'oxydation d'un composé organique. - Connaissance des différents types de liaisons covalentes que l'élément carbone (C) échange avec les éléments suivants : H, O, N, Cl, Br, F, I.
<p>1. Les alcanes</p> <p>2.1. Tétravalence du carbone dans</p>	<p>Dans cette étude, le professeur indiquera l'existence de chaînes linéaires, ramifiées et cycliques et</p>	<p>-Utilisation des modèles moléculaires pour représenter et étudier :</p>

les alcanes	<p>conduira les apprenants à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner la formule brute des alcanes - Reconnaître les angles entre les liaisons C – C et C – H - Mémoriser la formule générale des alcanes. 	<p>* la structure géométrique des alcanes (longueur des liaisons C – C et C – H ; angle (C – C – C et C – C – H).</p>
2.2. Nomenclature	<ul style="list-style-type: none"> - Enoncer les règles de nomenclature des alcanes - Passer de la formule au nom et inversement. 	<ul style="list-style-type: none"> – Détermination des isomères d'un alcane de formule C_nH_{2n+2} (on ne considèrera que les composés ayant au plus cinq atomes de carbone ($n \leq 5$)) – Détermination de formules brutes et des formules semi développées des isomères correspondantes. – Concernant la nomenclature des alcanes, le professeur se limitera à au plus dix atomes de carbone dans la chaîne principale.
<p>2.3. Quelques propriétés des alcanes</p> <p>2.3.1. Combustion</p> <p>2.3.2. halogénéation</p>	<p>-Indiquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> * les conditions expérimentales des différentes réactions chimiques * les réactifs et les produits des réactions <p>- Connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> * l'état physique des alcanes courants * les points de fusion et d'ébullition des alcanes courants (méthane, gaz domestiques, essences, gasoil, pétrole lampant, paraffine, goudron. <p>- Mémoriser la signification des mots et expressions suivants : comburant, carburant, combustible, réaction de substitution</p> <p>- Reconnaître une combustion complète et une combustion incomplète</p> <p>- Indiquer l'utilisation des alcanes dans la vie quotidienne (méthane, propane, butane) et quelques-uns de leurs effets négatifs (effet de serre...).</p> <p>- Donner les noms des dérivés substitués et leurs applications pratiques dans la vie courante et leurs dangers sur l'environnement.</p>	<p>- Ecrire les équations bilan des réactions de combustion ou de substitution des alcanes (de $n \leq 5$).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Ecrire les équations de combustion et d'halogénéation d'un alcane. - Indiquer les effets positifs et néfastes des produits de la combustion et de l'halogénéation des alcanes (CO₂, fréons, chloroforme, etc...). 	
3. Hydrocarbures insaturés et dérivés	<p>Les notions de liaison σ (sigma) et de liaison π (pi) sont hors programme. On signalera que l'existence de la liaison double C = C entraîne la possibilité de stéréoisomérisation de type Z/E. On se limitera au seul cas des composés de la forme HAC = CBH, A et B étant des atomes différents de l'atome d'hydrogène ou des groupes d'atomes ; dans ce cas précis, on pourra aussi utiliser les notations « cis » et « trans » permises par l'UICPA (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée).</p>	
3.1. Structure géométrique 3.2. Nomenclature	<ul style="list-style-type: none"> - Indiquer la structure géométrique des molécules d'éthylène et d'acétylène (angles, longueur des liaisons C – C ; C = C et C \equiv C) - Mémoriser la formule générale des alcènes et des alcynes - Enoncer les règles de nomenclature des alcènes et des alcynes - Passer de la formule au nom et inversement <p>N.B. Il n'est pas question d'étudier des composés comportant plusieurs liaisons multiples, même si l'on est amené à citer en classe l'existence du butadiène.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les isomères Z et E (cis et trans) 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure plane des alcènes à cause de la liaison double. - Structure linéaire des alcynes * Différence entre les longueurs des liaisons C = C et C \equiv C et C - C * angles C = C – C et C = C – H - Pour les évaluations, ne demander que les isomères pour lesquels $n \leq 5$. - Noms et formules semi développées des alcènes, alcynes et leurs dérivés. - Reconnaissance l des isomères Z/E parmi les composés éthyléniques (alcènes ou dérivés d'alcène).
3.3. Propriétés chimiques des hydrocarbures insaturés	<ul style="list-style-type: none"> - Citer les seules réactions des hydrocarbures insaturés : Combustion, Addition. - Donner un test de reconnaissance 	<ul style="list-style-type: none"> - Ecrire des équations des réactions d'addition d'eau et de HCl sur les alcènes et sur l'acétylène ; connaître les noms

<p>3.3.1. Addition de dihydrogène, de HCl et d'eau sur les alcènes</p> <p>3.3.2. Addition de dihydrogène, de HCl et d'eau sur l'acétylène</p>	<p>des alcènes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Décrire une réaction d'addition du dibrome sur un alcène - Donner l'importance industrielle de l'éthylène - Indiquer la modification apportée à la géométrie du squelette carbonée lors des réactions d'addition - Dans le cas des réactions d'addition de H₂O et HCl sur les alcènes, on se limitera aux alcènes dissymétriques de la forme R-CH=CH₂ ; on signalera le résultat de la réaction sans justification. 	<p>des composés obtenus.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de la réaction d'addition du dibrome sur un alcène
<p>3.3.3 Exemples de polymères obtenus à partir des composés éthyléniques</p>	<p>Mémoriser la signification de : polymérisation, monomère ; polymère, motif.</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrire une réaction de polymérisation. <p>N.B.</p> <p>*Toute étude générale des réactions de polymérisation est hors programme.</p> <p>* On choisira deux ou trois exemples de polymères parmi les composés suivants : PE, PTFE, PCV, PP et PS et on indiquera leur utilisation et leur danger pour l'environnement (sachets plastiques dans l'environnement ou les produits nocifs résultant de leur combustion).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Citer deux ou trois exemples de polymères. - Citer les utilisations courantes des polymères 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser correctement le vocabulaire suivant : polymérisation, monomère ; polymère, motif - Réalisation de la réaction de polymérisation. - Calcul de la masse obtenue d'un polymère, connaissant le degré n de polymérisation.
<p>4. Les composés aromatiques</p> <p>4.1. Caractéristique du noyau benzénique</p> <p>4.2. Nomenclature</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Donner la structure géométrique et la représentation conventionnelle du benzène - Construire le modèle moléculaire du benzène - Citer les dangers que présente le benzène : toxicité ; inflammabilité - Les données géométriques sur la molécule de benzène seront complétées par la structure électronique. On parlera de la 	<p>Utiliser les modèles moléculaires pour représenter la structure géométrique du benzène.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire la représentation conventionnelle du benzène. - Nommer les hydrocarbures aromatiques et leurs dérivés. - Passer de la formule au nom et inversement.

	délocalisation de 6 électrons sur l'ensemble du cycle.	
<p>4.3. Quelques propriétés chimiques des composés aromatiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réactions d'addition du dihydrogène et du dichlore sur le benzène - réactions de substitution : halogénéation et nitration 	<ul style="list-style-type: none"> - On signalera sans développement l'existence d'autres hydrocarbures aromatiques comme : toluène, cumène, naphthalène et anthracène. - On signalera les isomères « ortho », « méta » et « para », mais il est hors de question de justifier les proportions des produits obtenus. - Citer les réactions données par le benzène (addition, substitution), leurs conditions expérimentales, les réactifs, les produits. - Citer les dangers liés à l'utilisation de ces produits. - Ecrire les équations des réactions d'addition du dichlore et du dihydrogène sur le benzène - Ecrire les équations des réactions de substitutions : chloration, nitration - Savoir que les réactions d'addition entraînent la perte du caractère aromatique du benzène. - Nommer les isomères « ortho », « méta » et « para ». - Savoir que les réactions de substitution peuvent se faire en plusieurs étapes, avec conservation du caractère aromatique. - Citer les dérivés polynitrés et l'utilisation de certains comme explosifs et les dangers qui y sont liés 	<ul style="list-style-type: none"> - Citer les réactions données par le benzène (addition, substitution), leurs conditions expérimentales, les réactifs, les produits. - Ecrire les équations des réactions d'addition du dichlore et du dihydrogène sur le benzène - Ecrire les équations des réactions de substitutions : chloration, nitration - Identification des dérivés polynitrés et leur utilisation comme explosifs (carrières ou attentats).
<p>5. Pétroles et gaz naturels : matière première des produits de base de la chimie organique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Indiquer l'utilisation des pétroles et des gaz naturels - Définir le terme « raffinage ». - Dire en quoi consiste : <ul style="list-style-type: none"> * la distillation * le craquage * le reformage et leur but - Apprendre que lors de la distillation, les produits lourds sont recueillis en bas et les produits légers en haut. - Importance de l'utilisation des produits pétroliers dans l'industrie 	<ul style="list-style-type: none"> - Recherches documentaires sur l'importance des produits pétroliers, leur utilisation, leurs effets néfastes et les moyens de luttés contre ces effets.

	<p>et dans la vie quotidienne.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pollution liée à cette utilisation (marée noire, gaz de combustion). - Effets néfastes sur la santé des êtres vivants. - Recherche de solution pour une bonne utilisation des produits pétroliers et pour diminuer les effets pervers de cette utilisation. 	
<p>6. Composés organiques oxygénés</p> <p>6.1. Présentation</p>	<p>La construction de modèles moléculaires comportant un ou deux atomes d'oxygène devrait permettre aux élèves convenablement dirigés de trouver les enchaînements caractérisant un alcool, un éther oxyde, un aldéhyde, une cétone, un acide carboxylique et un ester. Ainsi s'introduiront quelques fonctions de la chimie organique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indiquer les enchaînements d'atomes caractérisant les fonctions suivantes : alcool, éther oxyde, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester. - Représenter ces enchaînements dans un composé en utilisant les modèles moléculaires. - Donner les noms des composés dont les formules semi – développées sont fournies et réciproquement. 	<p>On se limitera aux composés dont la molécule ne contient pas plus de quatre (4) atomes de carbone et deux (2) atomes d'oxygène lors des évaluations sommatives.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ecriture de la formule brute : <ul style="list-style-type: none"> *des alcools et éther oxydes *des aldéhydes et cétones * des acides carboxyliques et esters. - Reconnaissance des isomères de fonction (alcools et éther oxydes, aldéhydes et cétones, acides carboxyliques et esters) - Différenciation entre formule brute et formule générale d'un composé. - Identification le groupe fonctionnel dans la formule générale. - Différenciation entre groupe fonctionnel et fonction d'un composé. - Ecriture des formules développées et des noms de chacun des composés oxygénés ci-dessus cités.
<p>6.2. Obtention de l'éthanol et de l'éthanal à partir de l'éthylène et de l'acétylène</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Indiquer la méthode de préparation de l'éthanol, à partir de l'hydratation de l'éthylène. - On n'oubliera pas de rappeler que l'addition d'eau sur l'acétylène conduit à l'éthanal. - Donner l'importance économique de l'éthanol. - Citer les dangers liés à la consommation abusive des produits contenant de l'éthanol 	<ul style="list-style-type: none"> - Ecriture des équations des réactions d'hydratation de l'éthylène et de l'acétylène.
<p>6.3. Oxydation de l'éthanol en</p>	<ul style="list-style-type: none"> - On réalisera l'oxydation de l'éthanol en utilisant différents 	<p>Ecriture des équations des réactions suivantes :</p>

<p>éthanal et en acide éthanoïque</p>	<p>dispositifs expérimentaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> *lampe sans flamme avec cuivre * dichromate de potassium * permanganate de potassium à chaud - On indiquera que la déshydrogénation catalytique sur cuivre à chaud en l'absence d'oxydant conduit à l'éthanal. - Citer et identifier les produits de l'oxydation ménagée de l'éthanol. - Décrire l'oxydation ménagée de l'éthanol en éthanal et en acide éthanoïque par le dichromate de potassium et le permanganate de potassium en milieu acide. 	<ul style="list-style-type: none"> * oxydation brutale de l'éthanol (combustion) * oxydation ménagée de l'éthanol * oxydation ménagée de l'éthanal. - Indication des noms et des tests d'identification des produits d'oxydation. - Réalisation de l'oxydation ménagée de l'éthanol en éthanal et en acide éthanoïque par le dichromate de potassium et le permanganate de potassium en milieu acide.
<p>6.4. Estérification – Hydrolyse des esters</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Décrire le protocole expérimental permettant d'effectuer une estérification ou une hydrolyse. - Indiquer les réactifs, les produits et les caractéristiques des réactions d'estérification et d'hydrolyse. - Ecrire l'équation de la réaction d'estérification d'un acide carboxylique et d'un alcool. - Ecrire les équations de la réaction d'hydrolyse du carboxylate d'alkyle. - Indiquer l'importance des esters dans la vie quotidienne. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation du protocole expérimental permettant d'effectuer une estérification ou une hydrolyse. - Ecrire de l'équation de la réaction d'estérification de l'acide éthanoïque et de l'éthanol - Ecrire es équations de la réaction d'hydrolyse de l'éthanoate d'éthyle. - Réalisation expérimentale de l'estérification de l'acide éthanoïque (ou vinaigre) avec de l'éthanol. - Exploitation des données numériques pour tracer la courbe d'estérification ou d'hydrolyse d'un ester. - Exploitation de la courbe.

DOCUMENT ANNEXE

DOCUMENT 1 Le carbone : élément essentiel des composés organiques

I LA CHIMIE ORGANIQUE.

Le carbone est peu abondant dans l'univers, mais concentré dans la matière vivante d'origine animale ou végétale.

La chimie est divisée en deux branches : la chimie organique et la chimie minérale.

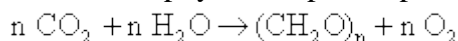
Par définition, les composés organiques contiennent tous du carbone C. De nos jours, la chimie organique est donc la chimie des composés du carbone (mis à part le carbone lui-même, CO, CO₂, les carbonates, etc., qui ont tous un caractère minéral).

Jusqu'au XIX siècle, la chimie organique étudiait les substances élaborées par les êtres vivants ainsi que les corps résultant de leurs transformations. Leur synthèse semblait impossible, malgré de nombreux efforts.

En 1828, Wöhler réussit l'impossible : il synthétisa l'urée. Mais c'est vers le milieu du XIX siècle que ces synthèses se multiplient sous l'impulsion de Marcellin Berthelot.

II : LE CYCLE DU CARBONE

L'origine du carbone est le dioxyde de carbone de l'atmosphère qui, réagissant avec l'eau, est transformé en glucide par synthèse chlorophyllienne par les plantes :



Les animaux, en mangeant les plantes, assimilent le carbone et le rejettent ensuite dans l'atmosphère par leur respiration, par leur déjection, par leur cadavre : c'est le cycle du carbone.

1.1. Mise en évidence du carbone

Les principaux éléments qui constituent les molécules organiques

Objectifs :

Utilisation de différentes méthodes chimiques afin de mettre en évidence les éléments contenus dans les molécules organiques.

❖ Réaction de pyrolyse :

1) Expérience :

- Mettre une spatule de sucre en poudre (ou un sucre en morceau) dans une coupelle pouvant être chauffée.
- Placez-la sur le bec électrique réglé à son thermostat maximum.
- Observer.

2) Questions :

- Schématiser la manipulation.
- Décrire les évolutions de la couleur du sucre. Quel est l'élément qui peut être responsable de ces changements ?
- Si on réalise le même protocole dans le tube à essai, on obtient un produit de la pyrolyse sur la paroi du tube (observer les parois de votre coupelle). De quel produit peut-il s'agir ?
- Proposer une méthode expérimentale permettant de le mettre en évidence.
- D'après toutes ces observations, quels éléments chimiques constituent le sucre ?
- Montrer que ces observations sont compatibles avec une formule brute du sucre C₁₂H₂₂O₁₁ en écrivant l'équation de la transformation réalisée.

3) Conclusion :

- Donner une définition de la réaction de pyrolyse.
- Que retrouve t-on comme résidu à la fin de la réaction ?

❖ réaction de combustion :

1) Réflexion préalable :

La formule brute de l'éthanol étant C₂H₅OH, quels peuvent être les produits de sa combustion ?

2) Expérience :

- Dans une coupelle, placez un morceau de coton.
- Imbibez-le d'éthanol.
- Enflammez-le. Observer.
- Placez un court instant un bécher propre et sec au dessus de la flamme à l'aide d'une pince. Observez.
- Lorsque le coton est éteint, placez-le dans un autre bécher (ou un erlenmeyer). Sortez-le et verser une petite quantité d'eau de chaux à l'intérieur du bécher, agitez. Observez.

3) Questions :

- Faites un schéma de chaque partie de la manipulation en notant à chaque fois vos observations.
- Ces observations confirment-elles vos prévisions ?
- Dans quel cas la combustion pourra être incomplète. Quels autres produits peuvent se former si la combustion est incomplète.
- Ecrire l'équation de la transformation chimique.

4) Conclusion :

Pouvez-vous faire la différence entre une réaction de pyrolyse et une réaction de combustion ?

III L'ATOME DE CARBONE ET SES COMPOSÉS.

L'atome de base est l'atome de carbone. Il possède 4 e^- sur sa couche externe, il peut donc établir quatre liaisons covalentes (mise en commun d'électrons pour former des doublets liants) avec d'autres atomes : on dit qu'il est tétravalent.

Dans toute molécule organique on a des atomes de carbone liés les uns aux autres : on a une chaîne carbonée. Mais il est bien évident qu'il y a d'autres sortes d'atomes.

Il y a des composés formés d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène : on les appelle les hydrocarbures. C'est le cas des combustibles.

Il y a des liaisons simples C - C de 154 pm, des liaisons doubles C = C de 134 pm, des liaisons C - H de 110 pm

On peut aussi avoir, en plus de ces deux sortes d'atomes, des atomes d'oxygène ou des atomes d'azote.

Suivant leur composition, ces composés forment des familles.

1.2. Les liaisons covalentes dans les composés organiques : la tétravalence du carbone

Les liaisons covalentes

Nous avons une liaison covalente lorsque deux atomes, dans le but de saturer leur dernière orbite concentrique, se partagent une ou plusieurs paires d'électrons. En général, les liaisons covalentes entre les atomes sont les plus fortes et les plus stables. Dans ce type de lien, les noyaux des deux atomes sont très près l'un de l'autre parce que les électrons de leur orbite externe n'appartiennent plus ni à l'un ni à l'autre atome mais sont libres de se déplacer autour des deux noyaux et dans l'espace qui les sépare.

On peut donc parler d'un partage d'électrons entre deux atomes.

Mais, comme chacun le sait, le partage n'est pas toujours une chose facile à faire, aussi, y a-t-il deux types de partage : le partage égal et le partage inégal. Plus le partage d'électrons entre deux atomes est égal plus le lien entre les 2 atomes est fort.

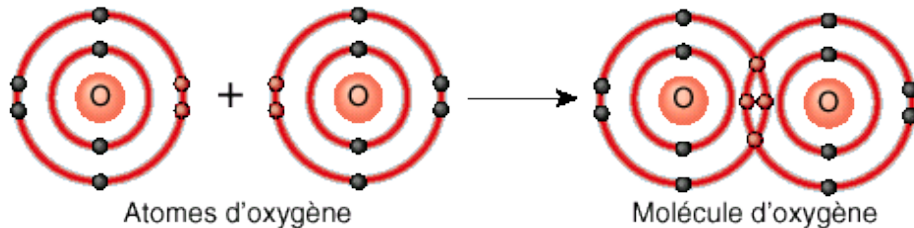
En principe, selon le nombre d'électrons libres sur la dernière orbite, chaque atome ne peut former avec les autres atomes qu'un certain nombre de lien covalent. L'hydrogène ne peut

former qu'une seule liaison, l'oxygène deux, l'azote trois et le carbone quatre. Ainsi, par exemple,

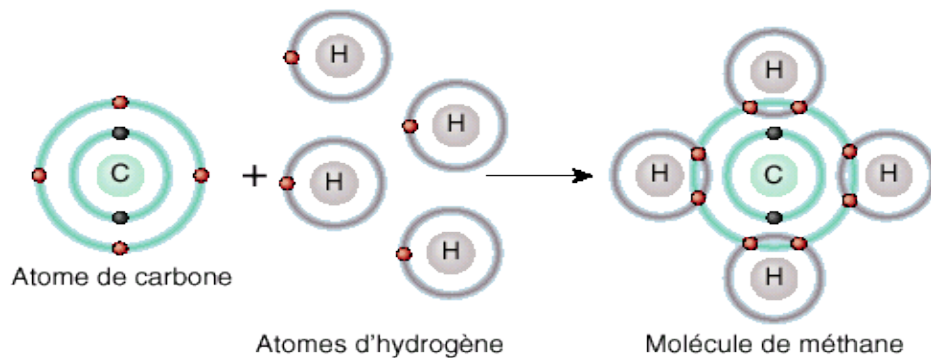
deux atomes d'hydrogène peuvent s'attacher ensemble pour former une molécule d'hydrogène (H_2)



deux atomes d'oxygène s'attacher ensemble pour former une molécule d'oxygène (O_2)



un atome de carbone peut se lier avec quatre atomes d'hydrogène pour former du méthane (CH_4)



Lorsque deux ou plusieurs atomes forment des liaisons covalentes, ces liaisons s'orientent dans l'espace avec un angle précis les uns par rapport aux autres. Ainsi la molécule formée de l'association de ces atomes prend dans l'espace une configuration tridimensionnelle particulière et typique à cette molécule. Le maintien de cette structure tridimensionnelle est une condition essentielle au maintien des caractéristiques chimiques de chaque molécule. Nous verrons un peu plus loin dans ce chapitre l'importance de cette structure particulière dans les réactions chimiques.

L'orientation dans l'espace des différents atomes les uns par rapport aux autres et la stabilité des liaisons covalentes sont deux caractéristiques qui confèrent aux différentes molécules leurs propriétés chimiques essentielles à leur fonction propre dans le maintien de l'homéostasie.

Les atomes s'attachent donc les uns aux autres pour former des molécules plus ou moins complexes. La molécule d'eau est une molécule relativement simple. L'ammoniac, le gaz carbonique ou le méthane dont nous avons parlé tantôt sont aussi des molécules relativement simples n'étant constituées que de quelques atomes.

DOCUMENT 2 : LES ALCANES

Ce sont des hydrocarbures, constituants essentiels des pétroles et du gaz naturel. Il n'y a que des simples liaisons.

Généralités sur les alcanes

Les alcanes sont la famille des molécules composées uniquement de carbone et d'hydrogène. On distingue généralement les molécules linaires et ramifiées (alcanes) des molécules cycliques (cyclanes).

Propriétés physiques

Les alcanes existent sous les trois états de la matière, selon leur structure et leur masse molaire. Les alcanes à faible nombre de carbone ($n < 5$) sont gazeux, puis liquides ($15 > n > 5$), et les alcanes lourds ($n > 15$) sont solides. On entre ensuite dans les catégories de la pétrochimie : Le classement se fait essentiellement par rapport aux températures d'ébullition (séparation réalisée par distillation dans le tour de distillation de la raffinerie). Nous donnons à titre indicatif le nombre de carbones des alcanes correspondant.

Coupes de distillation des alcanes fossiles

Teb / °C	Classe	Nom	Cn
-	Gaz légers	Gaz naturel	$n = 1, 2$
-	Gaz légers	Gaz de bonbonne	$n = 3, 4$
40-80	Essences légères	Ether de pétrole	$n = 5, 6$
80-120	Essences moyennes	Essence	$n = 7, 8$
120-180	Essences lourdes	White spirit	$n = 9, 10$
180-230	Pétroles lampant	Kérosène	$n = 11, 12$
230-305	Gaz-oil	Diesel	$12 < n < 18$
305-405	Lubrifiants légers	Huiles légères	$18 < n < 26$
405-515	Lubrifiants moyens	Vaseline	$18 < n < 26$
405-515	Lubrifiants lourds	Cires et paraffines	$26 < n < 38$
$T > 575$	Résidus liquides sous pression atmosphérique	Mazouts	
$T > 575$	Résidus solides sous pression réduite	Asphaltes	

Caractéristiques physiques : ce sont les propriétés physiques (température de changement d'état) qui caractérisent les alcanes.

On peut aussi comparer les propriétés entre isomères. Voici quelques données concernant les isomères de l'hexane.

Comparaison des propriétés d'alcane isomères (tableau 1.9)

	Teb / °C	Tf / °C	d
n-Hexane	68,7	-94	0,659
3-Méthylpentane	63,3	-118	0,664
2-Méthylpentane	60,3	-154	0,653
2,3-Diméthylbutane	58	-129	0,661
2,2-Diméthylbutane	49,7	-98	0,649

Conclusion. Les seules données interprétables pour comparer les isomères sont les températures d'ébullition : elles diminuent d'autant plus que l'alcane est plus ramifié.

2.1. Tétravalence du carbone dans les hydrocarbures

Tétravalence du carbone

Le méthane (CH_4) est archétypique des composés formés par le carbone : l'atome de carbone tétravalent forme quatre liaisons covalentes simples avec quatre atomes d'hydrogène.

L'atome de carbone est dit **tétravalent** car il peut établir jusqu'à 4 liaisons simples différentes avec d'autres atomes ou établir, comme dans le cas des alcènes, 2 liaisons simples et 1 liaison double, ou encore comme dans le cas des alcynes, une liaison simple et une triple.

I : LE MÉTHANE

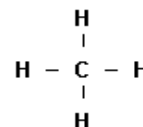
La molécule la plus simple est celle formée d'un atome de C entouré par quatre atomes de H. Sa formule brute est donc CH_4 . C'est le méthane, constituant essentiel du gaz naturel.

Longueur des C-H : 110 pm ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) ; Angle HCH : $109^\circ 28'$.

Sa formule développée est ci-contre. Elle n'indique que la nature et le nombre de liaisons.

Les quatre liaisons C - H, disposées à 109° sont des liaisons dirigées. Le carbone est tétragonal.

Les quatre H ayant des positions similaires, sont dits équivalents.



II : LES PREMIERS ALCANES

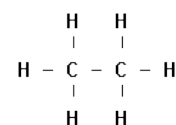
Un atome de C peut se lier à un autre C, on a une liaison de covalence C - C, par mise en commun de deux électrons. Des enchaînements de C peuvent donc se constituer.

Le deuxième terme de cette famille a sa molécule formée de deux atomes de carbone liés entre eux. Chacun a donc trois liaisons avec un atome d'hydrogène.

Sa formule brute est C_2H_6 , c'est l'éthane.

Sa formule développée est ci-contre.

Sa formule semi-développée est $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$. Elle n'indique que les liaisons carbone-carbone, c'est-à-dire la structure de la chaîne, c'est la formule la plus utilisée.



Angle HCH = 109° ; C-H = 110 pm ; C-C = 154 pm

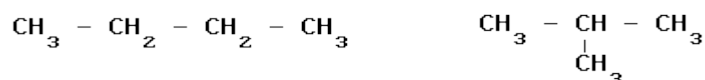
Les suivants :

Propane : C₃H₈ ; CH₃ - CH₂ - CH₃.

Butane : C₄H₁₀ ; CH₃ - CH₂ - CH₂ - CH₃

III : ISOMÉRIE DE CONSTITUTION

On peut fabriquer 2 molécules de formule brute C₄H₁₀ mais de formules développées différentes : ce sont des isomères du butane. Le premier a une chaîne carbonée droite alors qu'elle est ramifiée pour le deuxième :



Deux composés sont isomères s'ils ont la même formule brute, mais des formules développées différentes. Ils ont des propriétés physiques différentes et des propriétés chimiques très voisines.

2.2. Nomenclature

Nomenclature des alcanes

Les alcanes s'identifient par rapport au nombre de carbones que possède la molécule. Ceci est simple dans le cas des alcanes linéaires. Etant donné la valence du carbone et de l'hydrogène, et que l'on a affaire qu'à des liaisons simples, la structure générale des alcanes linéaires sera : C_nH_{2n+2}.

Nomenclature des alcanes linéaires

Nom	Formule brute
Méthane	CH ₄
Ethane	C ₂ H ₆
Propane	C ₃ H ₈
Butane	C ₄ H ₁₀
Pentane	C ₅ H ₁₂
Hexane	C ₆ H ₁₄
Heptane	C ₇ H ₁₆
Octane	C ₈ H ₁₈
Nonane	C ₉ H ₂₀
Décane	C ₁₀ H ₂₂
Undécane	C ₁₁ H ₂₄
Dodécane	C ₁₂ H ₂₆
Eicosane	C ₂₀ H ₄₂
Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄
Docosane	C ₂₂ H ₄₆
Tricosane	C ₂₃ H ₄₈
Triacontane	C ₃₀ H ₆₂
Pentatriacontane	C ₃₅ H ₇₂
Pentacontane	C ₅₀ H ₁₀₂

Une molécule possédant n atomes de carbone et $2n+2$ atomes d'hydrogène, si $n > 3$, peut présenter des ramifications (squelette carbones non linéaire). Le nom donné à la molécule est alors celui de la plus longue chaîne linéaire, sur laquelle on vient ajouter des groupements alkyles sur des carbones numérotés. On appelle isomères, des molécules de même formule brute mais de structures différentes.

Voici quelques exemples qui remplaceront certainement mieux de longs discours.

Isomères du butane, C_4H_{10}

Formule semi-développée	Nomenclature systématique	Molécule
$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$	2-méthylpropane	

Un groupement méthyle (CH_3-) est fixé sur le deuxième carbone d'un propane d'où le nom de 2-méthylpropane.

Isomères du pentane, C_5H_{12}

Formule semi-développée	Nomenclature systématique	Molécule
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$	2-méthylbutane	
$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$	2,2-diméthylpropane	

Isomères de l'hexane, C_6H_{14}

Formule semi-développée	Nomenclature systématique	Molécule
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$	2-méthylpentane	
$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$	3-méthylpentane	
$CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$	2,2-diméthylbutane	
$CH_3-C(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$	2,3-diméthylbutane	

Nous proposons dans le tableau suivant les noms courants des principaux groupements alkyles.

Nomenclature des groupements alkyles

Radical	Formule brute	Formule semi-développée
e	$CH_3 -$	$CH_3 -$
Ethyle	$C_2H_5 -$	$CH_3 - CH_2 -$
Propyle	$C_3H_7 -$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 -$
1-méthyléthyle ou Isopropyle	$C_3H_7 -$	$CH_3 - CH(CH_3) -$
Butyle	$C_4H_9 -$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$
2-méthylepropyle ou Isobutyle	$C_4H_9 -$	$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 -$
1,1-diméthyléthyle ou Tertibutyle	$C_4H_9 -$	$(CH_3)_3C -$
Pentyle	$C_5H_{11} -$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$
Néopentyle	$C_5H_{11} -$	$(CH_3)_3C - CH_2 -$

2.3. Quelques propriétés des alcanes

2.3.1. Combustion

Objectifs : réaliser des combustions complètes, incomplètes, explosives ; écrire des équations-bilans ; maîtriser la peur du feu (ou du moins essayer).

Extrait du programme officiel : combustion des alcanes. Applications : utilisation de la chaleur dégagée, chauffage, chalumeau.

Préliminaire : recueillir un gaz sur la cuve à eau.

Les hydrocarbures gazeux et en particulier les alcanes gazeux sont insolubles dans l'eau. Cette propriété permet de les recueillir sur la cuve à eau. Utiliser ce dispositif pour remplir un ballon pyrex d'un litre de gaz de ville (essentiellement constitué de méthane).

1 - Combustion lente du méthane :

Utiliser le ballon déjà rempli de méthane, le retourner sans précipitation, et présenter à son ouverture une allumette déjà enflammée.

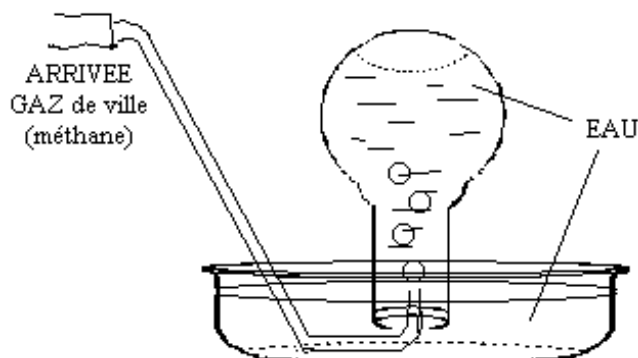
Observation :

.....
.....

Mise en évidence des produits de la réaction :

Verser de l'eau de chaux dans le ballon, boucher avec la paume de la main, agiter :

.....



puis placer un verre propre et sec au-dessus de la flamme d'un bec Bunsen (réglé en flamme chauffante bleue) durant 3 ou 4 secondes :

.....

Conclusion:.....

Écrire l'équation-bilan de la réaction qui se déroule dans la flamme bleue d'un bec Bunsen :

.....

2 - Le bec Bunsen : un chalumeau air-méthane

Démonter complètement un bec Bunsen, observer ses différentes pièces et les nommer, essayer de représenter un schéma en coupe du bec lorsqu'il est en fonctionnement, placer sur ce schéma les mots cheminée, virole, socle, injecteur.

Puis allumer le bec, et observer ses régimes de fonctionnement :

Flamme jaune et molle : placer une petite soucoupe blanche dans la flamme, jusqu'à observer un dépôt noir. Quelle est la nature de ce dépôt d'après son aspect ?

.....

équation-bilan d'une réaction incomplète (équilibrez) : $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$

Si le dioxygène manque lors de la combustion, il peut se produire aussi un gaz très toxique, le monoxyde de carbone CO, responsable de la mort chaque année en hiver d'imprudents qui dorment dans une pièce fermée où brûle un poêle.

Équation-bilan d'une autre réaction incomplète (équilibrez) : $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

Flamme bleue et chaude :

.....

Quels conseils donneriez-vous pour allumer un bec Bunsen du premier coup, sans souffler l'allumette ? Dans quel ordre doit-on procéder ?

.....

Connaissez-vous d'autres chalumeaux et leurs utilisations ?

.....

3 - Réaction explosive

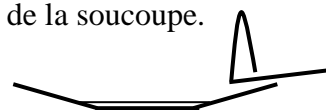
remplir à moitié (environ) de méthane l'éprouvette à gaz, terminer le remplissage avec du dioxygène au bureau (le transport s'effectue éprouvette renversée sur la cuve à eau). Allumer le bec Bunsen, flamme intermédiaire. Entourer l'éprouvette d'un chiffon et présenter son ouverture devant la flamme du bec, l'ouverture ne doit pas être dirigée vers une personne. Chaque binôme procède sous le contrôle du professeur.

D'après l'équation-bilan, quelles sont les proportions volumiques en méthane et en dioxygène qui permettent la combustion optimale ?.....

Avez-vous entendu parler d'explosions dues au méthane ?.....
Qu'est-ce que le grisou ?

4 - Combustion de l'essence

Placer très peu d'essence de térébenthine dans la soucoupe, le bec étant éteint. Éloigner le flacon d'essence avant d'allumer une allumette. Enflammer l'essence de la soucoupe. Utiliser le chiffon pour étouffer le feu.



Observations :

Conclusion :

Compléter ces équations-bilans de réactions de combustions incomplètes :



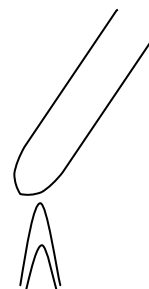
5 - Combustion de la paraffine

Placer un petit morceau de paraffine au fond d'un tube à essais court ; chauffer de manière à vaporiser la paraffine (on doit voir la paraffine bouillir) ; lorsque la vapeur de paraffine sort du tube, l'enflammer.

Observations:.....

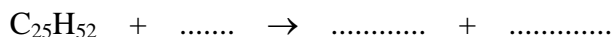
Conclusion sur le caractère de la combustion (complète, incomplète ?

Justifier).....



Observer la flamme d'une bougie : quel est le rôle de la mèche?.....

Écrire l'équation-bilan de la combustion complète de la paraffine :



6 - Résumé

Quelles sont les utilisations des combustions d'alcanes ?

Document professeur

1 - Combustion lente du méthane

Le professeur montre d'abord la manière de procéder, il fait l'expérience devant les élèves.

Ne pas forcer ceux qui ne voudraient pas faire l'expérience.

Il n'y a en principe aucun danger, le méthane dans le ballon n'est pas mélangé à l'air. Il brûle lentement avec une flamme à peine visible. Éteindre les lumières ou tirer un peu les rideaux pour voir la flamme. Le ballon devient un peu chaud. Le saisir avec le chiffon, par le col.

Observation : flamme pâle, chaleur

Le verre permettant la mise en évidence de l'eau formée dans la flamme du bec doit être froid.

Si ça ne marche pas du 1^{er} coup, il faut changer de verre, ça ne marchera pas au 2nd coup, le verre étant chaud. Ne pas le laisser trop longtemps au-dessus de la flamme, il n'est pas en pyrex ! Le professeur montre d'abord l'expérience au bureau, les élèves la font après lui. Passer un doigt à l'intérieur du verre pour mettre en évidence la buée.

2 - Le bec Bunsen : un chalumeau air-méthane

La flamme jaune du bec est produite quand il y a peu d'air qui entre par la virole. La combustion est incomplète, elle produit du carbone, qui colore la flamme en jaune. La flamme est éclairante. La température est comprise entre 400°C et 600°C.

C'est ce régime qu'il faut utiliser lorsque le bec est en attente.

La flamme bleue et bruyante comporte un cône bleu, dont le sommet, appelé dard, est à environ 800°C. C'est le point le plus chaud de la flamme. Le bruit provient de l'arrivée massive et turbulente d'air par la virole.

C'est ce régime qu'il faut utiliser lorsqu'on veut chauffer.

Il y a une flamme intermédiaire entre des deux là, flamme bleue sans cône

Ordre des opérations d'allumage d'un bec : fermer la virole (pour ne pas souffler la flamme) ; allumer une allumette ; ouvrir le gaz ; approcher la flamme de l'allumette au-dessus de la cheminée, assez haut (pas à la sortie de la cheminée) ; régler la virole selon la flamme désirée.

Autres chalumeaux : les chalumeaux sont basés sur le principe d'une réaction de combustion d'un gaz (stocké dans une bouteille d'acier) avec le dioxygène (stocké dans une autre bouteille d'acier). Il existe des chalumeaux utilisant comme gaz combustible le dihydrogène, l'acétylène, le gaz de ville, le propane, le butane. Avec l'acétylène, la température du dard peut atteindre 3200°C. Il y a deux utilisations principales des chalumeaux :

La soudure autogène : les deux pièces de métal à souder sont chauffées très fortement et sont au contact l'une de l'autre ; sous l'effet de la chaleur elles fondent et se soudent.

L'oxycoupage : consiste à découper des plaques de tôles d'acier ; la flamme joue un double rôle : sa chaleur fait fondre le métal, et un jet de dioxygène supplémentaire fait brûler le fer, qui est transformé en oxyde liquide car fondant à une température inférieure à celle du fer. Cette réaction libère aussi de la chaleur. La chaleur totale dégagée permet l'entretien de la découpe.

Le chalumeau oxyhydrique fonctionne grâce à la réaction $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$

Le chalumeau oxy-acétylénique fonctionne grâce à la réaction C_2H_2 (acétylène) + $\text{O}_2 \dots$

On trouve dans les magasins de bricolage des petits chalumeaux oxybutane ou oxypropane pour le brasage des métaux.

3 - Réaction explosive

Le professeur montre comment procéder ; envelopper l'éprouvette à gaz (à parois épaisses) d'un torchon pour recueillir les éventuels débris en cas de casse (ça ne m'est jamais arrivé, mais il ne faut jurer de rien...).

Les élèves utilisent une éprouvette à gaz de capacité moyenne (125 mL), ce qui limite la violence de l'explosion. Et les proportions ne sont pas stœchiométriques pour la même raison.

Ne pas forcer les élèves qui ne voudraient pas réaliser l'expérience.

Chaque binôme procède à l'expérience sous le contrôle du professeur, et du reste de la classe, ce qui rend l'expérience solennelle et valorise ceux qui la réalisent.

Explosions dues au méthane : il y en a parfois dans les appartements alimentés par GDF, à cause de fuites dans les canalisations... mais parfois c'est le butane des bouteilles qui explose. Les hydrocarbures gazeux sont inodores. On leur ajoute un gaz à l'odeur caractéristique très forte (le mercaptan) pour pouvoir les détecter avec le nez.

Le grisou est le nom du méthane des mines de charbon : après une explosion l'atmosphère est grise de poussières de charbon. Ce sont des poches de méthane qui se sont formées naturellement lors de la décomposition des végétaux qui ont donné le charbon. Les mineurs utilisent des détecteurs à grisou. Les explosions sont très violentes, elles détruisent les galeries dans lesquelles se trouvent les mineurs. Les galeries sont aérées pour évacuer le grisou, toujours présent en qté plus ou moins importante. Le danger ne survient qu'à partir d'une certaine concentration en grisou dans l'air, comprise entre 5 % et 14 % ; en dehors de cet

intervalle le risque d'explosion n'existe pas (d'après Encyclopédie Internationale des Sciences et des Technologies., Presses de la Cité, 1973).

Conclusion : ne pas plaisanter avec le gaz, respecter les consignes de sécurité. Actuellement les tuyaux polymère pour le butane ou le propane dans les maisons ou les labos, comportent des colliers à usage unique pour éviter les fuites. Remplacer les tuyaux lorsque leur date de péremption est atteinte.

4 - Combustion de l'essence

Pour cette expérience on peut forcer les élèves à la réaliser car elle peut les aider à avoir des gestes utiles en cas d'incendie. De plus il n'y a aucun danger, si l'on prend la précaution d'éloigner la bouteille d'essence. Il n'y a qu'une seule bouteille dans la salle, et c'est le professeur qui distribue l'essence dans les soucoupes en prenant soin de ne pas en répandre à côté (sinon essuyer), pose la bouteille au bureau et assiste à l'extinction.

Observation : flamme jaune fuligineuse, grde qté de particules de carbone dans la salle, combustion incomplète.

5 - Combustion de la paraffine : utiliser un tube à essais court, sinon la vapeur est longue à sortir.

Résumé des utilisations des combustions d'alcanes : chauffage (chaudières de chauffage central fonctionnant au fioul, petits radiateurs domestiques au pétrole), cuisson des aliments (méthane, butane, propane), moteurs automobiles (essences, gazole, fioul pour les engins de chantiers, GPL), réacteurs d'avions (kérosène), centrales thermiques (fioul) pour obtenir de l'énergie mécanique par moteur-turbine et finalement de l'énergie électrique par turbo-alternateur, éclairage (bougies, lampes à pétrole encore utilisées dans certains pays).

Matériel par binôme

1 ballon pyrex 1 L à fond plat	1 soucoupe blanche
1 cristallisoir moyen	1 verre à pied grand modèle en verre (ou un verre de montre pyrex)
1 tube à dégagement (voir §1)	1 bouteille d'essence de térébenthine
du gaz de ville ou une bonbonne de butane	1 tube à essais court
allumettes	1 bougie
bec Bunsen	1 pince en bois
1 chiffon	1 flacon 125 mL d'eau de chaux fraîche
1 éprouvette à gaz à parois épaisses, 125 mL	

DONNEES SUR LES ALCANES

NOM	Formule brute	Temp fusion °C	Temp éb °C	Densité/ eau	Chaleur comb kJ/mol	Pouvoir calor kJ/kg	Masse molaire g/mol
Méthane	CH ₄	-182	-162		890	55600	16
Éthane	C ₂ H ₆	-183	-89		1560	52000	30
Propane	C ₃ H ₈	-188	-42		2220	50400	44
Butane	C ₄ H ₁₀	-138	-0,5		2880	49700	58
Pentane	C ₅ H ₁₂	-130	36	0,626	3540	49100	72
Hexane	C ₆ H ₁₄	-95	69	0,665			
Heptane	C ₇ H ₁₆	-91	98	0,684			
Octane	C ₈ H ₁₈	-56	126	0,703			
Décane	C ₁₀ H ₂₂	-30	174	0,73			
Dodécane	C ₁₂ H ₂₆	-10	216	0,749			
Pentadécane	C ₁₅ H ₃₂	10	271	0,769			
Octodécane	C ₁₈ H ₃₈	28	308		12120	47700	254
Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	36	343	0,789			
hexacontane	C ₆₀ H ₁₂₂	99			39840	39840	842

Si l'on veut faire du spectacle et marquer l'esprit des élèves vis à vis du danger des explosions de gaz de ville, on peut monter une manipulation dans la cour du lycée : c'est le professeur qui fait tout, les élèves regardent.

Remplir sur la cuve à eau une bouteille plastique (d'eau de table) de 1,5 L avec environ 1/3 de gaz de ville et 2/3 de O₂ (ou bien 1/10 CH₄ et le reste d'air, l'explosion est suffisamment violente).

Boucher par le bouchon de la bouteille bricolé avec de la pâte à modeler dans laquelle on a enfoncé un allumeur constitué par un morceau de résistance de sèche-cheveux de récupération. Placer la bouteille renversée sur un trépied de bec Bunsen, au milieu de la cour. Dérouler un fil électrique suffisamment long pour aller de l'allumeur à la salle de classe. Relier à un générateur de 12 V, en prenant toutes les précautions nécessaires pour que personne ne se trouve près de la bouteille. L'explosion est extrêmement violente, la bouteille est réduite en petits morceaux. Il vaut mieux prévenir auparavant les collègues travaillant dans le voisinage.

C'est une expérience que je faisais chaque année lorsque j'enseignais en collège. Les anciens élèves s'en souviennent encore. Je n'ai jamais eu d'accident. Dans le contexte sécuritaire actuel, je ne sais pas si je pourrais encore la faire sans susciter des protestations.

DOCUMENT 3 Hydrocarbures insaturés et dérivés

3.1. Structure géométrique

3.2. Nomenclature

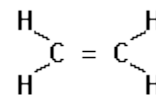
LES ALCÈNES

Ce sont des hydrocarbures possédant une liaison double carbone-carbone.

I : L'ÉTHYLÈNE

Ethylène ou éthène. Sa formule brute est C₂H₄. On a donc une double liaison entre les deux carbones. Sa formule développée est :

C - H = 110 pm, C = C = 134 pm, angles HCH et HCC = 120°



La molécule est rigide et plane.

II : LES ALCÈNES

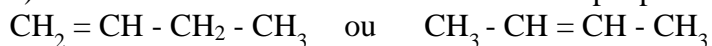
La formule générale des alcènes est C_nH_{2n}. Ce sont des composés insaturés car leur molécule contient une double liaison.

Le deuxième, le propène, est souvent appelé le propylène : C₃H₆ CH₃ - CH = CH₂

A partir du butène il y a possibilité d'isomérisation.

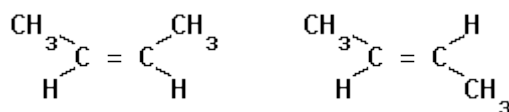
III : ISOMERIES

a) L'isomérisation de constitution : la liaison multiple peut occuper des positions différentes



Le premier s'appelle le but-1-ène, le deuxième, le but-2-ène.

b) La stéréo-isomérisation : la position des atomes dans l'espace est différente. Cela est dû à ce que la libre rotation est impossible autour de C = C. Cette isomérisation se présente pour le but-2-ène :



Les groupes CH₃ sont du même côté (Z-but-2-ène) ou un de chaque côté de la chaîne principale (E-but-2-ène). Ce sont des stéréo-isomères.

IV : NOMENCLATURE

Chaîne linéaire : la terminaison ène remplace la terminaison ane. La position de la double liaison est donnée par le numéro du premier atome de C doublement lié, la chaîne est numérotée de telle façon à attribuer le plus petit numéro à cette double liaison. Ce nombre est indiqué avant la terminaison ène.

Chaîne ramifiée : On cherche la chaîne carbonée la plus longue qui contient la double liaison. Elle donne son nom à l'alcène. Les groupes substituant sont nommés avec leur indice.

$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ s'appelle le but-1-ène.

$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ s'appelle le but-2-ène.

$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$



s'appelle le 4-méthylhex-2-ène

Les stéréo-isomères : si les groupes méthyles sont de part et d'autre de la double liaison, c'est le stéréo-isomère E, s'ils sont du même côté c'est le stéréo-isomères Z.

V : LES ALCYNES.

Ce sont des hydrocarbures à chaîne ouverte ayant une liaison triple entre deux carbones de la chaîne principale.

Le premier est l'acétylène ou éthyne de formule brute C_2H_2 .

Sa formule développée est $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$

$\text{C} - \text{H} = 110 \text{ pm}$

$\text{C} \equiv \text{C} = 120 \text{ pm}$

La structure est linéaire, les deux carbones sont digonaux.

La libre rotation n'est pas possible, mais la molécule étant linéaire l'isomérie Z et E n'existe pas. Il n'y a que l'isomérie de chaîne et l'isomérie de position.

Leur formule générale est $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. La terminaison de leurs noms est yne. La formation du nom est identique à celle des alcènes.

3.3. Propriétés chimiques des hydrocarbures insaturés

3.3.1. Addition de dihydrogène, de HCl et d'eau sur les alcènes

3.3.2. Addition de dihydrogène, de HCl et d'eau sur l'acétylène

Réactions d'addition sur les alcènes

1. Hydrogénation:



C_2H_4
Ethylène
alcène

+

H_2

+

dihydrogène

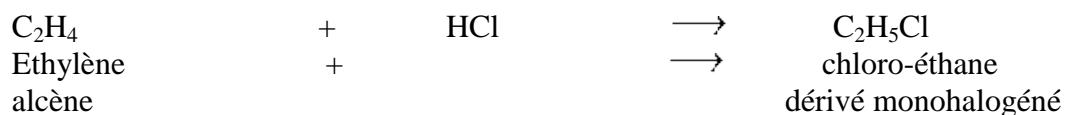
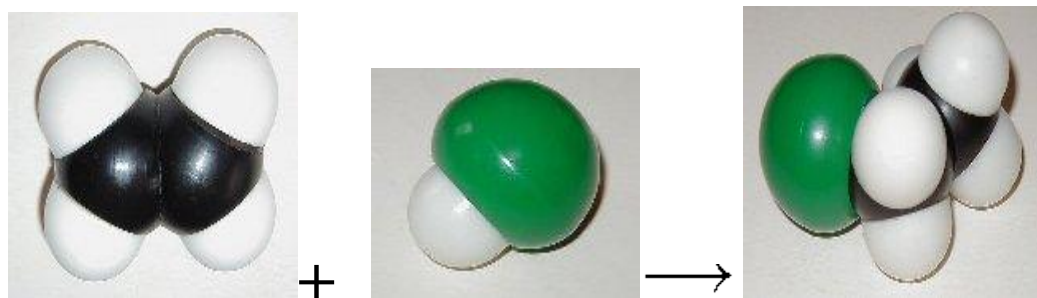
→

hydrogénation

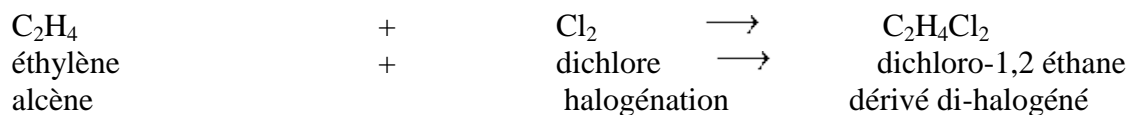
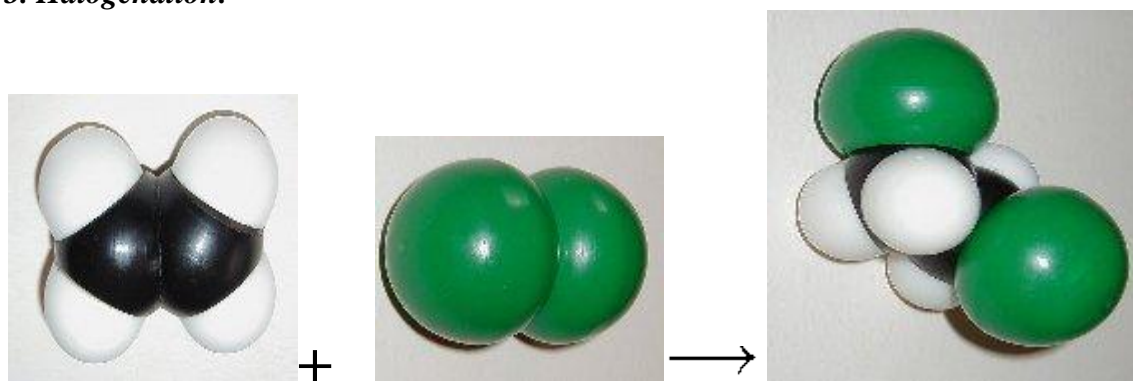
→

C_2H_6
éthane
alcane

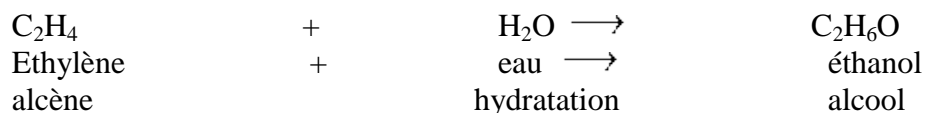
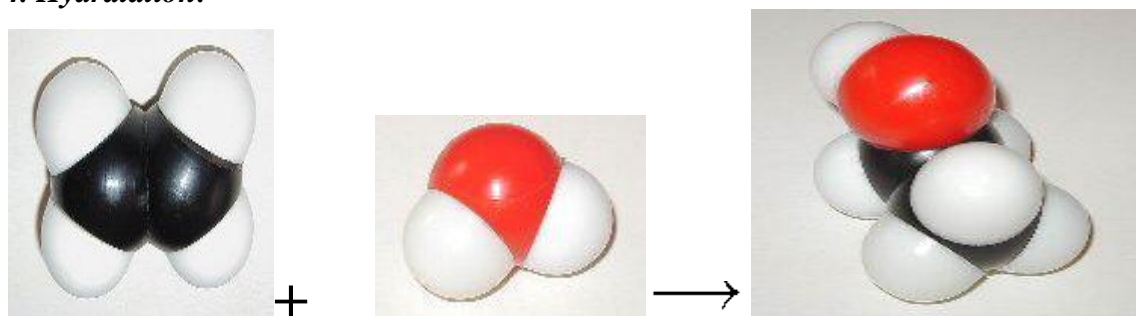
2. Addition d'halogénure d'hydrogène:



3. Halogénéation:



4. Hydratation:



III : RÉACTIONS DE POLYMÉRISATION

Pour fabriquer les macromolécules, c'est-à-dire une molécule formée de plusieurs milliers d'atomes, plusieurs types de réactions sont possibles mais elles reposent toutes sur le même principe : accrocher des "petites" molécules ensemble.

La polyaddition est l'addition les unes aux autres de molécules insaturées identiques, les liaisons multiples s'ouvrant.

La molécule de base s'appelle le monomère, la macromolécule obtenue, le polymère.

Comment faire avec des molécules saturées? Il faut obligatoirement deux sortes de molécules présentant des groupes fonctionnels différents, chaque sorte de molécules en ayant au moins deux, ces groupes réagissant ensemble. La réaction se fait avec élimination d'une petite molécule (eau, chlorure d'hydrogène, etc.), on l'appelle une polycondensation. Ces deux réactions s'appellent des réactions de polymérisation.

a) Le polyéthylène :

Produit de base : l'éthylène. C'est le monomère $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$.

Produit fini : polyéthylène (PE). C'est le polymère. $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$

La chaîne s'arrête par H, OH, Cl mais cela n'a aucune importance.

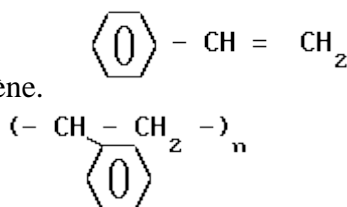
Il fut découvert en 1933. Suivant le procédé utilisé (il y en a deux), on obtient deux sortes de polyéthylène.

Procédé haute pression : l'éthylène est comprimé jusqu'à 1000 à 2000 bars. Le produit obtenu a un degré de polymérisation de 1 000 (nombre de monomères dans la macromolécule) et une masse volumique de 920 kg.m^{-3} : c'est le polyéthylène basse densité (PEBd). Ceci est dû au fait que l'on a des chaînes ramifiées et que donc, les chaînes principales sont peu serrées. Il ramollit à 85°C . On en fait des emballages, des films, des sacs, des ustensiles de ménage car il est souple.

Procédé basse pression : la pression est de quelques dizaines de bars. Son degré de polymérisation est de 15 000 à 20 000. Sa masse volumique est égale 980 kg.m^{-3} , les chaînes sont linéaires. Il fond à 420°C . C'est le polyéthylène haute densité (PEHd). On en fait des casiers, des flacons, des bidons et des planches à voiles car il est plus rigide que le PEBd et opaque.

b) Le polystyrène :

Monomère : le styrène ou phényléthylène.



Polymère : le polystyrène (PS).

C'est un excellent isolant. On en fait des jouets, des emballages. On peut aussi le manufacturer sous forme de mousses rigides, renfermant jusqu'à 98 % d'air (polystyrène expansé: PSE): on s'en sert comme isolant thermique dans l'industrie du bâtiment.

c) Le polychlorure de vinyle :

Monomère : le chlorure de vinyle ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$).

Polymère : le polychlorure de vinyle (PVC) $(-\text{CH}_2 - \text{CHCl} -)_n$

Suivant le type de polymérisation, on obtient des résines de caractéristiques différentes.

Rigides, on en fait des tuyaux, des gouttières, des bouteilles, des emballages. Souples, on en fait du similicuir, des revêtements de sols.

d) une polycondensation : le nylon

Monomères : le diamino-1,6 hexane (hexaméthylène diamine) $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ et l'acide adipique $\text{OH} - \text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - \text{OH}$

Polymère: le nylon $(-\text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} -)_n$

C'est un polyamide. La réaction se fait avec élimination d'eau (un H venant de la diamine et OH de l'acide).

3.3.3 Exemples de polymères obtenus à partir des composés éthyléniques



Les matières plastiques remplacent de plus en plus les métaux pour la confection d'objets. Elles sont moins denses ($d \sim 1$) que les métaux ($d = 8,9$ pour le cuivre, $d = 7,8$ pour le fer, $d = 2,7$ pour l'aluminium...) et les objets sont donc moins lourds. D'autre part elles se corrodent beaucoup moins que les métaux et ne sont pratiquement pas attaquées par les acides. On dit qu'elles sont chimiquement inertes.

Age du feu : - 500 000 (d'abord l'Homme récupère le feu puis il apprend à le "fabriquer")

Age du bronze (le cuivre est un élément natif qu'on trouve donc dans la nature): - 2 500

Age du fer : - 1 200 (fer natif météoritique utilisé au moins avant - 2700)

Age de l'aluminium : 1825 (Oersted), 1827 (Wölher), 1855 (Sainte Claire Deville)

"Age des matières plastiques» : 1945

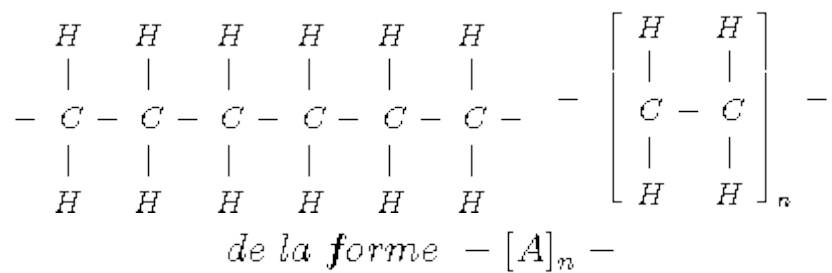
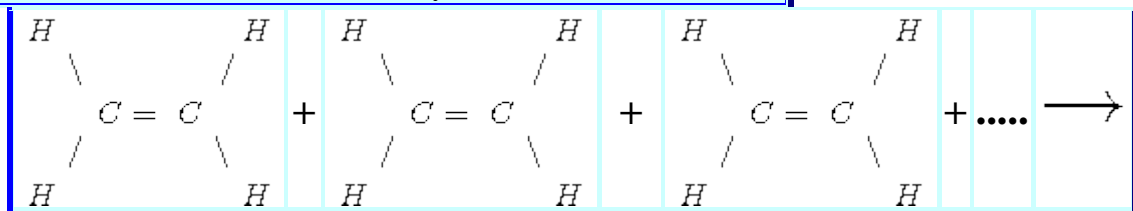
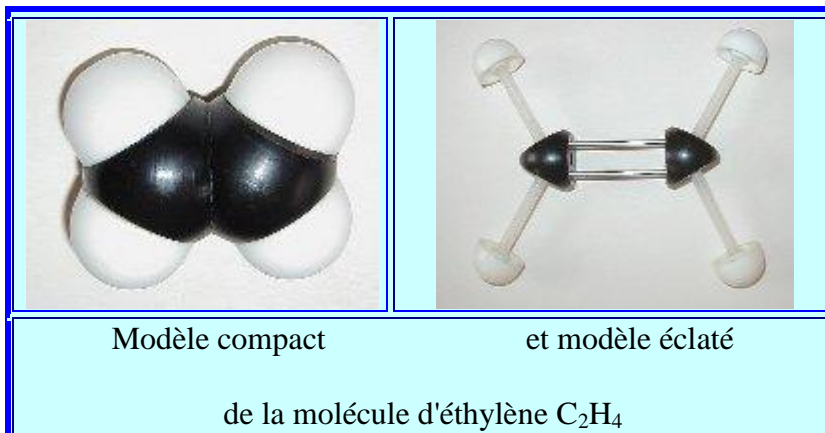
A - Polymérisation par polyaddition:

1. Définitions:

Au cours d'une réaction de polyaddition, un très grand nombre de petites molécules d'un seul type **A**, appelées monomères, se lient les unes aux autres un très grand nombre de fois pour donner des molécules géantes appelées macromolécules ou polymères, de structure **...-A-A-A-A-...** ou **-(A)_n-**. **A** est le motif du monomère qui se répète un très grand nombre de fois. n est le degré de polymérisation: il dépend des conditions opératoires (température, pression, présence et nature de catalyseurs...). n peut atteindre plusieurs millions. Ce type de réactions concerne principalement les composés contenant une double liaison carbone-carbone: les alcènes entre autres.

2. Exemples:

a) Polymérisation de l'éthylène C_2H_4

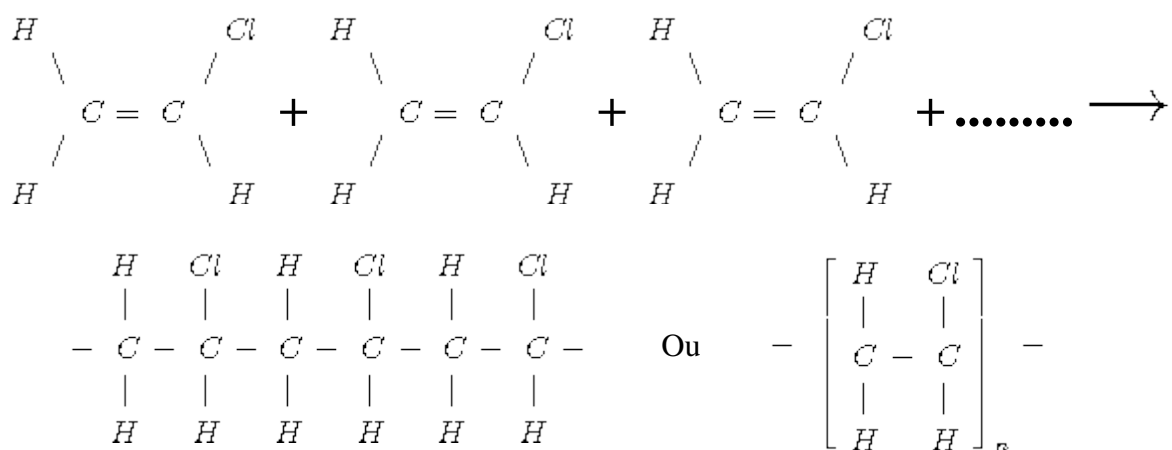


Tranche de polyéthylène

Procédés: injection, extrusion, moussage, enduction, moulage par rotation

Applications: Câblerie, corps creux, articles ménagers, feuilles, tuyaux, films minces, sacs, mousses ...

b) Polymérisation du chlorure de vinyle C_2H_3Cl



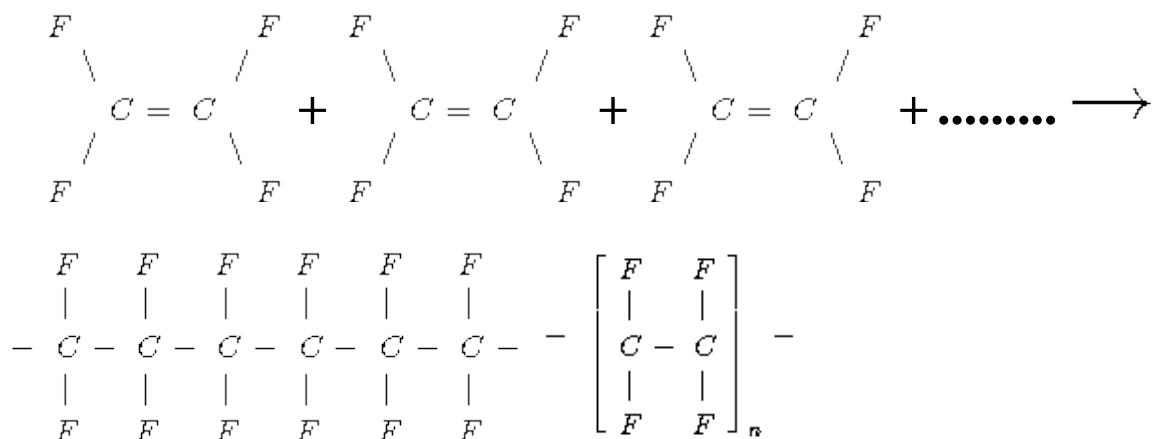
Procédés:

Extrusion, extrusion soufflage, injection, calandrage, enduction, moulage par rotation

Applications:

Bouteilles, articles ménagers, feuilles, câbles, plaques, tuyaux, films minces, sacs, gants, jouets, gouttières, volets, ...

c) Polymérisation du tétrafluoroéthylène C_2F_4



Applications:

Peut être utilisé jusqu'à 350°C, revêtement de poêles, casseroles...

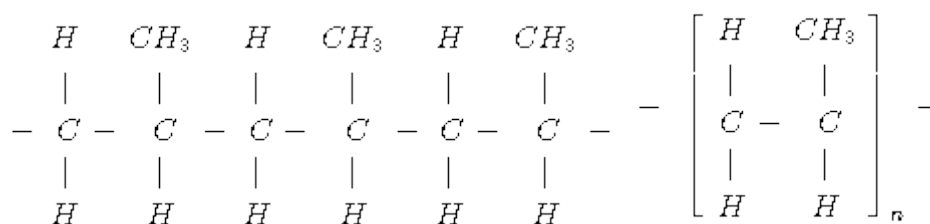
d) Polymérisation du propène C_3H_6



Modèle compact

modèle éclaté

de la molécule de propène $CH_3-CH=CH_2$



Procédés:

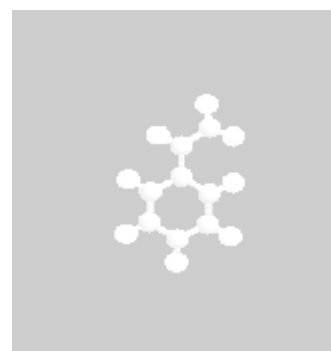
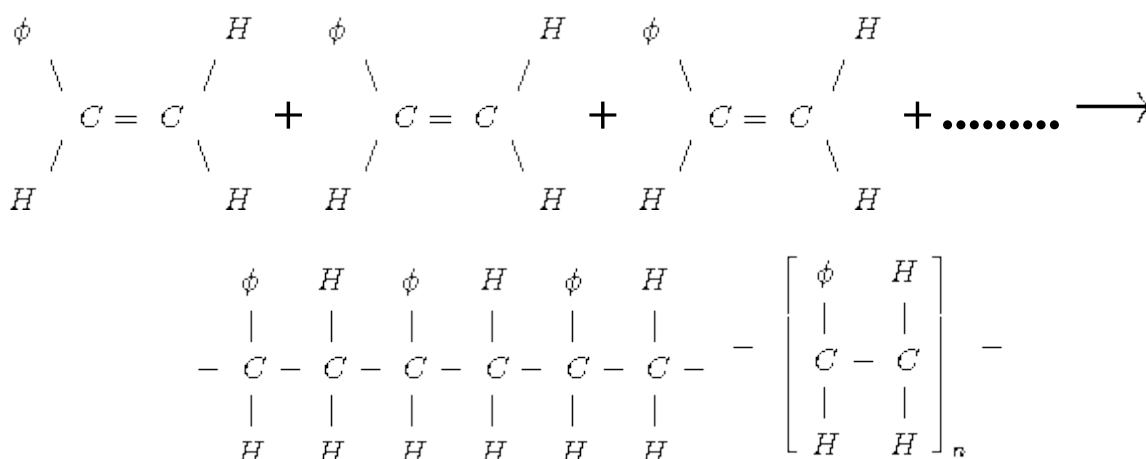
Injection, extrusion, moussage, enduction

Applications:

Emballages alimentaires, pièces techniques pour l'automobile (pare-chocs, batteries, ...), vaisselle pour four micro-ondes, tapis, moquettes, cordes, ficelles ...

e) Polymérisation du styrène $C_6H_5-CH=CH_2$ ou $CH\phi=CH_2$

Le styrène $C_6H_5-CH=CH_2$ ou $CH\phi=CH_2$



Procédés:

Moulage par injection, extrusion, calandrage, expansion par injection de vapeur d'eau pour le PSE

Applications:

emballages alimentaires, pièces techniques pour l'automobile, vaisselle pour four micro-ondes. PSE : matériaux isolants et emballages. ABS : carters d'appareils, jouets, ...

4. Les composés aromatiques

4.1. Caractéristique du noyau benzénique

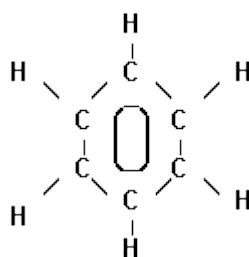
III : LES AROMATIQUES.

Ce sont des composés insaturés dont la chaîne carbonée est cyclique.

Le plus simple de ces composés est le benzène de formule brute C_6H_6 .

Les six électrons non engagés des atomes de carbone sont mis en commun pour former une liaison "collective" entre les six atomes de carbone du cycle. Cette liaison confère une grande stabilité au cycle.

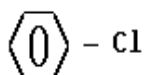
L'ensemble des six atomes de carbone ainsi liés s'appelle le noyau benzénique ou noyau aromatique.



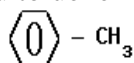
Les dérivés du benzène sont obtenus en substituant un ou plusieurs atomes H par d'autres atomes (par exemple Cl) ou par des radicaux R (par exemple $-CH_3$).

Souvent on représente le cycle par :

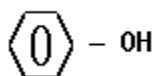
Chlorobenzène



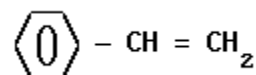
Méthylbenzène
ou toluène



phénol



Phényléthylène ou styrène

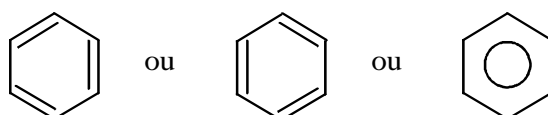


Tous ces composés présentent de très nombreuses applications et le benzène est un produit de base de la pétrochimie mais c'est un produit dangereux (cancérogène).

4.2. Nomenclature

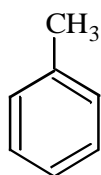
Les hydrocarbures aromatiques

a. L'hydrocarbure aromatique le plus simple est le benzène.

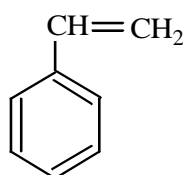


b. Hydrocarbures aromatiques monocycliques substitués dont les noms sont consacrés par l'usage et conservés :

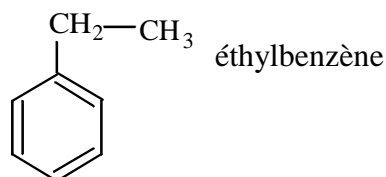
toluène



styrène

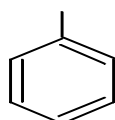


c. Les autres sont nommés comme des dérivés du benzène.

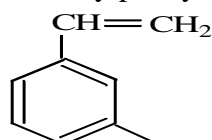


d. Nom des groupes aryles

groupe phényle



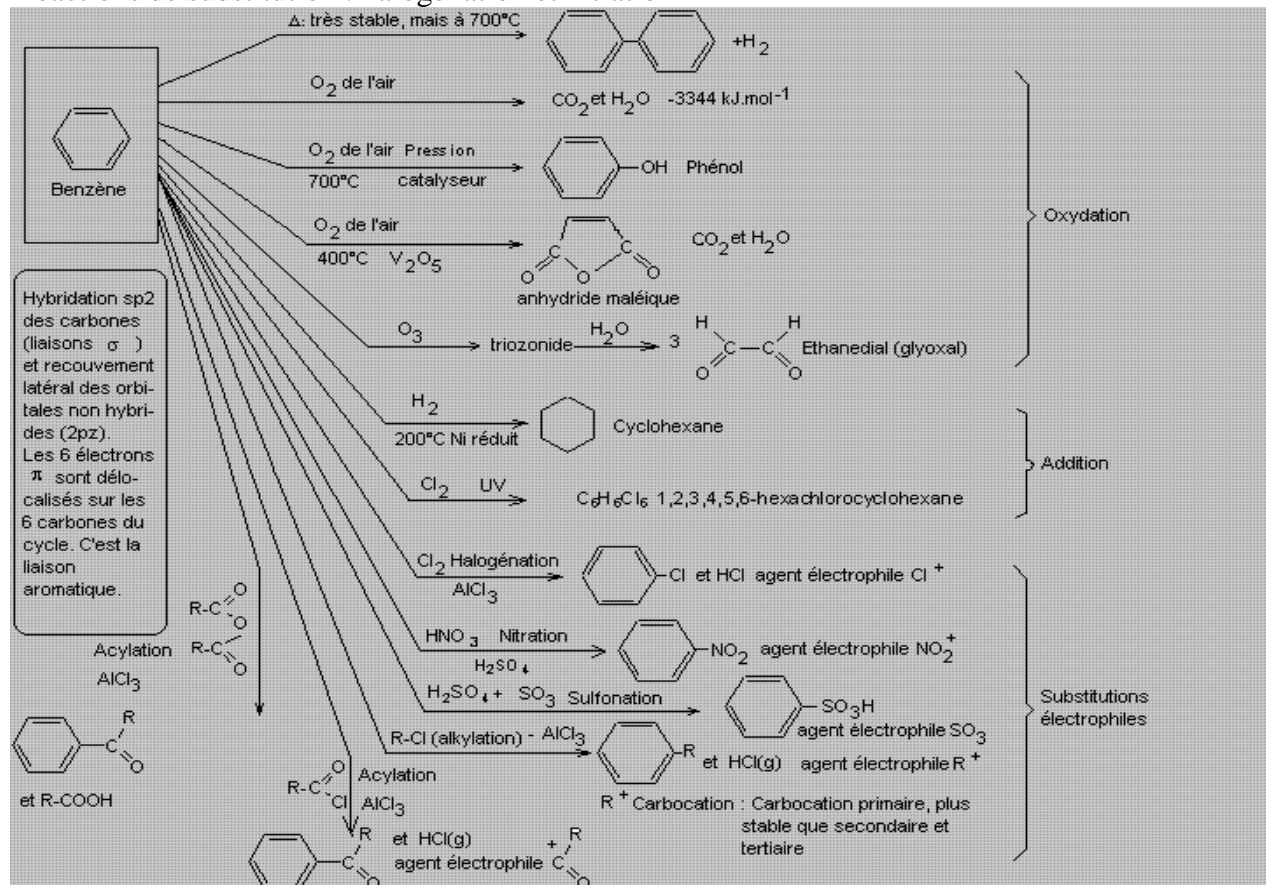
groupe 2-vinylphényle



4.3. Quelques propriétés chimiques des composés aromatiques :

- réactions d'addition du dihydrogène et du dichlore sur le benzène

- réactions de substitution : halogénéation et nitration



5. Pétroles et gaz naturels : matières premières des produits de base de la chimie organique

I : BUT DU RAFFINAGE

Un pétrole est toujours majoritairement constitué d'hydrocarbures et, parmi ceux-ci, les alcanes sont les composés prépondérants (jusqu'à quarante atomes de carbone). On y trouve aussi des cyclanes, des aromatiques, des produits soufrés, azotés, oxygénés en quantité variable suivant le gisement.

Il va donc falloir séparer ces divers produits (distillation), les transformer chimiquement (craquage et reformage), les purifier (raffinage proprement dit) pour obtenir des produits utilisables.

Toutes ces opérations se font dans les raffineries et l'ensemble est appelé le raffinage.

II : LA DISTILLATION FRACTIONNÉE

But : séparer les hydrocarbures les uns des autres.

Principe : utiliser le fait que tous les hydrocarbures ne passent pas tous à l'état gazeux à la même température. Un hydrocarbure est d'autant plus volatil que sa masse molaire est faible (nombre d'atomes de carbone petit).

On récupère les différents produits à des étages différents, le moins volatil en bas, le plus volatil en haut. Industriellement, cette distillation se fait dans une tour de 40 à 60 mètres de hauteur, comportant jusqu'à 50 plateaux. On chauffe dans le four le brut à 380°C et on l'envoie dans la tour où règne une pression égale à la pression atmosphérique : c'est la distillation atmosphérique. Les produits récoltés aux différents étages sont des mélanges de propriétés voisines, on les appelle des coupes.

Le résidu atmosphérique peut être redistillé sous une pression réduite, environ 1/15 d'atmosphère ce qui permet d'abaisser les températures d'ébullition (si on le portait à une température plus grande, il y aurait risque de détérioration des molécules). On le chauffe à 400°C avant de l'envoyer dans le distillateur.

Par contre la fraction légère que l'on récupère en haut de colonne est redistillée sous haute pression.

Après toutes ces distillations, on obtient les produits, ou coupes, suivants :

- Les gaz : pour le chauffage domestique et le gaz de pétrole liquéfié GPL.
- Le naphta : pour les solvants divers et les carburants d'automobile.
- Le kérosène et les pétroles lampants : pour les carburants d'aviation.
- Le gazole : pour le fioul domestique et le gazole pour les moteurs diesels.
- Les produits à craquer : pour obtenir des produits plus légers.
- Les huiles : pour les lubrifiants.
- Les fiouls lourds : pour les centrales thermiques.
- Les paraffines et brai de pétrole : pour le bitume.

Les coupes obtenues ne couvrent pas nos besoins, c'est pourquoi certaines coupes sont traitées par craquage ou reformage.

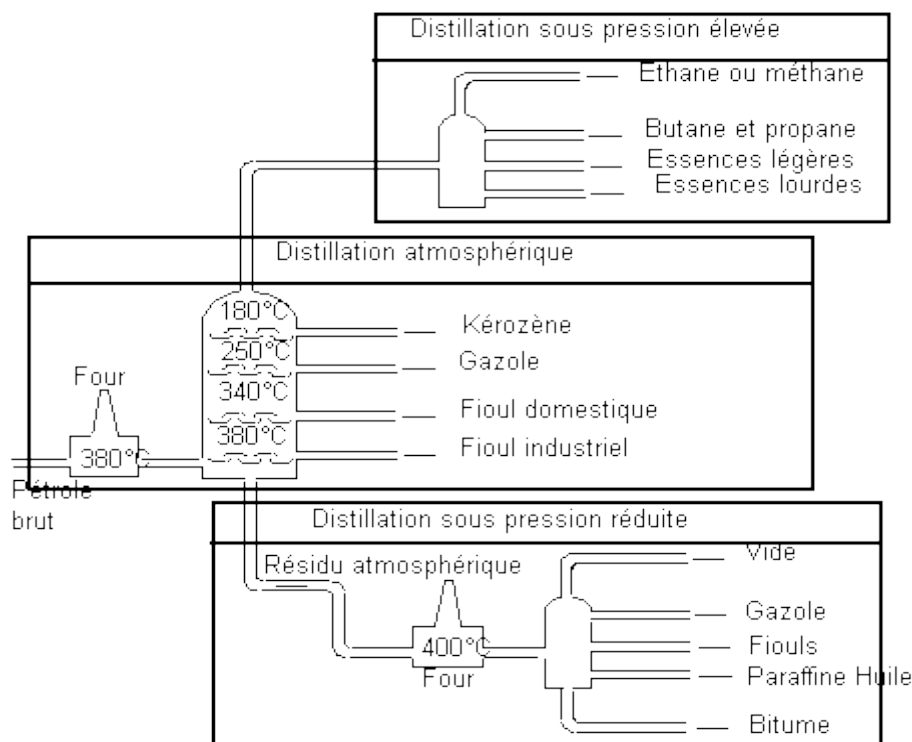
III : LE CRAQUAGE

Le craquage a pour but de casser les chaînes pour en faire des plus courtes. Pour cela on fait agir la température (500°C), la pression (légèrement supérieure à la pression atmosphérique) et des catalyseurs (alumino-silicates) : c'est le craquage catalytique. On l'applique aux produits à craquer et aux fiouls lourds pour fabriquer les carburants d'automobiles (les essences obtenues ont un indice d'octane élevé, on les mélange avec les essences de distillation). Par ce craquage on obtient aussi du propane, du butane et des alcènes utilisés comme produits de base en pétrochimie.

Le vapocraquage (craquage en présence de vapeur d'eau, pression proche de la pression atmosphérique et sans catalyseur) a pour but de fournir à la pétrochimie les matières de base.

IV : LE REFORMAGE

Ce procédé permet de transformer profondément la structure des molécules en conservant le même nombre d'atomes de carbone. Il se pratique vers 500°C, à des pressions de l'ordre de 30 bars et en présence de catalyseurs complexes contenant du platine et des oxydes tels que Al_2O_3 et Cr_2O_3 . On fait souvent subir l'opération de reformage aux naphas de façon à obtenir des essences de qualité (carbures ramifiés et aromatiques).



I) Les phases de propagation d'une pollution par hydrocarbure en milieu marin.

1) Propriétés du fioul.

Les propriétés physico-chimiques du produit déversé entrent en compte dans la dispersion et la "durée de vie" de ce produit. La volatilité, la solubilité ou la densité du produit sont autant de paramètres qui modifient le comportement du polluant au cours du temps, son éparpillement ou au contraire sa concentration. Ces paramètres détermineront également la taille et l'épaisseur des galettes de fioul formées (de la gouttelette à la plaque de fioul de plusieurs dizaines de mètres de long, d'une couche très fine au manteau épais de plusieurs centimètres d'épaisseur).

COMPOSITION : C'est un mélange de nombreux hydrocarbures provenant de la décomposition d'organismes marins vivant il y a plusieurs millions d'années. La composition du pétrole dépend du lieu d'où il est extrait : il y a actuellement une centaine de bruts différents sur le marché pétrolier. On distingue trois catégories d'hydrocarbures présents dans les fractions du brut distillant entre 20 et 200°C : les [alcanes](#) ou [paraffines](#) (18 à 65 %), les [cycloalcanes](#) ou [naphènes](#) (25 à 90 %) et des composés aromatiques (jusqu'à 15 %). Il n'y a pas d'[alcènes](#) (oléfines) ni d'[alcynes](#). D'autres éléments sont souvent présents dans le pétrole : le soufre, l'azote, des métaux. Il contient très peu d'oxygène.

On nomme les pétroles en fonction de leur densité par rapport à l'eau : ils sont légers si leur densité est inférieure à 0,8 et lourds si leur densité est supérieure à 1.

2) Le déversement et la propagation des nappes de fioul

a) Origine des pollutions.

Les marées noires telles que celles du Torrey Canyon, échoué au large des côtes de Bretagne en 1967 ou de l'Exxon Valdez, à Prince William Sound (Alaska) en 1989, ont à l'époque fait la une des journaux, avec des images déchirantes d'oiseaux et de plages recouverts de pétrole. Mais du fait en partie d'une législation mondiale, la navigation n'est plus responsable que de 10 pour cent environ de la pollution océanique - causée notamment par l'immersion (illégale) de déchets et de gazole usé. En effet, la pollution des mers est, pour l'essentiel, d'origine [tellurique](#) (70 à 75 pour cent). Soixante pour cent environ de la pollution par les hydrocarbures est due, par exemple, au déversement, dans les canalisations urbaines, d'huile à moteur usée, le pourcentage relatif à la navigation n'étant que de 25 pour cent.

b) Les facteurs de propagation.

Des **facteurs climatiques** entrent en jeu dans la dispersion et la propagation des nappes de fioul :

- le vent et les courants peuvent déplacer les nappes sur des distances plus ou moins importantes.

Dans le cas de l'ERIKA, c'est un fort vent de Sud Ouest qui rabattra les nappes vers les côtes.

- les vagues brassent constamment la surface de la mer et une partie du fioul passe en [émulsion](#) (fines gouttelettes de fioul dans l'eau, un peu comme le vinaigre dans l'huile d'une vinaigrette). Il est alors véhiculé par les courants marins.

Ces facteurs climatiques couplés aux propriétés physico-chimiques du polluant déterminent l'étendue de la pollution et la rapidité avec laquelle ces produits vont atteindre les côtes.

3) La dissipation de la marée noire : L'élimination du polluant.

L'élimination du fioul déversé sur les côtes est longue et se fait de manière naturelle d'une part, et avec l'aide de l'homme d'autre part.

Plus la participation de l'homme est importante et plus la disparition du fioul se fera rapidement.

Par contre, et il est très important de le signaler, l'élimination du polluant par l'homme doit se faire de façon organisée et réfléchie pour ne pas causer encore plus de dommages aux écosystèmes côtiers.

-L'élimination du fioul :

Cette élimination est progressive et se fait de différentes façons :

- par dispersion.
- par [oxydation](#) au contact de l'oxygène de l'air et de l'eau (beaucoup plus lente que la première).
- par [biodégradation](#) par des bactéries qui consomment certains composants du fioul.

C'est une [oxydation](#) biologique.

Ces différents modes d'élimination du polluant agissent plus ou moins rapidement en fonction de l'endroit où s'est fixé le fioul.

Sur une côte rocheuse :

La partie du fioul déposée sur les rochers reste exposée à l'action oxydante et desséchante de l'air à marée basse. Elle se trouve également dans une zone constamment sous l'action des vagues. Cela favorise sa dispersion et son [oxydation](#).

Pour le fioul qui s'est déposé dans les cavités rocheuses ou sous les rochers la dispersion est moindre et l'[oxydation](#) par l'air est plus réduite. Sa disparition sera beaucoup plus longue.

Sur une plage ou une vasière :

Lorsqu'il s'enfouit le pétrole se retrouve à l'abri des principaux agents de dégradation et son élimination est alors très ralentie. Il peut ainsi séjourner plusieurs années sans être soumis à l'action décapante des vagues ou à l'[oxydation](#) par l'air.

Tout au long de cette période d'enfouissement il continue d'agir sur les différents écosystèmes notamment par diffusion lente de certains de ses composés toxiques. Il reste dangereux pour la zone ainsi contaminée.

En surface le pétrole est plus rapidement dégradé car il reste soumis à tous les agents de dégradation (biologique ou non).

Une partie du fioul arrivé sur le littoral est enlevé par l'homme.



Les conséquences d'une pollution par hydrocarbure en milieu marin.

Effets sur la biocénose (êtres vivants) et le biotope(milieu de vie).

Effets sur les communautés d'oiseaux

Lorsque les oiseaux de mer sont fortement contaminés par les produits pétroliers, l'air emprisonné entre leurs plumes est éliminé et la perte de flottabilité qui en résulte provoque leur mort par noyade. La plupart des cadavres des oiseaux mazoutés n'atteignent jamais le rivage, il coulent après un temps de dérive variant selon les espèces et les conditions météorologiques.

Dans le cas de contaminations moins sévères, par exemple lorsque seules les plumes de la poitrine absorbent du pétrole, le poids du corps est augmenté de 7 à 25 p. 100. Cette augmentation contribue à l'épuisement physique des oiseaux souillés. La contamination même minimale des plumes assurant le vol empêche ces dernières de glisser aisément les unes sur les autres lorsque les ailes changent de forme durant le vol. L'augmentation du poids du corps et la modification des propriétés aérodynamiques des ailes peuvent irrémédiablement affecter leurs capacités à rechercher leur nourriture et expliquent l'amaigrissement de nombreux oiseaux échoués, bien que ces derniers ne soient parfois que très légèrement contaminés.

L'élimination de l'air emmagasiné entre les plumes



conduit à la perte de l'isolation thermique, cas qui peut se présenter partiellement lors de contaminations pétrolières ou lors du traitement des oiseaux avec des produits nettoyants.

Le nettoyage des oiseaux mazoutés n'assure généralement pas leur rétablissement. Une contamination importante se présente lorsque l'animal nettoie ses plumes ; les oiseaux mazoutés peuvent ingérer quotidiennement jusqu'à 7 ml de pétrole par kg.

Pour l'Atlantique et la mer du Nord, on a estimé que 150.000 à 450.000 oiseaux étaient détruits chaque année du fait de la pollution chronique pétrolière. Le "mazoutage" est susceptible d'empêcher la reproduction ou, lorsque celle-ci est encore possible, la ponte peut être stérile lorsque la coquille des œufs est engluée. Certains constituants du fuel peuvent pénétrer la coquille et arrêter le développement des embryons.

Effets sur les poissons, huîtres, moules et crevettes

Les huîtres accumulent moins les hydrocarbures que les moules du fait de leur aptitude à se fermer pendant des périodes assez longues lorsqu'elles sont soumises à une agression d'agents chimiques toxiques. Les moules, par contre, ne peuvent empêcher les polluants de pénétrer par l'intermédiaire de l'ouverture byssale (fine ouverture autour du filament qui leur permet de se fixer). Cette différence de comportement des deux mollusques peut être mise en évidence par l'observation du taux de mortalité. L'huître résiste généralement bien à une contamination par hydrocarbures. Les mortalités constatées sont beaucoup plus importantes chez la moule, pouvant dépasser 70 pour 100 dans certains cas.

Recouverts de mucus, les poissons sont plus résistants à un engluement éventuel que les oiseaux marins. Toutefois, leurs muqueuses branchiales étant particulièrement sensibles, des troubles respiratoires peuvent se présenter en cas de pollution. Ainsi, lorsque des alevins (jeunes poissons) de saumon rose sont exposés à différents produits pétroliers, on observe, pour des concentrations de l'ordre du mg/l, une augmentation du rythme respiratoire, principalement imputable aux composés aromatiques.

Les poissons peuvent également être atteints par la pollution pétrolière en consommant des organismes contaminés ou en cherchant leur nourriture dans des zones polluées. C'est ainsi qu'on a trouvé des résidus goudronneux dans l'estomac du balaou (poisson vivant dans les mers tropicales).

Les animaux contaminés étant plus aisés à capturer, certains poissons tels que la plie (ou carrelet, poisson comestible) s'en nourrissent préférentiellement.

Les hydrocarbures pétroliers conduisent souvent à des altérations cutanées, telles que des [nécroses](#) ou des tumeurs après destruction des muqueuses. Au niveau des comportements de groupe (reproduction, migrations), les populations de poissons peuvent être touchées de façons très variées : pollution des voies d'accès aux frayères (lieux où la femelle dépose les œufs et où le mâle les féconde), altération de la fécondité ou du comportement lors du [frai](#), contamination des frayères, modification ou destruction de la nourriture des larves et des alevins.



Effets sur les autres organismes vivant en mer

Les organismes marins qui accumulent les hydrocarbures pétroliers après exposition à des composants pétroliers variés présentent beaucoup d'intérêts du fait des graves conséquences de cette accumulation pour l'environnement marin et la santé humaine.

- Les organismes planctoniques

Les organismes planctoniques étant solidaires des masses d'eau (dans lesquelles ils sont en suspension), sont particulièrement vulnérables aux déversements pétroliers car ils ne peuvent éviter les zones contaminées. Les algues unicellulaires du phytoplancton ou plancton végétal constituent les principaux producteurs primaires des océans. Le zooplancton qui s'en nourrit est également un maillon critique puisqu'il alimente les poissons, les mammifères marins et les oiseaux. Toute altération affectant le plancton se répercutera sur les niveaux trophiques plus élevés (les organismes auxquels il sert de nourriture).

-Le phytoplancton

Du fait de la différence de sensibilité entre les espèces, le pétrole agit en détruisant les processus sélectifs naturels et conduit même, pour de faibles doses, à une altération du phytoplancton. La modification des communautés et la possibilité d'incorporation d'hydrocarbures dans les cellules des algues atteint directement les herbivores. Effectivement, la dépendance des herbivores vis-à-vis des différentes espèces d'algues phytoplanctoniques et de la taille de ces dernières est très sélective. Beaucoup d'herbivores étant des stades larvaires d'invertébrés et de vertébrés, toute modification au niveau des communautés de phytoplancton se répercutera sur tous les niveaux de la chaîne alimentaire.

-Le zooplancton

Le zooplancton comprend, non seulement les larves et adultes des animaux qui passent la totalité de leur existence sous forme planctonique, mais aussi saisonnièrement les œufs et les larves des invertébrés benthiques (fixés au fond, ils migrent à maturité).

L'ingestion d'hydrocarbures par le zooplancton constitue également une voie possible de pénétration dans la chaîne alimentaire.

-Le peuplement des rochers

A la surface des rochers, le pétrole a une action mécanique sur les animaux littoraux ; ceux-ci sont étouffés ou très perturbés. Il a également une action toxique directe.

Les grandes algues brunes possèdent une pellicule mucilagineuse qui n'est pas facilement traversée par les hydrocarbures ; toutefois, alourdies par le pétrole, elles peuvent être déchirées par l'action des vagues.

Les déversements pétroliers sont donc susceptibles de modifier l'ensemble de l'écologie des zones rocheuses intertidales (situées dans la zone d'oscillation de la marée) qui se présentent comme un équilibre fragile entre la fixation et la croissance des algues marines et le broutage dû aux herbivores.



DOCUMENT 4 Composés organiques oxygénés

6.1. Présentation

LES GROUPEES CARACTERISTIQUES EN CHIMIE ORGANIQUE CARACTERISATION DE QUELQUES GROUPEES FONCTIONNELS

I/ Les familles étudiées

On dispose des composés organiques suivants :

éthanal : C_2H_4O

propanone : C_3H_6O

acide acétique (ou éthanoïque) : $C_2H_4O_2$

ethanol butan-2-ol 2-méthylpropan-2-ol

Donner la formule semi-développée de chaque produit chimique. Entourer le groupement caractéristique et donner le nom de la famille qu'il représente.

II/ La fonction carbonyle

1) Test à la 2,4DNPH

- Rappeler ce qu'est un groupe carbonyle.
- Parmi les produits dont on dispose, lesquels sont concernés? Quelle sont les deux familles ayant cette fonction carbonyle ?
- Dans trois tubes à essais, introduire environ 1 mL de 2,4 DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine). Y ajouter respectivement, goutte à goutte, de l'éthanal, de la propanone et de l'éthanol. Noter vos observations et conclure.

Test à la 2,4 DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine)



2) Tests spécifiques à la fonction aldéhyde

a) Test à la liqueur de Fehling

- Rappel : le glucose a pour formule brute $C_6H_{12}O_6$ et pour formule semi-développée $CH_2OH - (CHOH)_4 - CHO$. Le glucose contient donc la fonction aldéhyde.
- Introduire dans un tube à essais environ 2 mL de liqueur de Fehling et 2 mL de solution de glucose. Chauffer doucement le mélange en agitant. Noter vos observations et conclure.

Test à la liqueur de Fehling



b) Test avec le réactif de Tollens

Préparation du réactif de Tollens

Dans un tube à essais contenant 1 mL de solution de nitrate d'argent ($C = 0,3 \text{ mol.L}^{-1}$), ajouter goutte à goutte de la solution d'ammoniaque ($C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$). On obtient d'abord un précipité brun d'oxyde d'argent Ag_2O . Continuer tout en agitant, à ajouter goutte à goutte de l'ammoniaque jusqu'à disparition complète du précipité.

Expérience

Au réactif de Tollens préparé précédemment, ajouter 1 mL de solution de glucose, agiter délicatement et mettre le tube à essais au bain-marie (60°C) pendant quelques minutes. Noter vos observations et conclure.

III Propriétés acido-basiques de certains composés organiques

Les acides carboxyliques

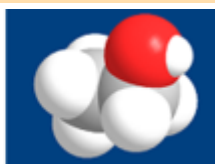
- Dans un tube à essais contenant environ 2 mL d'acide acétique, ajouter quelques gouttes de B.B.T. Noter vos observations et conclure.

IV/ Les alcools

- On va utiliser de l'éthanol, donner sa classe.
- Dans un tube à essais contenant 2 mL environ d'éthanol; ajouter une goutte de solution aqueuse de permanganate de potassium acidifiée. Noter vos observations et conclure.

6.2. Obtention de l'éthanol à partir de l'éthylène

Éthanol



Structure chimique de l'éthanol

Général

Formule brute	C₂H₆O
Nom IUPAC	Éthanol
Apparence	liquide incolore

Propriétés physiques

Masse moléculaire	46,069
Température de fusion	158,2 K (−114,4°C)
Température de vaporisation	351,5 K (78,4°C)
Solubilité	Complète dans l'eau et les solvants polaires et apolaires (acétone , Éther).
Densité	0,789 (liquide)
Température d'auto-inflammation	425°C DIN 51794
Point d'éclair	12,8°C (95 %)
Limites d'explosivité dans l'air	Inférieure : 3,5 Vol% Kohn-Birett Supérieure : 15 Vol% Kohn-Birett

Précautions

Inhalation	ébrioité, nausée, vomissements
Peau	aucun effet
Yeux	dangereux
Ingestion	ébrioité, nausée, vomissements, coma éthylique (pouvant entraîner la mort)
Autres infos	inflammable lorsque la concentration atteint plus de 40%

L'**éthanol**, ou **alcool éthylique**, est un [alcool](#), possédant la structure semi-développée suivante : CH₃-CH₂-OH

L'éthanol est usuellement désigné par l'abréviation **EtOH**. C'est un liquide incolore, miscible à l'eau en toutes proportions.

On l'appelle souvent simplement « alcool », car l'éthanol est l'alcool qui se retrouve dans toutes les boissons alcoolisées. Dans la pharmacopée européenne, **éthanol** désigne l'**éthanol absolu**, c'est-à-dire pur à 100 %, alors que **alcool Ph. Eur.** désigne l'éthanol contenant une certaine quantité d'eau. Ses synonymes sont esprit de vin, alcool de grain. L'[alcoolisme](#) est la

consommation excessive de boissons contenant de l'éthanol et ses conséquences néfastes en font un fléau historique.

Historiquement, l'éthanol a été produit par [fermentation](#) directe de [sucres](#) naturels : la production de [vin](#) ou de [bière](#) fermentée est attestée dans l'empire [babylonien](#) dès [3000 av. J.-C.](#) Les premières obtentions pures sont probablement dues aux [alchimistes perses](#) qui développèrent l'art de la [distillation](#) au VIII^e et IX^e [siècle](#) siècle de l'ère chrétienne.

On le fabrique aussi industriellement par hydratation de l'[éthylène](#).

L'éthanol est utilisé comme intermédiaire de synthèse dans l'industrie chimique et comme solvant. C'est aussi un désinfectant.

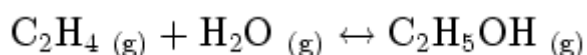
En Amérique du Nord et surtout au Brésil, certaines [essences](#) disponibles à la pompe peuvent comporter jusqu'à 20 % d'éthanol et portent le nom d'*ethanol blend*.

En France, le gouvernement a lancé officiellement fin 2006 l'[E85](#), un mélange de 85 % d'éthanol et de 15 % d'[essence](#) comme [agrocarburant](#). Il devrait être disponible dans plusieurs centaines de stations de service d'ici la fin de l'année 2007.

Production industrielle d'éthanol

Par hydratation catalytique directe de l'éthylène

La synthèse de l'éthanol par hydratation de l'éthylène repose sur la réaction suivante :



La variation d'[enthalpie](#) liée à cette réaction est $\Delta_R H = -43,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Pour obtenir un rendement à l'équilibre satisfaisant (usuellement compris entre 7 % et 22 %), cette réaction nécessite d'être [catalysée](#). La majorité des catalyseurs décrits dans la littérature technique présentent un caractère acide. On citera notamment l'[acide phosphorique](#) et l'acide silicotungstique. Ces catalyseurs imprègnent généralement un support poreux.

Le produit final de l'hydratation de l'éthylène est un mélange contenant entre 10 % et 25 % d'éthanol en poids. Des distillations successives seront donc nécessaires pour obtenir un mélange plus concentré. Au final, les conditions optimales pour la réalisation de cette réaction d'hydratation dépendent grandement du catalyseur utilisé, des caractéristiques du [réacteur](#) et des qualités du produit de départ.

Par hydratation indirecte de l'éthylène

La production d'éthanol par hydratation indirecte de l'éthylène fait intervenir un mécanisme réactionnel plus complexe avec deux grandes étapes : un ensemble de réactions d'[estérification](#) puis d'[hydrolyse](#). Ce procédé consomme des grandes quantités d'[acide sulfurique](#) et nécessite en entrée un mélange gazeux de bonne qualité.

Production d'éthanol à partir de la biomasse

Dans ce cas, on parle de [bioéthanol](#). La majorité du bioéthanol produit aujourd'hui provient du traitement des plantes sucrières ([betterave](#), [canne à sucre](#), ...) ou des céréales ([maïs](#), [blé](#), ...).

D'autres filières existent cependant, notamment la production de bioéthanol (dit bioéthanol cellulosique) à partir de déchets végétaux (sciure de bois, paille de blé, ...). Le procédé le plus élaboré dans ce domaine est actuellement celui développé par l'entreprise canadienne [Iogen Corporation](#).

Prix de la terre

En 2007, il fut révélé que la consommation de l'éthanol au Brésil faisait radicalement augmenter le prix de la terre et le coût de production du maïs, du lait, du sucre et de la viande. Les producteurs d'éthanol comme [Archer Daniels Midland](#) ont suscité les critiques de chercheurs qui craignent une éventuelle [famine](#) en raison d'une hausse probable du prix de la nourriture et de la [monoculture](#) du sol, ce qui oblige aux producteurs d'importer les aliments essentiels.

6.3. Oxydation de l'éthanol en éthanal

BUT DE L' ETUDE

Montrer, par identification des produits de réactions, que les alcools s'oxydent différemment selon leur classe.

1. Les alcools primaires

Un alcool est **primaire**, si le carbone fonctionnel (carbone portant le groupement fonctionnel hydroxyde -OH) est lié à ____ **groupement alkyle**.

La formule générale d'un alcool primaire est :

OXYDATION MENAGEE DES ALCOOLS

1. Définition

Une **oxydation ménagée** est

Pour oxyder les alcools, on utilisera une solution de permanganate de potassium (K^+ ; MnO_4^-), acidifiée par de l'acide sulfurique H_2SO_4 concentré.

2. Oxydation des alcools primaires, l'oxydant étant en défaut

☐ Expérience

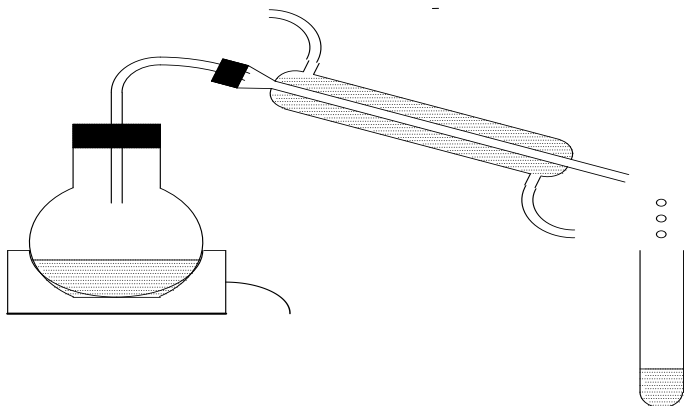
On réalise l'oxydation ménagée de l'éthanol à l'aide du montage suivant

Mettre dans le ballon :

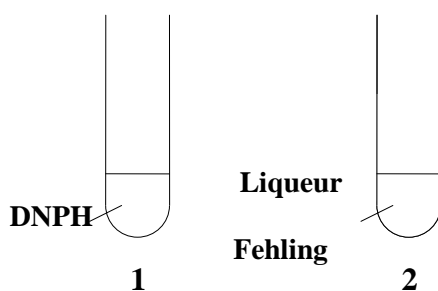
- 15 mL de solution oxydante acidifiée de permanganate de potassium à 0,02 mol/L (éprouvette)
- 5 mL d'éthanol

Mettre en fonctionnement le chauffe-ballon et porter à ébullition très douce le mélange. Recueillir le produit qui distille dans le tube récepteur jusqu'à une hauteur de 2 à 3 cm.

Observer la coloration du mélange réactionnel au bout de quelques minutes.



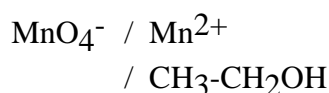
☐ Caractérisation du produit d'oxydation obtenu



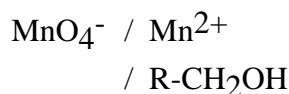
- Dans le tube à essai ① contenant environ 1 mL de DNPH, verser quelques gouttes du produit d'oxydation. Observer et conclure.
- Dans le tube à essai ② contenant environ 3 mL de liqueur de Fehling, verser 3 mL du produit d'oxydation. Placer le mélange au bain marie. Observer et conclure.

☐ Conclusion

☐ Equation bilan de l'oxydation ménagée de l'éthanol (oxydant en défaut)



☐ Equation bilan de l'oxydation ménagée d'un alcool primaire (oxydant en défaut)



6.4. Estérification – Hydrolyse des esters

Propriétés des réactions d'estérification et d'hydrolyse
--

I. Réaction d'estérification entre l'acide éthanóïque et l'éthanol.

1. Préparation du mélange réactionnel.

- Verser dans un ballon de 250 mL :
 - a. 20 mL d'acide éthanóïque pur (sous hotte aspirante)
 - b. 20 mL d'éthanol pur (95%)
 - c. 1 mL d'acide sulfurique pur
 - d. 2 ou 3 morceaux de pierre ponce

2. Titrage de la quantité totale (mol) d'acide présent dans l'état initial.

- Prélever 4 mL du mélange et verser-le dans un bécher.
- Ajouter un peu d'eau distillée (environ 40 mL) afin d'effectuer correctement le dosage.
- Ajouter quelques gouttes de phénolphthaléine.
- Dosier avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 1 \text{ mol.L}^{-1}$
- En déduire la quantité totale d'acide présent dans l'état initial contenu dans la prise de 4 mL.

3. Réalisation de la réaction d'estérification.

La réaction est lente, on considère qu'elle ne démarre pas significativement tant que l'on ne chauffe pas.

- Adapter sur le ballon un réfrigérant afin de réaliser un montage au reflux. (voir livre).

- Chauffer à reflux modéré (thermostat 4) pendant 1 heure.
4. Dosage de la quantité d'acide présent dans l'état correspondant à la date $t = 60$ min.
- Prélever 4 mL du mélange réactionnel à la date $t = 60$ min et ajouter environ 20 mL d'eau distillée froide.
 - Appliquer la même méthode qu'en (2).
 - En déduire la quantité d'acide présent dans la prise de 4 mL à la date $t = 60$ min.
 - En déduire la quantité d'ester présent à cette date.

QUESTIONS SUR L'ESTERIFICATION

- Compléter le tableau d'évolution du système suivant :

	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOC ₂ H ₅	H ₂ O
Etat initial (mol)				
Etat intermédiaire (mol)				
Etat final (mol) 60 min				
Etat final (mol) si la réaction était totale				

- Pourquoi chauffe-t-on ?
- Quel est le rôle de la pierre ponce ?
- Quelle espèce chimique joue le rôle de catalyseur dans cette expérience ?
- Pourquoi verse-t-on le prélèvement dans l'eau froide ?
- Calculer l'avancement maximal de cette réaction.
- En déduire le taux d'avancement final de la réaction d'estérification.
- Comparer les taux d'avancement finaux des deux expériences et interpréter.
- La réaction est-elle limitée ?
- Calculer le rendement de cette réaction, sachant que le rendement est égal au rapport

$$\frac{n_{\text{expérience}}}{n_{\text{théorique}}}$$

$$n_{\text{théorique}}$$

- Diverses expériences ont montré que le taux final d'avancement de cette réaction est égal à 0,67, la réaction réalisée a-t-elle atteint son état d'équilibre ?

Données :

$d_{\text{acide éthanóique}} = 1,04$	$M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$
$d_{\text{ethanol}} = 0,8$	$M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$
$d_{\text{ethanoate d'éthyle}} = 0,9$	$M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$

II. Réaction d'hydrolyse l'éthanoate d'éthyle et l'eau.

1. Préparation du mélange réactionnel.

- Verser dans un ballon de 250 mL :
 - 30 mL d'éthanoate d'éthyle pur.
 - 5,4 mL d'eau distillée.
 - 1 mL d'acide sulfurique pur.
 - 2 ou 3 morceaux de pierre ponce

2. Dosage de la quantité totale (mol) d'acide présent dans l'état initial.

- Prélever 4 mL du mélange et verser-le dans un bécher.
- Ajouter un peu d'eau distillée (environ 40 mL) afin d'effectuer correctement le dosage.
- Ajouter quelques gouttes de phénolphaléine.
- Doser avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$
- En déduire la quantité totale d'acide présent dans l'état initial contenu dans la prise de 4 mL.

3. Réalisation de la réaction d'hydrolyse.

La réaction est lente, on considère qu'elle ne démarre pas significativement tant que l'on ne chauffe pas.

- Adapter sur le ballon un réfrigérant afin de réaliser un montage au reflux. (voir livre).
- Chauffer à reflux modéré (thermostat 4) pendant 1 heure.

4. Dosage de la quantité d'acide présent dans l'état correspondant à la date $t = 60$ min.

- Prélever 4 mL du mélange réactionnel à la date $t = 60$ min et ajouter environ 20 mL d'eau distillée froide.
- Appliquer la même méthode qu'en (2).
- En déduire la quantité d'acide présent dans la prise de 4 mL à la date $t = 60$ min.
- En déduire la quantité d'ester restant à cette date.

QUESTIONS SUR L'HYDROLYSE

- Compléter le tableau d'évolution du système suivant :

	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	H_2O	CH_3COOH	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Etat initial (mol)				
Etat intermédiaire (mol)				
Etat final (mol) 60 min				
Etat final (mol) si la réaction était totale				

- Pourquoi chauffe-t-on ?
- Quel est le rôle de la pierre ponce ?
- Quelle espèce chimique joue le rôle de catalyseur dans cette expérience ?
- Pourquoi verse-t-on le prélèvement dans l'eau froide ?
- Calculer l'avancement maximal de cette réaction.
- En déduire le taux d'avancement final de la réaction d'estérification.
- Comparer les taux d'avancement finaux des deux expériences et interpréter.
- La réaction est-elle limitée ?
- Calculer le rendement de cette réaction, sachant que le rendement est égal au rapport

$n_{\text{expérience}}$

$n_{\text{théorique}}$

- Diverses expériences ont montré que le taux final d'avancement de cette réaction est égal à 0,33, la réaction réalisée a-t-elle atteint son état d'équilibre ?

Données :

$d_{\text{acide éthanique}} = 1,04$	$M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$
$d_{\text{ethanol}} = 0,8$	$M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$
$d_{\text{ethanoate d'éthyle}} = 0,9$	$M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$

(Projet)

Titre : Réalisation d'une source de tension électrique continue stabilisée

1- Élément de planification

1.1. Durée

1.2. Connaissances et techniques

DOMAINE : Electricité- Electronique		
Connaissances et techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Connaissances techniques exigibles (évaluations)
<p>1-Le champ électrostatique</p> <p>a) Le vecteur champ électrostatique en un point de l'espace</p> <p>b) Cas particulier d'un champ électrique uniforme</p>	<p>-Il s'agit ici de poursuivre l'étude de l'électricité abordée en classe de seconde par l'électrostatique qui est l'étude des charges électriques immobiles</p> <p>-Le professeur aidera les élèves à aborder le vecteur champ électrostatique en un point de l'espace. A cet effet, on partira d'une charge q₁ placée dans le champ d'une autre charge q₀, à une distance d de q₀; la force électrostatique s'exerçant entre ces deux charges aura pour intensité :</p> $\vec{F}_0 = \vec{F}_1 = \frac{k q_0 \cdot q_1 }{d^2} = q_1 \vec{E}$ <p>-Les particularités du vecteur champ \vec{E} du champ de q₀ en un point distant de d de q₀ seront précisées en fonction du signe de q₀</p> <p>-Le champ électrostatique créé par plusieurs charges ponctuelles en un point distant de d est donné par :</p> $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{i=n} \vec{E}_i$ <p>-Un tel champ électrostatique peut être obtenu en appliquant une tension continue entre deux plaques métalliques planes et parallèles.</p> <p>-Les caractéristiques du champ électrique uniforme seront précisées et on insistera sur l'orientation du vecteur champ \vec{E} en un point de ce champ.</p> <p>-On insistera sur le fait que dans un champ électrostatique uniforme, le travail de la force électrostatique est indépendant du chemin suivi. Ainsi, entre deux points du champ uniforme de vecteur champ \vec{E}, le travail de la force électrostatique \vec{F}e est</p> $W_{AB}(\vec{F}e) = q(V_A - V_B)$	<p>Les situations d'évaluations pourraient s'appuyer sur une partie ou sur l'ensemble des connaissances et techniques ci-après :</p> <p>- Utilisation de l'expression donnant l'intensité de la force électrique</p> <p>-Obtention du champ électrostatique uniforme</p> <p>- Caractéristiques du vecteur champ \vec{E} en tout point d'un champ uniforme</p> <p>- Expressions * du travail de la force électrostatique entre deux points du champ uniforme. *de la d.d.p entre deux points</p>

<p>c) Travail d'une force électrostatique dans un champ électrostatique uniforme ; différence de potentiel (d.d.p) ; énergie potentielle électrostatique</p>	<p>-La d.d.p entre les points A et B du champ électrostatique est $V_A - V_B = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = U_{AB}$ -En ce qui concerne l'énergie potentielle électrostatique d'une charge q placée en un point M où le potentiel électrique est V, elle sera définie par l'expression $E_p = qV$ -Un accent particulier sera accordé à l'unité d'énergie appelée électron- volt dont la valeur en joule est $1\text{eV} = 1,6.10^{-19}\text{J}$</p>	<p>* de l'énergie potentielle électrostatique en un point</p>
<p>2- Puissance électrique</p> <p>a) Effet calorifique en régime permanent dans un conducteur ohmique : loi de Joule</p> <p>b) Loi d'Ohm pour un générateur et un récepteur électriques ; puissance électrique fournie ou reçue en régime permanent</p> <p>c) Bilan énergétique dans un circuit électrique : loi</p>	<p>Dans un souci de dégager des considérations générales, il sera abordé les échanges énergétiques dans un dipôle passif ou actif.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il sera ensuite abordé le cas particulier de l'effet joule dans un conducteur ohmique et la puissance thermique apparaissant dans un conducteur ohmique ($\mathcal{P} = RI^2$) - On étudiera les générateurs et les récepteurs électriques ; les caractéristiques intensité-tension seront tracées. - On établira la loi d'Ohm pour un générateur électrique. - Dans les cas qui seront abordés, la f.é.m des générateurs et la f.c.é.m de certains récepteurs (moteurs, électriques, électrolyseurs à anode soluble...) seront considérées comme constantes. - Le régime permanent sera défini comme un régime dans lequel l'intensité est jugée constante durant le fonctionnement des appareils. - Le sens du courant dans un générateur ou un récepteur électrique sera matérialisé par une flèche et ce sens sera pris positivement ; ainsi, la loi d'Ohm gardera son expression habituelle. - Les cas particuliers des récepteurs électriques que sont les moteurs bloqués et l'électrolyseur à anode soluble seront abordés : ils sont des conducteurs ohmiques de f.c.é.m $E' = 0$ -La loi de Pouillet fournira l'occasion d'une généralisation de tout ce qui a été vu précédemment tant au niveau des conducteurs ohmiques, des générateurs et des récepteurs, c'est-à-dire faire le bilan énergétique dans 	<p>Utilisation des expressions de l'énergie et de la puissance thermiques</p> <p>Etablissement et utilisation de la loi d'Ohm pour un générateur et pour un récepteur électriques.</p> <p>Etablissement et utilisation de la loi de Pouillet</p>

<p>de Pouillet</p> <p>d) Bilan énergétique dans un circuit électrique comportant des composants électroniques</p>	<p>tout le circuit électrique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il faudra remarquer que la loi de Pouillet est appliquée à un circuit ne comportant pas de dérivation - Le professeur invitera les élèves à revenir sur les notions abordées en 2è à propos de certains composants électroniques tels que transistors, diodes, amplificateurs opérationnels (A.O), diodes électroluminescentes (LED), photorésistors, etc -Un accent particulier sera accordé à l'A.O et au transistor, à leur utilité et leurs conditions de fonctionnement. Le bilan énergétique ne se fera que dans des cas simples : transistors et A.O 	<p>Bilan énergétique dans un circuit comportant des composants électroniques tels que transistors, amplificateurs opérationnels</p>
<p>3- Les condensateurs</p> <p>a) Charge et décharge d'un condensateur.</p> <p>b) Association de condensateurs en série et en parallèle</p> <p>c) Energie emmagasinée dans un condensateur</p>	<p>-On fera une étude expérimentale qualitative de la charge et de la décharge d'un condensateur. On réalisera à cet effet un montage approprié à un circuit de charge et de décharge et comportant des conducteurs ohmique de grandes résistances permettant de protéger les condensateurs et un ampèremètre très sensible pour déceler le passage du courant électrique.</p> <p>-Cette étude offre aux élèves l'occasion de remarquer que l'intensité du courant électrique est une grandeur algébrique car le courant de charge est de sens contraire au courant de décharge.</p> <p>-Au cours de la recherche en information sur les condensateurs et leurs associations, les élèves insisteront sur l'utilité de chacune des associations et établiront la relation donnant la capacité équivalente à chaque association. Remarquons qu'il sera accepté que la charge portée par l'un des armatures leur sera prise proportionnellement à la tension appliquée entre ses armatures, soit</p> $Q = C (V_A - V_B)$ <p>avec C = coefficient de proportionnalité = capacité du condensateur exprimée en farads(F).</p> <p>Après avoir montré expérimentalement qu'un condensateur sous tension emmagasine de l'énergie électrique, il sera admis sans démonstration que l'énergie emmagasinée</p>	<p>-Montage pour charge et décharge d'un condensateur</p> <p>-Etablissement et exploitation de la relation donnant la capacité équivalente à chaque type d'association. de condensateurs</p> <p>-Utilisation des expressions de l'énergie emmagasinée dans un condensateur</p>

<p>d) Montage dérivateur ou intégrateur ; utilisation des circuits intégrés linéaires supposés parfaits</p> <p>4- Réalisation d'une alimentation continue stabilisée</p>	<p>dans ce condensateur est donnée par l'expression : $E = \frac{1}{2}QU$ avec</p> <p>Q = charge du condensateur (C) U = valeur absolue de la tension électrique aux bornes du condensateur (V) E = énergie en joules (J)</p> <p>Les autres expressions seront déduites à partir de $Q = CV$, à savoir : $E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CU^2$</p> <p>-Comme il n'est pas sûr que les élèves aient déjà abordé les notions de dérivation et d'intégration en mathématiques, Cette partie offre l'occasion d'une interdisciplinarité où les personnes ressources seront à ce niveau les professeurs de mathématiques.</p> <p>-Il est à noter que les différents montages seront réalisés en TP ; à cet effet, les groupes s'organiseront sous la direction du professeur pour rassembler le matériel approprié dont l'oscilloscope en est l'élément principal.</p> <p>-Une source de tension stabilisée est un générateur délivrant une tension électrique constante parfaitement stable entre ses deux bornes quelle que soit la charge à travers laquelle il débite.</p> <p>-Plusieurs montages permettent d'obtenir une alimentation continue stabilisée. On peut citer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le dispositif utilisant une diode Zéner supposée parfaite ; • le dispositif utilisant successivement : <ul style="list-style-type: none"> * un transformateur ; * un pont de diodes ; * un condensateur de forte capacité; *des régulateurs intégrés de tension 	<p>Réalisation pratique des différents montages et leur utilisation</p>
<p>• Rappel sur transistor de puissance et diode Zéner supposée parfaite</p>	<p>Réactualiser les connaissances et techniques de ces composants électroniques abordés en classe de seconde</p> <p>Remarquer avec les apprenants que lorsque la diode Zéner est polarisée en inverse, la tension de Zéner de la diode est une constante et est alors dite stabilisée.</p>	<p>Réalisation des montages comportant ces composants électroniques.</p>
<p>• Source de tension sinusoïdale</p>	<p>Savoir retrouver les caractéristiques d'une source de tension sinusoïdale (fréquence et période ; tension maximale et tension efficace.)</p>	<p>Exploitation de l'oscillographe d'une tension sinusoïdale en vue de dégager ses grandeurs</p>

		caractéristiques.
<ul style="list-style-type: none"> ● Obtention d'une tension alternative sinusoïde de faible valeur efficace grâce à un transformateur 	Approfondir l'étude du transformateur mais essentiellement sous l'aspect pratique.	Utilisation du transformateur pour abaisser ou élever une tension sinusoïdale.
<ul style="list-style-type: none"> ● Obtention d'une tension redressée à l'aide d'un pont de diodes. ● Obtention d'une tension grossièrement continue à l'aide d'un condensateur de grande capacité : lissage d'une tension redressée. ● Obtention d'une tension continue stabilisée : utilisation de régulateurs intégrés de tension. 	<p>-Faire consulter les documents appropriés ou exploiter les renseignements auprès des personnes ressources pour approfondir les connaissances sur le projet, son utilité et son utilisation.</p> <p>-Les apprenants identifieront de façon pratique l'utilisation du condensateur dans le lissage d'une tension redressée</p> <p>- Etude pratique d'un régulateur intégré de tension</p> <p>- Le professeur aidera les élèves à étudier un régulateur intégré de tension.</p>	<p>- Utilité et utilisation du pont de diodes, du condensateur et du régulateur intégré de tension</p> <p>-Représentation symbolique de ces composants électroniques</p>

ANNEXES DE LA S.A N°3

A- PREPARATION DU PROJET

1- Présentation du projet

Titre du projet : **Réalisation d'une source de tension électrique continue stabilisée**

But du projet : Application des connaissances de base en électricité et en électronique

Durée du projet : A déterminer par le professeur et les élèves

Produit final : Une source de tension continue électrique stabilisée
(comportant des composants électroniques)

Cible : Elèves de première ; professeurs de sciences physiques et toutes autres personnes ressources

Ressources documentaires :

- renseignements sur Internet
- divers documents d'électricité et d'électronique traitant des questions liées au titre de la situation d'apprentissage S.A n°3
- enquête auprès de personnes ressources.

2- Obtention de l'adhésion des élèves au projet

Il s'agit d'amener les élèves à adhérer au projet. Par l'acceptation de leurs amendements, modifications, etc afin que le projet devienne réellement leur chose. A cet effet, il est nécessaire que le professeur identifie complètement le projet par une fiche de présentation appropriée.

3- Bilan des connaissances à mobiliser pour le projet.

Il s'agit de réaliser :

- l'inventaire des connaissances déjà acquises dans le sens de la réussite du projet
- la collecte des connaissances à mettre en place (voir les annexes)

4- Collecte du matériel nécessaire et identification des ressources

5- Identification des moyens (moyens humains, moyens financiers),

6- Organisation du travail, formation des groupes de travail et définition d'un agenda précis.

B- REALISATION

1- Collecte de l'information

Il s'agit à cette étape de consulter les documents traitant de l'électricité et de l'électronique et d'explorer tous les supports susceptibles d'apporter un éclairage à l'élaboration du projet.

2- Traitement de l'information disponible

Il faut sélectionner les informations les plus pertinentes de même que le matériel nécessaire. Dans le souci de réussir cette étape, **les annexes** peuvent être utilisées. Afin de s'approprier les connaissances et techniques susceptibles d'éclairer l'élaboration du projet, le professeur pourra :

- soit orienter efficacement les élèves vers les sources d'informations appropriées;
- soit mettre à la disposition des élèves la documentation appropriée avec des activités d'aides à l'apprentissage ;
- soit organiser en situation de classe les activités d'apprentissage nécessaires.

NB : Ces sous- activités ne doivent pas prendre le pas sur le projet.

3- Réalisation du projet

Il s'agit de fabriquer l'objet (source de tension stabilisée) suivant l'agenda établi à cet effet. Il s'agira de :

- s'informer sur la manière d'agir pour satisfaire le besoin ;
- énoncer une façon provisoire de faire ;
- élaborer une stratégie appropriée à la mise en œuvre de l'action choisie ;
- planifier les différentes activités ;
- exécuter l'action choisie.

C- RETOUR ET PROJECTION

	Moyens
Objectiver les savoirs construits et la démarche suivie	<ul style="list-style-type: none"> - fait le point des savoirs construits - dit comment ces savoirs ont été construits - identifie les réussites et les difficultés rencontrées - dégage les possibilités d'amélioration - échange sur les résultats avec ses camarades
Améliore au besoin sa production	<ul style="list-style-type: none"> - choisit l'une des améliorations possibles en tenant compte des ressources et du temps disponibles - applique la possibilité d'amélioration choisie
Réinvestis les acquis dans une nouvelle tâche d'ordre technologique	<ul style="list-style-type: none"> - énonce les savoirs construits - Identifie les tâches d'ordre technologique de vie courante par rapport auxquelles les savoirs construits et la démarche utilisée sont pertinents - choisit une tâche d'ordre technologique dans la vie courante, - applique les acquis à la tâche d'ordre technologique choisie

Annexes 3 : Quelques photographies et montages



Fig.1 : Modèles de condensateurs

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 222.
Edition 1988

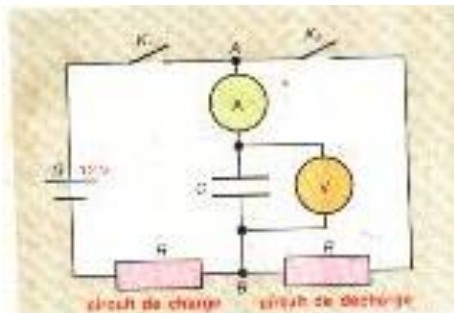


Fig.2 : Etude expérimentale qualitative de la charge et de la décharge d'un condensateur

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 222.
Edition 1988

Fig.3 : Réalisation d'une source de courant continu à l'aide d'un A.O

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 234
Edition 1988

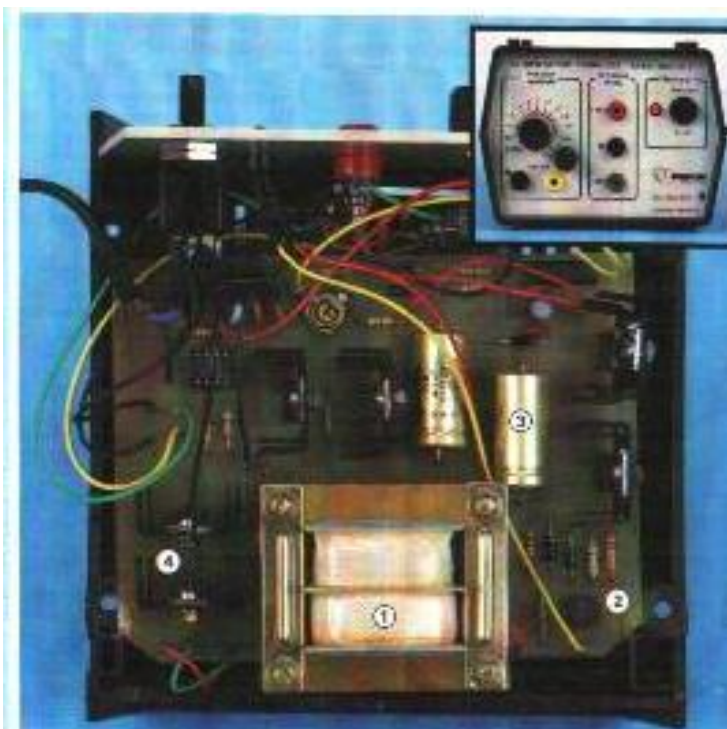
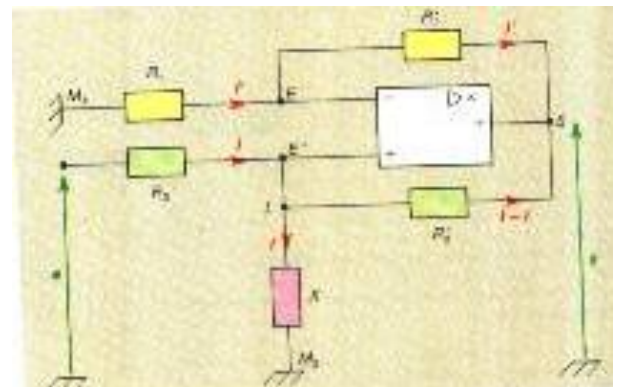


Fig.4 : Intérieur d'une alimentation stabilisée

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 247.
Edition 1988



Fig.5: Un transformateur

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 251.
Edition 1988

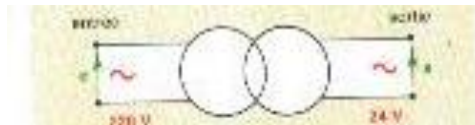


Fig.6: Représentation symbolique d'un transformateur

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 251.
Edition 1988



Fig.7: Un pont de diodes

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 251.
Edition 1988

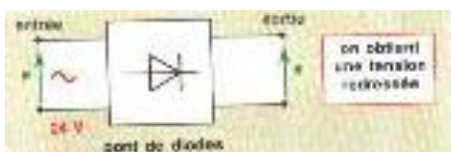


Fig.8: Représentation d'un pont de diodes

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 251.
Edition 1988

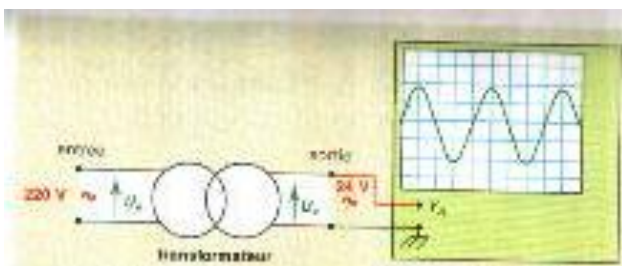


Fig.9: Tension sinusoïdale délivrée par un transformateur

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 252.
Edition 1988

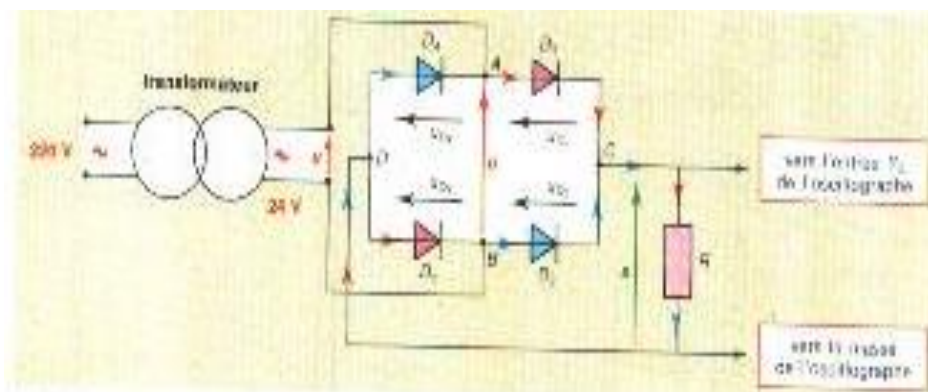


Fig.10 : Pont de diodes alimenté sous une tension sinusoïdale

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 252.
Edition 1988



Fig.11 : Condensateurs électrochimiques:

Source : Adolphe TOMASINO Physique 1^{res} S.E
Collection NATHAN. Page 254.
Edition 1988



Fig.12 : Régulateurs intégrés de tension

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 254.
Edition 1988

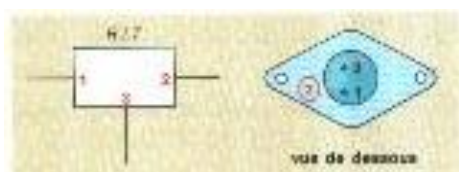


Fig.13 : Représentation d'un régulateur intégré de tension

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 254.
Edition 1988

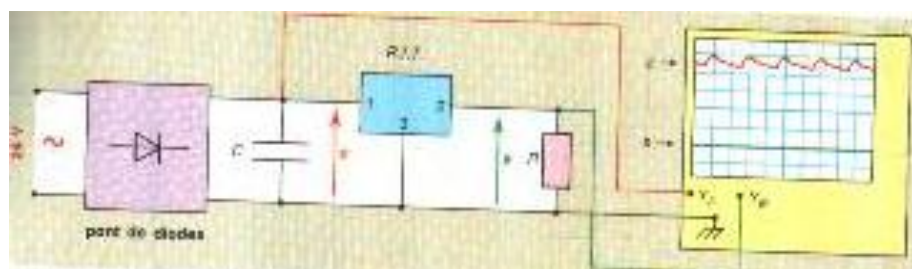


Fig.14 : Schéma d'un montage fournissant une tension électrique continue stabilisée

Source : Adolphe TOMASINO Physique
1^{res} S.E Collection NATHAN. Page 255.
Edition 1988

SITUATION D'APPRENTISSAGE N° 4

Titre : EXPLICATION DE QUELQUES PHENOMENES CHIMIQUES PAR LES REACTIONS CONJUGUEES (OU SIMULTANEEES) D'OXYDATION ET DE REDUCTION

1 -Elément de planification

1.1. Durée

1.2. Connaissances et techniques

Domaine : oxydoréduction		
Connaissances et techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Connaissances et techniques exigibles (évaluation)
1- réactions d'oxydoréduction en solution aqueuse a) Action de solutions acides sur les métaux b) Réaction d'oxydoréduction entre un métal M et un ion métallique M^{n+} c) Notion de couple oxydant-réducteur d) Notion de potentiel d'oxydoréduction	<p>On se limitera au cas des solutions d'acide chlorhydrique et d'acide sulfurique. Les apprenants n'auront pas à traiter des anions oxydant en solution comme l'acide nitrique en solution.</p> <p>A travers des activités d'observation, d'exploitation documentaire et surtout d'expérimentation et dans la logique d'une démarche scientifique le professeur amènera les apprenants à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser l'action de solutions acides sur les métaux et des réactions d'oxydoréduction entre un métal M et un ion métallique M^{n+} • Revoir les tests d'identification des ions métalliques courants. • Ecrire les demi-équations des réactions d'oxydoréduction et les équations bilan avec les ions hydronium H_3O^+. • S'approprier les notions d'oxydation, de réduction, d'oxydant, de réducteur, de couple oxydant/réducteur, de leur notation et de potentiel d'oxydoréduction. On attirera leur attention sur l'écriture $Ox + n e^- \rightleftharpoons Red$ (écriture à ne pas confondre avec l'équation-bilan) et que l'oxydant le plus fort réagit avec le réducteur le plus fort. • Réaliser la classification électrochimique avec les métaux usuels (Al, Zn, Fe, Cu, Ag, Au.) • Réaliser une pile par association de deux couples métalliques ou d'un couple métallique et du couple H_3O^+/H_2. • Mesurer la f.é.m. de la pile à l'aide d'un voltmètre. • Identifier les bornes positive et négative de la pile. • Symboliser la pile par $Red_1/Ox_1//Ox_2/Red_2$. • S'approprier les notions de potentiel standard et savoir que le potentiel du couple H_3O^+/H_2 est égale à 0. • Déterminer le potentiel d'oxydoréduction d'un couple à partir de la f.é.m. d'une pile. 	<p><i>Les situations d'évaluation se pourraient se baser sur une partie ou ensemble des connaissances et techniques suivantes :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • réaliser des réactions entre métaux et une solution d'acide (acide chlorhydrique, acide sulfurique) • Ecrire les demi-équations des réactions d'oxydoréduction et les équations- bilan. • Donner la signification des termes : oxydation, réduction, oxydant, réducteur, couple oxydant/réducteur, oxydoréduction potentiel et potentiel standard. • Réaliser la classification électrochimique. • Réaliser une pile par association de couples. • Mesurer la f.é.m. de la pile à l'aide d'un voltmètre. • Identifier les bornes de la pile et symboliser la pile. • Déterminer le potentiel d'oxydoréduction d'un couple à partir de la

<p>e) Généralisation de la notion du couple oxydant-réducteur – Dosages par réaction d'oxydoréduction</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le tableau des potentiels standards pour prévoir des réactions spontanées et déterminer la f.é.m. d'une pile. <p>A partir des savoirs construits précédemment et toujours dans la logique d'une démarche scientifique et expérimentale, les apprenants pourront reconnaître et utiliser les couples suivants : Cl_2/Cl^- ; I_2/I^- ; NO_3^-/NO ; $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$; $\text{RCHO}/\text{RCH}_2\text{OH}$; RCOOH/RCHO ; $\text{RCOOH}/\text{RCH}_2\text{OH}$.</p> <p>Le professeur peut également construire des activités d'observation, d'expérimentation et ou d'exploitation documentaire qui permettront aux apprenants de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser les dosages des ions Fe^{2+} par les ions MnO_4^- (manganimétrie) et du diiode par l'ion $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. • Repérer la fin du dosage par le changement de couleur. • S'appropriier les termes : dosage et équivalence. • Ecrire à l'équivalence la relation entre les quantités de matière et calculer la concentration molaire de l'espèce donnée. 	<p>f.é.m. d'une pile.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le tableau des potentiels standards pour prévoir des réactions spontanées et déterminer la f.é.m. d'une pile. • Réaliser des dosages. • Repérer la fin du dosage. • S'appropriier les termes : dosage et équivalence.
<p>2) <u>Généralisation de l'oxydoréduction</u></p> <p>a) Exemples de réactions par voie sèche</p> <p>b) Nombre d'oxydation d'un élément</p>	<p>Pour cette étude le professeur partira des réactions d'oxydoréduction usuelles telles que les réactions de combustion du carbone, du soufre, du dihydrogène, de métaux dans le dioxygène, du sodium dans le dichlore, l'aluminothermie, la formation du trioxyde de soufre(SO_3) à partir du dioxyde de soufre(SO_2) ... Il proposera des activités qui permettront aux apprenants de remarquer que de nombreuses réactions de chimie industrielle sont des oxydoréductions par voie sèche.</p> <p>Ils doivent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • S'appropriier les règles relatives à la détermination du nombre d'oxydation(n.o.) d'un élément chimique • utiliser la variation du nombre d'oxydation pour montrer qu'une réaction est une oxydoréduction • citer des exemples de réaction d'oxydoréduction ayant des applications industrielles <p>écrire et équilibrer des réactions d'oxydoréduction (oxydation de l'alcool par exemple)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • S'appropriier les termes : combustion, oxydoréduction par voie sèche, liaison polarisée. • Déterminer le n.o. d'un élément chimique • Utiliser la variation du n.o. pour montrer qu'une réaction est une oxydoréduction • citer des exemples de réaction d'oxydoréduction ayant des applications industrielles.
<p>3) <u>applications de l'oxydoréduction</u></p> <p>a) Électrolyse en solution aqueuse</p>	<p>A travers des activités expérimentales, le professeur amènera les apprenants à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser les électrolyses de l'eau, des solutions aqueuses de dichlorure d'étain, de chlorure de sodium • Caractériser les produits obtenus (Cl_2, OH^-, H_2, O_2, Sn) • Reconnaître qu'à l'anode il y a oxydation et réduction à la cathode • Ecrire les équations des oxydations et des réductions • S'appropriier les termes : pile, accumulateur, «pile rechargeable », «batterie ». Donner la constitution d'une 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître la cathode et l'anode d'un électrolyseur et qu'à l'anode il y a oxydation et réduction à la cathode. • réaliser une électrolyse et caractériser les produits obtenus.

<p>b) Piles électrochimiques</p> <p>c) Corrosion des métaux; cas particulier du fer</p>	<p>pile électrochimique, d'une pile à combustible.</p> <p>Il attirera l'attention des apprenants sur l'importance de l'électrolyse pour la préparation des produits industriels, la purification (galvanostégie), les dépôts métalliques.</p> <p>A travers des activités d'observation d'exploitation documentaire et dans la logique d'une démarche scientifique le professeur amènera les apprenants à :</p> <ul style="list-style-type: none"> -dégager les manifestations et les agents de la corrosion de fer -Citer et justifier un mode de protection électrochimique en utilisant le tableau des potentiels standards. 	<ul style="list-style-type: none"> • écrire les équations aux électrodes. • Donner l'importance pratique de l'électrolyse. • S'appropriier les termes : pile, accumulateur, «pile rechargeable », «batterie ». • Donner la constitution d'une pile électrochimique, d'une pile à combustible. • Donner Manifestations et les agents de la corrosion de fer. • Citer et justifier un mode de protection électrochimique.
---	--	---

1.3. Stratégie d'enseignement/apprentissage

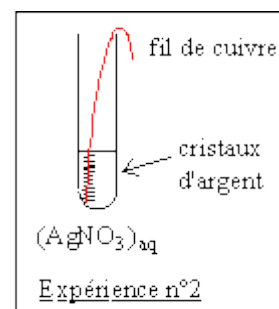
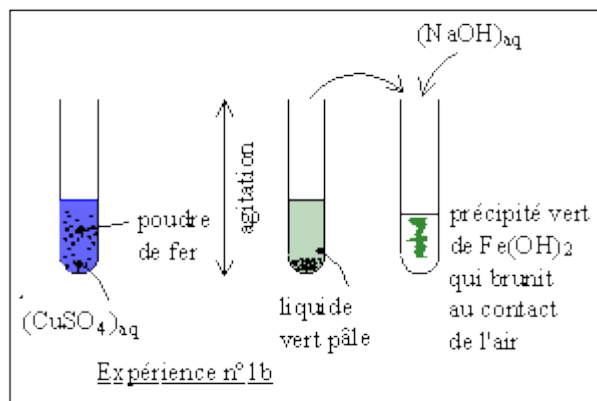
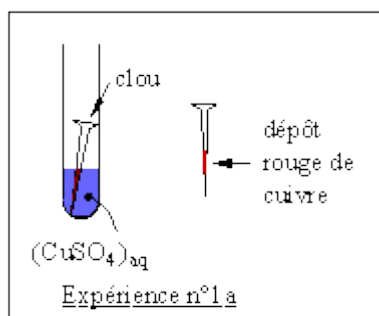
Travail individuel, travail en groupe, travail collectif, exploitation documentaire et résolution de problème.

Document annexe

1 - OXYDORÉDUCTION EN SOLUTION AQUEUSE

EXPÉRIENCE

Un fil de fer plongé dans une solution de sulfate de cuivre se couvre rapidement d'un dépôt rouge : il s'agit de cuivre (et non de rouille, oxyde de couleur différente).

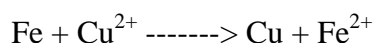


A / INTERPRÉTATION

Les ions Cu^{2+} ont réagi suivant : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$

D'où viennent les électrons ? Remplaçons le fil de fer par de la poudre de fer et agitions le mélange. La couleur bleue caractéristique des ions cuivre(II) en solution aqueuse s'estompe. Le liquide qui surnage est testé avec une solution de soude. Nous obtenons un précipité jaune verdâtre qui brunit (à cause de l'oxygène de l'air dissous dans la solution). Cela montre que la solution contenait des ions fer(II) en abondance. C'est donc le fer qui a fourni les électrons suivant : $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

Le nombre d'électrons donnés et reçus étant le même, le bilan global est :



Nous pouvons dire qu'il y a eu **TRANSFERT D'ÉLECTRONS** du fer vers les ions cuivre.

Expérience complémentaire :

Si nous plongeons un fil de cuivre décapé dans une solution de nitrate d'argent, le fil se couvre de cristaux brillants d'argent tandis que la solution bleuit, mettant en évidence la formation d'ions cuivre(II). Le bilan est ici : $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$. Il y a eu transfert d'électrons du cuivre vers les ions argent.

B / DÉFINITIONS

Oxydation : consiste en une perte d'électrons.

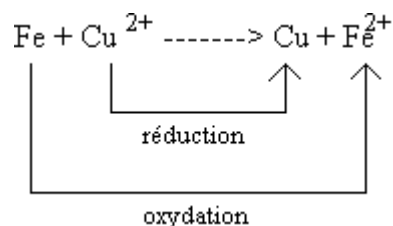
Réduction : consiste en un gain d'électrons.

Comme les électrons ne peuvent ni être créés ni être détruits, toute oxydation s'accompagne d'une réduction : l'oxydant est réduit et le réducteur oxydé.

Ainsi, le métal fer est oxydé par les ions cuivre(II) ; les ions cuivre(II) sont réduits par le métal fer.

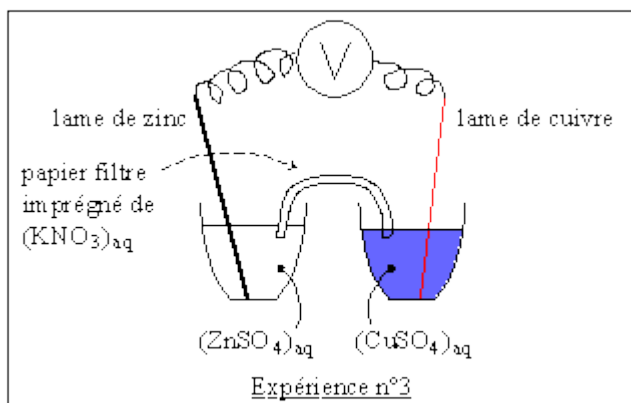
Schématiquement :

Nous dirons que $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ et $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ forment deux couples oxydoréducteurs. Mis en présence l'un avec l'autre, la forme oxydée de l'un oxyde la forme réduite de l'autre. Cela signifie que les ions cuivre(II) sont plus oxydants que les ions fer(II), ou, ce qui revient au même, que le métal fer est plus réducteur que le métal cuivre.



C / CLASSIFICATION. ÉCHELLE D'ÉLECTROPOSITIVITÉ. PILE

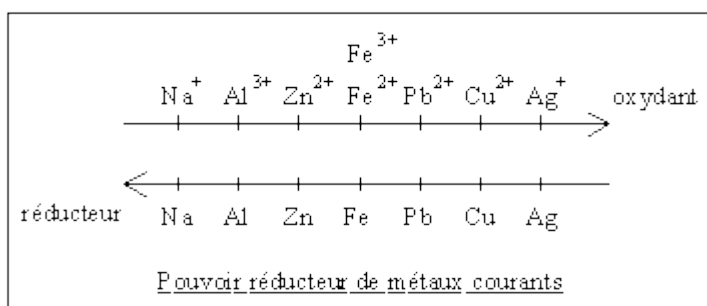
Le cuivre est donc moins réducteur que le fer mais l'est plus que l'argent puisqu'il réduit Ag^+ . Il est donc possible de classer les métaux par pouvoir réducteur croissant.



Pour classer quantitativement les éléments chimiques par pouvoir réducteur croissant, on fabrique des piles telles que celle représentée ci-contre. Une telle pile est constituée de 2 demi-piles où chaque métal est en contact avec sa forme oxydée en solution aqueuse. Dans cet exemple, le zinc est pôle MOINS alors que le cuivre est pôle PLUS. De façon générale, le métal le plus réducteur (qui cède le plus facilement des électrons) sera pôle MOINS. Il faut comprendre que la transformation

chimique se produira lorsque les deux électrodes métalliques seront reliées par un conducteur (passage d'électrons d'un couple à l'autre) avec transformation d'énergie chimique en énergie électrique. La solution de nitrate de potassium qui imprègne le papier filtre n'intervient pas chimiquement ici : elle ne sert qu'à assurer la continuité électrique entre les 2 demi-piles.

Remarque : le classement quantitatif, par mesure des f.é.m. des piles obtenues, suppose une convention sur la concentration des solutions et la pureté de chaque métal servant d'électrode.

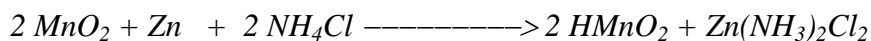


Piles et accumulateurs

Pile Leclanché	1,5 volt	Zn/Zn^{++} et $\text{Mn}^{+++}/\text{Mn}^{++++}$	$0,1 \text{ A.h/cm}^3$
-----------------------	-----------------	---	--

$\text{Zn}(\text{boîtier}) / [\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{++} // \text{HMnO}_2 / \text{MnO}_2 / \text{C}(\text{graphite})$

réaction en fonctionnement :

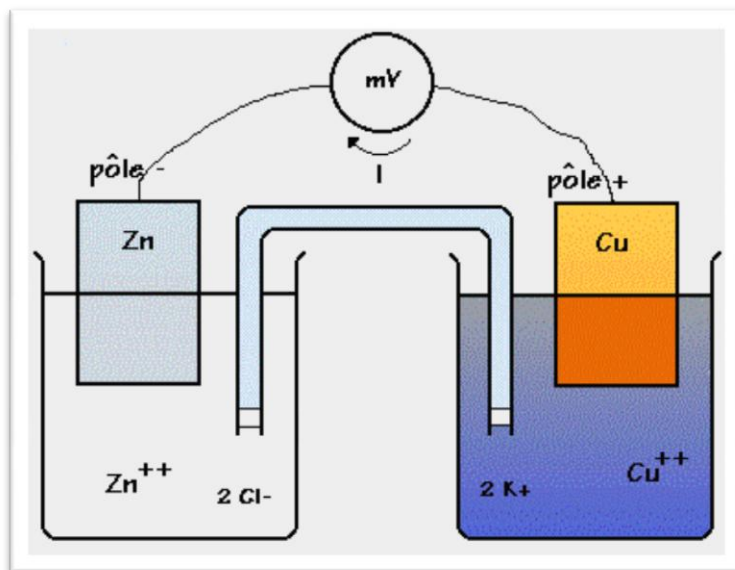


Pile alcaline	1,5 volt	0,3 A.h/cm ³
---------------	----------	-------------------------

Identique à la précédente mais NaOH remplace NH₄Cl. Du mercure est ajouté à ces piles pour former un amalgame avec le zinc. Cet amalgame ralentit l'attaque acide du zinc.

Les piles dites " sans mercure " n'en contiennent pas.

Pile Daniell	1,1 volt	Cu/Cu ²⁺ et Zn/Zn ²⁺
--------------	----------	--



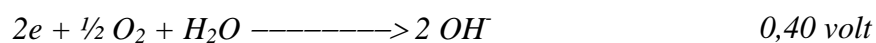
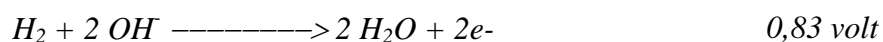
Pile au mercure	Zn/Zn ²⁺ et Hg/Hg ²⁺	0,4 A.h/cm ³
-----------------	--	-------------------------

Avantage : la FEM chute brusquement

réaction en fonctionnement : $\text{Zn} + \text{HgO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{KOH} \longrightarrow \text{Hg} + [\text{Zn}(\text{OH})_4]\text{K}_2$

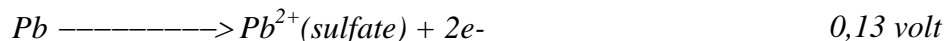
Pile à combustible	1,23 volt	H ₂ /H ⁺ et O ⁻ /O ₂
--------------------	-----------	--

réactions en fonctionnement :



2,1 volt	Pb/Pb ²⁺ et Pb ²⁺ /Pb ³⁺
----------	---

réactions en fonctionnement :



Cette pile fonctionne loin des conditions standards car le sulfate de plomb est très peu soluble donc [Pb⁺⁺] est très faible.

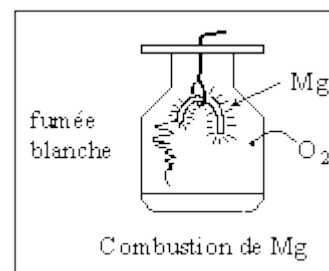
2 - OXYDORÉDUCTION PAR VOIE SÈCHE. APPLICATION À LA SIDÉRURGIE

A / EXEMPLES

1. Combustion du magnésium dans le dioxygène

Nous obtenons un solide blanc de formule MgO suivant l'équation-bilan : $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$

Il est possible de montrer que ce composé est ionique, comme le chlorure de sodium : il contient des ions Mg^{2+} et O^{2-} .



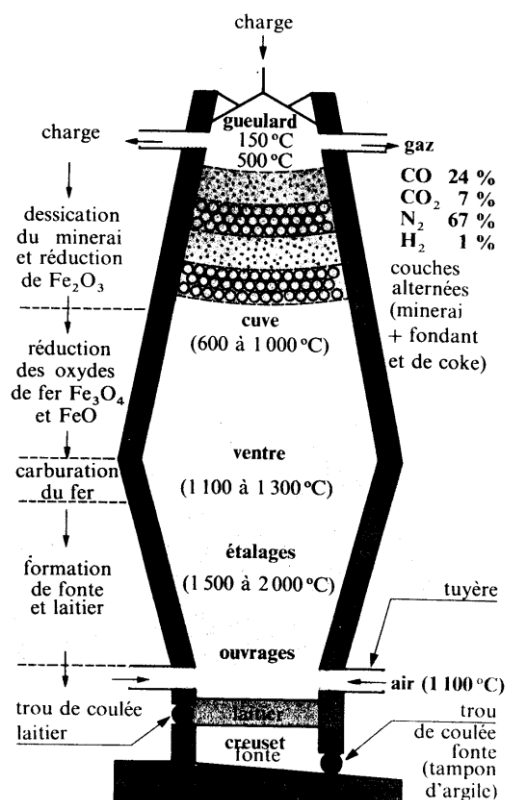
Interprétation

L'élément magnésium, qui a cédé des électrons à l'élément oxygène a été oxydé.

Généralisation

L'oxygène est un élément très avide d'électrons (il est très **électronégatif**). Chaque fois qu'un autre élément réagit avec lui, l'oxygène accapare, au moins partiellement (c'est-à-dire statistiquement), les électrons de liaison. En conséquence : chaque fois qu'un élément ou un composé chimique se combine avec un (nouvel) atome d'oxygène, nous dirons qu'il est **oxydé**.

L'élément chimique le plus électronégatif, donc le plus oxydant, est le **fluor**. Dans la nature, il n'existe que sous sa forme réduite F^- . C'est pratiquement le seul élément, avec le chlore, qui puisse oxyder l'élément oxygène.



3. Haut fourneau.

Remarque : Historiquement, ce sont des réactions avec l'oxygène qui ont été définies comme des oxydations avant que cette notion ne soit généralisée sous la forme de transfert électronique.

Autres exemples

1. $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$, composé covalent gazeux : l'élément carbone a été oxydé.

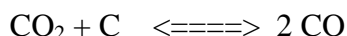
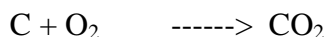
2. $2 \text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{MgO} + \text{C}$: CO_2 a oxydé Mg. Cela explique pourquoi il ne faut pas utiliser de la neige carbonique pour éteindre un incendie où brûlent des poutres en alliage de magnésium.

B / APPLICATION À LA SIDÉRURGIE

1. Description du haut-fourneau Voir figure ci-dessous.

2. Réactions qui se produisent

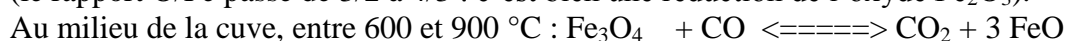
Le mélange coke + minerai de fer (sous forme essentiellement d'oxyde de fer(III) Fe_2O_3) est enfourné par le gueulard, en haut. Au cours de la descente, les températures rencontrées sont de plus en plus élevées, ce qui favorise certaines réactions chimiques. La plupart d'entre elles libèrent de la chaleur, à commencer par la combustion du coke avec le dioxygène de l'air à la base du haut fourneau.



C'est le monoxyde de carbone CO qui va, en montant dans le haut fourneau, réduire les oxydes de fer qu'il rencontre.

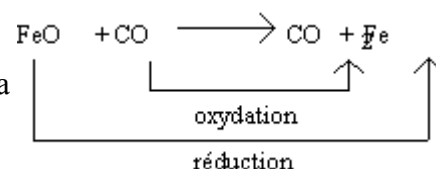


(le rapport O/Fe passe de 3/2 à 4/3 : c'est bien une réduction de l'oxyde Fe_2O_3).



Enfin, vers 1000 °C :

le monoxyde de carbone CO, qui a pris un atome d'oxygène à FeO, l'a réduit ; FeO, qui a cédé un atome O à CO, l'a oxydé.



Signalons qu'à ces températures, le fer peut se combiner avec le carbone pour donner des cristaux de cémentite Fe_3C dont le mélange avec le fer constitue la **fonte** recueillie à la sortie du creuset. Des traitements ultérieurs seront nécessaires pour la transformer en diverses qualités d'acier.

3 - CORROSION DES MÉTAUX. DIFFÉRENTS TYPES DE PROTECTION

A / PHÉNOMÈNE DE CORROSION

La corrosion, au sens large du terme, peut s'exprimer comme étant la détérioration d'un matériau par le milieu dans lequel il se trouve.

La norme AFNOR (NFT30, 001) précise "le phénomène de corrosion peut être défini par la dégradation de l'état métallique initial pouvant aller jusqu'à sa destruction sous l'action du milieu ambiant et par un processus autre que mécanique ».

L'humidité de l'air se condense à la surface d'un métal en formant une pellicule d'eau. Cette eau va dissoudre du gaz carbonique CO_2 (qui donne des ions), du dioxygène O_2 et, éventuellement, d'autres impuretés comme du sel (embruns marins près de l'océan). Des réactions d'oxydation se produisent alors pour la plupart des métaux. Les impuretés présentes dans les alliages métalliques vont créer localement des piles électriques qui favorisent le processus.

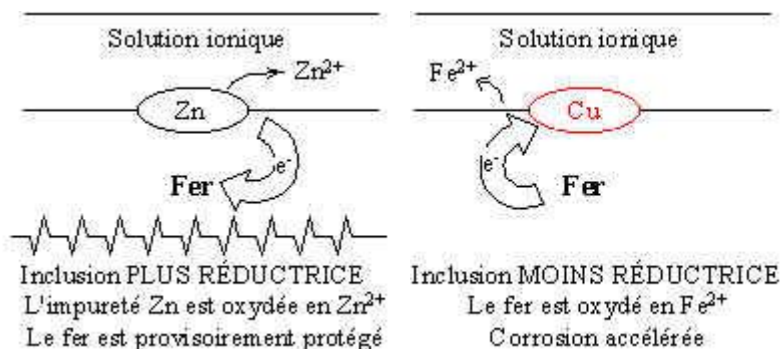
1°) Certains métaux sont **naturellement peu réducteurs** et conservent leur éclat brillant : le platine, l'or, à un degré moindre, l'argent. C'est pour cette raison qu'historiquement ils ont acquis le statut de **métal précieux**.

2°) D'autres sont oxydés mais seulement en surface (aluminium, zinc) car leur oxyde, éventuellement leur carbonate, forme une pellicule étanche et donc protectrice.

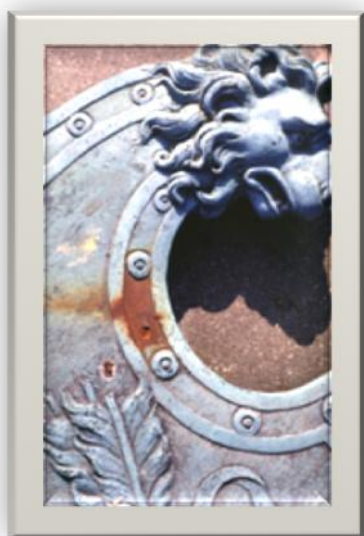
3°) Les autres donnent des oxydes poreux qui permettent la corrosion en profondeur : c'est le cas du fer et de ses alliages courants (acier ordinaire). Le phénomène de corrosion a un impact économique important puisque la corrosion détruit, chaque année, environ un quart de la production annuelle d'acier.

B / PROTECTION

Il en existe quatre sortes :



Fixation d'une statue en bronze par une vis en acier (corrosion préférentielle de l'acier en phase galvanique).



1°) Isolation par revêtement étanche (peinture, vernis, émail).

2°) Protection par un métal résistant à l'oxydation, donc moins réducteur que le fer (étain, chrome). Exemple classique : l'acier chromé. Inconvénient : la moindre piqûre dans le revêtement fait apparaître une pile électrique qui accélère la corrosion (exemple des porte-savons en acier chromé).

3°) Protection par électrode sacrificielle : en zinc (fer galvanisé), plus réducteur que le fer, mais dont les oxydes sont étanches. En cas de piqûre, c'est le métal le plus réducteur, donc le revêtement, qui est rongé. Ce phénomène de pile est volontairement utilisé pour protéger les canalisations enterrées ou les coques de navire (électrodes de zinc réparties sous la ligne de flottaison, qui sont rongées et doivent être renouvelées).

4°) Protection par modification chimique en surface : passivation à l'acide nitrique ; parkérisation par bain phosphaté (industrie automobile). Signalons aussi que l'industrie fabrique des aciers dits inoxydables, alliages avec le nickel, le chrome..., dont les usages sont réservés à des applications particulières (industrie chimique, alimentaire) en raison de leur prix.

Documents de référence suggérés :

- * S. Berthelot et al. (2001), *Chimie 1^{re}S*, BELIN, Coll. PARISI, Paris ;
- * A. TOMASINO et al. (1991) *Chimie 1^{res} S.E*, Nathan ;
- * Tout autre livre de sciences physiques traitant du thème.
- * Des sites web

SITUATION D'APPRENTISSAGE N° 5

Titre : TEMPERATURE ET CHALEUR

1) Eléments de planification

.1.1. Durée :

.1.2. Connaissances et techniques

Domaine : Thermodynamique		
Connaissances et Techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Compétences, Connaissances et techniques exigibles (évaluation)
	<p>Le professeur partira d'une situation de vie courante permettant d'aborder les préoccupations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - transformation de l'énergie mécanique en énergie thermique et inversement ; - transfert d'énergie d'un corps à un autre ; - différence entre température et chaleur ; unités des grandeurs ; - changement d'état physique d'un corps ; - énergie interne d'un gaz <p>Très important : Les activités de construction de connaissances et techniques seront menées dans une logique de démarche scientifique voire expérimentale</p>	
<p>1. les conversions réciproques énergie mécanique - énergie thermique</p> <p>1.1. Les transformations de l'énergie mécanique en énergie thermique</p> <p>1.2. La transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique</p>	<p>La chaleur est un mode de transfert d'énergie. A cet effet, il est souhaitable que le professeur revienne rapidement, par des activités appropriées, sur la notion de conservation ou non conservation de l'énergie mécanique d'un système.</p> <p>Le professeur veillera à éviter la confusion entre température et chaleur. Il s'agit de deux grandeurs différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> * la température traduit l'état thermique d'un corps ; * la chaleur est la cause de l'élévation de température d'un corps et non l'inverse ; le gain de chaleur par un système peut provoquer une élévation de température (le système demeurant dans le même état physique) ou un changement d'état physique à température constante. <p>Il conduira cet apprentissage par des activités pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - faire trouver des situations où interviennent les forces de frottement ; - faire comprendre qu'une force de frottement appliquée à un mobile est opposée au sens du vecteur – vitesse du mobile ; - expliquer la perte de l'énergie mécanique d'un système par le travail des forces de frottement ; 	<p>Justification de la différence entre température et chaleur en donnant leurs définitions ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - exemples de solides en mouvement soumis à l'action des forces de frottement ; - vérification de l'égalité entre la variation de l'énergie mécanique d'un solide et le travail des forces de frottement appliquées à ce solide ; - connaissance du phénomène de la conversion de l'énergie mécanique en énergie thermique et inversement.

	<ul style="list-style-type: none"> - montrer qu'un choc mou est un cas de transfert de l'énergie mécanique en énergie thermique ; - informer les apprenants que la chaleur peut subir une conversion en énergie mécanique : l'application est couramment rencontrée dans les moteurs thermiques ; 	
2. La calorimétrie	<p>A propos de la calorimétrie, des activités bien choisies permettront d'expliquer que la production de chaleur peut avoir d'autres origines : effet Joule, réactions chimiques (combustions notamment), rayonnement solaire, etc...</p> <p>D'autres activités appropriées permettront de faire approprier quelques définitions :</p> <ul style="list-style-type: none"> * chaleur latente de changement d'état * chaleur de réaction <p>- à partir d'une documentation appropriée et d'activités expérimentales relativement simples (exemple des changements d'état physique de l'eau), faire établir, les relations $Q = mc\Delta\theta$; $Q = mL$ avec leurs conditions d'application ; un accent particulier sera mis sur les unités de la chaleur massique c et de la chaleur latente L de changement d'état (fusion, solidification, vaporisation, condensation) ;</p> <p>- faire mener des activités qui mettent en relief la différence entre la chaleur massique (c) et la capacité thermique ($C = mc$) d'un corps ;</p> <p>- faire résoudre des situations problèmes sur la détermination la température finale d'un corps qui gagne ou qui cède de la chaleur ou la température d'équilibre thermique d'un système ;</p> <p>N.B. le phénomène de dilatation sera évoqué seulement pour expliquer la montée et la descente du liquide thermométrique dans un thermomètre. Il ne fera donc pas l'objet d'une évaluation.</p>	<p>-analyse /résolution de situation-problème impliquant le Calcul de la quantité de chaleur perdue ou gagnée par un corps.</p> <p>- Définition de :</p> <ul style="list-style-type: none"> * chaleur massique * capacité thermique * chaleur latente de changement d'état ; <p>- exploitation de la formule $Q = mc(t_2 - t_1)$ ou $Q = C(t_2 - t_1)$;</p> <p>- analyse /résolution de situation-problème impliquant explication dans les changements d'état des corps, en particulier ceux de l'eau ;</p> <p>- détermination de la température finale d'un corps qui gagne ou qui cède de la chaleur ;</p> <p>- détermination par calcul de la température d'équilibre d'un système calorimétrique.</p> <p>- Mesure expérimentale des grandeurs calorimétriques.</p> <p>- Définition et calcul de la chaleur de réaction.</p> <p>analyse /résolution de situation-problème</p>
3. Les lois des gaz parfaits : état gazeux, compressibilité isotherme des gaz, loi de Mariotte,	<p>Le professeur commencera l'étude des gaz parfaits en expliquant qu'en réalité, il n'existe pas de gaz parfait ; les gaz usuels sont considérés comme parfaits lorsqu'ils sont à basse pression et à haute température.</p> <p>Le professeur, par une activité d'analyse documentaire reposant sur le modèle particulaire</p>	<p>- analyse /résolution de situation-problème impliquant l'application des lois des gaz parfaits pour déterminer les paramètres d'un gaz, à savoir :</p>

<p>dilatation des gaz, équation d'état des GP : $pV = nRT$</p>	<p>du gaz parfait, fera expliquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> * l'origine de la pression dans les gaz : les chocs moléculaires dans un gaz contenu dans un récipient; * une différence de pression à l'intérieur d'un gaz ; <p>- le principe et la technique de mesure de la différence de pression grâce à un manomètre ;</p> <p>Le professeur amènera les apprenants à s'approprier les différentes unités de pression (pascal, bar, atmosphère, cm de mercure) et le système de conversion de la valeur d'une pression d'une unité à l'autre.</p> <p>Des activités bien choisies devront permettre aux apprenants de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaître la valeur de la pression atmosphérique normale ; - maîtriser la relation entre la température absolue(en kelvins) et la température exprimée en degré Celsius : $T = 273 + t$ <p>Avec un support documentaire approprié et des expériences qualitatives (même avec du matériel de récupération), le professeur fera établir la loi de Boyle – Mariotte ($pV = \text{cste}$) avec sa condition d'application (transformation isotherme). Il en sera de même pour les lois de Gay- Lussac et de Charles. Le professeur à travers une problématique unificatrice des trois lois fera déboucher sur l'équation d'état du gaz parfait ou encore la loi des gaz parfait : $pV = nRT$.</p> <ul style="list-style-type: none"> - des situations problèmes en activités de réinvestissement pour solliciter la mobilisation de cette loi seront données aux apprenants 	<ul style="list-style-type: none"> * température T * volume V * pression p * quantité de matière n. <p>- explication du principe de la compressibilité isotherme</p>
---	---	--

DOCUMENT ANNEXE

TEMPERATURE ET CHALEUR

FORMES ET TRANSFERTS D'ENERGIE

L'énergie est d'abord introduite par ses propriétés puis, comme le font les physiciens, par un principe fondamental de conservation.

L'énergie une grandeur associée à un système. Son unité est le joule (J).

I. LES TROIS PROPRIÉTÉS ET LE PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

1. Les trois propriétés de l'énergie

a. Un système peut stocker l'énergie : possibilité de stockage de l'énergie.

b. Un système peut changer la forme sous laquelle il stocke l'énergie : possibilité de changement de forme de l'énergie.

c. Un système peut fournir de l'énergie à un autre système ou en recevoir d'un autre système : possibilité de transfert de l'énergie.

2. Le principe fondamental de la conservation de l'énergie

Quels que soient les différentes transformations et les différentes transferts qu'elle subit, l'énergie ne peut être ni créée ni détruite.

Conséquences :

a) Si un système ne reçoit et ne fournit aucune énergie alors son énergie se conserve. On dit qu'un tel système est énergétiquement isolé. Seul l'univers est en toute rigueur énergétiquement isolé mais il est très utile aux physiciens de choisir des systèmes qu'ils pourront considérer comme tels.

b) Si un système ne reçoit pas la même quantité d'énergie que celle qu'il fournit, alors son énergie varie d'une quantité égale à la différence entre les quantités d'énergie qu'il reçoit et qu'il perd.

II. LES MODES DE TRANSFERTS ET DE CHANGEMENTS DE FORME DE L'ÉNERGIE

Les transferts d'énergie peuvent avoir lieu entre deux systèmes ou entre deux parties d'un même système. Dans ce dernier cas, les transferts d'énergie au sein du système peuvent se traduire par des changements de forme sous laquelle il stocke l'énergie.

Les différents modes de transfert de l'énergie sont :

- Le transfert par mode travail

On considère qu'il y a transfert d'énergie par mode travail chaque fois qu'il y a déplacement d'un objet (ou d'une partie d'un objet) au cours d'une interaction.

On peut distinguer le travail mécanique et le travail électrique. Dans ce dernier cas, l'interaction est de nature électrique et les objets en mouvement sont chargés (courant électrique par exemple)

- Le transfert thermique ou mode chaleur
- Le transfert par mode rayonnement

III. LES DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES : RÉSERVOIRS ET TRANSFORMATEURS

Au cours d'une situation donnée :

- un système sera considéré comme un réservoir quand la quantité d'énergie qu'il stocke peut varier.
- un système sera considéré comme un transformateur quand il fournit autant d'énergie qu'il en reçoit et que les modes de transferts par lesquels il fournit l'énergie ne sont pas les mêmes que ceux par lesquels il la reçoit.

IV. CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE

Pour construire une chaîne énergétique, il faut utiliser les symboles suivants :

pour réservoir. pour transformateur. pour transfert.



en indiquant :

- sous chaque rectangle le nom du système correspondant dans la situation décrite ;
- au-dessus de chaque flèche le mode de transfert.

et en mettant une flèche par mode de transfert.

Il faut tenir compte des règles suivantes :

- une chaîne énergétique complète commence et se termine par un réservoir ;
- le réservoir initial est différent du réservoir final.

V. DIFFÉRENTES FORMES D'ÉNERGIE EN MÉCANIQUE

Historiquement, en mécanique, les physiciens ont été conduits à distinguer, en particulier, deux formes d'énergie :

1. L'énergie cinétique

Elle dépend de la masse du système et de sa vitesse.

2. L'énergie potentielle

En physique, un système, même immobile, peut aussi posséder de l'énergie : on traduit cela en disant que de l'énergie est stockée sous forme potentielle, mot exprimant la potentialité d'un mouvement ultérieur.

1. les conversions réciproques énergie mécanique - énergie thermique

1.1. Les transformations de l'énergie mécanique en énergie thermique

1.2. La transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique

DOCUMENT PROFESSEUR

Ce TP peut se faire sous forme de TP tournants : la moitié des groupes commence par l'expérience avec les 2 becs bunsen, l'autre moitié par les expériences de frottements.

On peut se procurer les morceaux de métaux auprès des agents (factos) : leur poubelle en contient de toutes sortes (tubes, plaques) et ils sont très disposés à nous aider.

Ce TP est un peu difficile à gérer à cause du bruit généré par le travail mécanique... Mais tout ne peut pas toujours se résumer à des choses "propres". Prévenir les collègues voisins, ou se mettre à l'écart, ou faire certaines choses dans la cour (marteau, planche et clou).

Certain(e)s élèves n'ont jamais réalisé ces expériences enfantines, comme de casser un fil de fer par torsion.

Dans un livre de sciences physiques en langue anglaise, on a trouvé un texte décrivant l'expérience de Joule. Le texte est recopié plus bas. On demande aux élèves de le traduire en vue d'une exploitation.

MATERIEL

4 tables avec chacune 2 becs bunsen identiques sur la même prise de gaz, avec 2 supports, 2 grilles à feu identiques, 2 thermomètres $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/+110\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 bécher 250 mL, 1 bécher 100 mL, 2 pinces en bois pour tenir les thermomètres au centre des béchers, allumettes ou allume-gaz. Avertir les élèves de la fragilité du montage (risque de chavirage des béchers, de casse des thermos) et du danger à cause des flammes.

Une perceuse sur chariot avec un morceau de métal à percer maintenu par un petit étau.

Un (ou deux) étau avec un morceau de métal à limer, 1 lime à métaux.

2 tables avec chacune un gros marteau (ou une masse), une petite masse de plomb (on en trouve dans les recoins des labos, sinon sacrifier une électrode de plomb), un morceau de bois dur (menuisier facto) et des gros clous (faire des essais). Tenailles.

Une ou deux pompes à vélo.

Une bombe à dépoussiérer (pour effet de froid par détente) sans gaz inflammable. Sinon faire sortir les élèves dehors pour faire l'expérience.

Gros fil de fer pour le casser par torsions et sentir l'échauffement produit.

Pince pour serrer les étaux.

Heat energy

Introduction

La manière la plus couramment utilisée pour produire de la chaleur est de faire une réaction chimique de combustion. On fait brûler du bois, du charbon, du fuel, du gaz... On convertit ainsi en chaleur une partie de l'énergie chimique cachée à l'échelle microscopique dans les molécules de la matière.

Mais on peut aussi produire de la chaleur à partir d'énergie mécanique. Au 18^e siècle, on pensait que la chaleur était une substance, au même titre que l'eau, le soufre, ou le fer. C'est le comte Rumford, de Bavière, qui le premier montra, en 1798, que cette idée était fausse. Il était chargé de la fabrication des canons pour l'armée bavaroise. Une machine-outil faisait tourner une mèche pour usiner le cylindre de bronze dans lequel était façonné le canon. Au cours de cet usinage il se dégageait d'énormes quantités de chaleur. Même une mèche émoussée produisait de la chaleur par friction sur le métal, et en quantité qui semblait inépuisable tant que la mèche était en mouvement. Rumford conclut que la chaleur était produite par le mouvement de la mèche. De nos jours, avec notre vocabulaire, on dirait que la chaleur était produite par conversion d'énergie mécanique (emmagasinée dans le mouvement de rotation de la mèche).

Cette découverte fût le début d'une réflexion qui allait mener les scientifiques à comprendre que toutes les formes d'énergie sont



Figure 1 James Joule

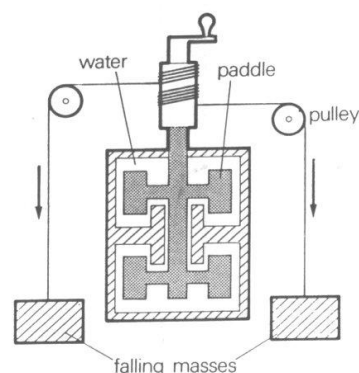


Figure 2 Joule's original

équivalentes, et que lorsqu'une quantité d'énergie disparaît il apparaît simultanément une autre ou d'autres formes d'énergie en quantité égale. Autrement dit, la quantité totale d'énergie d'un système reste constante tant qu'il n'échange rien avec l'extérieur.

C'est le principe de la conservation de l'énergie, formulé pour la première fois par l'Anglais Joule puis par l'Allemand Helmholtz vers 1847.

1- Distinguer chaleur et température : un grand bécber et un petit bécber sont tous deux remplis d'eau froide aux trois quart. Notez la température initiale de cette eau : $\theta_1 = \dots\dots\dots$ °C
Vous allez chauffer ces deux récipients avec deux becs bunsen identiques, réglés de la même façon (flamme chauffante avec cône bleu, ouverture maximale de la virole d'arrivée d'air), et durant le même temps, 3 minutes.

Il est ainsi clair que chaque bec apporte la même quantité de chaleur à chaque bécber.

Quelles sont les températures atteintes après 3 minutes de chauffage ?

Petit bécber $\theta_{f1} = \dots\dots\dots$ °C. Grand bécber $\theta_{f2} = \dots\dots\dots$ °C

Les élévations de température sont : petit bécber $\Delta\theta_1 = \theta_{f1} - \theta_1 = \dots\dots\dots$ °C

Grand bécber $\Delta\theta_2 = \theta_{f2} - \theta_1 = \dots\dots\dots$ °C

Conclusion : une même quantité de chaleur fournie à des systèmes différents

La température se mesure avec un, et s'exprime en (unité) ou

La chaleur est une forme d'énergie : elle s'exprime en, de symbole

Remarque : la chaleur représente l'énergie microscopique qui est emmagasinée dans les mouvements d'agitation désordonnée des particules de matière (atomes, molécules, ...) ; on l'appelle aussi énergie cinétique microscopique.

Question : supposons que l'on continue à chauffer l'eau de l'un des bécbers. Au bout d'un certain temps celle-ci va entrer en ébullition, lorsque sa température aura atteint (sous une pression atmosphérique de 1013 hPa). La température n'augmente plus pendant toute la durée de l'ébullition. Pourtant le bec continue à apporter de la chaleur au système ! La chaleur apportée ne fait pas augmenter la température dans ce cas.

Alors à quoi sert-elle?

2- Expériences simples de conversion d'énergie : l'expérience journalière nous apprend que deux solides qui frottent l'un contre l'autre s'échauffent. Avez-vous des exemples ?

• FROTTEZ fort une gomme sur la table puis portez immédiatement la gomme contre votre joue ou contre vos lèvres (zones très sensibles à la chaleur).

• LIMEZ un petit morceau de métal serré dans un étau:.....

• SCIEZ un petit morceau de métal serré dans un étau:.....

• PERCEZ un trou dans un petit morceau de métal avec la perceuse munie d'un mèche:.....

• REALISEZ l'expérience de Tyndall : un petit cylindre creux en laiton, fermé par un bouchon de liège, contient de l'éther (liquide qui bout à 35 °C seulement). On fait tourner ce cylindre rapidement, et en même temps on le serre entre les branches d'une pince. L'effort à fournir devient vite très pénible si on le fait tourner à la main, à cause des forces de frottements. Mais la température s'élève vite, l'éther se vaporise, et la pression de la vapeur d'éther fait sauter le bouchon.

• TAPEZ avec un marteau sur un petit morceau de plomb:.....
puis sur la tête d'un clou pour l'enfoncer dans une planche (n'allez pas jusqu'au bout afin de pouvoir ensuite retirer le clou avec la tenaille ; touchez la tête du clou:.....

3 - La compression d'un gaz produit de la chaleur : le travail de compression est de l'énergie mécanique. Quand on gonfle un pneu de vélo, on se rend compte que la pompe

s'échauffe. Ce n'est pas seulement à cause des frottements du piston contre le corps de pompe: le piston coulisse plutôt bien si l'on ne bouche pas l'extrémité de la pompe.

- Bouchez la sortie de **la pompe à vélo** avec un doigt, et actionnez la pompe plusieurs fois en forçant. Qu'observez-vous ?
- Inversement, la décompression d'un gaz (appelée détente) absorbe de la chaleur, c-à-d produit du froid.

On le constate couramment lorsqu'on fait sortir d'un flacon d'aérosol le gaz comprimé: on peut même obtenir du givre sur la buse de sortie si l'on insiste suffisamment longtemps.

Les machines frigorifiques utilisent ce phénomène : un gaz facilement liquéfiable (fréon ou ammoniac) est comprimé ou liquéfié par le moteur-compresseur du frigo ; puis il est détendu (décompressé) dans le serpentin du compartiment froid. Il y a deux phénomènes qui absorbent de la chaleur : l'évaporation du gaz liquéfié, et la détente du gaz.

La chaleur retirée du compartiment froid est évacuée à l'arrière du frigo, par une grille qui est toujours tiède quand le frigo fonctionne. Le moto-compresseur du frigo chauffe lui aussi pendant son fonctionnement, car c'est lui qui comprime et qui aspire le gaz venant du serpentin.

- La pompe à chaleur : c'est une machine frigorifique dont le compartiment froid est placé à l'extérieur de la maison, et dont le moto-compresseur et la grille servent de radiateur chauffant la maison. La pompe à chaleur consomme de l'énergie électrique, dont la plus grande partie est convertie en chaleur par l'intermédiaire du travail de compression ; mais une partie de la chaleur fournie à la maison est prise à l'extérieur, dans l'atmosphère. Elle n'est donc pas comptabilisée dans la consommation : on peut ainsi refroidir l'environnement pour chauffer sa maison, sans être taxé... Ceci explique l'intérêt économique de la pompe à chaleur.

Essayez de représenter la chaîne énergétique autour de la pompe à chaleur :

4 - L'expérience de Joule : c'est Joule qui a réalisé vers 1845 une expérience quantitative permettant de mesurer la quantité d'énergie mécanique nécessaire pour élever de 1 °C la température de 1 g d'eau (ancienne définition de l'ancienne calorie). Voir la description dans le document joint (en anglais). Lire le texte complet et faire une traduction sur une feuille à part.

2. La calorimétrie

1. Rappel

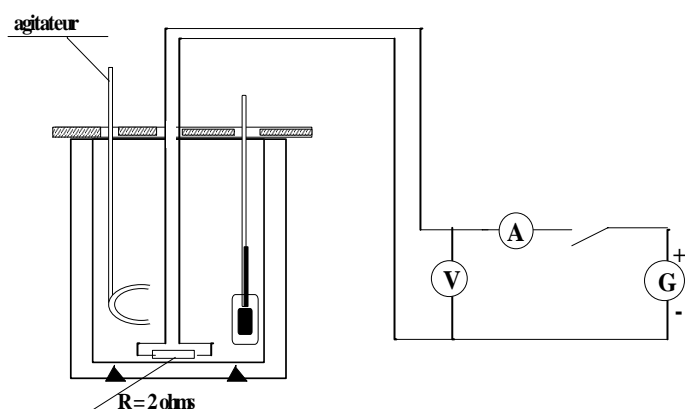
Loi de Joule : $W = RI^2 t$ W en J R en Ω , I en A et t en s

2. Quantité de chaleur

2.1. Définition

Lors d'un transfert d'énergie thermique entre 2 corps, la quantité de chaleur représente la quantité d'énergie thermique transférée. Elle s'exprime en joules (J) . A la température d'équilibre, la quantité de chaleur cédée par le corps chaud est égale à la quantité de chaleur reçue par le corps froid.

2.2. Expériences



Expérience n°1 : Influence de la variation de température.

Introduire 200 g d'eau dans le calorimètre, relever la température initiale θ_0 .

Fermer l'interrupteur et tout en agitant, relever le temps mis pour que la température s'élève de 5, de 10, de 15 et de 20 °C

Compléter la tableau suivant.

$(\theta - \theta_0)$	5	10	15	20
Temps (s)				

Conclusion : _____

Expérience n°2 : Influence de la masse du corps

Introduire 400 g d'eau dans le calorimètre, à la température initiale θ_0 .

Fermer l'interrupteur et tout en agitant, relever le temps mis pour que la température s'élève de 5, de 10, de 15 et de 20 °C

Compléter la tableau suivant.

$(\theta - \theta_0)$	5	10	15	20
Temps (s)				

Conclusion _____

$\theta - \theta_0 = 10^\circ$	eau	huile
Temps (s)		

Conclusion _____

Expérience n°3 : Influence de la nature du corps

Introduire 100 g d'eau dans le calorimètre, à la température initiale θ_0 . Fermer l'interrupteur et tout en agitant, relever le temps mis pour que la température s'élève de 10 °C

Introduire 100 g d'huile dans le calorimètre, à la température initiale θ_0 . Fermer l'interrupteur et tout en agitant, relever le temps mis pour que la température s'élève de 10 °C

Compléter la tableau suivant.

Conclusion : La quantité de chaleur Q reçue par un corps

- ◆ _____
- ◆ _____

On établit la relation :

Quelques capacités thermiques massiques :

	Matériaux	c en $\text{J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
Solides	Aluminium	903
	fer	460
	cuivre	387
	plomb	130
Liquides	eau	4180
	éthanol	2400
	pétrole	2100

Exemple

Un récipient contient 500 ml d'eau à la température de 21°C

Quelle quantité de chaleur faut-il fournir à l'eau pour amener sa température à 85°C

3. Détermination de la capacité thermique massique d'une substance

Méthode des mélanges

On chauffe un morceau de fer de 150g dans de l'eau portée à ébullition.

On le place dans 400 g d'eau à 20°C contenue dans un calorimètre.

A l'équilibre thermique, la température du fer est égale à celle de l'eau 23°C

Calculer la quantité de chaleur Q_1 reçue par l'eau

En négligeant la quantité de chaleur absorbée par le calorimètre, cette quantité de chaleur est égale à celle cédée par le fer Q_2 .

4. Chaleur latente de fusion d'un solide

Au cours d'un changement d'état physique tel que la fusion d'un solide, celui-ci absorbe la chaleur sans que sa température varie. Nous avons admis que cette quantité de chaleur est proportionnelle à la masse du corps.

Ce résultat est général pour tout changement d'état. Cette quantité de chaleur dépend aussi de nature du corps.

La quantité de chaleur absorbée par un corps de masse M au cours de sa fusion est donnée par la relation :

$$Q = M.L_f \quad Q \text{ en J, } M \text{ en g et } L_f \text{ en J/kg}$$

Le coefficient de proportionnalité L_f s'appelle la chaleur latente de fusion du corps.

Il s'exprime en joules par kilogramme (J/kg).

Exemple .Pour l'eau pure, sous la pression atmosphérique normale : $L_f = 330 \text{ kJ/kg}$

Exercice :

Calculer la quantité de chaleur nécessaire à la fusion de 250 g de glace

I : NOTION DE QUANTITÉ DE CHALEUR

Soient deux mêmes quantités d'eau, à la même température t_i . Chauffons l'une des deux avec un thermo-plongeur : sa température augmente et nous consommons de l'énergie électrique. D'après le principe de conservation de l'énergie, cette d'énergie doit se retrouver quelque part, ce ne peut être que dans l'eau (si on néglige les pertes vers l'extérieur). Cette énergie emmagasinée par l'eau l'a été sous forme d'énergie thermique ou calorifique.

Mélangions maintenant ces deux masses d'eau, l'une à la température t_1 et l'autre à la température t_2 . Le mélange obtenu sera à la température t' égale à :

$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

ou :

$$t_2 - t' = t' - t_1$$

Si nous n'avions pas les mêmes masses d'eau, par exemple les masses m_1 et m_2 , nous constatons que la température t' dépend du rapport de leurs masses :

$$(m_1 + m_2) t' = (m_1 t_1 + m_2 t_2)$$

$$m_2 (t_2 - t') = m_1 (t' - t_1)$$

Si nous avons deux liquides différents, t' dépendrait de la nature des deux liquides, en particulier pour obtenir la température t_2 , il ne faudrait pas chauffer de la même façon qu'avec l'eau. Il faut faire intervenir deux coefficients c_1 et c_2 qui traduisent la capacité des corps à stocker l'énergie thermique :

$$m_2 c_2 (t_2 - t') = m_1 c_1 (t' - t_1)$$

$$m_1 c_1 (t' - t_1) + m_2 c_2 (t' - t_2) = 0$$

La quantité $mc(t_f - t_i)$ s'appelle la chaleur Q échangée avec l'extérieur par un corps de masse m , de chaleur massique c quand sa température passe de la valeur t_i à la valeur t_f .

Cette quantité de chaleur est égale à la variation d'énergie thermique du corps : on peut donc assimiler le produit $m.c.t$ à la quantité d'énergie thermique stockée.

Si $t_f > t_i$, le corps s'est échauffé, il a reçu de l'énergie et Q est positive.

Si $t_f < t_i$, le corps s'est refroidi, il a donné de l'énergie et Q est négatif.

L'unité légale d'énergie thermique et de chaleur est le joule (J).

Autres unités : la calorie (cal), 1 cal = 4,1868 J ; la thermie, 1 thermie = 10^6 cal.

Exercice : Quel volume d'eau à 60 °C faut-il ajouter à 100 l d'eau à 20 °C pour obtenir un bain à 35 °C ?

II : CHALEURS MASSIQUES

La chaleur massique c d'un corps est la quantité de chaleur qu'il faut fournir (ou prendre) à l'unité de masse de ce corps pour que sa température s'élève (ou s'abaisse) de 1 K (ou 1 °C).

L'unité de chaleur massique est le $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ou $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$.

Corps	$c (J.kg^{-1}.K^{-1})$	Corps	$c (J.kg^{-1}.K^{-1})$
eau	$4,1855.10^3$	Aluminium	$0,92.10^3$
glace	$2,1.10^3$	Fer	$0,75.10^3$
eau vapeur	$1,9.10^3$	Air	1.10^3

Exercice : Quelle quantité de chaleur faut-il fournir à un vase métallique pesant 190 g pour élever sa température de 21 °C à 41 °C ? Dans l'intervalle considéré, la chaleur massique du métal est $380 J.kg^{-1}.K^{-1}$.

III : CAPACITÉ THERMIQUE. VALEUR EN EAU.

Le produit mc s'appelle la capacité thermique C d'un corps :

$$C = mc. \text{ Unité de } C : \text{J.K}^{-1}.$$

L'équivalent en eau (ou valeur en eau) d'un système est la masse d'eau μ échangeant la même quantité de chaleur avec l'extérieur quand il subit la même variation de température :

$$m.c.T = \mu.c_e.T$$

$$\mu = \frac{mc}{c_e}$$

IV : CHALEUR LATENTE

Si on a notre système qui échange de la chaleur avec l'extérieur, sa température peut rester constante : la chaleur sert à autre chose, par exemple à le faire changer d'état. La chaleur mise en jeu s'appelle alors chaleur latente.

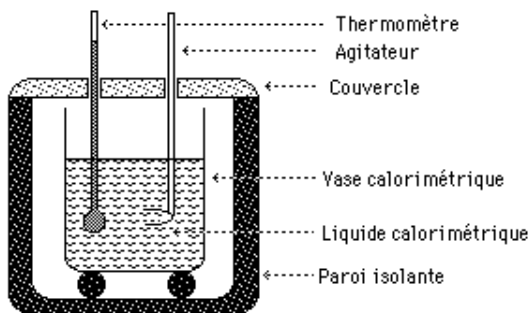
La chaleur latente est la chaleur échangée avec l'extérieur au cours d'un changement d'état du système. On la note L .

$$Q = m.L. L \text{ s'exprime en } \text{J.kg}^{-1}.$$

V : LA CALORIMÉTRIE

La calorimétrie est science qui s'occupe des mesures des quantités de chaleur.

Elle repose sur le principe de l'égalité des échanges de chaleur : lorsque deux corps n'échangent que de la chaleur, la quantité de chaleur gagnée par l'un est égale à celle perdue par l'autre (en valeur absolue).



Exercice : Un bloc d'aluminium de 1000 g à 80 °C est plongé dans 1 l d'eau à 20 °C. La température finale est de 30,4 °C. Quelle est la chaleur massique de l'aluminium ?

Pour ces mesures, on utilise un appareil : le calorimètre. C'est une enceinte que l'on peut considérer comme thermiquement isolante.

Dans le calorimètre de Berthelot, l'expérience est faite à l'intérieur d'un récipient appelé vase calorimétrique qui contient le liquide calorimétrique. Ce vase est placé dans une enceinte isolante.

Un deuxième type de calorimètre est le calorimètre Dewar : le récipient est à double paroi de verre, entre lesquelles un vide est fait. Les bouteilles thermos constituent l'application domestique du vase Dewar.

Méthode des mélanges :

Dans un calorimètre de Berthelot, de valeur en eau μ , on verse une masse m d'eau, le tout étant à la température T_i .

On y met alors le corps dont on veut déterminer la chaleur massique c' , sa température étant T_i' et sa masse m' .

On attend que l'équilibre se fasse, c'est-à-dire que les températures des deux corps soient égales : on la notera T_f .

On aura donc :

$$- m'.c'(T_f - T_i') = (m + \mu)c_e(T_f - T_i)$$

Exercice : $m = 200 \text{ g}$; $m' = 200 \text{ g}$; $T_i = 14,5 \text{ °C}$; $T_i' = 100 \text{ °C}$; $T_f = 21 \text{ °C}$; capacité thermique C du calorimètre : 14 J.K^{-1} ; Valeur en eau μ du calorimètre : 50 g .

Trouver la chaleur massique c' du cuivre.

Méthode électrique :

On plonge le corps dans le liquide calorimétrique. Tout est à la température T_i .

On fait passer pendant un certain temps t un courant d'intensité I , sous une tension U . En fin d'expérience, la température de l'ensemble est égale à T_f . On a :

$$U.I.t = (m.c_e + \mu.c_e + m'.c')(T_f - T_i)$$

CALORIMETRIE

2.1 - GENERALITES.

2.1.1 - Différence entre température et chaleur.

- analogie électrique : potentiel V <----> courant I .
- la chaleur est une des formes de **l'énergie**.
- la température une **variable d'état** d'un système.
- c'est la **différence de température** entre 2 points d'un système, dans l'espace, qui est responsable du déplacement de la chaleur.

2.1.2 - Rappels.

- la chaleur se déplace des températures les plus élevées vers les températures les plus basses.
- quel est l'effet, sur un système à une température donnée, d'un apport (ou d'un retrait) de chaleur ?
 - chaleur fournie <----> variation de température du corps (**chaleur "sensible"**) ou changement d'état (**chaleur "latente"**).
 - pour un corps pur, ces deux effets ne sont pas simultanés.
- on se préoccupera ici seulement de la **mesure** de quantités de chaleur échangées entre deux systèmes (l'un des systèmes fournit à l'autre). On verra en thermocinétique **comment** s'effectue ce transfert.

2.1.3 - Définitions.

- **système** <----> ensemble des corps "regroupés", caractérisés par une même valeur de T et pouvant échanger de la chaleur avec un autre système.
- **échanges** <----> on définira la quantité échangée car le sens des échanges est déjà connu.
- **équilibre thermique** <-----> un ensemble de 2 systèmes est en équilibre thermique lorsque ces 2 systèmes sont à la même température, c'est-à-dire n'échangent plus de chaleur.

2.1.4 - Unités.

- températures <---> θ (°C) ou T (K).
- chaleur <-----> Q, W (J) ou la calorie (cal) (1 cal. = 4,18 J) ; la thermie (10^6 cal).

2.2 - CHALEUR MASSIQUE - CHALEUR LATENTE.

2.2.1 - Chaleur massique.

c chaleur massique, en J /kg (°C) (appelée aussi capacité thermique massique).

- **c** peut dépendre de la température (on considérera alors sa valeur moyenne entre θ_1 et θ_2).
- **m c = C, capacité calorifique du corps** (en J (°C)⁻¹), est la quantité de chaleur nécessaire pour élever sa température de 1°C.

2.2.2 - Chaleur latente L (L_v ou L_f).

- C'est la chaleur qu'il faut fournir à la masse unité du corps étudié (ou qu'elle cède) pour changer d'état (à température constante).
- Pour un corps de masse m :

$$Q = m L$$

- REMARQUES :
 - pour les corps purs, les changements d'état s'effectuent à **température fixe**, sous pression donnée.
 - les changements de phase correspondent à des changements d'organisation des atomes ou molécules.
 - les changements de phase s'accompagnent d'un changement de volume massique :
 - **$V = 1 / \rho$** (V volume massique et ρ masse volumique)
 - généralement, lors de la fusion, V augmente. Pour l'eau, à la fusion, V diminue (application au calorimètre de BUNSEN § 234).
 - pour l'eau : $L_f = 80 \text{ cal g}^{-1}$, $L_v = 535 \text{ cal g}^{-1}$ (sous 1 atm).

2.3 - LA MESURE DES QUANTITES DE CHALEUR.

La mesure sera toujours supposée faite dans un calorimètre adiabatique, c'est à dire *sans échange de chaleur* entre l'intérieur et l'extérieur.

2.3.1 - Principes.

2.3.1.1 - Egalité des échanges de chaleur.

Si l'on place dans une enceinte deux corps A et B de températures différentes, ils évoluent vers un équilibre thermique et la quantité de chaleur reçue par l'un est égale à la quantité de chaleur cédée par l'autre.

2.3.1.2 - Transformations inverses.

"La quantité de chaleur fournie à un système lors d'une transformation est égale à celle qu'il restitue lors de la transformation inverse".

2.3.2 - Généralités.

- ne pas oublier que la quantité de chaleur aura servi :
 - soit à **élever** la température d'un corps (chaleur "sensible").
 - soit à **changer** l'état de ce corps (chaleur "latente").
- dans tous les cas, il faut déterminer :
 - les températures **initiale et finale**.
 - les **masses** des corps concernés.

- pour les corps purs, la **priorité** de l'utilisation de la chaleur est :
 - d'abord le changement d'état (à t° et pression données).
 - ensuite la variation de température d'une phase unique.

2.3.3 - Les méthodes.

2.3.3.1 - Méthode des mélanges.

$$Q = m c (\theta_2 - \theta_1)$$

- Q peut elle même être due à la variation de température d'un autre corps (m_o , C_o , θ_o). Dans l'état final, l'ensemble ($M + m$) est en équilibre thermique à la température θ_f .
- On notera que si les corps en présence sont placés dans un calorimètre, celui-ci aussi verra sa température varier. D'où la nécessaire prise en compte de sa "**capacité calorifique**" appelée aussi "**valeur en eau**" ou "**équivalent en eau**" et généralement exprimée en gramme.

2.3.3.2 - Méthode des changements d'état.

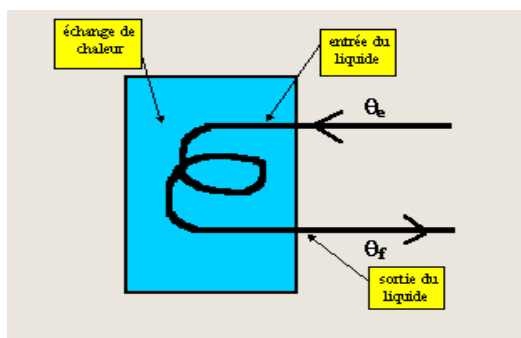
$$Q = m L$$

- La quantité de chaleur à mesurer fait changer l'état d'une masse donnée m d'un corps .
- Lorsque l'on utilise le changement d'état de l'eau (fusion), celui-ci s'accompagne d'une variation du volume massique V :

$$\Delta V = m (V_{\text{glace}} - V_{\text{liquide}})$$

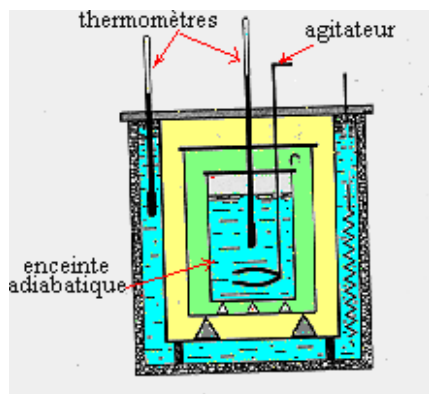
- Si l'on veut donc comparer deux quantités de chaleur Q_1 et Q_2 , il suffira de déterminer: $\Delta V_1 / \Delta V_2 = Q_1 / Q_2$

2.3.3.3 - Méthode de circulation.

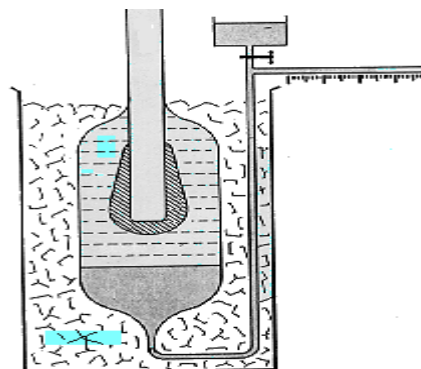


2.3.4 - Les calorimètres.

2.3.4.1 - Le calorimètre de BERTHELOT.



2.3.4.2 - Le calorimètre de BUNSEN.



3. Les lois des gaz parfaits : état gazeux, compressibilité isotherme des gaz, loi de Mariotte, dilatation des gaz, équation d'état des GP : $pV = nRT$

Le gaz réel

A basse température, tous les gaz se liquéfient et finalement deviennent solide (à l'exception de Hélium). Ceci prouve que les molécules d'un gaz ont un volume et qu'il y a des interactions liantes entre les molécules. Les bases du modèle d'un gaz parfait sont donc valables seulement à des températures suffisamment hautes (loin du point d'ébullition du gaz) et à des pressions basses (où les particules sont loin les unes des autres, (cf. hypothèse 2 de la théorie cinétique des gaz)). Par exemple : à température et pression ambiante, les gaz rares aussi bien que l'azote, l'oxygène et l'hydrogène se comportent presque comme des gaz parfaits.

Pour chaque gaz, il y a une température au-dessus de laquelle on ne peut plus liquéfier le gaz, quelle que soit la pression. La température la plus haute pour laquelle la liquéfaction est encore possible est appelée la température critique et la pression qu'il faut employer à cet effet est appelée la pression critique (lien : diagramme des phases d'une substance pure).

Exemples :	O ₂	$T_{\text{crit}} = 154,6 \text{ K}$	$P_{\text{crit}} = 5,043 \text{ MPa.}$
	CO ₂	$T_{\text{crit}} = 304,1 \text{ K}$	$P_{\text{crit}} = 7,375 \text{ MPa.}$
	H ₂ O	$T_{\text{crit}} = 647,1 \text{ K}$	$P_{\text{crit}} = 22,06 \text{ MPa.}$
	NH ₃	$T_{\text{crit}} = 405,5 \text{ K}$	$P_{\text{crit}} = 11,35 \text{ MPa.}$

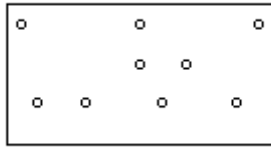
(1 MPa = 10 bar).

La dilatation ou compression d'un gaz parfait dans un récipient à piston mobile ne devrait avoir aucun effet sur la température du gaz ($P \cdot V$ constant). Mais les gaz n'étant pas tout à fait parfaits, ils se chauffent s'ils sont comprimés et ils se refroidissent s'ils sont dilatés. Le réchauffement est dû à des interactions liantes si les particules se rapprochent à pression élevée et le refroidissement est dû à la rupture d'interactions liantes lors de la décompression. Ce phénomène est appelé l'effet de Joule-Thomson (James Prescott Joule, 1818-1889 et William Thomson nommé plus tard Lord Kelvin, 1824-1907). L'effet de Joule-Thomson est d'une grande importance technique pour la liquéfaction des gaz (méthode de C.V. Linde lien) qui est la base de la production de N₂ et O₂ par distillation de l'air liquéfié. N₂(l) est un réfrigérant fréquemment utilisé dans les sciences expérimentales ($T_{\text{ébul}} = -196 \text{ °C}$ à 1 bar) et O₂(g) est, en outre, utilisé en métallurgie et pour la respiration artificielle.

4.1. Le gaz parfait

Le gaz parfait est un **gaz idéal** :

il correspond à un **gaz dilué** c'est à dire un gaz à pression réduite c'est un ensemble de N atomes ou molécules identiques sans interaction entre eux et soumis à une agitation perpétuelle et aléatoire (dite agitation moléculaire ou thermique)



- les molécules se déplacent dans toutes les directions
- l'énergie cinétique d'une molécule est $\frac{1}{2} m v_i^2$

Fig. 4.1 : Modèle du gaz parfait

❖ Hypothèses du gaz parfait (Théorie cinétique des gaz)

- les atomes ou molécules du gaz sont assimilés à des masses ponctuelles
- les molécules sont **sans interaction** entre elles (énergie potentielle $E_p = 0$)
- la pression est due aux nombreux **chocs** des molécules sur les parois de l'enceinte

4.1.1 La pression du gaz

La pression du gaz résulte des chocs élastiques des molécules sur les parois de l'enceinte.

4.1.2 La température absolue du gaz

D'après la théorie cinétique des gaz, la température **absolue T** est un paramètre qui caractérise l'état thermique du gaz, c'est-à-dire **à son degré** d'agitation thermique.

Si le degré d'agitation est élevé (c'est-à-dire v grand), alors la température et aussi la pression du gaz sont élevées.

4.1.3 Equation d'état du gaz parfait

$$pV = nRT$$

En posant, $n = N/N_A$ où, n est le nombre de moles, N_A est le nombre d'Avogadro et R est la constante universelle des gaz. Cette l'équation bien connue des gaz parfaits. Comme le nombre de moles est donné par : $n = N/N_A = m/M$

La loi des gaz parfait peut aussi s'écrire :

- pour une **masse m** de gaz : $pV = mrT$ avec, $r = R/M$ désignant la constante individuelle de chaque gaz

❖ **Unités** : Dans le système international SI, les grandeurs s'expriment dans les unités suivantes :

- $p = [\text{Pa}]$
- $V = [\text{m}^3]$ et $T = [\text{K}]$
- $R = 8,314 [\text{J/Kmol}]$

et le nombre d'Avogadro : $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ molécules/mole

❖ Autres lois des gaz parfaits.

- Loi de Mariotte : à **T = cte** : $p_1 V_1 = p_2 V_2$
- Lois de Gay Lussac et Charles :

$$\begin{aligned} & \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \\ \bullet \text{ à } V = \text{cte} : & \\ & \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \\ \bullet \text{ à } p = \text{cte} : & \end{aligned}$$

4.1.4 Energie interne du gaz parfait

L'énergie interne U est la somme des énergies cinétiques (car $E_p = 0$) des N molécules constituant le gaz, soit :

$$U = \sum_i \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} N m v^2$$

4.1.5 Lois des mélanges de gaz

Un mélange de gaz est formé de différents gaz (n_i , M_i) occupant le même volume V : à l'équilibre thermique ces différents gaz sont à la même température T . On définit alors pour chaque gaz une **pression partielle** p_i telle que la pression totale p du gaz soit :

La loi de Dalton : $p = \sum_i p_i$ soit, $pV = p_1 V + p_2 V + \dots$

d'où, $p_i = n_i R T / V$

et on a aussi, $p_i = n_i / \sum_i n_i$

SITUATION D'APPRENTISSAGE N° 6

Titre : VIBRATION, PROPAGATION ET INTERFERENCES : TROIS PHENOMENES PHYSIQUES UTILES DANS LA TECHNOLOGIE.

1. Eléments de planification

.1.1. Durée :

.1.2. Connaissances et techniques

Domaine : Les ondes		
Connaissances et techniques	Indications pédagogiques et commentaires	Connaissances et techniques exigibles (évaluations)
1. les différents types d'onde et leur propagation. * Ondes mécaniques * Ondes acoustiques * Ondes lumineuses * Ondes hertziennes	-En classes de 5 ^{ème} , 4 ^o et 3 ^o les ondes lumineuses ont été abordées sommairement ; en classe de première le professeur doit amener les apprenants à travers des activités (expérimentations, exploitations documentaires...) à s'approprier ces notions. Le professeur attirera l'attention des apprenants sur les autres types d'onde (exemples à l'appui), leur mode de propagation, les conditions de propagation et le type de vibration (uni, di, tridimensionnelle)	les différents types d'onde et leur mode propagation.
2. Caractère périodique des ondes vibratoires entretenues.	- qu'est-ce que la célérité ? - comment déterminer expérimentalement la période (temporelle) la fréquence (stroboscope, oscilloscope...)	détermination expérimentale la période (temporelle) et de la fréquence.
3. Propriétés des ondes : réflexion ; transmission et réfraction ; diffraction.	Le professeur propose des activités relatives à la réflexion sur un obstacle fixe ou libre ; il fera établir à partir des mesures effectuées d'angles la loi de DESCARTES sur la réflexion et sur la réfraction. Les apprenants pourront en déduire la notion de réflexion totale et de réfraction limite. Le professeur suscitera l'intérêt des apprenants sur les connaissances sommaires des notions sur la diffraction (caractère ondulatoire d'un phénomène) car, notion réservée pour les classes de terminales.	Propriétés des ondes : réflexion; réfraction et diffraction.
4. Superposition des ondes : les interférences.	*Superposition de deux ondes en un point. *Le professeur pourra utiliser une démarche expérimentale pour amener l'apprenant à s'approprier le principe de la superposition de signaux de faible amplitude décrits par les grandeurs de même nature. *Il examinera aussi avec les apprenants les interférences comme à la surface de l'eau, acoustique et lumineuse. -différence de marche : $\delta = d_1 - d_2$	Etude expérimentale de la superposition de signaux de faible amplitude décrits par les grandeurs de

	<p>.cas des points d'amplitude résultant maximale. $\delta = d_1 - d_2 = k\lambda$</p> <p>.cas des points d'amplitude résultant nulle. $\delta = d_1 - d_2 = (2k-1) \frac{\lambda}{2}$</p> <p>- interfrange : $i = \lambda \frac{D}{a}$</p> <p>*Interférences des ondes acoustiques. Les notions étudiées ci-dessus sont applicables aux ondes sonores.</p> <p>*Interférences lumineuses. - cohérence temporelle. - cohérence spatiale.</p> <p>*Conditions d'obtention des interférences.</p>	même nature.
--	---	--------------

DOCUMENT ANNEXE

ONDES PROGRESSIVES MECANIKES PERIODIQUES -

Dans cette unité qui comporte cinq paragraphes nous allons étudier les ondes mécaniques périodiques. Nous allons voir qu'elles présentent une double périodicité : périodicité temporelle, d'une part, périodicité spatiale, d'autre part. Nous étudierons ensuite leur comportement lorsqu'elles rencontrent un obstacle ou une ouverture (phénomène de diffraction). Nous verrons que, dans certains milieux, leur célérité dépend de leur période (phénomène de dispersion).

1- PHENOMENES VIBRATOIRES PERIODIQUES

- Un solide (S), de masse m , fixé à l'extrémité d'un ressort de raideur K , de masse négligeable, à spires non jointives, est un exemple d'oscillateur mécanique. Ecarté de sa position d'équilibre, il effectue des oscillations périodiques non amorties si les frottements sont négligeables.

- De façon générale un phénomène est périodique lorsqu'il se reproduit identique à lui-même au bout d'un intervalle de temps T , appelé période. La période T s'exprime en seconde.

- La fréquence f d'un phénomène périodique est égale au nombre de périodes par seconde. On l'exprime en hertz (Hz). On a :

$$f = 1 / T \quad (2)$$

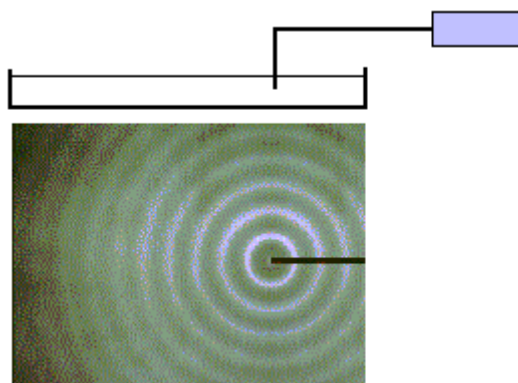
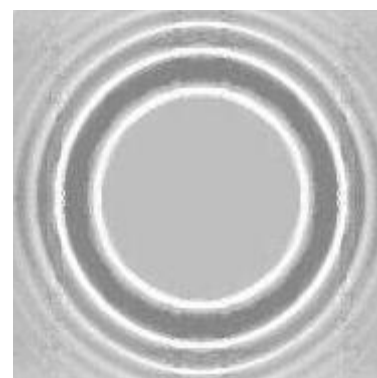


2- EXEMPLE D'ONDE PROGRESSIVE PERIODIQUE

Onde progressive périodique à la surface de l'eau

- une onde mécanique transversale se propage sur l'eau lorsqu'on laisse tomber une goutte d'eau en un point O de la surface. Les rides circulaires ne perturbent que temporairement cette surface. Très vite, celle-ci redevient immobile.

- Si, au lieu de laisser tomber une goutte d'eau, on frappe régulièrement (période temporelle T) la surface de l'eau avec la pointe d'un générateur d'ondes alors on provoque une onde progressive périodique transversale (la fréquence $f = 1/T$ est réglable et peut être lue sur le générateur d'onde). Chaque point de la surface de l'eau oscille suivant la verticale avec la même période temporelle T que celle du générateur d'ondes.



- Définition : On dit qu'une onde progressive est périodique si, une photographie du milieu de propagation, prise à un instant quelconque, montre une périodicité spatiale de l'onde.

3- ONDE PROGRESSIVE SINUSOÏDALE

3-1 Mouvement sinusoïdal de la source

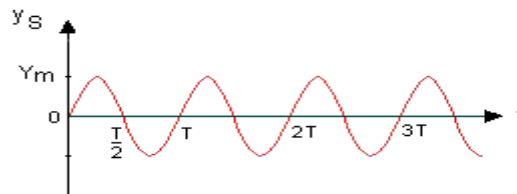
- A l'instant 0, un vibreur commence à fonctionner, entraînant dans son mouvement l'origine S d'une corde tendue horizontalement (on élimine l'onde réfléchie à l'extrémité de la corde). Dans le repère $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, le mouvement de S est sinusoïdal. L'équation de son mouvement suivant l'axe vertical \vec{i} s'écrit :

$$Y_S = Y_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \quad (3) \quad Y_m \text{ est l'amplitude du mouvement.}$$

T est la période temporelle (le mouvement de S se reproduit identique à lui-même au bout d'un intervalle de temps T).

3-2 Graphe des temps de la source S.

La représentation graphique associée à $Y_S = Y_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \quad (3)$ est le graphe des temps de la source S :



Graphe des temps associé au mouvement de S

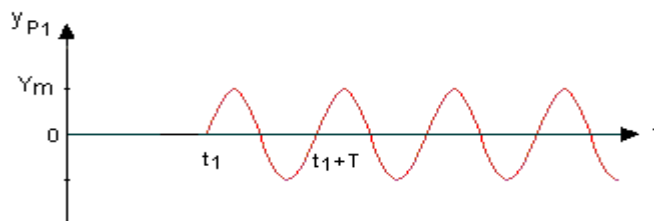
Sur ce graphe des temps de la source apparaît bien la période temporelle T.

3-3 - Graphe des temps d'un point P1 de la corde.

La vitesse de propagation de l'onde sur la corde est V.

Pour atteindre le point P₁ de la corde le front de l'onde met un temps $t_1 = \frac{OP_1}{V}$. On peut dire

que le point P₁ reproduit le mouvement sinusoïdal de la source avec un retard $t_1 = \frac{OP_1}{V}$.



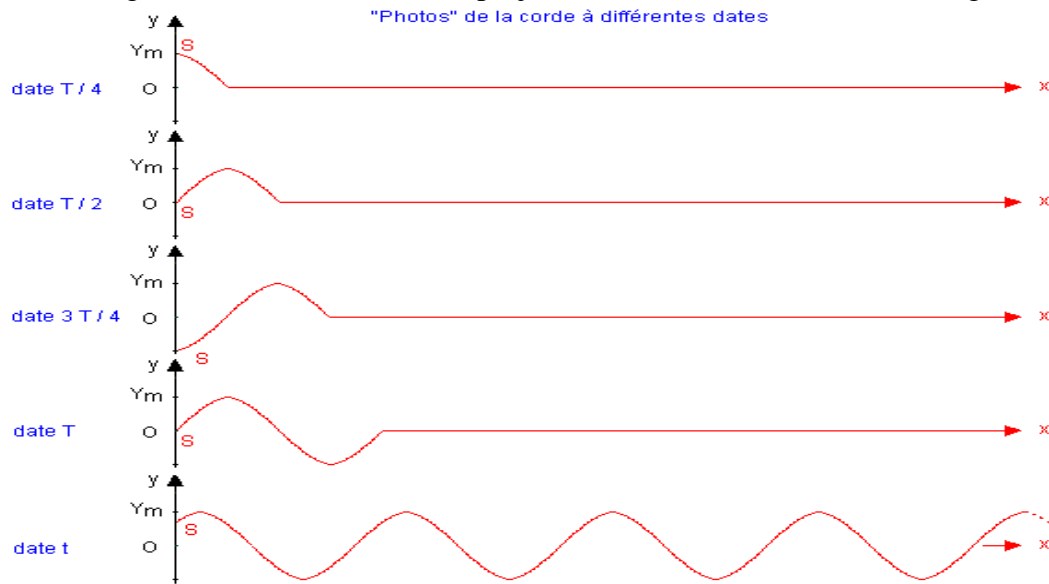
Graphe des temps associé au mouvement de P₁

Le mouvement de P₁ reproduit celui de S avec un retard $t_1 = OP_1 / V$

Sur ce graphe des temps du point P1 apparaît également la période temporelle T.

3-4 Graphe des espaces de la corde à la date t.

Reproduisons quelques "photos" de la corde à différentes dates. Le phénomène doit être enregistré en vidéo et étudié en projetant au ralenti ou en arrêt sur image.



Sur le dernier graphe des espaces (à la date t) apparaît nettement la périodicité spatiale de l'onde se propageant sur la corde. Cette période spatiale de l'onde est appelée la longueur λ d'onde.

3-5 Relation entre la période spatiale λ et la période temporelle T.

Les photos prises aux dates $T/4$, $T/2$ et T montrent clairement que la longueur d'onde est égale à la distance parcourue par l'onde, à la vitesse V , en une période T :

$$\lambda = V \cdot T \quad (4)$$

Dans le système international d'unités, λ s'exprime en m, V en m / s et T en seconde.

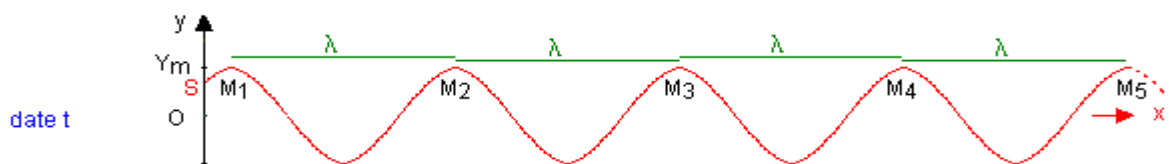
Remarque : Comme $f = 1 / T$ (2), la relation (4) peut aussi s'écrire : $\lambda = V \cdot T = V / f$ (5)

3-6 Propriétés de la longueur d'onde



Le front de l'onde parti de O à la date 0 a parcouru la distance λ à la date T.

La longueur d'onde λ est égale à la distance parcourue par l'onde en une période : $\lambda = V \cdot T$



Les points M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , distants de λ , passent en même temps par leur elongation maximale. Mieux, ils ont à chaque instant la même elongation y , comprise entre $+Y_m$ et $-Y_m$. On dit qu'ils vibrent en phase.

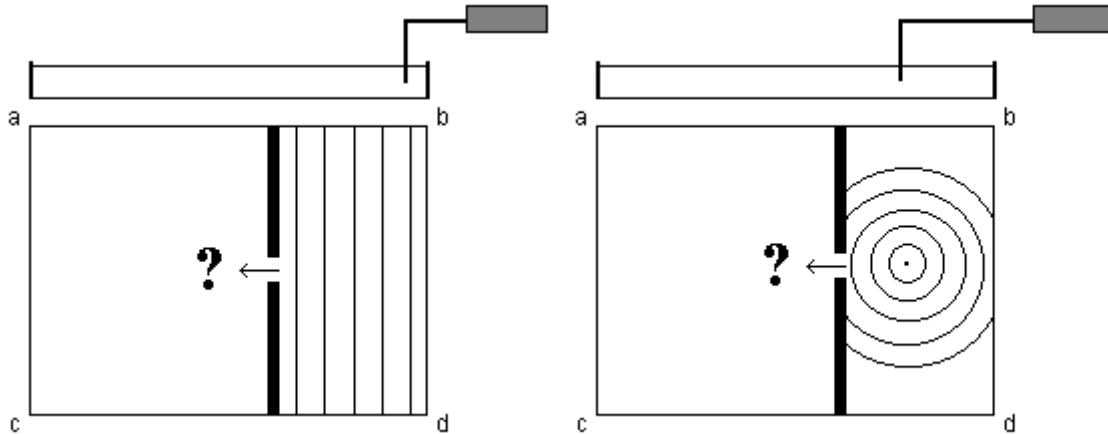
La longueur d'onde λ est la plus petite distance séparant deux points du milieu de propagation vibrant en phase.

Remarque: Deux points distants de $\lambda/2$ ont constamment des élongations "y" de signe opposé. On dit que deux points distants de $\lambda/2$ vibrent en opposition de phase.

4- DIFFRACTION D'UNE ONDE PROGRESSIVE SINUSOÏDALE

Le générateur d'ondes de la cuve à ondes peut indifféremment créer une onde périodique circulaire ou, au moyen d'une règle solidaire du vibreur, créer une onde périodique plane se propageant à la surface de l'eau

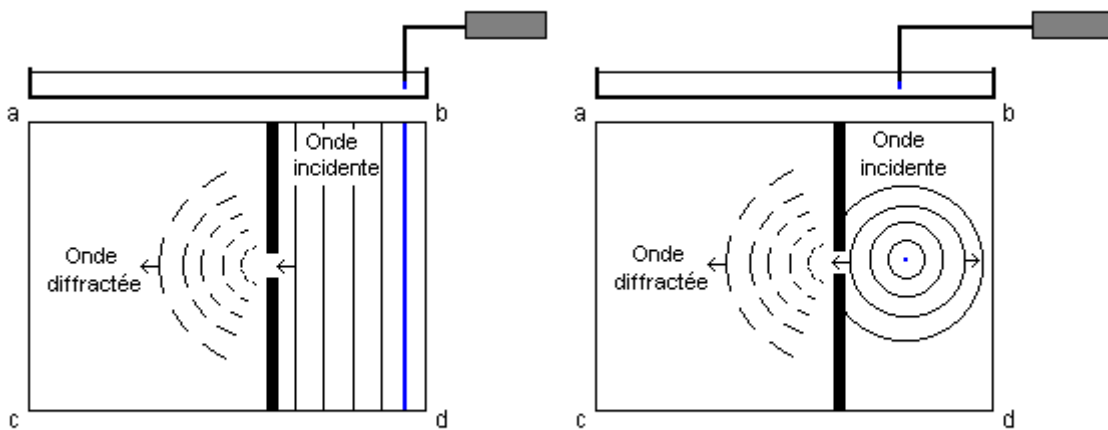
Examinons ce qui se passe lorsqu'une onde (plane ou circulaire) rencontre une mini digue possédant une ouverture représentée sur le schéma ci-dessous.



L'expérience montre qu'après la digue l'onde incidente est perturbée. Elle est diffractée. Deux cas sont possibles :

- Si la largeur L de l'ouverture est grande devant la longueur d'onde λ alors l'onde incidente est peu perturbée, sauf près des bords. L'ouverture agit comme un diaphragme.
- Si la largeur L de l'ouverture est inférieure ou égale à la longueur d'onde λ alors l'onde est très perturbée. L'ouverture se comporte comme une nouvelle source d'onde quasi circulaire. L'onde diffractée et l'onde incidente ont la même période, la même célérité et, par conséquent, la même longueur d'onde.

Le phénomène de diffraction d'une onde.



La dimension de l'ouverture est de l'ordre de la longueur d'onde λ .

L'onde est diffractée par l'ouverture.

L'onde diffractée a la même fréquence et la même longueur d'onde que l'onde incidente.

Remarque : La diffraction des ondes sonores est un phénomène très courant. Si une porte est ouverte, on peut entendre chanter une personne qui se promène dans le couloir même si cette personne n'est pas visible. En effet, la largeur de l'ouverture est de l'ordre des longueurs d'onde des notes chantées (λ est voisin du mètre). Un obstacle peut également diffracter une

onde. C'est le cas notamment d'un rocher qui émerge sur les flots. Ce rocher diffracte les vagues.

- L'étude théorique de la diffraction d'une onde par un obstacle ou une ouverture est hors programme.

- Nous retiendrons seulement que le phénomène de diffraction caractérise tous les types d'ondes lorsque celles-ci rencontrent un obstacle ou une ouverture. Pour une longueur d'onde donnée, ce phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension de l'obstacle ou de l'ouverture est plus petite. Cependant la diffraction n'affecte ni la fréquence, ni la célérité, ni la longueur d'onde.

5- DISPERSION DES ONDES MECANIQUES SE PROPAGEANT DANS CERTAINS MILIEUX.

Un milieu matériel dans lequel se propage une onde mécanique est dispersif si la vitesse de propagation de l'onde dépend de sa fréquence.

- Exemple de milieu dispersif :

Sur la cuve à onde on engendre, au moyen d'une règle solidaire du vibreur, des ondes planes se propageant à la surface de l'eau. La fréquence f est réglable et peut être lue sur le générateur d'onde. Une webcam permet d'observer, en arrêt sur image, les rides obtenues à un instant t .

Pour différentes fréquences f , on mesure la longueur d'onde λ puis on calcule $v = \lambda.f$.

On s'aperçoit que v dépend de f . Le milieu est dispersif.

La célérité d'une onde progressive périodique plane à la surface de l'eau dépend de la fréquence de l'onde (égale à la fréquence de vibrations de la source).

- Exemple de milieu non dispersif :

Pour les ondes sonores de fréquences audibles ($20 \text{ Hz} < f < 20000 \text{ Hz}$) l'air est un milieu non dispersif. Toutes les ondes sonores audibles se déplacent à la même vitesse (cela est heureux pour les auditeurs se trouvant au fond d'une salle de concert).

Remarque : Pour des ondes sonores audibles de très grande amplitude l'air devient dispersif : le roulement du tonnerre s'explique par le fait que les ondes sonores de basses fréquences sont plus lentes que les autres.

De même pour des ondes ultra sonores de très grandes fréquences ($f > 10^9 \text{ Hz}$) l'air devient dispersif.

- Nous verrons que le phénomène de dispersion de la lumière joue un très grand rôle en optique. Mais les ondes optiques ne sont pas des ondes mécaniques, ce sont des ondes électromagnétiques qui se propagent même dans le vide. C'est d'ailleurs dans le vide qu'elles se propagent le mieux et le plus rapidement.