

7 Les oligoéléments

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Les oligoéléments Les oligoéléments : présentation, ordre de grandeur des teneurs en minéraux, sources, rôle, apports nécessaires ; différence entre « oligoélément » et « macroélément ». <i>Limites : l'étude des macroéléments (Na, K, Ca, Mg et P) n'est pas envisagée.</i>	TP 3 : – Mise en évidence, par un test chimique sur un extrait naturel des oligoéléments présents dans un aliment. (ou sur un complément alimentaire commercial). – Dosage du fer dans le vin, dans les épinards (au choix). – Activité documentaire pour les autres éléments : sources, besoins, quantités, rôle.	– Dégager, dans un document, les sources, le rôle et les apports nécessaires en oligoéléments.

On commence paradoxalement par l'étude chimique des éléments pour les oligoéléments à l'état de trace. Le paradoxe n'est qu'apparent : les oligoéléments, bien qu'en très faible quantité, sont tous essentiels pour l'organisme !

On s'intéresse en manipulation à la mise en évidence d'oligoélément et au dosage du fer à faible concentration.

Activités de découverte

activité 1 Les oligoéléments dans les aliments

- **Matériel** : tubes à essai.
- **Produits** :
 - sulfure de sodium ; solution d'ammoniacque ; orthophénantroline ; hexacyanoferrate ;
 - quatre solutions contenant respectivement des ions Zn(II), fer(II), Fe(III) ou Cu(II) ; ampoule d'oligoéléments (cuivre...).

MANIPULATION 1

Il est impossible de mettre en évidence la présence d'oligoéléments dans les aliments par les tests proposés étant donnée leur très faible concentration. C'est pourquoi aucun test direct n'est réalisé sur un aliment en solution aqueuse. En revanche, on peut y parvenir, dans des ampoules (Oligosol®, par exemple) (le test est cependant assez peu visible).

Il est primordial de faire remarquer à l'élève l'infime concentration des oligoéléments dans les aliments (même dans les ampoules utilisées comme complément à l'alimentation).

MANIPULATION 2

Il faut pyrolyser le chou avant la séance, car cette opération prend beaucoup de temps.

1. Non : elle est peu visible.
2. On rencontre le problème de la faible concentration des oligoéléments dans les aliments.
3. Introduire le contenu de l'ampoule dans un tube à essai. Ajouter une solution d'ammoniacque. Si un précipité bleu clair apparaît, présence d'ions cuivre dans l'ampoule.
4. Pyrolyser le chou. Introduire les cendres dans un tube à essai avec de l'eau distillée. Ajouter du sulfure de sodium. Si un précipité blanc apparaît, présence de l'élément zinc dans le chou.

activité 2 Dosage d'un oligoélément, le fer, dans le vin blanc

- **Matériel** : tubes à essai (11 par poste) disposés sur un portoir ; fioles jaugées de 10 mL (10 par poste) ; pipette graduée ; compte-gouttes.
- **Produits** : solution ferrique mère à 20 mg.L⁻¹ ; acide sulfurique à 6 mol.L⁻¹ ; eau oxygénée à 20 volumes ; thiocyanate de potassium à 2 mol.L⁻¹ ; vin blanc.

MANIPULATION

On peut, si le temps manque, donner directement le tableau avec les concentrations et volumes à introduire dans les fioles jaugées. On peut alors proposer une réflexion collective sur le but de la manipulation et l'intérêt de chaque étape.

La réalisation de cette activité TP requiert une certaine rigueur pour obtenir une échelle de teintes exploitable. L'échelle de teinte ne se conservant pas, il faut par ailleurs agir assez rapidement.

1. L'acide sulfurique transforme les sels complexes en ions de fer(II) ou de fer(III), puis l'eau oxygénée transforme les ions fer(II) en ions fer(III). Tout le fer se trouve sous la forme d'ion fer(III).
2. On dose l'élément fer.
3. Opérer exactement dans les mêmes conditions (dilutions...) pour pouvoir comparer ensuite les couleurs.

L'essentiel après les activités

- Ce chapitre a pour finalité de répondre à l'une des demandes du programme : « Ce thème est une approche à la fois individuelle et globale des problèmes de l'alimentation des hommes sur la planète. Il fait ressortir les apports nécessaires au maintien de l'organisme... ». Les connaissances à acquérir sont peu nombreuses, mais l'élève devra être capable de faire le lien, avec un esprit critique, entre ses connaissances et un texte de « vulgarisation » ou un article plus spécialisé.
- Insister sur l'importance de manger équilibré dans la vie de tous les jours pour être en forme.
- Il existe un grand nombre de sites internet sur les oligoéléments (cf. bibliographie). On peut proposer aux élèves une recherche documentaire en vue d'un exposé, par exemple :
 - un oligoélément en particulier (sélénium) ;

- les apports conseillés en cas d'une maladie ;
- les découvertes récentes ;
- les nouveaux aliments et les oligoéléments.
- Les exercices sont essentiellement basés sur une analyse de document et sur de la méthodologie.

S'informer

Les bienfaits des oligoéléments

1. Quelques milligrammes par jour
2. *Fluor* – source : dentifrice et aliments non précisés ; rôle :

prévention des caries, reminéralisation de l'émail des dents.
Fer – source : viande rouge, foie d'animal, boudin noir, légumes secs et céréales ; rôle : transport de l'oxygène aux tissus.

Zinc – rôle : anti-oxydant.

Sélénium – rôle : protection cellulaire.

3. La contradiction vient du fait que nous vivons dans une société de consommation où malnutrition et sous-nutrition ne concernent qu'une minorité de personnes et que, malgré tout, des gens souffrent de carence en oligoéléments.

4. Oui : par exemple, la fluorose (excès de fluor) entraîne un jaunissement et une usure des dents.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- *L'hygiène alimentaire*, B. Rullier, Repères pratiques
- *Bien-être et santé* (Juin 2002, Septembre 2002).
- *Sport et vie*.
- <http://nutrisite.free.fr/dossiers/oligo/htm>
- <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/GTD/PremiereL/Commentaires-PC/oligoéléments.htm>

- <http://www.egowell.com/nutrition/nutriments/oligoelement/fer.htm>
- <http://www.egowell.com/nutrition/nutriments/oligoelement/oligoelements.htm>
- <http://bioligo.ch/fr/faq.htm>
- http://www.caf.asso.fr/fiches/ferritine/fiche_ferritine_enfant.htm
- http://www.afssa.fr/ouvrage/fiche_apports_en_%20fer.html

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 & 3 Voir manuel de l'élève page 187.

ENTRAÎNEMENT

4 Voir manuel de l'élève page 187.

5 Alimentation de la femme enceinte

1. Les femmes enceintes transmettent du fer à leur bébé et ont une forte activité biologique, ce qui entraîne un besoin plus important en fer.

2. Anémie.

3. Abats, fruits et légumes secs, épinards, vin et œufs.

4. Les oligoéléments sous forme ionisée sont libres de toute liaison et passent directement dans le sang.

6 Voir manuel de l'élève page 187.

7 Dose quotidienne recommandée

1. Un homme devrait consommer 5 mg de fer par jour pour couvrir la moitié de ses besoins quotidiens en fer donc environ 20 g de céréales.

2. Une femme devrait consommer 12,5 mg de fer par jour pour couvrir la moitié de ses besoins quotidiens en fer, donc environ 50 g de céréales.

3. La vitamine C, les acides aminés et le glucose permettent d'améliorer l'absorption du fer.

8 Sélénium

1.a. Le sélénium est un anti-oxydant.

b. Vitamine C.

2. Vieillesse plus rapide.

EXERCICE TYPE BAC

9 Les eaux naturelles

1.a. Un oligoélément est un élément chimique minéral présent en très faible quantité dans l'organisme mais indispensable pour la vie.

b. Un macroélément est aussi un minéral mais présent en quantité plus importante dans l'organisme.

c. On les trouve sous forme d'ions, parfois au sein de molécules complexes.

d. L'eau d'Évian® ou l'eau de source, car ce sont les eaux qui contiennent le plus de magnésium.

2. Le goitre endémique est lié à une carence en iode et était répandue dans les régions montagneuses à l'époque où l'alimentation était locale et donc pauvre en iode : aujourd'hui, on trouve des crustacés, des poissons de mer et du sel iodé même en montagne !

8 Les glucides

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Les glucides Hydrolyse, synthèse de l'amidon par polycondensation du glucose, macromolécules, tests de l'amidon et du glucose. Les principales étapes de la panification. <i>On se limitera à la présentation de l'amidon, du glucose, du saccharose et du fructose.</i>	TP4 : Quelques réactions autour de l'amidon et du glucose : – Mise en évidence de l'amidon et du glucose dans un aliment : test. – Hydrolyse acide (voie chimique ou enzymatique) de l'amidon (ou du saccharose) : mise en évidence des produits. – Polycondensation du glucose. – Application à la compréhension de la fabrication du pain.	– Connaître l'existence des sucres : glucose, fructose, saccharose. – Identifier l'amidon et le glucose à partir de résultats d'expériences. – Reconnaître une réaction d'hydrolyse ou de polycondensation à partir d'un exemple concret.

L'importance du glucose et de l'amidon est bien connue en alimentation. On étudie les tests qui permettent de détecter ces sucres, puis les transformations chimiques auxquelles ils participent. L'aspect chimique de la fabrication du pain peut alors être exploré.

Activités de découverte

activité 1 Mise en évidence du glucose et de l'amidon dans un aliment

- **Matériel** : tubes à essai (environ 15 par paillasse) ; coupelle ; pince en bois ; bec bunsen.
- **Produits** : glucose ; empois d'amidon ; saccharose ; eau iodée ; liqueur de Fehling.
- **Aliments** : pomme ; pain ; riz ; eau ; sucre de canne ; pomme de terre ; boisson à l'orange ; farine ; miel.

MANIPULATION

On peut prévoir un transparent sur lequel on regroupera les résultats des élèves en fin de séance afin d'apporter des conclusions collectives. Au cours de ce bilan, on peut :

- faire prévoir aux élèves si les tests seraient positifs ou négatifs avec d'autres aliments (par exemple les aliments en photo dans le reste du chapitre) (raisin, biscottes, céréales, confiture...)
- leur faire détailler leur connaissances sur la différence entre les deux catégories d'aliments : ceux contenant du glucose et ceux contenant de l'amidon. Le raisonnement pourra s'appuyer sur ce qu'ils ont l'habitude ou ce qu'on leur conseille de manger dans différentes situations : la veille et juste avant un effort physique, le matin avant de partir en classe, le soir, ...

1. Le *glucose* est révélé par la liqueur de Fehling : initialement bleue, elle donne après chauffage un précipité rouge brique en présence de glucose.

L'amidon est révélé par l'eau iodée : initialement orange foncé, elle devient violette en présence d'amidon.

2. **a.** *Glucose* : pomme, pain, pomme de terre, boisson à l'orange et miel.

b. *Amidon* : pain, riz, pomme de terre et farine.

3. Oui : la pomme de terre et le pain.

activité 2 Hydrolyse de l'amidon, fabrication du pain

- **Matériel** : deux erlenmeyers ; plaque chauffante ; bain-marie ; 3 récipients pour faire la pâte à pain ; 3 flacons munis de tubes à dégagement.
- **Produits** : empois d'amidon ; eau iodée ; acide chlorhydrique à 1 mol. L⁻¹ ; liqueur de Fehling ; eau de chaux ; farine ; sel ; levure de boulanger fraîche ; amylase.

MANIPULATION

Les manipulations nécessitant du temps, on peut donc prévoir de les commencer avant celles de l'activité 1.

Chaque binôme peut réaliser les manipulations 1 et 2. En revanche, il est conseillé de réaliser la manipulation 3, beaucoup plus lourde, sur la paillasse du professeur. Elle peut alors être préparée avant la séance par l'enseignant.

1. **Avant chauffage** : les deux solutions sont violettes.

Après chauffage : le deuxième erlenmeyer est quasiment incolore (on devine une légère coloration orange).

2. **Avant chauffage** : l'eau iodée en présence d'amidon prend une coloration violette dans les deux erlenmeyers.

Après chauffage : la coloration violette a disparu dans le deuxième erlenmeyer qui ne contient donc plus d'amidon : il a subi une transformation en présence d'acide. Le test à la liqueur de Fehling montre la présence de glucose dans le deuxième erlenmeyer tandis que le premier erlenmeyer n'en contient pas. On en conclut que l'amidon du deuxième erlenmeyer s'est transformé en glucose en présence d'acide (catalyseur).

3. **a.** L'hydrolyse de l'amidon est une réaction entre les molécules d'eau et les molécules d'amidon : les molécules d'amidon se scindent en molécules plus petites sous l'action de l'eau. D'où le nom de destruction par l'eau : *hydrolyse*.

b. Les petites molécules formées sont celles de glucose : l'amidon est donc le polymère du glucose (formé par assemblage d'un grand nombre de molécules de glucose).

c. Cf. schéma du cours.

4. **a.** L'amidon du pain, du riz... subit une hydrolyse.

b. Elle est catalysée par une enzyme contenue dans la salive.

c. Au cours de cette réaction, l'amidon se transforme en glucose : une saveur sucrée apparaît alors.

5. La pâte devient plus lisse et élastique.
6. **a.** La farine contient de l'amidon uniquement. Le pain contient de l'amidon et du glucose.
- b.** L'amidon de la farine s'est transformée en partie en glucose par une réaction d'hydrolyse.
7. L'amylase est une enzyme qui accélère fortement la réaction d'hydrolyse.
8. **a.** L'eau de chaux permet de détecter la présence de dioxyde de carbone.
- b.** Flacons 1 et 3 (flacons ou un catalyseur a permis les réactions d'hydrolyse et de fermentation).
- c.** Il fait gonfler la pâte, car il reste piégé dans les alvéoles.
- d.** Il est formé en présence de levure qui permet la fermentation.

L'essentiel après les activités

- Ce chapitre, tout comme le chapitre 7, a pour but entre autre de répondre à l'une des demandes du programme : « *Ce thème est une approche à la fois individuelle et globale des problèmes de l'alimentation des hommes sur la planète. Il fait ressortir les apports nécessaires au maintien de l'organisme...* ».
- L'enseignant peut organiser une visite dans une boulangerie artisanale permettant de visualiser les différentes étapes de la

fabrication du pain. Une fiche de questions préparée par l'enseignant et adressée aux élèves peut leur permettre de mieux suivre et comprendre ce qui se produit au cours de chacune des étapes. Une fiche de questions destinée au boulanger peut également être préparée par les élèves.

- Les exercices seront, comme dans le chapitre 7, essentiellement basés sur des documents permettant d'utiliser les connaissances sur les glucides dans l'explication de phénomènes quotidiens : alimentation du sportif, de la femme enceinte, maladies, fabrication du pain... L'enseignant devra veiller à faire ressortir ce caractère concret.

S'informer

L'alimentation des sportifs

1. *Sucres lents* : utilisation immédiate d'énergie.
Sucres rapides : réserve d'énergie à long terme.
2. *Glucides complexes* : sucres lents.
Sucres raffinés : sucres rapides.
3. Il faut en consommer plusieurs semaines à l'avance et, de façon indispensable, faire le plein 45 heures avant la course.
4. Les glucides sont stockés sous forme de glycogène.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- *L'hygiène alimentaire*, B. Rullier, Repères pratiques.
- *Casseroles et éprouvettes*, Hervé This, Belin.
- *Bien-être et santé* (Septembre 2002)
- *Sport et vie*.
- <http://perso.wanadoo.fr/lepain/experiences.html>
- <http://perso.wanadoo.fr/lepain/quizz.html> ou lepain/glossaire.html
- <http://www.angelus.fr/fabrication.htm>

- <http://www.cndp.fr/themadoc/equilibre/Alim15.htm>
- <http://www.beghin-say/espaceconso/Nutrition/AlimEqu/Sportif.cfm>
- <http://www.beghin-say/espaceconso/Nutrition/AlimEqu/Femmes.cfm>
- <http://www.lesucre.com/html2/aliments/contenu42.htm>
- <http://www.galopin-fr.net/alim/alimdef.htm>

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

- 2** & **3** Voir manuel de l'élève page 187.

ENTRAÎNEMENT

- 4** Pourquoi, le pain gonfle-t-il ?

1. L'eau de chaux se trouble.
2. Un dégagement de CO₂ a ainsi été mis en évidence.
3. De l'éthanol.
4. Lors de la fermentation, le pain gonfle en raison des bulles de dioxyde de carbone emprisonnées dans la pâte.

- 5** Les céréales

1. Mise en évidence de l'amidon par test à l'eau iodée.
2. Dans la farine, il n'y a que de l'amidon alors que dans le pain,

il y a aussi du glucose car au cours de la réaction de panification, une partie de l'amidon est hydrolysée.

3. Les molécules d'amidon sont hydrolysées en présence d'amylase en molécules de glucose.

4.a. On appelle sucre rapide un sucre utilisable « rapidement » par l'organisme : qui passe directement dans le sang.

b. On trouve des sucres rapides dans les fruits, les boissons sucrées, le miel...

- 6** Comment faire la pâte à sel ?

1. On dit que la pâte à sel est une « pâte morte », car il n'y a pas de levure, donc pas de fermentation.

2.a. Amidon.

b. Test à l'eau iodée.

3.a. Le gluten.

b. Les protéines enroulées en pelote se déroulent pour former un réseau nommé le gluten.

EXERCICES TYPE BAC

- c. Le réseau formé est lisse, les molécules sont alignées et liées entre elles par des ponts, la pâte est plus élastique.
- 4. Non : il donne aussi du goût au pain.

7 & **8** Voir manuel de l'élève page 187.

9 Dosage du glycogène hépatique

- 1. a. C'est le glycogène contenu dans le foie.
- b. Il constitue la réserve de glucides chez l'homme : le corps transforme le glycogène en glucose pour le libérer dans la circulation sanguine au fur et à mesure des besoins en énergie.
- c. Non.
- 2.a. On lit $3,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- b. Le volume de l'échantillon étant de 3,5 mL, il contient donc $(3,1 \times 3,5)$, soit 10,9 mg de glycogène. C'est la quantité qui était contenue dans les 10 mL de la solution de glycogène de départ : l'échantillon de foie contenait donc 109 mg de glycogène.
- c. L'échantillon pesait 10 g : la teneur en glycogène du foie utilisé est donc proche de 1 %.
- d. Cette valeur est faible par rapport aux valeurs moyennes indiquées : le sujet peut avoir une anomalie dans son fonctionnement hépatique ou peut subir un jeûne.

10 Les glucides assimilables

a.	Réactifs	Saccharose	Produits	Fructose
		Eau distillée		Glucose

- b. Une hydrolyse.
- c. La liqueur de Fehling réagit avec le glucose.
- d. Il faut dissoudre 30/0,7, soit 42,9 g de glucose dans un litre d'eau pour obtenir le même pouvoir sucrant que le saccharose à 30 g par litre.

11 Farine, pain et glucides

- 1. La farine contient de l'amidon.
- 2.a. Le glucose. b. L'hydrolyse. c. L'amylase.
- d. On utilise de l'eau tiède comme indiqué dans la recette, car d'après le document, l'activité de l'amylase est favorisée à 37°C .
- 3. Le pain contient encore de l'amidon.
- 4. Le goût sucré est dû au glucose et au maltose. La salive contient donc de l'amylase qui permet l'hydrolyse de l'amidon en glucose.

9 Conservation des aliments, les agents anti-oxygènes

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Conservation des aliments, les agents anti-oxygènes Effets du dioxygène de l'air et de la lumière sur certains aliments. Rôle de la lumière dans l'oxydation des produits naturels : les radicaux libres. <i>Limites : l'écriture des réactions radicalaires et des réactions d'oxydo-réduction n'est pas au programme.</i> <i>L'écriture des réactions chimiques mises en jeu dans les dosages n'est pas une compétence exigible.</i>	Recherche documentaire (lecture des notices de composition alimentaire) ou expérimentale qualitative sur l'oxydation des aliments. Exemples : étude sur le rancissement des graisses, étude sur l'oxydation d'un vin. Recherche d'anti-oxygènes dans des aliments par lecture des notices de composition alimentaire. Dosage d'un anti-oxygène.	– Repérer, dans un document, un anti-oxydant ; dégager des précautions élémentaires pour la bonne conservation des aliments.

Ce chapitre évoque le phénomène de dégradation des aliments par oxydation, puis l'utilisation des anti-oxydants pour conserver plus longtemps les aliments. On donne quelques notions ou visions scientifiques de ces phénomènes de la vie courante. La chimie intervient dans la vie de tous les jours.

Activités de découverte

activité 1 Le jus de citron dans les salades de fruits

Cette activité permet de découvrir très rapidement le phénomène d'altération des fruits et d'effectuer une analyse qualitative. Il est possible d'utiliser d'autres fruits et légumes (on obtient également de bons résultats avec certains champignons frais). L'altération d'un avocat est plus lente.

Cette manipulation peut être réalisée par les élèves chez eux avant de venir à la séance de cours.

- **Matériel** : 5 soucoupes ou verres de montre ; récipient opaque.
- **Produits** : pomme (la Boscop est parmi celle qui brunit le plus facilement) ; jus de citron ; vinaigre.

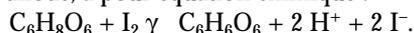
1. Le brunissement est d'autant plus rapide que la pomme est exposée à l'air et à la lumière.
2. L'acidité ne lutte pas contre le brunissement, puisque la pomme n'est pas protégée par le vinaigre.

activité 2 Vitamine C et jus de citron

Le dosage de la vitamine C est une activité proposée dans le BO. Le principe du dosage en retour est cependant relativement difficile pour des élèves de 1^{re} L. C'est dans cette optique qu'il est proposé d'utiliser un graphique afin de déterminer la masse de vitamine C pour éviter tout calcul de quantité de matière.

- **Matériel** : entonnoir ; coton ; presse citron ; béchers ; burette graduée de 25 mL ; pipette jaugée de 10,0 mL ; agitateur magnétique ; erlenmeyer de 150 mL ; éprouvette graduée de 100 mL ;
- **Produits** : citron ; eau distillée ; empois d'amidon ;
- **Solutions** : solution de diiode I₂ dans l'iodure de potassium KI à 5,0 × 10⁻³ mol.L⁻¹ ; solution de thiosulfate de potassium Na₂S₂O₃ à 5,0 × 10⁻³ mol.L⁻¹.

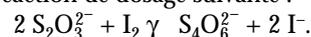
La première réaction, qui a lieu entre la vitamine C du jus de citron et le diiode, a pour équation chimique :



Cette réaction lente justifie une attente de quelques minutes.

On ajoute une quantité de diiode connue et on détermine

l'excès grâce à la réaction de dosage suivante :



C'est donc un dosage en retour.

1. **De haut en bas** : burette, thiosulfate de sodium, erlenmeyer, solution à doser, barreau aimanté, agitateur magnétique.

2.

$$n(I_2) \text{ initial} = (10 \times 10^{-3}) \times (5,0 \times 10^{-3}) = 50 \times 10^{-6} \text{ mol.}$$

$$n(I_2) \text{ dosé} = n(S_2O_3^{2-})/2 = [c(Na_2S_2O_3) \times V_{\text{éq}}]/2.$$

$$n(I_2) \text{ dosé} = [(5,0 \times 10^{-3}) \times V_{\text{éq}}]/2.$$

$$n(I_2) \text{ réagi} = n(\text{Vit C}) \text{ initial} = (50 \times 10^{-6}) - (5,0 \times 10^{-3}) \times V_{\text{éq}}/2.$$

$$m(\text{Vit C}) = n(\text{Vit C}) \text{ initial} \times M(\text{Vit C}).$$

$$m(\text{Vit C}) = [(50 \times 10^{-6}) - (5,0 \times 10^{-3}) \times V_{\text{éq}}/2] \times 176.$$

$$m(\text{Vit C}) = 0,0088 - 0,44 V_{\text{éq}},$$

avec $V_{\text{éq}}$ en litre et $m(\text{Vit C})$ en gramme.

Soit $m(\text{Vit C}) = 8,8 - 0,44 V_{\text{éq}}$ en mg, avec $V_{\text{éq}}$ en mL : c'est l'équation du graphe fourni dans le livre élève.

3. $V_{\text{éq}} = 4$ mL pour le citron utilisé ; $m(\text{vit C}) = 7$ mg pour 10 mL, soit pour 130 mL de jus récupéré $m(\text{vit C}) = 91$ mg.

activité 3 La conservation de l'huile d'olive

Ce texte a été trouvé sur le site :

www.museodellolivo.com/fr/frprod5.htm

L'intérêt réside sur la comparaison entre les techniques d'autrefois et actuelles pour le conditionnement de l'huile d'olive.

Le site internet propose une visite guidée du musée (intéressante si on désire approfondir le sujet), des images et des textes sur la culture de l'olive et le conditionnement de l'huile.

1. Lumière, chaleur, air.
2. Ils affectent les caractéristiques chimiques et organoleptiques de l'huile.
3. Récipients de grandes tailles (facilement nettoyables) et opaques à la lumière.
4. Récipients en verre foncé et endroit frais.

L'essentiel après les activités

1. Pourquoi les aliments sont-ils altérés ?

La définition de l'altération est essentielle ainsi que les facteurs favorisant celle-ci : tous les enjeux des techniques de conservation des aliments en découlent.

L'expression « radicaux libres » est donnée, mais aucune structure chimique n'est proposée. Elle est inutile pour les élèves, puisque le mécanisme d'oxydation n'est pas au programme.

2. Comment conserver les aliments ?

On présente les différents types d'emballages permettant de lutter contre les réactions d'oxydation, puis la notion d'anti-oxygène est définie et détaillée.

Les deux termes « anti-oxygènes » et « anti-oxydants » sont utilisés indifféremment, même s'ils n'ont pas exactement le même sens. *Anti-oxydant* devrait signifier « qui luttent contre les oxydations quelles qu'elles soient » : or les anti-oxydants n'ont pas d'action sur les oxydants chimiques comme le permanganate de potassium ; le terme est donc impropre. Un *anti-oxygène* agit par catalyse négative, en ralentissant la vitesse de réaction. Dans la réglementation européenne fixant les limites d'utilisations des additifs alimentaires, le mot utilisé est « anti-oxydant ».

- *Remarque* : la CEE utilise des codes compris entre E300 et E321 pour les anti-oxydants. Il n'est cependant pas rare de trouver sur les étiquettes : « anti-oxydant E223 ». Le E223 est le disulfite de sodium : classé dans les conservateurs, il a également une action anti-oxydante.

De la même manière, l'acide citrique (E330) et l'acide phosphorique (E338) sont parfois classés dans les anti-oxydants, car ils empêchent ou diminuent la formation des radicaux libres par la complexation des métaux, alors que ce sont des acidi-

fians ou des correcteurs d'acidité.

Les réactions d'oxydation ont également lieu dans le corps humain. Les radicaux libres naturellement présents dans notre corps aident à lutter contre certains microbes. Cependant, du fait d'une exposition trop prolongée à des rayonnements électromagnétiques ou à certaines substances, des radicaux libres peuvent favoriser l'apparition de certaines maladies : maladies neuro-dégénératives (Parkinson...), cancers ou encore athérosclérose (remaniement pathologique de la paroi artérielle). Le fait de manger une nourriture riche naturellement en anti-oxydants permet de limiter les facteurs de risques.

S'informer

Les nouveaux emballages

Innovation en matière de conditionnement, il s'agit ici d'éliminer le dioxygène de l'emballage à l'aide d'un absorbeur.

1. L'emballage fait barrière aux contaminations microbiologiques éventuelles, le dioxygène, la vapeur d'eau...
2. Ils éliminent un gaz ou un composé chimique.
3. L'antioxydant est « mélangé » à l'aliment, alors que l'absorbeur d'oxygène est dans l'emballage.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- *Anti-oxydants et vieillissement*, Guy Jadot.
- *Florilège de chimie pratique*, Florence Daumari & Pascal Griesmar.
- *Encyclopédie Universalis*, « Anti-oxygène », R. Panico, p. 596 (tome 2) ; « Les radicaux libres », B. Descamps Lastcher, p. 446 (tome 19).
- *Sciences et Avenirs*, n° 662 (avril 2002), p. 49.
- *Technologies internationales*, n° 41 (février 1998).
- www.eduscol.education.fr/D1030/40.complement_sur_les_anti_oxygènes.doc
- www.eduscol.education.fr/D1030/45-un_detournement_de_boisson.doc

- www3.sympatico.ca/diane.demers/
- www.sheabutter.com/FrShea/AGRadicauxLibres.htm
- www.aprifer.com
- www.tonneau.com/actu/art0290.htm
- b-simon.ifrance.com/b-simon/fichzip/additifs.pdf
- www.lesieur.fr/lesieur/fr/huile_az
- www.museodelollivo.com
- www.lactel.fr
- www.candia.fr

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à 5 Voir manuel de l'élève page 187.

ENTRAÎNEMENT

6 Voir manuel de l'élève page 187.

7 Le vin rouge

1. L'oxydation.
2. Ils empêchent le développement du mauvais cholestérol, réduisent le développement des lésions athéromateuses et réduisent l'activation des plaquettes sanguines.
3. Les polyphénols augment la longévité des vins, maintiennent la couleur et l'arôme.
4. Le vin est conservé dans une bouteille de verre coloré bouchée.
5. Le verre coloré empêche les rayons lumineux de déclencher ou d'accélérer le processus d'oxydation.

6. On bouche la bouteille.

7. La température accélère le processus d'oxydation : on conserve ainsi le vin plus longtemps dans de meilleures conditions.

8 Voir manuel de l'élève page 187.

EXERCICE TYPE BAC

9 Le raisin et les polyphénols

(Exercice proposé par EDUSCOL comme exemple d'évaluation.)

1. Oxydation.
2. Glucose, fructose et saccharose.
3. Vitamine E ou C.
- 4.a. Minéraux : ions : sulfate, fer, chlorure, cuivre potassium et zinc. b. Oligoéléments : ions fer, cuivre et zinc. c. Anti-oxygène : vitamine C.
5. Rancissement des graisses ou brunissement des fruits. Autres facteurs : présence de dioxygène, contact avec un métal, température non fraîche...

10 La cuisine dans tous ses états

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
<p>Physique dans la cuisine : les changements d'état et leurs applications en cuisine. Solidification, fusion, ébullition, sublimation. Réfrigération et congélation ; fusion et évaporation. Ébullition et cuisson sous pression ; cuisson à la vapeur. Lyophilisation : sublimation.</p>	<p>TPI : – Expériences mettant en jeu un mélange réfrigérant glace + sel ; réalisation d'un sorbet... – Expériences qualitatives mettant en évidence le caractère cryogénique d'une évaporation. – Mise en évidence des variations de la température d'ébullition en fonction de la pression. – Étude de documents sur les techniques de conservation utilisant les changements d'état : réfrigération, congélation, lyophilisation.</p>	<p>– Reconnaître et nommer les changements d'état physique d'un corps pur. – Distinguer ébullition et évaporation. – Savoir que la température du changement d'état d'un corps pur dépend de la pression, et qu'elle est constante à pression constante. Que la température d'ébullition augmente lorsque la pression augmente et inversement. – Savoir que l'évaporation d'un liquide s'accompagne d'une absorption d'énergie sous forme thermique ce qui se traduit par un refroidissement local. – Savoir que la fusion absorbe de l'énergie sous forme thermique et qu'inversement la solidification en libère. – Connaître le principe de la lyophilisation : la glace contenue dans les aliments congelés placés sous très faible pression est évaporée par sublimation. – Connaître le principe de l'autocuiseur : pression et température de cuisson plus élevées entraînent un temps de cuisson plus court.</p>

L'existence de changements d'état en cuisine offre l'occasion d'introduire les aspects scientifiques de ces changements d'état. L'eau sous pression reste liquide au-delà de 100 degrés Celsius, ce qui permet d'accélérer la cinétique de la cuisson dans une cocote minute. L'eau salée reste liquide en dessous de 0 degrés Celsius, ce qui permet de réaliser des mélanges réfrigérants. L'aspect énergétique des changements d'état et aussi évoqué par le biais de la cryométrie.

Activités de découverte

activité 1 Température d'ébullition de l'eau et pression

- **Matériel :** ballon de 500 mL, avec bouchon en caoutchouc adapté ; support avec une noix et pince pour tenir le ballon par le col ; petit cristalliseur de 1 L ; éprouvette graduée de 500 mL ; moyen de chauffage pour porter l'eau à l'ébullition (bec Bunsen ou chauffe-ballon) ; gant isolé thermiquement ; éponge ; petite bassine avec quelques glaçons.
- **Produit :** eau distillée.
- **Attention :** le verre chaud a la même couleur que le verre froid ; utiliser un gant isolé thermiquement pour cette expérience.

MANIPULATION

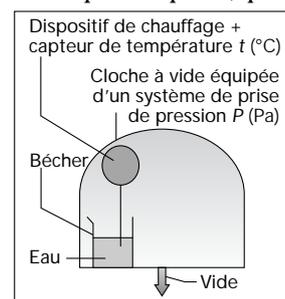
On gagne en efficacité en refroidissant avec de l'eau très froide : l'utilisation de l'éponge préalablement trempée dans la bassine d'eau et de glace est préférable à l'eau du robinet seule. Le bouchon doit être de taille suffisante pour être facilement retiré en fin d'expérience. S'il est trop enfoncé, il est possible de légèrement réchauffer le ballon fermé.

- **Attention :** risque de projection du bouchon ou d'éclatement du ballon.

1. L'eau à l'intérieur du ballon se met à bouillir.
2. Il se crée une dépression.
3. La pression à l'intérieur du ballon diminue.
4. L'eau est portée à l'ébullition à une température plus basse : un abaissement de pression fait donc diminuer la température d'ébullition de l'eau.
5. La température d'ébullition de l'eau dépend bien de la pression.

activité 2 Étude d'un résultat d'expérience

- **Matériel :** pompe à vide (protégée des vapeurs aspirées) pour créer un vide partiel sous la cloche qui servira à réaliser l'expérience ; bécher de 250 mL ; thermoplongeur pour chauffer l'eau contenue dans le bécher ; thermomètre pour repérer la température d'ébullition de l'eau.
 - **Produit :** eau distillée (100 ml).
- On termine l'expérience à la pression atmosphérique (cloche retirée). Avec la pression atmosphérique de ce jour-là ($P = P_{\text{atm}} = 101\,000 \text{ Pa}$), on a obtenu les valeurs suivantes :



T (°C)	30	35	40	45	50
P (Pa)	9 330	10 660	12 000	14 000	16 000
T (°C)	55	60	65	70	75
P (Pa)	20 000	23 460	28 000	33 590	40 000
T (°C)	80	85	90	95	100
P (Pa)	48 000	56 400	69 300	84 000	101 000

1. Ébullition de l'eau : donc vaporisation.
2. Si la pression croît, la température d'ébullition augmente.
3. Si la pression au sommet du Mont-Blanc est inférieure à la pression au niveau de la mer, la température d'ébullition de l'eau est inférieure à 100 °C au sommet du Mont-Blanc.
4. Inversement, si la pression dans l'autocuiseur est supérieure à la pression atmosphérique, la température d'ébullition de l'eau sera supérieure à 100 °C.

activité 3 Réalisation d'un mélange réfrigérant

1. Crème glacée ou sorbet.
 2. L'apparition de paillettes et de cristaux de glace, pour obtenir une glace onctueuse et moelleuse.
 3. Abaisser la température du mélange eau/glace.
- La glace seule en équilibre avec l'eau donne une température de 0 °C. La glace en présence de sel et d'eau permet d'atteindre une température de - 20 °C pour un mélange contenant 3 parties de glace et 1 partie de sel (en masse).

4. À une étoile correspond $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Un appareil de congélation présentant 3 étoiles permet de descendre à $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$; avec 4 étoiles, il permet de descendre à $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

activité 4 Température de fusion d'un mélange eau/sel

• **Matériel** : balance au 1/10 de g ; capsule de pesée ; bécher de 250 mL ; agitateur ; thermomètre, avec support.

• **Produits** : glace pilée ; gros sel.

- 0 $^{\circ}\text{C}$.
- La température du mélange diminue.
- Oui : il dit que le mélange était fait avec 10 % de sel, donc comme on travaille avec 100 g de glace, cela correspond à la température atteinte lorsque l'on a introduit 10 g de sel.

activité 5 Température d'ébullition d'un mélange eau/sel

• **Matériel** : balance au 1/10 de g ; capsule de pesée ; bécher de 400 mL ; agitateur ; éprouvette graduée de 250 mL ; thermomètre, avec support ; moyen de chauffage (bec bunsen ou plaque chauffante).

• **Produits** : eau distillée ; gros sel.

- 100 $^{\circ}\text{C}$.
- La température d'ébullition de l'eau augmente avec la teneur en sel.

activité 6 Caractère cryogénique d'une évaporation

• **Matériel** : thermomètre, avec support de thermomètre ; sèche-cheveux à air froid.

• **Produits** : eau distillée ; éthanol ; acétone ; éther.

1. Le principal danger est le caractère inflammable des trois composés organiques. Par ailleurs, l'acétone et l'éther sont nocifs et explosifs.

2. Qui produit du froid.

1. Eau	Abaissement : 3 $^{\circ}\text{C}$	Éthanol	Abaissement : 8 $^{\circ}\text{C}$
Acétone	Abaissement : 15 $^{\circ}\text{C}$	Éther	Abaissement : 30 $^{\circ}\text{C}$

Le courant d'air a provoqué l'évaporation rapide des liquides retenus dans le coton.

4. L'impression de fraîcheur est liée au phénomène d'évaporation, qui a un caractère cryogénique. Si le vent est fort, l'évaporation est plus rapide : la quantité de chaleur absorbée par l'eau pour s'évaporer est prise en un temps plus court, d'où un plus fort abaissement de température.

L'essentiel après les activités

• Les changements d'état d'un corps pur

En complément, il serait possible de tracer l'allure d'une courbe de variation de température en fonction du temps lors du changement d'état d'un corps pur et d'un mélange, si l'horaire le permet. À propos des échanges d'énergie entre le système et le milieu extérieur, on peut introduire les termes d'*exothermique*, d'*exoergique*, d'*endothermique*, d'*endoergique*.

• Conservation des aliments et changement d'état de l'eau

En liaison avec la conservation des aliments par le froid, le principe des machines frigorifiques peut être évoqué.

On utilise l'absorption d'énergie nécessaire à la vaporisation d'un liquide.

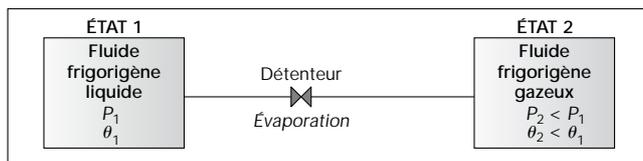


Fig. 1 – Principe général d'une machine frigorifique.

Si on recycle le gaz en le comprimant pour le liquéfier, on peut créer un cycle comportant une phase d'évaporation, donc de refroidissement.

Deux méthodes sont utilisées pour recycler le fluide de l'état gazeux à l'état liquide : l'absorption et la compression.

• Machines frigorifiques à compression

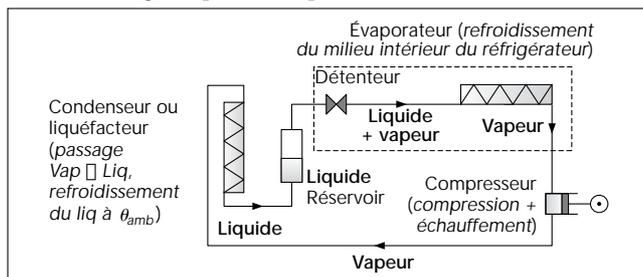


Fig. 2 – Machine frigorifique à compression.

- Détendeur : organe essentiel ; réglage par le thermostat.
- Évaporateur : dans les « petits » réfrigérateurs, à l'air libre dans l'appareil ; dans les « gros » réfrigérateurs, à immersion.
- Compresseur : organe mécanique (très fiable).
- Condenseur : échangeur, faisceau de tubes à ailettes.

• Machines frigorifiques à absorption

- Système utilisé seulement pour les très petites installations.
- Fluides frigorigènes utilisés : l'ammoniac, avec l'eau comme absorbant ; le fréon, avec l'éthylène glycol comme absorbant.

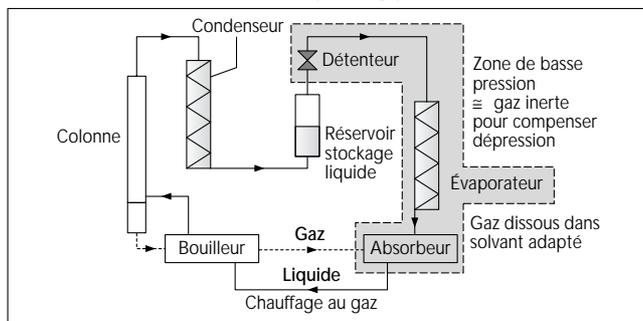


Fig. 3 – Machine frigorifique à absorption.

Entre la vanne de détente et l'absorbeur, il existe une zone de basse pression. Il y a donc obligation d'introduire un gaz inerte pour compenser cette dépression.

Les gaz sont dissous dans un solvant convenable.

S'informer

Micro-ondes et surgelés

• Four à micro-ondes

- Changement d'orientation rapide des molécules d'eau contenues dans les aliments entraînant une élévation de température.
- Le plat n'arrête pas les micro-ondes.
- Le matériau constituant le plat ne contient pas de molécules susceptibles d'être agitées par les micro-ondes.
- Le métal provoque la réflexion des micro-ondes.

• Surgélation

1. Le poisson se remettait à nager lors de la cuisson.
2. Les petits cristaux ne provoquent pas l'éclatement des tissus

qui sont légèrement élastiques.

3. Le four à micro-onde ne provoque que l'agitation des molécules d'eau.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- Accompagnement des programmes de sciences physiques : première L, Eduscol.
- [http : //www.calixo.net/braun/procedes/sechage/lyophilisation.htm](http://www.calixo.net/braun/procedes/sechage/lyophilisation.htm)

- [http : //www.nestle.fr/cuisine/guidee/four.asp](http://www.nestle.fr/cuisine/guidee/four.asp)
- [http : //www.malongo.com/fr/formation/cafes_traites.html](http://www.malongo.com/fr/formation/cafes_traites.html)
- [http : //www.inra.fr/presse/JUIL98/c1.html](http://www.inra.fr/presse/JUIL98/c1.html)

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

- 2 & 3 Voir manuel de l'élève page 188.

ENTRAÎNEMENT

- 4 Expression populaire

En se solidifiant, (passage du liquide au solide), la glace occupe un plus grand volume que l'eau qui lui a donné naissance. D'où l'éclatement de la pierre.

- 5 Voir manuel de l'élève page 188.

- 6 Cuisson à la vapeur

Cette cuisson est dite « diététique », car il se produit une moins grande dilution des nutriments que dans la cuisson dans l'eau bouillante (les aliments ne trempent pas dans le bouillon). Seule la partie extérieure de l'aliment est au contact de la vapeur de cuisson. La cuisson, sans matière grasse, se fait par agitation des molécules de surface qui, par conduction, chauffent les couches internes de l'aliment ; d'où une meilleure conservation de l'onctuosité et de la saveur.

- 7 Produits lyophilisés

1. Café, champignons, purée, thé, crevettes, fruits rouges...
2. *Dessiccation* : opération au cours de laquelle on retire l'humidité d'un corps (dans la lyophilisation, par sublimation).
3. *Organoleptiques* : qualités perçues au niveau du goût de l'odorat et de la vue.
Nutritives : qualités renfermées par les aliments pour assurer l'apport des substances vitales au corps humain.
Gustatives : qualités de goût.
4. La lyophilisation est principalement utilisée pour diminuer le poids, pour éviter d'avoir à conserver au froid et pour le mode de préparation rapide. D'où les domaines d'utilisation : la randonnée, les sports nautiques, le domaine aéronautique et tous les cas où le gain de temps est le critère recherché.

- 8 Voir manuel de l'élève page 188.

- 9 Machines frigorifiques

1. Stockage des matières premières ; transport des matières premières et des produits alimentaires ; fabrication des produits alimentaires ; distribution des produits alimentaires.
2. *Évaporateur* : à l'intérieur du réfrigérateur pour absorber la chaleur – *Liquéfacteur* : à l'extérieur du réfrigérateur pour évacuer la chaleur.
- 3.a. Les fluides caloporteurs étaient principalement les CFC chlorofluorocarbures fréons (fréon 12 : CCl_2F_2) et l'ammoniac. Ils sont remplacés par les hydrofluorocarbures HFC.
- b. Les fréons disparaissent progressivement des appareils.
4. Il détruit la couche d'ozone.

- 10 Voir manuel de l'élève page 188.

EXERCICE TYPE BAC

- 11 Changements d'états en cuisine

- (Exercice proposé par EDUSCOL comme exemple d'évaluation.)
1. *Cocotte-minute* : pression supérieure à la pression atmosphérique ; température d'ébullition de l'eau supérieure à 100 °C.
Casserole : pression égale à la pression atmosphérique ; température d'ébullition de l'eau égale à 100 °C.
 - Temps de cuisson plus long dans la casserole.
 - Consommation d'énergie la plus faible dans la cocotte-minute (moins de perte).
 - 2.a. La lyophilisation est impossible chez soi, car il est difficile d'atteindre – 60 °C et de réaliser un vide très poussé.
b. *Avantages* : conservation de bonnes qualités organoleptiques, nutritives et gustatives ; masse réduite ; longue conservation des produits traités.
c. *Inconvénient* : coût de mise en œuvre très important.
 3. *De haut en bas* : vaporisation, sous forme d'ébullition ; solidification ; vaporisation, sous forme d'évaporation ; fusion.

11 Chimie et cuisine

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Chimie dans la casserole Les émulsions Rappel sur la structure de l'eau. Structure simplifiée des lipides. Composés tensioactifs, partie hydrophile et partie hydrophobe. Formation de film, de micelles. Application à la compréhension de la fabrication d'une émulsion : mayonnaise, sauce béarnaise, sauce hollandaise, chocolat, Chantilly... Recherche d'emballages comestibles Exemples de matériaux biodégradables.	TP2 : – Recherche expérimentale des conditions physico-chimiques (nécessité de composés tensioactifs, influences du mixage et de la température) permettant la réussite d'une émulsion culinaire. – Élaboration d'une recette d'émulsion s'appuyant sur l'étude précédente. TP3 : Exemple de synthèse d'un matériau biodégradable : synthèse de polylactate, film amidon glycérol, etc.	– Savoir qu'un lipide est un corps gras non miscible à l'eau. – Savoir que la molécule d'un composé tensioactif est constituée d'une partie hydrophile et d'une partie hydrophobe – Interpréter le rôle d'un composé tensioactif dans la stabilisation des émulsions. – Interpréter un protocole expérimental simple. – Mettre en œuvre les compétences ci-dessus pour interpréter une recette de cuisine.

Les produits tensioactifs interviennent pour stabiliser les émulsions. C'est à nouveau l'occasion de faire intervenir la chimie dans la vie de tous les jours : la structure chimique d'une molécule, (niveau microscopique) permet de comprendre son rôle dans une mayonnaise (niveau macroscopique). C'est également la structure moléculaire qui permet d'expliquer la biodégradabilité de certains produits.

Activités de découverte

activité 1 Réaliser une mayonnaise

On peut faire le choix de travailler dans des pots en verre (yaourts), car l'agitation énergique y est plus aisée.

MANIPULATION 1

Les expériences permettent de différencier une dispersion d'une émulsion et montrer le rôle d'émulsifiant de la lécithine.

MANIPULATION 2

Une agitation énergique en présence d'un émulsifiant permet de réaliser de très petites gouttelettes, lesquelles deviendront les micelles, éléments de réussite de l'émulsion.

Une huile trop froide manque de fluidité et s'avère difficile à fractionner en gouttelettes.

MANIPULATION 3

L'élévation de température favorise la coalescence : les gouttelettes d'huile se regroupent et apparaissent à la surface de la mayonnaise. Cette activité est généralisable pour les autres émulsions : sauce béarnaise, crème Chantilly...

1. à 3. Cf. manuel de l'élève (p. 120).

activité 2 Comprendre la recette d'une mayonnaise

1. à 7. Cf. manuel de l'élève (p. 120, § III.4).

activité 3 Synthèse d'un matériau biodégradable

Il convient de faire respecter les consignes de sécurité.

Le polyester formé est un polylactate, biorésorbable. Afin de mettre en évidence son caractère biodégradable, il suffit d'ajouter de l'eau au produit tout en chauffant légèrement.

1. a. L'acide sulfurique, extrêmement caustique, provoque des brûlures très graves et profondes (il corrode, il ronge).

b. Un catalyseur est une espèce chimique permettant d'augmenter la vitesse d'une réaction chimique spécifique.

c. L'acide sulfurique joue un rôle de catalyseur (entremetteur).

2. **Biodégradable** : qui peut être détruit par les bactéries ou d'autres agents biologiques.

Biorésorbable : à l'exemple des fils de suture ou des α -polyesters, ce sont des biomatériaux ayant des applications temporaires, qui se dégradent au contact de fluides biologiques.

3. Utiliser du polylactate bien pris en masse, ajouter de l'eau et quelques gouttes d'acide sulfurique, agiter. Éventuellement, chauffer afin d'activer la dépolymérisation (net ramollissement du polylactate puis lente décomposition).

4. Les polyesters constituent des textiles très appréciés (tergal), mais aussi des peintures glycérophaliques.

L'essentiel après les activités

• Pour comprendre l'émulsion, qu'elle soit huile/eau ou eau/huile, il est essentiel de rappeler que les molécules d'eau et celles de lipides ne « s'aiment » pas (non-miscibilité vue en seconde). La stabilisation est l'affaire de molécules entremetteuses : les émulsifiants, sans oublier bien sûr les actions mécaniques énergiques qui divisent les gouttelettes.

• On pourra évoquer dans ce chapitre le lait entier qui conduit par écrémage centrifuge à la crème (émulsion H/E), laquelle, mûrie et barattée, donne le beurre (émulsion E/H), une matière grasse très utilisée en cuisine (sauce béarnaise...).

• La démarche d'interprétation scientifique des choix d'ingrédients et des savoir-faire de la mayonnaise est reprise dans l'exercice 13, « La béarnaise ».

• La partie sur polymères et matériaux biodégradables offre la possibilité de simuler un polylactate en classe avec quelques élèves (garçons, par exemple), chacun jouant le rôle de l'acide lactique ; un polyester classique est réalisé par une chaîne alternant un garçon et une fille.

Si elles ne permettent pas de montrer l'élimination de la molécule d'eau, ses simulations facilitent la mise en évidence des notions de macromolécule et motif.

Remarque : plusieurs notions abordées dans ce chapitre (tensioactif, micelle...) sont reprises chapitre 12 (*Chimie et lavage*).

S'informer

L'œuf et le lait

1. Mayonnaise, sauce hollandaise, crème anglaise, béarnaise.
2. Dans le lait, la caséine et dans le jaune d'œuf, la lécithine stabilise les émulsions.

3. D'un point de vue chimique, insaturé s'applique à une molécule dont la chaîne carbonée présente au moins une double liaison C=C, alors que la chaîne carbonée d'une molécule saturée ne présente que des liaisons simples C-C.
4. Alors que les acides gras saturés sont athérogènes et thrombogènes, les triglycérides insaturés joueraient un rôle protecteur vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- *Plastiques et environnement* : N° 23, mars 83 (Pour l'augmentation de la durée de vie des aliments) ; N° 24, juin 83 (Les biomatériaux) ; N° 29, juin 85 (Plastiques et biodégradabilité) ; N° 42, nov 89 (Biomatériaux) ; N° 43, mars 90 (La nouvelle restauration).

- *Molécule*, numéro spécial avril 1990.
- *Les secrets de la casserole*, Hervé This, Belin 1993.
- *Document d'accompagnement GE* (CDRom) – 1^{re} L.
- <http://www.lesieur.fr/>

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

- 2 à 7 Voir manuel de l'élève page 188.

ENTRAÎNEMENT

- 8 Échelle HLB (*Hydrophilic-Lypophilic Balance*)

1. Le monostéarate de glycérol est susceptible de stabiliser une émulsion eau dans l'huile.
2. Une mayonnaise est une émulsion huile dans l'eau : il vaut mieux utiliser un autre émulsifiant ayant une HLB supérieure à 10.
3. *Émulsion huile/eau* : cf. manuel de l'élève p. 123, Fig. 8a.
Émulsion eau/huile : cf. manuel de l'élève p. 123, Fig. 8b.

- 9 Indication sur l'utilisation des corps gras

1. L'acide linoléique est un acide gras polyinsaturé (il présente une double insaturation).
2. Comme tous les triglycérides composés d'acides gras insaturés, il supporte mal l'élévation de température que nécessite un bain de friture. Une huile de friture doit donc contenir le moins possible de triglycérides composés à partir d'acide linoléique ou d'autres acides gras insaturés.
3. *Arachide, olive, tournesol* : huile végétale pour friture et assaisonnement.
Colza, soja : huile ou huile végétale pour assaisonnement.

- 10 Le bon usage des huiles

1. Chauffée en présence de dioxygène, l'huile se dégrade un peu à chaque bain de friture, on considère qu'après 10 bains, l'huile contient trop de composés issus de sa dégradation (parfois cancérigènes) ou de celles des produits frits.
2. L'acide oléique est un acide gras insaturé.
Autre anti-oxydant : E-tocophérols et A-rétinol
3. *Athérogène* : favorise la formation de la plaque d'athérosclérose.
Trombogène : favorise l'apparition de thrombose (formation de

caillots dans un vaisseau sanguin).

4. Les huiles sont essentiellement constituées de triglycérides (composés des acides gras). Les acides gras, saturés ou non, ne peuvent être libérés des triglycérides qu'au cours d'une hydrolyse : il s'agit donc d'acides libérables et non libres. Une huile ou un corps gras (beurre) peut contenir un peu d'acides gras libres : un corps gras est considéré consommable si la teneur en acides gras libres est inférieure à 1 % en masse.

5.a. Les huiles qui contiennent des triglycérides insaturés et des anti-oxydants joueraient un rôle protecteur vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires.

b. Ces combinaisons permettent au consommateur de disposer d'huiles polyvalentes qui préservent sa santé.

- 11 & 12 Voir manuel de l'élève page 188.

EXERCICE TYPE BAC

- 13 La béarnaise

1. On introduit la matière grasse (beurre) dans l'eau en fouettant.
2. Les jaunes d'œuf apportent la lécithine, émulsifiant qui stabilise l'émulsion.
3. Le fouettage réduit les gouttelettes de matière grasse, ce qui favorise la stabilisation de la mayonnaise.
4. Dans une émulsion huile dans l'eau, il se forme des micelles directes : les gouttelettes de matière grasse sont enrobées de molécules d'émulsifiants.
5. Il ne faut pas ajouter trop de beurre afin d'éviter l'inversion de la nature de l'émulsion. L'émulsifiant n'aurait plus alors le HLB adapté à la nouvelle émulsion, qui ne pourrait se stabiliser. Ajouter de l'eau en plus au départ, ou en cours d'opération, permet de préparer une quantité de béarnaise plus importante.
6. Un jaune d'œuf contient de l'eau, des matières grasses, des phospholipides comme la lécithine et des protéines. Ces dernières supportent mal les températures trop élevées : elles « s'entortillent », donnant ainsi des grumeaux.

12 Chimie et lavage

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Chimie et lavage. Tension superficielle. Propriétés des détergents. Mode d'action d'un savon. L'industrie du savon. Différentes catégories de détergents. Biodégradabilité. <i>Limites : l'écriture et le mécanisme de la réaction de saponification ne sont pas au programme.</i>	TP4 : Mise en évidence de la tension superficielle de différents liquides : eau, eau salée, liquide vaisselle, liquide lessive, huile... – Fabrication d'un savon. – Activité documentaire sur l'industrie du savon.	– Savoir que la molécule d'un composé tensioactif est constituée d'une partie hydrophile et d'une partie hydrophobe. – Interpréter le mode d'action d'un savon sur les salissures. – Connaître les propriétés lavantes d'un savon suivant la nature de l'eau de lavage. – Interpréter un protocole expérimental simple.

Ce chapitre permet d'aborder la fabrication d'un produit de grande consommation, le savon, les propriétés des savons et des détergents, le problème de la biodégradabilité de ces produits, enfin la consommation des savons et des détergents.

Activités de découverte

activité 1 Le savon d'autrefois

1. Le suif devait être coupé en petits morceaux pour augmenter la surface d'échange entre la matière grasse et la soude caustique. Le suif fondait plus rapidement et le mélange graisse/soude se faisait mieux.
2. Le savon ainsi produit avait tendance à rancir, car il restait un excès de graisse.
3. Le savon se forme en surface, car il est non soluble dans l'eau salée et de masse volumique plus faible que l'eau salée.
4. Le temps de réaction élevé laisse supposer une réaction lente.

activité 2 Fabrication du savon

• **Matériel :** chauffe-ballon ; valet ; ballon de 250 mL ; éprouvettes graduées de 50 et de 10 mL ; bécher de 250 mL ; pipette simple et tige de verre pour agitateur ; petite cuillère en plastique ou petite spatule.

• **Produits :** alcool à brûler ; solution de soude à 2 mol.L⁻¹ ; huile d'olive ; solution saturée de chlorure de sodium ; eau distillée ; talc.

Attention : la solution de soude à 2 mol.L⁻¹ est corrosive pour la peau et dangereuse en cas de projection dans les yeux.

1. On retrouve la soude en solution, la matière grasse sous forme d'huile d'olive et un nouveau corps, l'alcool à brûler.
2. L'alcool à brûler sert de solvant commun aux deux réactifs (non miscibles) et améliore ainsi la surface d'échange.
3. Ce temps de réaction court ne présente d'intérêt que pour la durée de la manipulation, car la réaction étant lente, son rendement sera très faible.

On ne recueille pas de savon, mais on peut utiliser le savon formé pour mettre en évidence ses propriétés.

activité 3 Propriétés des savons

La solution aqueuse saturée en savon doit être réalisée avant le TP : râper du savon de Marseille dans de l'eau distillée, agiter le tout et décanter juste avant manipulation par les élèves.

Une solution aqueuse de détergent peut être réalisée avec un liquide vaisselle ou un liquide type lave-linge.

• **Produits :** solution aqueuse saturée en savon ; solution aqueuse de détergent ; talc ; huile ; eau distillée.

• **Matériel :**

– Manipulation 1 : bécher de 250 mL ; éprouvette graduée de 25 ou 50 mL.

– Manipulation 2 : support de tubes à essai avec trois tubes ; pipette simple.

– Manipulation 3 : deux béchers de 250 mL ; petit bout de tissu.

1. Il y a étalement de l'eau savonneuse à la surface et le talc est repoussé à la périphérie du bécher.

2. L'intérêt principal d'améliorer le pouvoir mouillant est un étalement de l'eau à la surface du corps à laver.

3. **Premier tube :** il se forme deux phases : la phase huileuse et la phase aqueuse car l'huile est non miscible à l'eau.

Second tube : l'huile se mélange à l'eau savonneuse.

Troisième tube : l'huile se mélange à l'eau additionnée de détergent.

4. Le savon permet de mélanger l'huile et l'eau, qui ne forment plus qu'une seule phase.

5. En améliorant le pouvoir émulsionnant, on peut disperser l'huile dans l'eau de lavage et retirer les taches grasses.

6. Avec un savon, on améliore le pouvoir mouillant, on émulsionne les matières grasses pour pouvoir les retirer du tissu.

activité 4 Le savon et l'eau

• **Produits :** solution aqueuse saturée en savon ; solutions aqueuses de Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Na⁺ + Cl⁻, H⁺ + Cl⁻, à 0,1 mol.L⁻¹.

• **Matériel :** support de tubes à essai avec 7 tubes.

1. **a.** Précipité blanc jaunâtre de carboxylate de calcium.

b. Précipité blanc jaunâtre de carboxylate de magnésium.

c. Précipité de carboxylate de fer.

d. La solution savonneuse se disperse dans l'eau.

e. Selon la qualité de l'eau du robinet, on observe la même chose qu'avec l'eau pure ou la formation d'un précipité.

2. Le savon a un pouvoir lavant réduit dans les eaux contenant des ions calcium, magnésium ou fer, car il donne un précipité et son pouvoir détergent sera réduit. Il est nécessaire d'utiliser une plus grande quantité de savon.

3. La réponse est fonction de l'eau de la région.

4. Si l'eau du robinet est riche en ions métalliques, le dépôt de précipités sur les fibres textiles rend le linge rêche.

5. Formation d'un précipité blanc de carboxylate de sodium.

6. Oui : la grande quantité de sel ajoutée provoque la précipitation du savon, or le savon n'est pas soluble dans l'eau salée.

7. Dans l'eau acidifiée, l'eau savonneuse donne un précipité.

L'essentiel après les activités

En lien avec le chapitre 11, il sera opportun de faire ressortir le caractère tensioactif et les propriétés des tensioactifs dans la chimie de la cuisine et dans la chimie du lavage.

S'informer

Un danger pour l'eau, la pollution par les détergents

1. Si le détergent est biodégradable, les longues chaînes carbonées ne sont pas ramifiées, ce qui les rend facilement dégra-

dables par les bactéries. Les queues hydrophobes sont détruites et ne donnent pas de mousse en surface (cf. fig. 5, p. 136).

2. Évolution naturelle des eaux où sont déversés trop de déchets industriels nutritifs pour les plantes aquatiques, ce qui perturbe l'équilibre biologique du milieu par diminution de l'oxygène dissous.

3. L'utilisation de détergents provoque le « lavage » des plumes, qui perdent leur graisse naturelle : elles ne constituent plus un matelas isolant protecteur de l'eau et du froid. Les oiseaux d'eau peuvent se noyer.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- *Encyclopédie de l'écologie*, Larousse.
- *Données industrielles économiques géographiques sur les produits chimiques métaux et matériaux*. Centre de Ressources Pédagogiques en Chimie et UDP.
- La toxicité des lessives, *La Recherche*, 250, vol. 24 (janvier 1993).

- Shampoing, dentifrice, savon – Sous la douche..., *Sciences et avenir*, Hors série, avril 1995.
- www.ademe.fr/ht/docs/publications/publipdf/etude.pdf : *tensioactifs et oléagineux (site très riche en informations)*.
- www.savon_de_marseille.com

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à 10 Voir manuel de l'élève page 188.

ENTRAÎNEMENT

11 Matière première : santé et sécurité

1. *Triglycérides* : huiles et graisses d'origines animales ou végétales. *Caustique* : corps qui attaque les tissus organiques.

2. Lors d'analyses médicales, on effectue la recherche des triglycérides dans le sang. Le taux normal est de 0,5 à 1,5 g · L⁻¹.

3. L'utilisation de produits caustiques au laboratoire impose l'emploi de lunettes de protection pour se protéger les yeux, de gants pour protéger la peau et d'une blouse pour protéger les vêtements. La soude, la potasse, les acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique, etc., et parmi les produits d'entretien de consommation courante, les déboucheurs, les produits détartrants, le liquide pour batterie d'accumulateurs, certains désherbants, etc.

12 La publicité sur les lessives

1. Affirmation fausse : lave la crasse.

2. *Soulève la crasse* : le savon entoure la salissure organique, grâce à sa queue lipophile, et la met en suspension, grâce à sa partie hydrophile.

Retient la crasse : formation d'une micelle.

13 & 14 Voir manuel de l'élève pages 188 & 189.

EXERCICES TYPE BAC

15 Étude du savon

1. La queue qui représente la longue chaîne carbonée peut s'as-

socier avec les graisses : elle est lipophile. La tête est hydrophile.

2. Voir l'essentiel après les activités.

3. La tête peut donner des liaisons avec l'eau, car elle est électriquement chargée.

4. Voir l'essentiel après les activités.

16 Eaux de lavage

1. L'inefficacité du savon dans les eaux dures s'explique par le contenu ionique de ces eaux qui renferment une quantité non négligeable d'ions Ca²⁺ et Mg²⁺. En présence de ces ions, le savon précipite et ne peut donc pas jouer son rôle de tensioactif.

2. Des produits de substitution permettent de pallier cet inconvénient : les détergents. Dans leur composition, on trouve des composés qui piègent les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ et évitent ainsi qu'ils réagissent avec les tensioactifs.

3. Les produits tensioactifs risquent de provoquer la formation de mousses à la surface des rivières et de bloquer les échanges air/eau. La faune et la flore sont modifiées dans un tel milieu.

17 Étude de la composition de pastilles de détergent

1. La propriété essentielle des tensioactifs est d'améliorer le pouvoir mouillant de l'eau.

2. Les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ sont présents dans l'eau de lavage si celle-ci est dure. Les zéolithes permettent de fixer les ions Ca²⁺ et Mg²⁺.

3. Le rôle des agents de blanchiment est de décolorer les tâches.

4. Pour une meilleure efficacité des lessives, l'eau ne doit pas être acide pour ne pas faire précipiter la lessive.

5. Les enzymes auront une action sur les tâches d'origine organique (sang, œuf, amidon, chocolats et fruits).

6. Composé biodégradable : composé qui peut se décomposer sous l'action des micro-organismes contenus dans l'eau et dans le sol, jusqu'à l'obtention de résidus (dioxyde de carbone, eau ou sels).

13 Les énergies fossiles et la pollution atmosphérique

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
<p>Les énergies fossiles et la pollution atmosphérique Ressources énergétiques ; sources d'énergie fossile. Les produits de combustion du gaz naturel, du bois, du charbon, du fuel, de l'essence. Les principaux polluants atmosphériques : origine, effets, remèdes. <i>Limites : l'écriture et l'exploitation quantitative des réactions de combustion des hydrocarbures n'est pas exigible.</i></p>	<p>TP1 : Mise en évidence des produits des combustions complète et incomplète d'un hydrocarbure. Mise en évidence des produits de la combustion du bois. Activité documentaire sur le pot catalytique, sur l'effet de serre, sur la destruction de la couche d'ozone...</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dégager, dans un document, des enjeux planétaires énergétiques et les choix de société induits. - Identifier, parmi les ressources énergétiques, les sources d'énergie fossile. - Connaître les principaux produits de combustion du gaz naturel, du bois... - Identifier dans un document les effets des polluants atmosphériques, les solutions de remédiation.

On met en évidence le fait que les combustions d'hydrocarbure et de bois conduisent notamment à un dégagement de dioxyde de carbone. Ce dioxyde de carbone peut être à l'origine de l'augmentation de l'effet de serre, qui à terme peut nuire à l'équilibre de la planète.

D'autres produits ou résidus néfastes accompagnent la combustion d'hydrocarbures : on utilise les pots catalytiques pour diminuer leur émission.

Activités de découverte

activité 1 Combustion d'un hydrocarbure à l'état gazeux

MANIPULATION 1

Le récipient métallique froid, placé au-dessus de la flamme, permet de mettre en évidence la vapeur d'eau libérée par la combustion. Elle se condense sur les parois froides de la casserole.

MANIPULATION 2

Attention, ne pas trop approcher de la flamme l'orifice de la bouteille, respecter la distance minimum d'environ 25 cm entre l'extrémité de la flamme et l'ouverture de la bouteille.

1.a. Le produit de combustion qui se dépose sur la paroi froide du récipient métallique est de l'eau H_2O .

b. Après avoir coupé l'arrivée d'air, il se dépose sur le fond du récipient du carbone de couleur noire.

2. La combustion réalisée n'est pas complète car le carbone C ne s'est pas transformé en dioxyde de carbone CO_2 comme dans une combustion complète.

3.a. Dans le flacon contenant l'eau de chaux, on observe un trouble blanchâtre.

b. Le trouble de l'eau de chaux est dû au précipité de carbonate de calcium. Le carbonate de calcium apparaît du fait de la dissolution du gaz dioxyde de carbone CO_2 .

4. Les produits mis en évidence au cours de la combustion du méthane ou du butane :

- pour une combustion complète, on obtient CO_2 et H_2O ;
- pour une combustion incomplète, on obtient C et H_2O .

activité 2 Combustion d'un bois sec

1.a. Pour la première position de l'assiette, on observe un liquide incolore sur les parois froides de l'assiette. Pour la

deuxième position, on observe un dépôt noir solide.

b. Le liquide observé est de l'eau H_2O . Le solide observé est du carbone C.

2. Au cours de la deuxième manipulation, le produit mis en évidence par l'eau de chaux est du dioxyde de carbone CO_2 .

3. Comme du carbone se dégage lors de la combustion du bois, sa combustion n'est pas complète.

activité 3 L'augmentation de l'effet de serre

1.a. Une serre est une construction aux parois translucides permettant de créer, pour les plantes qui poussent à l'intérieur de la serre, des conditions de température favorables.

b. Les parois d'une serre sont transparentes aux radiations visibles ou ultraviolettes, alors qu'elles sont réfléchissantes pour les radiations infrarouges. Les radiations ultraviolettes et visibles, venant du Soleil, traversent les parois translucides de la serre et sont partiellement absorbées par le sol et les plantes. Cette énergie absorbée est essentiellement réémise par le sol sous forme de radiations infrarouges qui sont piégées par réflexion, par les parois de la serre, provoquant une élévation de température à l'intérieur de la serre.

2.a. Les sources d'énergies fossiles sont les substances extraites du sous-sol dont l'origine est très ancienne. Elles libèrent de l'énergie par combustion et représentent environ 80 % de l'énergie consommée dans le monde.

b. Les sources d'énergie fossile utilisées par l'homme sont les charbons (anthracite, houille), les lignites, les tourbes, les pétroles et les gaz naturels.

3. Pour diminuer l'effet de serre, on peut :

- restreindre les émissions de gaz à effet de serre ;
- développer les énergies renouvelables ;
- moins consommer d'énergie fossile.

4. Dioxyde de carbone, 63 % ; méthane, 20 % ; oxyde nitreux, 4 % ; halocarbones (chlorofluorocarbones ou CFC) et leurs substituts, 13 %.

5. Une augmentation de l'effet de serre provoque :

- une élévation des températures de la troposphère ;
- une évaporation de l'eau des mers plus importante, créant ainsi une augmentation de l'effet de serre ;
- une fonte accélérée des glaciers et une dilatation des océans ;
- une augmentation du niveau de la mer et une inondation des régions côtières ;
- une modification des écosystèmes et de la végétation.

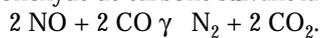
activité 4 Le pot catalytique

1.a. Pour que le pot d'échappement devienne actif, il faut que celui-ci soit porté à des températures voisines de 600 à 900 °C. C'est la raison pour laquelle le pot catalytique est placé au plus près de l'échappement du moteur, là où les gaz d'échappement sont les plus chauds.

2. Le monoxyde de carbone, CO, à la sortie des moteurs à explosion est un gaz très toxique et dangereux pour la santé. Ce monoxyde de carbone est transformé en dioxyde de carbone, CO₂, infiniment moins toxique.

Les hydrocarbures imbrûlés contribuent à accroître considérablement l'effet de serre. La présence du pot catalytique transforme ces hydrocarbures en dioxyde de carbone CO₂ et en vapeur d'eau H₂O.

Le monoxyde d'azote NO formé dans les cylindres du moteur réagit avec le monoxyde de carbone suivant la réaction :



3.a. Un catalyseur est une substance qui favorise une ou plusieurs réactions bien déterminées. En général, le catalyseur est en dose infime dans le milieu réactionnel et se retrouve intact en fin de réaction.

b. Les catalyseurs utilisés dans les pots catalytiques sont le platine, le rhodium, le palladium et le césium.

4. La présence des pots catalytiques sur les véhicules diminue fortement le pourcentage des gaz toxiques (monoxyde de carbone et oxydes d'azote) dans l'atmosphère des villes. De plus, la présence de ces pots contribue à diminuer les émissions de gaz à effet de serre (oxydes d'azote et des hydrocarbures).

L'essentiel après les activités

Compléments sur les produits de combustion des énergies fossiles

• Dioxyde de carbone CO₂

Le taux du dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre ne cesse d'augmenter. Cette augmentation est due à l'utilisation massive des énergies fossiles par l'homme. En 1860, ce taux dans l'air était de 260 ppm ; actuellement, il avoisine les 400 ppm.

• Monoxyde de carbone CO

La production de ce gaz augmente considérablement lorsque les véhicules sont concentrés et que les moteurs de ceux-ci fonctionnent dans des endroits clos ou insuffisamment aérés (parking, garages, tunnels...).

Le monoxyde de carbone est également produit par les appareils de chauffage en mauvais état de fonctionnement et non régulièrement révisés. Dans les locaux d'habitation, il faut éviter le chauffage par panneaux radiants, braseros et poêles à charbon mal réglés.

Inodore et inodore, ce gaz se diffuse très rapidement dans l'air et provoque de nombreux accidents. En 2000, dans Paris et sa Petite Couronne, on signale 7 morts par ce gaz, 254 hospitalisations et 387 intoxications sérieuses.

• Oxydes d'azote NO et NO₂

Le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂ interviennent dans la formation de l'ozone (trioxygène O₃) en basse atmosphère et favorisent la formation des pluies acides.

• Dioxyde de soufre SO₂

En Europe, le nombre de sources émettant du dioxyde de soufre

est voisin d'un millier. À lui seul, le complexe sidérurgique bulgare de Maritsa rejette plus de 350 000 tonnes de SO₂ par an. En France, le décret du 6-5-1998 impose de ne pas dépasser 250 mg . m⁻³ . jour⁻¹ plus de 7 jours par an.

Polluants dus aux utilisations massives des énergies fossiles

Si le temps le permet ou si des questions d'élèves sont posées en classe, le professeur peut signaler d'autres pollutions dues uniquement aux utilisations massives des énergies fossiles.

• Pollution par les composés organiques volatils

La pollution par les composés organiques volatils (COV) est réalisée par :

- les hydrocarbures dus à l'évaporation de produits pétroliers, ceux contenus dans les bacs de stockage et ceux s'échappant lors du remplissage des réservoirs des véhicules ;
- les hydrocarbures libérés par les combustions incomplètes, surtout au démarrage des moteurs lorsque ceux-ci et les pots catalytiques sont froids.

Tous ces produits favorisent la formation de l'ozone O₃ dans la basse atmosphère et de ce fait provoque une autre pollution dangereuse pour la santé.

En 1998 et dans le monde, les émissions des COV atteignaient plus de 2,5 millions de tonnes de produits, avec près de 40 % des émissions, uniquement pour les transports !

• Pollution des eaux

La pollution des eaux due uniquement aux produits pétroliers est énorme. Les chiffres donnés représentent les tonnages mondiaux de produits rejetés dans la nature. Les origines de ce type de pollution sont diverses :

- *pollution due aux forages* : depuis 1969 et en 17 accidents, plus de 2 millions de tonnes de brut répandus dans les mers ;
- *pollution due aux installations côtières* : depuis 1969 et en 4 accidents, plus de 100 000 tonnes de produits pétroliers ;
- *pollution due aux oléoducs* : depuis 1967 et en 3 accidents, plus de 120 000 tonnes de produits pétroliers, sans compter l'accident de Pechora (Oural) en 1994, rupture d'un oléoduc qui déverse plus de 300 000 tonnes de pétrole dans les rivières riches en salmonidés et les toundras environnantes ;
- *pollution due aux navires de transport* : depuis 1967 et en 46 accidents, plus de 4 millions de tonnes de produits pétroliers répandus dans les mers et les océans, le plus souvent près des côtes (marées noires) !
- *pollution due aux « dégazages » sauvages* : très difficile à estimer mais les faits sont extrêmement nombreux et les tonnages rejetés en mer sont très importants ; cette pollution est due aux navires et aux pétroliers qui nettoient leurs cuves en mer afin d'éviter de payer les frais d'un dégazage au port ;
- *pollution volontaire en temps de guerre* : afin d'empêcher une opération amphibie américaine dans le Golfe Persique, l'armée irakienne ouvre les vannes d'un terminal et déversent en mer plus de 200 mille tonnes de brut.

• Pollution due aux explosions et incendies

Les manipulations, les transports et les stockages des énergies fossiles ne sont pas sans danger. Les accidents suivants sont extraits des explosions et des incendies dus aux énergies fossiles ou aux produits utilisés à des fins énergétiques. De cette liste, sont exclus les accidents dus à l'extraction des énergies fossiles, lesquels sont fréquents dans l'extraction du charbon.

En France, deux accidents sont à signaler :

- raffinerie de Feyzin en 1966 (17 morts, 84 blessés graves et importants dégâts matériels jusqu'à 16 km de l'explosion) ;
- Saint Amand-les-Eaux en 1973 (9 morts, 45 blessés graves et 13 maisons détruites).

Dans le monde et à l'exclusion de la France (voir ci-dessus), le nombre d'accidents est énorme. En considérant uniquement les accidents graves ayant entraîné plus de 50 morts par accident, on en dénombre 34 depuis 1944. Ces 34 accidents ont provoqués près de 5 000 morts, sans parler des blessés et des dégâts matériels.

S'informer

La destruction de la couche d'ozone

1. Les rayonnements ultraviolets très dangereux pour la vie sur Terre.
2. Actions nocives pour toute forme de vie : cancers de la peau, destruction des amphibiens, d'une grande partie de la végétation... (Voir également corrigé exercice 13, § 2.)
3. Cesser d'utiliser les CFC à la fin du vingtième siècle.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- www.environnement.gouv.fr ; www.eoleres.com ; www.ademe.fr ; scio.free.fr/thermo/e_solaire.php3 ; e.m.c.2.free.fr/sourcenergie.htm ; www.arehn.asso.fr/tabord ; www.espace-eolien.fr
- La revue mensuelle *Systèmes Solaires*.
- *L'énergie*, Bordas.

- *Les Énergies renouvelables*, Jean-Christian Lhomme, Édition du Système Solaire.
- *Énergie dans le Monde*, Jean-Louis Bodin, EDP Édition.
- *Énergie, pollution, environnement*, Claude Ronneau, De Boeck-Wesmael.

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **7** Voir manuel de l'élève page 189.

ENTRAÎNEMENT

8 Ressources énergétiques

1. Charbon (anthracite, houille), lignite, tourbe ; pétroles et gaz naturels ; énergie nucléaire ; énergies renouvelables (animaux de trait, biomasse, bois, charbon de bois, éolienne, géothermique, hydroélectrique, marémotrice, sables asphaltiques, schistes bitumeux, solaire, thermique des mers, vagues).

2. Les sources d'énergie fossile sont le charbon, la lignite, la tourbe, les pétroles et les gaz naturels.

3. Les sources d'énergie renouvelable sont les animaux de trait, la biomasse, le bois, le charbon de bois (pour ces trois dernières, à condition de ne pas la surexploiter, du fait du risque de stérilité des sols), l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, l'hydroélectrique dont l'énergie marémotrice, les sables asphaltiques, les schistes bitumeux, l'énergie solaire, l'énergie thermique des mers, l'énergie mécanique des vagues.

9 Voir manuel de l'élève page 189.

10 Les oxydes de carbone

- 1.** Dioxyde de carbone : CO_2 ; monoxyde de carbone : CO .
- 2.** Le monoxyde de carbone CO est très toxique, car il bloque le transport de l'oxygène par le sang.
- 3.** Lorsqu'une personne respire de l'air, mélangé avec du dioxyde de carbone dans des proportions volumiques supérieures à 7 %, celle-ci tombe en syncope au bout de quelques

minutes. La mort survient alors rapidement par asphyxie.

4. Il faut bien aérer les locaux. Le dioxyde de carbone peut provoquer des troubles de la respiration allant jusqu'à des intoxications sérieuses, et même la mort si les proportions de ce gaz sont importantes dans l'air.

11 Voir manuel de l'élève page 189.

12 Combustion du fioul

1.a. La fumée noire est constituée de carbone à l'état solide. La combustion du fioul est qualifiée d'incomplète.

b. Carbone C, très peu de CO_2 , traces de CO et eau H_2O .

2.a. Dans ces conditions, le fioul brûle entièrement par combustion complète.

b. Dioxyde de carbone et eau si la combustion est complète.

c. L'énergie libérée par la combustion complète du fioul est nettement supérieure à celle que le fioul libérerait lors d'une combustion incomplète.

13 Voir manuel de l'élève page 189.

14 L'air pollué

1. Les éléments considérés dans ce texte qui subissent une combustion sont : l'azote N, le soufre S et le carbone C.

2. Dioxyde de carbone CO_2 ; monoxyde de carbone CO ; dioxyde de soufre SO_2 ; dioxyde d'azote NO_2 ; monoxyde d'azote NO .

3. Dioxyde de soufre SO_2 ; dioxyde d'azote NO_2 ; monoxyde d'azote NO ; dans une moindre mesure, dioxyde de carbone CO_2 .

4. Purifier les produits de combustion (possible avec les essences, les diesels et les fiouls, mais impossible avec les charbons). – Filtrer et absorber les oxydes dangereux pour la santé, tels que les oxydes d'azote et de soufre. Oxyder le monoxyde de carbone, gaz haute-

ment toxique, par des dispositifs divers, en particulier par l'utilisation de pots catalytiques sur les automobiles.

15 Voir manuel de l'élève page 189.

EXERCICE TYPE BAC

16 L'énergie éolienne

1.a. Avantage : l'énergie éolienne n'entraîne aucune pollution en particulier, cette énergie ne rejette pas de dioxyde de carbone CO₂ dans l'atmosphère.

Inconvénient : l'installation d'un nombre important d'éoliennes défigure le paysage et représente un danger pour les oiseaux.

b. Le mégawatt (1 mégawatt = 106 watts).

2.a. Avantage : l'énergie solaire est une énergie renouvelable naturelle, gratuite, il suffit de la capter.

Inconvénient : la puissance des installations qui captent l'énergie solaire ne peut pas rivaliser avec celle des centrales thermiques.

b. Pour faire fonctionner un réfrigérateur, il faut utiliser des cellules photovoltaïques qui transforment directement l'énergie rayonnante émise par le Soleil (*énergie solaire active* dans le texte) en énergie électrique.

Pour avoir une réserve d'eau chaude bon marché, il faut utiliser des capteurs plans de couleur noire et des tuyaux de circulation d'eau afin de capter la chaleur émise par ce dispositif (*énergie solaire passive* dans le texte).

3. Sources d'énergie renouvelable : Soleil (énergie solaire) ; sol de la Terre (énergie géothermique) ; vents (énergie éolienne).

Sources d'énergie non renouvelable : pétrole ; gaz naturel ; charbon.

4. Les arguments tenus dans le discours cité ne présentent que les inconvénients de l'énergie éolienne. Ce discours est donc tenu par des partisans de l'énergie solaire.

5.a. Pour produire de l'énergie électrique, la France utilise l'énergie nucléaire majoritairement (environ 76 %).

b. L'utilisation de l'énergie nucléaire ne libère ni dioxyde de carbone, ni oxydes d'azote ou de soufre, ni poussières. Cette énergie ne contribue donc pas à augmenter l'effet de serre.

c. En revanche, l'utilisation de ce type d'énergie crée des déchets radioactifs dont certains restent très longtemps dangereux. Il est donc nécessaire de les retraiter, ce qui pose des problèmes financiers et de stockage.

14 Production d'énergie électrique dans une centrale

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Production d'énergie électrique dans une centrale Sources de champ magnétique, lignes de champ. Principe de l'alternateur. Sources énergétiques, transformations énergétiques, les différentes formes d'énergie. <i>Limites : aucun calcul sur la force électromotrice induite ne doit être envisagé.</i>	TP2 : Recherche des conditions électromagnétiques permettant la production d'une tension électrique variable. Analyse documentaire sur les différents types de centrale. Visite d'une unité de production électrique.	– Connaître les principales sources énergétiques utilisées dans les centrales. – Conduire une analyse macroscopique globale d'une chaîne énergétique : les différentes formes d'énergie, leurs transformations, ordres de grandeur.

Toutes les centrales électriques possèdent un alternateur qui par induction transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique. Ce chapitre est l'occasion de décrire les principaux types de centrales, sauf les « nucléaires » étudiées au chapitre suivant, puis de donner quelques notions permettant d'étudier le principe des alternateurs. Le champ magnétique est juste introduit comme « élément » indispensable de l'alternateur.

Activités de découverte

activité 1 Les différents types de centrales électriques

Les types de centrales électriques sont présentés, de façon succincte, avec leurs principaux avantages et inconvénients.

1. Les différents combustibles utilisés par les centrales thermiques à flamme sont : le charbon, le pétrole sous forme de fioul lourd et le gaz naturel.
2. Les centrales qui utilisent directement l'énergie mécanique de l'eau sont les centrales hydrauliques.
3. **a.** On classe les centrales hydrauliques selon la dénivellation entre le niveau supérieur de l'eau et le positionnement des turbines.

Centrales	Dénivellation
Haute chute	Plusieurs centaines de mètres, parfois un millier de mètres
Moyenne chute	Centaine de mètres
Basse chute	Dizaine de mètres

- b.** Haute chute : réponse aux pointes exceptionnelles.
 Moyenne chute : régulations journalières ou hebdomadaires.
 Basse chute : production d'électricité de base.

Centrales	Avantages	Inconvénients
Thermiques à flamme	Combustibles encore bon marché pour l'instant	Rejets importants de gaz à effet de serre et de poussières
Nucléaires	Rejets nuls de gaz à effet de serre et de poussières	Production de déchets nucléaires radioactifs
Géothermiques	Énergie renouvelable	Sites d'installation limités
Hydrauliques	Énergie renouvelable	Inondation importante du terrain ; circulation des alluvions stoppée

activité 2 Production d'une tension électrique variable

MANIPULATION 1

On peut réaliser cette manipulation avec du matériel didacticiel ou utiliser tout simplement une bobine, un aimant droit et un voltmètre très sensible à zéro central.

MANIPULATION 2

La visualisation de la tension est facilitée en utilisant un oscilloscope à mémoire.

Dans ce cas, le professeur effectue devant les élèves les premières manipulations afin que ceux-ci puissent reproduire facilement le mode opératoire de cette visualisation.

MANIPULATION 3

Si le laboratoire ne possède pas le matériel utilisé sur la photographie de l'expérience, on peut évidemment utiliser un vélo et son alternateur.

1 a. Pour créer une tension électrique variable aux bornes d'une bobine, par induction électromagnétique, il faut disposer d'un champ magnétique et produire un déplacement relatif entre le circuit et le champ magnétique.

b. Si lorsque l'on approche le pôle nord de l'aimant, le courant qui apparaît est positif, alors lorsque l'on approche le pôle sud, le courant sera négatif.

c. Plus le mouvement relatif entre le circuit et le champ magnétique est rapide, plus l'amplitude de la tension créée est importante.

2 a. Dans cette expérience, le cadre est mobile et l'aimant est fixe. Dans la première expérience, c'était l'inverse. On constate que c'est bien le mouvement relatif entre le couple « cadre-champ magnétique » qui crée la tension variable.

b. Plus la vitesse de rotation du cadre est rapide, plus la valeur maximale de la tension créée aux bornes de la bobine est grande. On peut également faire remarquer que, plus la vitesse de rotation du cadre est rapide, plus les motifs de la tension sont resserrés (élévation de la fréquence de la tension variable).

3 a. Plus la rotation de l'alternateur est rapide, plus l'éclat de la lampe à incandescence est important.

b. L'énergie électrique utilisée pour faire briller la lampe provient de l'énergie mécanique produite par l'expérimentateur.

L'essentiel après les activités

• Le champ magnétique

Au niveau de la 1^{re} L, il n'est pas nécessaire de représenter le champ magnétique par un vecteur ; les seules caractéristiques données sont la direction et le sens de ce champ.

Les lignes de champ magnétique sont définies expérimentalement : elles sont visualisées grâce à la limaille de fer ou à l'orientation de petites aiguilles aimantées.

• Principe de l'alternateur

Les conditions d'obtention d'une tension variable à l'aide d'un champ magnétique et d'une bobine font partie des connaissances exigibles du programme.

Le professeur explique que les variations de la tension variable produite sont représentées sur l'écran de l'oscilloscope. Les réglages et la manipulation de cet appareil seront effectués par

le professeur, tout du moins pour les premières visualisations de la tension variable produite.

• Transformations énergétiques dans les centrales

Une centrale électrique est un immense convertisseur d'énergie dont la forme finale est l'énergie électrique et l'énergie « d'agitation microscopique » transférée dans l'environnement sous forme de chaleur.

L'énergie initiale transformée par la centrale est :

- l'énergie chimique du système « combustible-air » dans le cas des centrales thermiques à flamme ;
- l'énergie nucléaire de désintégration des atomes radioactifs contenus dans le sous-sol de la Terre (énergie géothermique) dans le cas des centrales géothermiques ;
- l'énergie mécanique de l'eau dans le cas des centrales hydrauliques et marémotrices.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- www.electropolis.tm.fr ; www.edf.fr/html/fr ; www.id-net.fr/~brolis/sp/chemin ; www.iufmrese.cict.fr/contrib/multon ; www.ac-toulouse.fr/sc ; techno91.free.fr/Energie.htm ;
- *Énergie électrique*, M. Aguet, Dunod.
- *Électricité photovoltaïque*, Édition du Système Solaire.
- *Énergie et changements technologiques*, Édition Économica.
- *L'énergie*, J.-L. Bobin, Flammarion.

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à 9 Voir manuel de l'élève page 189.

ENTRAÎNEMENT

10 Un aimant droit

1. Pôles de l'aimant : le pôle nord et le pôle sud.
2. et 3. Voir manuel de l'élève page 158 (fig. 5a.).

11 Voir manuel de l'élève page 189.

12 À bicyclette

1. Le rôle de l'alternateur de bicyclette est de fournir de l'énergie électrique aux ampoules électriques de celle-ci.
2. L'alternateur reçoit de l'énergie mécanique et la transforme en énergie électrique.
3. Lorsque le cycliste roule lentement, le filament des ampoules électriques est peu lumineux ; cela tient au fait que la tension créée par l'alternateur est faible.

13 Une expérience fondamentale

- 1.a. L'induction électromagnétique.
- b. La tension est maintenant négative.
- 2.a. Même sens de la déviation de l'aiguille que celle observée en

- 1.a. mais maintenant la tension produite est plus importante.
- b. Même sens de la déviation de l'aiguille que celle observée en 1.b, mais la tension produite est également plus importante.
- 3.a. Les valeurs algébriques des tensions produites sont identiques à celles observées au 1.
- b. Les valeurs algébriques des tensions produites sont maintenant inversées par rapport à celles observées en 2.

14 Voir manuel de l'élève page 189.

EXERCICES TYPE BAC

15 Centrale hydraulique

1. $P_1 = 2\,200 - (1\,800 + 150)$; $P_1 = 250$ MW.
2. Les pertes énergétiques du convertisseur sont :
 - l'énergie emportée par l'eau à la sortie de la turbine ;
 - l'énergie transférée sous forme de chaleur dans l'environnement.
3. Rendement énergétique de la centrale :
$$r = \frac{1\,800}{2\,200} = 0,82, \text{ donc } r = 82 \%$$
- 4.a. La source d'énergie utilisée par la centrale est l'énergie mécanique de l'eau du barrage.
- b. Cette source d'énergie est une énergie renouvelable, car l'eau de pluie apportée par les voies naturelles renouvelle l'eau du barrage.

16 La centrale de Civaux

1. Le kilowattheure est une unité d'énergie. Le kilowatt est une unité de puissance.

2. Masse du chargement d'un wagon de fioul lourd : 95 tonnes.

Masse du chargement d'un wagon de charbon : 100 tonnes.

3. Énergie libérée par un kilogramme de charbon :

$$e_1 = \frac{1,8 \times 10^9}{4,0 \times 10^9} ; e_1 = 4,5 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

Énergie libérée par un kilogramme de fioul lourd :

$$e_2 = 3,0 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

Énergie libérée par un kilogramme d'uranium est :

$$e_3 = 254 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

4. La masse d'un kilogramme d'uranium est :

$$m = \frac{71\,000}{6\,500} ; \Leftrightarrow 10,9 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}.$$

17 Des éoliennes au Maroc

1. Parc installé sur un site très venté.

2.a. Énergie mécanique du vent.

b. Source d'énergie est une source d'énergie renouvelable.

3. Puissance P de ce parc éolien :

$$P = 84 \times 600 ; P = 50 \times 10^3 \text{ kW}.$$

4. Énergie électrique produite :

$$E = (50 \times 10^3) \times 5\,000 ; E = 25 \times 10^7 \text{ kWh}.$$

5. Consommation d'énergie électrique au Maroc en 2000 :

$$E_{\text{Maroc}} = \frac{2,5 \times 10^7}{0,018} ; E_{\text{Maroc}} = 14 \times 10^9 \text{ kWh}.$$

6. Économie réalisée :

$14 \times 10^9 (0,0732 - 0,0587)$, soit plus de 200 millions d'euros.

15 Centrales nucléaires et radioactivité

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Sécurité dans les centrales nucléaires et gestion des déchets. Composition du noyau, isotopes, notion de fission. Effets biologiques de la radioactivité, radioprotection. Radioactivité ; courbe de décroissance radioactive, période. Gestion des déchets radioactifs et sécurité des centrales. <i>Limites : aucun calcul d'énergie de liaison ; aucune utilisation de la loi de décroissance d'un radionucléide ne sont exigés.</i>	TP3 : À l'aide d'un compteur, mesurer l'absorption des radiations par des écrans d'épaisseur variable. Activité documentaire ou exposé sur les différentes parties de la centrale nucléaire. TP4 : Recherche documentaire sur : - la production d'énergie électrique en France, dans l'Union européenne, dans le monde ; - le rayonnement et la santé ; - les accidents survenus dans les centrales ; - sur les enjeux planétaires énergétiques. Utilisation de logiciels.	- Utiliser la terminologie : nucléide, noyau, nucléon, proton, neutron, isotope, radioactivité, fission. - Savoir que la stabilité du noyau dépend du nombre de nucléons. - Utiliser des courbes de décroissance radioactive pour déterminer la période radioactive. - Analyser un document de vulgarisation relatif aux dangers de la radioactivité, à la radioprotection, à la gestion des déchets, à la sécurité des centrales.

Ce chapitre traite des centrales nucléaires et, à cette fin, introduit quelques notions sur le noyau et la radioactivité. La fission est étudiée en tant que source d'énergie pour les centrales nucléaires. La radioactivité est associée au déchets de ces centrales, puis aux dangers des produits radioactifs et aux protections correspondantes.

Activités de découverte

activité 1 La centrale thermique nucléaire

Cette activité peut également s'effectuer à partir d'une projection vidéo ou cinématographique d'un film prêté par un organisme tel que le CEA ou l'EDF.

- Énergie nucléaire libérée lors de la désintégration des atomes d'uranium 235.
 - Énergie chimique libérée sous forme de chaleur lors de la combustion dans l'air du charbon, du fioul lourd ou du gaz naturel.
- Dans une centrale thermique nucléaire, les réactions nucléaires ont lieu dans le cœur du réacteur.
- Le rôle du circuit d'eau sous pression est de transmettre au vaporisateur la chaleur libérée dans le cœur du réacteur. Cette chaleur transférée transforme l'eau du circuit secondaire de l'état liquide à l'état de gaz (vapeur d'eau).
 - Le rôle du circuit de vapeur secondaire est de transmettre à la turbine l'énergie mécanique de la vapeur d'eau.
 - Le rôle de l'alternateur est de transformer l'énergie mécanique reçue en énergie électrique.
 - Le rôle de la tour aérorefrigérante, ou tour de réfrigération, est de refroidir l'eau à la sortie de la turbine afin d'améliorer les rendements de la centrale.

activité 2 Protection contre les rayonnements et santé

Le but de cette activité est de mettre en évidence l'émission de rayonnements dangereux pour la santé et la façon de s'en protéger.

MANIPULATION 1

Pour cette manipulation, suivre les indications du constructeur et lire attentivement la notice.

MANIPULATION 2

Les exploitations des différentes expériences sont facilitées par l'utilisation des outils du logiciel.

1. Le crépitement du haut-parleur est irrégulier, car la désintégration des atomes radioactifs s'effectue de façon aléatoire, donc irrégulière.

2 **a.** Les différentes valeurs A_i du comptage des désintégrations effectué sur une durée de 10 secondes confirment bien l'irrégularité de la désintégration.

b. La valeur moyenne A_{moy} des différents comptages se calcule par :

$$A_{\text{moy}} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}$$

3 **a.** Le bruit de fond radioactif est dû à la radioactivité naturelle du lieu où se déroule l'expérience.

b. La valeur moyenne du bruit de fond se calcule avec la même formule que celle donnée précédemment.

4. Plus l'épaisseur des lames d'aluminium est grande, moins le nombre de radiations détectées est important. L'absorption des rayonnements radioactifs augmente donc avec l'épaisseur des lames d'aluminium.

5. La courbe est pratiquement constante au-delà d'une épaisseur de 1 mm d'aluminium. Cette valeur est due à la détection des rayonnements γ émis par la source qui ne sont pas absorbés par 1 mm d'aluminium. Pour absorber ces rayonnements γ il faudrait utiliser d'autres métaux (plomb...) beaucoup plus absorbants que l'aluminium et des épaisseurs plus grandes.

L'essentiel après les activités

I. Constitution du noyau d'un atome

Les élèves doivent connaître les définitions de nombre de masse et nombre de charge afin de désigner correctement un nucléide. Les définitions de nucléide et isotope sont aussi à connaître.

II. La fission, réaction nucléaire provoquée

Le principe de la réaction en chaîne peut être abordé avec l'aide d'un schéma et de l'écriture de la réaction de fission nucléaire. Il est alors nécessaire de présenter la technologie qui permet de stabiliser et de contrôler ce type de réaction. Les barres de contrôle en bore ou en cadmium utilisées pour conduire ou même arrêter la marche de la centrale seront donc évoquées.

III. Radioactivité

On peut insister sur le fait qu'il existe des noyaux stables et des noyaux instables, en présentant quelques exemples. On peut donner une vision d'ensemble du diagramme des nucléides stables et instables sans insister sur tous les types d'instabilité des noyaux. Les différents rayonnements radioactifs sont définis et les particules émises par chaque rayonnement sont identifiées.

La courbe de décroissance radioactive établie dans l'activité expérimentale permet de définir sur cette courbe la période radioactive T d'un nucléide donné. Quelques exemples de période radioactive de différents nucléides sont données afin de bien montrer que ces périodes peuvent prendre des valeurs extrêmement différentes.

IV. Radioactivité et sécurité

Les effets biologiques de la radioactivité doivent être mentionnés. La cause principale à long terme d'une forte exposition aux rayonnements radioactifs est le développement de cancers. Les pénétrations des différents rayonnements radioactifs au travers de différents matériaux sont données. On peut insister sur le fait que les rayonnements γ sont peu pénétrants mais extrêmement dangereux lorsque des nucléides émettant des

rayonnements α sont ingérés par des organismes vivants.

La gestion des déchets radioactifs peut être étudiée avec un tableau présentant les trois catégories de déchets et leurs caractéristiques.

La sécurité dans les centrales thermiques nucléaires peut faire l'objet d'une activité. Pour cela, des documents seront mis à la disposition des élèves. Un bref résumé de la sécurité mis en œuvre dans les centrales nucléaires est présenté dans cet essentiel.

S'informer

Quelques accidents survenus dans les centrales nucléaires

1. Les accidents et les incidents nucléaires sont classés sur une échelle internationale (INES) pour informer rapidement sur leur importance au point de vue de la sûreté.
2. L'accident majeur a été provoqué à la suite d'un essai de sûreté sur un turboalternateur par des électromécaniciens non formés aux problèmes nucléaires. De plus, le personnel de la centrale a commis une suite d'erreurs inconscientes et grossières.
3. Le cancer de la thyroïde.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- www.elec.fr ; www.ccnr.org ; www.cea.fr ; atomique.com ; www.sfen.org ; nucléaire.edf.fr ; www.chu-rouen.fr/ssf/envir
- *Les déchets nucléaires, un dossier scientifique*, R. Turlay, Les Éditions Scientifiques.
- La revue mensuelle *Médecins et rayonnements ionisants*.
- La revue mensuelle *RGN, Revue Générale Nucléaire*.

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à 9 Voir manuel de l'élève page 189.

ENTRAÎNEMENT

10 Voir manuel de l'élève page 189.

11 Les isotopes de l'hydrogène

1. ${}^1_1\text{H}$: 1 proton et 0 neutron ; ${}^2_1\text{H}$: 1 proton et 1 neutron ;
 ${}^3_1\text{H}$: 1 proton et 2 neutrons.

12 Le calcium : Ca

1. Protons et neutrons.

2. ${}^{40}_{20}\text{Ca}$; ${}^{42}_{20}\text{Ca}$; ${}^{43}_{20}\text{Ca}$; ${}^{44}_{20}\text{Ca}$; ${}^{46}_{20}\text{Ca}$; ${}^{48}_{20}\text{Ca}$.

13 Voir manuel de l'élève page XX.

14 La radioactivité et les rayonnements radioactifs

1. La radioactivité est le phénomène d'émission, spontanée et aléatoire, de rayonnements radioactifs par un noyau instable.

2. Les rayonnements radioactifs sont les rayonnements α , β^- , β^+ et γ

3. Plus pénétrants : rayonnements γ

Moins pénétrants : rayonnements α .

4. On se protège de ces rayonnements en interposant entre la source et la personne considérée des écrans plus ou moins importants en métal et/ou en béton. Le plomb est un métal fortement absorbant.

15 Décroissance radioactive

1. Nombre de protons dans le noyau du césium 122 : $Z = 55$.
Nombre de neutrons : $A - Z$, c'est-à-dire $122 - 55 = 67$.

2. La période radioactive T d'un nucléide est la durée au bout de laquelle la masse d'un échantillon donné est diminuée de moitié.
3. D'après le graphique : $T = 21$ jours.
4. $\downarrow_1 = 21$ jours ; $\downarrow_2 = 63$ jours ; $\downarrow_3 = 84$ jours.

16 Voir manuel de l'élève page 189.

17 Évolution de la production EDF

1. Énergie exportée en Europe par EDF :
 $477 \text{ TWh} - 453 \text{ TWh} = 34 \text{ TWh}$.
2. Pourcentage de la production par EDF :
 - a. énergie nucléaire : $p_{\text{nuc}} = 401/477 = 84,1 \%$;
 - b. énergie hydraulique : $p_{\text{hyd}} = 59/477 = 12,4 \%$;
 - c. énergie fossile : $p_{\text{fos}} = 16/477 = 3,4 \%$.

18 Production électrique et environnement

- 1.a. Sources d'énergie de ces centrales : charbon ; fioul lourd ; nucléaire.
- b. La centrale nucléaire est qualifiée de thermique car les réactions nucléaires dans le cœur du réacteur libèrent de la chaleur, laquelle est utilisée pour chauffer de l'eau sous pression.
- 2.a. Grandeurs communes : puissance ; durée d'utilisation ; énergie produite.
- b. Puissance, exprimée en mégawatts (MW ; $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$) ; durée de production, exprimée en heures (h) ; énergie produite, exprimée en térawattheures (TWh ; $1 \text{ TWh} = 10^9 \text{ kWh}$).
- c. Énergie produite :
 $1\,000 \text{ MW} \times 6\,600 \text{ h} = 6\,600\,000 \text{ MWh} = 6,6 \text{ TWh}$.

Centrales	Avantages	Inconvénients
Charbon	Peu d'activité nucléaire	Rejets de gaz polluant, de poussières, de déchets solides et de gaz à effet de serre
Fioul lourd	très peu d'activité nucléaire	Rejets de gaz polluant, de poussières, de gaz à effet de serre
Nucléaire	Rejets de gaz polluant et de poussières nuls	Énormes activité nucléaire

EXERCICES TYPE BAC

19 Radioexposition moyenne

1. En moyenne, la dose efficace annuelle reçue par un français est : $E = 3,50 \text{ mSv}$.
- 2.a. $E_{\text{nat}} = 2,38 \text{ mSv}$; b. $E_{\text{art}} = 1,12 \text{ mSv}$.
- 3.a. $p_{\text{nat}} = 68 \%$; b. $p_{\text{art}} = 32 \%$.

20 Sûreté du personnel

1. Des salles de commande ergonomiques ; des « panneaux de sécurité » donnent instantanément une vue synthétique de l'installation et de son état de sûreté.
2. À partir de simulations avec les équipes de conduite ; des consignes précises permettent de ramener la centrale dans un état d'arrêt sûr.
3. Les moyens sont : enseignement assisté par ordinateur ; simulations de conduite ; formation permanente du personnel.
4. Le principe de redondance est le doublement des circuits essentiels des installations.
5. Disponibles en permanence, les I.S.R. exercent leur surveillance et établissent leur diagnostic indépendamment des équipes de conduite.

21 Traitement des déchets nucléaires à longue vie

1. Les déchets de type C représentent 99 % de la radioactivité de l'ensemble des déchets.
2. Les déchets C sont d'abord concentrés et attaqués par l'acide nitrique. Ainsi transformés sous forme liquide, ils sont entreposés dans des cuves en acier inoxydable.
3. Les déchets C subissent ensuite une évaporation puis une calcination. Les cendres sont vitrifiées dans un verre à haute résistance et rejoignent les déchets B dans des puits en béton.
4. Il est nécessaire que ces déchets libèrent leur énergie de désintégration sous forme de chaleur pour poursuivre leur traitement.
5. Les nucléides radioactifs ainsi transmutés ont des périodes radioactives beaucoup plus courtes et leur radioactivité est donc moins longue.