

Les Cours du



**Physique – Chimie**  
**Première S**  
**Corrigés des exercices**

**Rédaction :**

*J.P Busnel*

*P. Briand*

*G. Le Parc*

**Coordination :**

*P. Rageul*

*Ce cours est la propriété du Cned. Les images et textes intégrés à ce cours sont la propriété de leurs auteurs et/ou ayants droit respectifs. Tous ces éléments font l'objet d'une protection par les dispositions du code français de la propriété intellectuelle ainsi que par les conventions internationales en vigueur. Ces contenus ne peuvent être utilisés qu'à des fins strictement personnelles. Toute reproduction, utilisation collective à quelque titre que ce soit, tout usage commercial, ou toute mise à disposition de tiers d'un cours ou d'une œuvre intégrée à ceux-ci sont strictement interdits.*

©Cned-2011

**Corrigé de la séquence 1**

---

**Corrigé de la séquence 2**

---

**Corrigé de la séquence 3**

---

**Corrigé de la séquence 4**

---

**Corrigé de la séquence 5**

---

**Corrigé de la séquence 6**

---

**Corrigé de la séquence 7**

---

**Corrigé de la séquence 8**

---



# C

# Corrigés de la séquence 1

## Physique

## Corrigés des activités

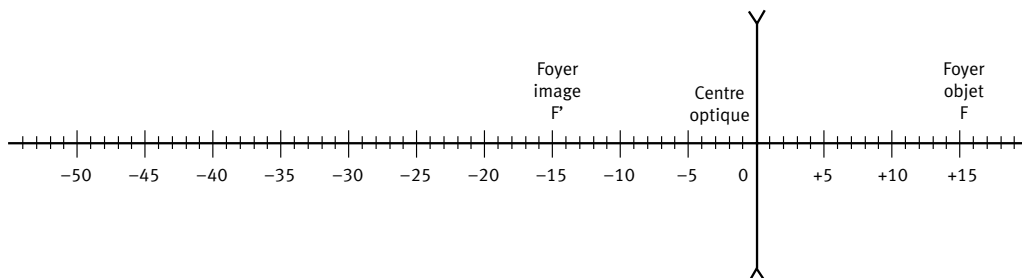
### Activité 1 Avec un verre de lunette pour myope

- À grande distance de la lentille, l'image d'un objet éloigné est droite.
  - À courte distance de la lentille, l'image du polycopié de cours est plus petite.
- La lentille est donc divergente.

### Avec une loupe

- À grande distance de la lentille, l'image d'un objet éloigné est renversée.
  - À courte distance de la lentille, l'image du polycopié de cours est plus grande.
- La lentille est donc convergente.

### Activité 2 La lentille est divergente puisque la distance focale $f'$ est négative et égale à $-15$ cm.



### Activité 3 Attention aux unités.

$$V = \frac{1}{f'}, \text{ avec } f' \text{ en mètre} \Rightarrow \text{Exemple 1: } V = \frac{1}{-0,05} = -20 \delta.$$

| $f'(m)$     | - 5 cm        | 18 mm           | 5 mm           | 0,40 m         |
|-------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| $f'(m)$     | - 0,05        | 0,018           | 0,005          | 0,40           |
| $V(\delta)$ | - 20 $\delta$ | + 55,6 $\delta$ | + 200 $\delta$ | + 2,5 $\delta$ |

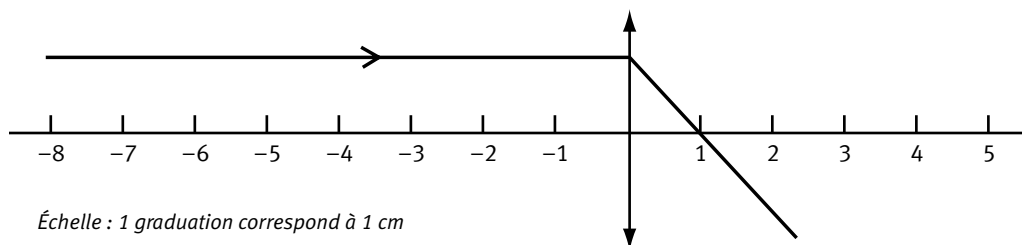
### Activité 4



En utilisant le site <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/lentille.htm> on voit que la position de l'écran par rapport à la lentille dépend de la position de l'objet ; il suffit de faire glisser l'objet avec la souris.

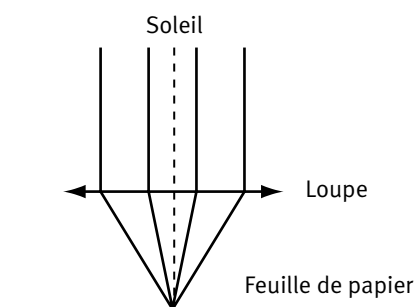
**Activité 5** Tous les rayons lumineux incidents parallèles à l'axe optique convergent au foyer principal image  $F'$  qui est un point de l'axe optique.

La distance focale de cette lentille convergente est égale à 1 cm.



**Activité 6** Il suffit de placer la loupe entre le soleil et votre feuille de papier ; les rayons du Soleil sont parallèles à l'axe optique de la loupe. En réglant la distance, l'image du soleil se forme sur la feuille (attention : la feuille peut s'enflammer).

La distance entre la loupe et la feuille mesurée avec le double décimètre vous donne une bonne approximation de la distance focale de la loupe.



**Activité 7** ❶ De la mesure 1 à la mesure 5, l'objet AB s'éloigne de la lentille.

❷ De la mesure 1 à la mesure 5, l'écran nécessaire pour voir l'image se rapproche de la lentille.

La position de l'écran par rapport à la lentille dépend bien de la position de l'objet.

❸ La taille de l'image diminue de la mesure 1 à la mesure 5 puisque  $\overline{A'B'}$  diminue.

| Mesures                        | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\frac{1}{OA}$ (en $m^{-1}$ )  | - 4,00 | - 3,33 | - 2,50 | - 2,00 | - 1,67 |
| $\frac{1}{OA'}$ (en $m^{-1}$ ) | 0,99   | 1,67   | 2,50   | 3,00   | 3,31   |
| $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA}$ | 4,99   | 5,00   | 5,00   | 5,00   | 4,98   |
| $\frac{1}{f}$                  | 5,00   | 5,00   | 5,00   | 5,00   | 5,00   |

- ④ En calculant  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ , on trouve pratiquement la même valeur que  $\frac{1}{f'}$ .

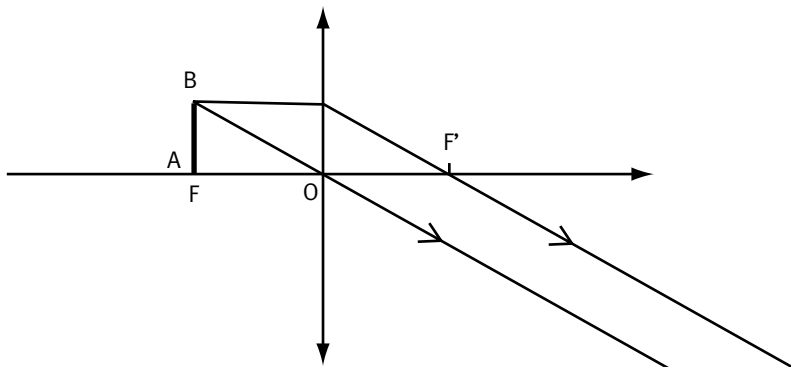
On obtient la relation :  $\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}}$ .

### Activité 8

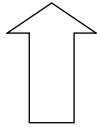
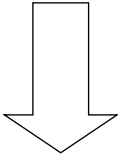
| Mesures                                          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\overline{OA}$ (en m)                           | - 0,250 | - 0,300 | - 0,400 | - 0,500 | - 0,600 |
| $\overline{OA'}$ (en m)                          | 1,01    | 0,599   | 0,400   | 0,333   | 0,302   |
| $\overline{A'B'}$ (en m)                         | - 0,145 | - 0,071 | - 0,036 | - 0,024 | - 0,018 |
| $\overline{AB}$ (en m)                           | 0,036   | 0,036   | 0,036   | 0,036   | 0,036   |
| $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ | - 4,02  | -1,97   | - 1,00  | - 0,666 | - 0,500 |
| $\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$           | - 4,03  | -2,00   | - 1,00  | - 0,666 | - 0,503 |

Aux erreurs d'expériences près, on vérifie bien la relation :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ .

### Activité 9 L'image A'B' se forme à l'infini.



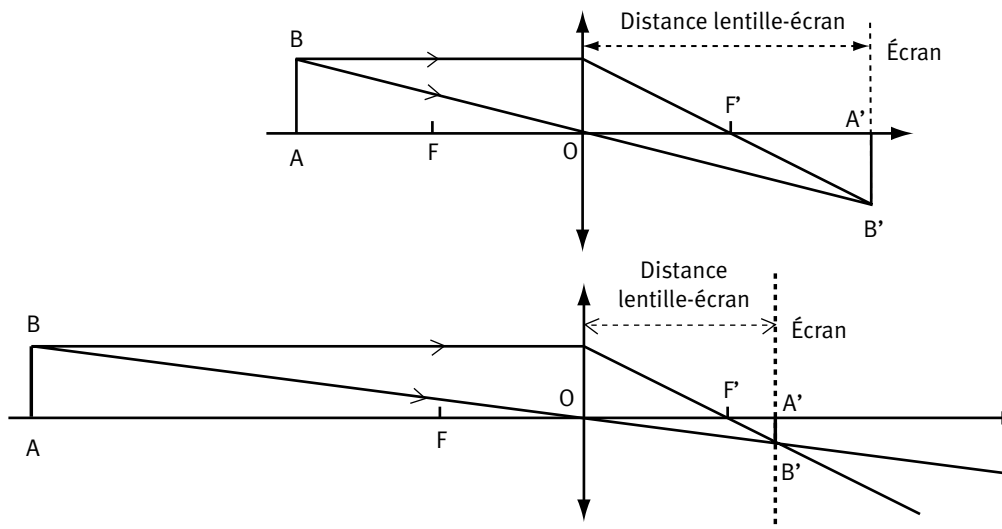
**Activité 10** ① – ② – ③ - Les réponses sont notées dans le tableau ci-dessous.

| Image observée à travers la lentille selon la position de l'objet | Image 1<br> | Image 2<br> | Image 3<br> |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caractéristiques de l'image                                       | Image droite<br>Plus grande (1,58 cm)<br>que l'objet.                                        | Image renversée<br>Plus grande (1,97 cm)<br>que l'objet                                      | Image renversée<br>Plus petite (0,85 cm)<br>que l'objet                                        |
| Hauteur de l'objet                                                |                                                                                              | 1,27 cm                                                                                      | 1,27 cm                                                                                        |
| Grandissement                                                     |                                                                                              | $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-1,97}{1,27} = -1,55$                | $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-0,85}{1,27} = -0,67$                  |
| Construction                                                      | Construction 3<br>(image obtenue avec une lentille divergente)                               | Construction 1<br>(l'image est plus grande)                                                  | Construction 2                                                                                 |

**Activité 11** ② Construction des images.

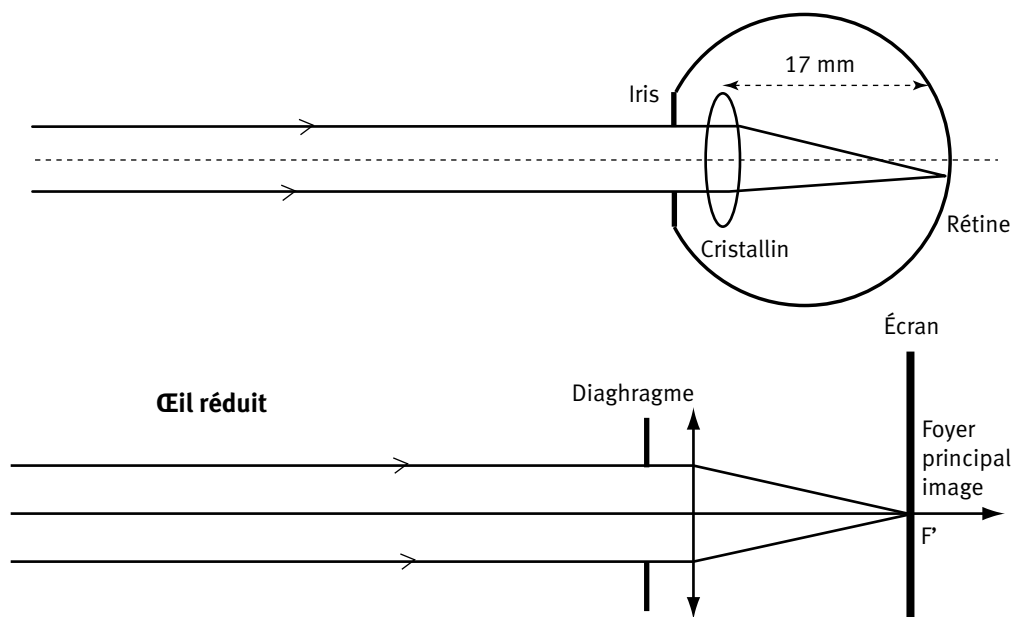
Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image  $F'$ .

Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille ne subit aucune déviation.



- 1 – On forme une image nette sur un écran avec une lentille convergente.  
3 – La position de l'écran par rapport à la lentille dépend de la position de l'objet.

**Activité 12** **Objet à l'infini** : Le cristallin est moins convergent et aplati.



Le foyer principal image se trouve sur la rétine (ou sur l'écran pour l'œil réduit).

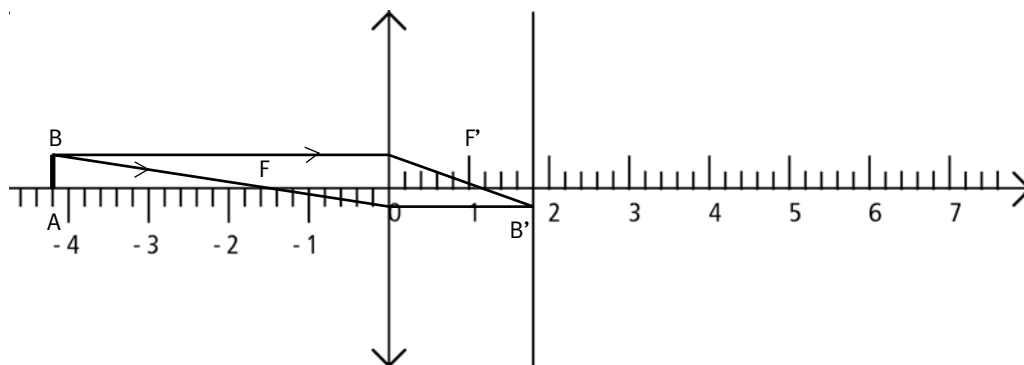
**Activité 13** Suivant l'œil, à partir d'une vingtaine de centimètres de l'œil, les contours de la main deviennent flous (normalité : 15 cm).  
Le punctum proximum correspondant à votre œil correspond à la distance trouvée.

**Remarque** L'œil fatigue, pour observer sans fatigue il faut que l'objet soit à 25cm minimum.

**Activité 14** ① La distance focale de la lentille s'exprime par :  $f' = \frac{1}{V}$ .

Application numérique :  $f' = 0,0125$  m soit  $f'_2 = 12,5$  mm.

On peut placer les foyers F et F' sur le schéma.



Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image  $F'$  ; on connaît la taille de AB, on peut donc déterminer l'image  $B'$  de B sur l'écran.

Le rayon arrivant en  $B'$  et parallèle à l'axe optique provient de B en passant par le foyer  $F$  ; on trouve donc la place de l'objet AB.

- ② L'objet observé nettement se trouve à 42 mm avant la lentille.
- ③ L'image est renversée et plus petite (environ 17 mm).
- ④ Si l'on ajoutait devant la lentille un diaphragme, l'image obtenue sur l'écran serait plus nette mais moins lumineuse.

**Activité 15** Les CCD sont surtout utilisés dans les appareils compacts et de plus en plus délaissés dans les reflex. Les appareils reflex quant à eux, utilisent majoritairement des capteurs CMOS (en 2009).

**Activité 16** La taille du capteur d'image varie en fonction des appareils.

Les appareils de type compact sont habituellement équipés d'un capteur de taille assez réduite par rapport à celle d'un film photographique.

Les appareils de type reflex sont équipés d'un capteur de plus grande taille, ce qui augmente la qualité d'image, en diminuant le bruit numérique et en augmentant la sensibilité ainsi que la dynamique. Une augmentation de la taille du capteur entraîne aussi une diminution de la profondeur de champ.

**Activité 17**

| Oeil               | Appareil photographique                  |
|--------------------|------------------------------------------|
| paupière           | obturateur                               |
| cristallin         | ensemble de lentilles                    |
| iris               | diaphragme                               |
| pupille            | ouverture                                |
| rétine             | Cellules photo-sensibles (ou pellicules) |
| accommodation      | mise au point                            |
| sclérotique rigide | boîtier                                  |

**Activité 18** Si nous observons à travers un filtre rouge les caractères rouges sur fond blanc d'un journal publicitaire, les caractères se distinguent mal du fond qui apparaît rouge.

Si nous observons ces mêmes caractères à travers un filtre vert : les caractères apparaissent en noir sur fond vert.

Qu'observera-t-on à travers un filtre bleu ?

| Propositions                                      | Vrai ou faux |
|---------------------------------------------------|--------------|
| Les caractères apparaissent en noir sur fond bleu | Vrai         |
| Les caractères apparaissent en noir sur fond vert | Faux         |
| Les caractères apparaissent en noir sur fond noir | Faux         |

**Activité 19** Les filtres absorbent : (le bleu + le vert) et (le bleu + le rouge) donc, aucune couleur ne passe.

**Activité 20**

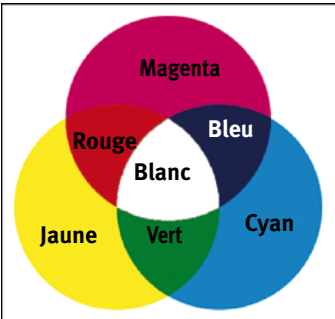
| Superposition des filtres | Couleurs soustraites         | Observation sur l'écran |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------|
| cyan + jaune              | le rouge et le bleu          | vert                    |
| jaune + magenta           | le bleu et le vert           | rouge                   |
| cyan + magenta            | le rouge et le vert          | bleu                    |
| cyan + jaune + magenta    | le rouge, le bleu et le vert | noir                    |

**Activité 21**

| Couleur sur le magazine | Couleur du filtre | Observation |
|-------------------------|-------------------|-------------|
| vert                    | jaune             | vert        |
| rouge                   | vert              | noir        |
| jaune                   | bleu              | noir        |

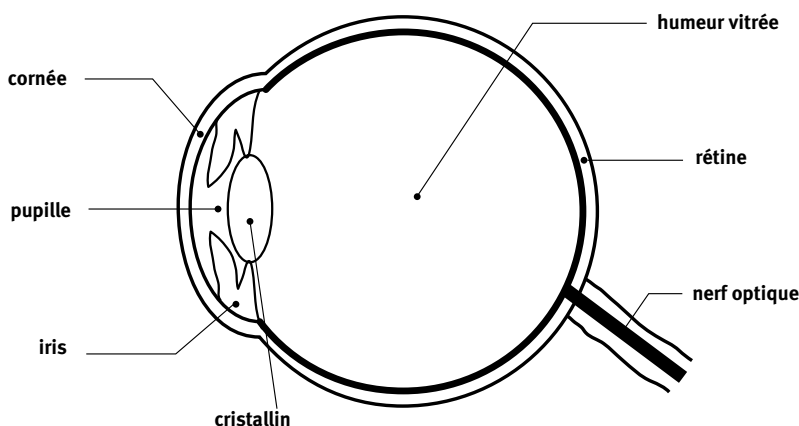
**Activité 22**

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| blanc | vert  |       |
| rouge | jaune | rouge |
| jaune | jaune | jaune |
| rouge | rouge | rouge |



## Activité 23

|                          |         | Objets colorés |      |      |
|--------------------------|---------|----------------|------|------|
|                          |         | Rouge          | Vert | Bleu |
| Couleur<br>de la lumière | Rouge   | Rouge          | Noir | Noir |
|                          | Vert    | Noir           | Vert | Noir |
|                          | Bleu    | Noir           | Noir | Bleu |
|                          | Cyan    | Noir           | Vert | Bleu |
|                          | Magenta | Rouge          | Noir | Bleu |
|                          | Jaune   | Rouge          | Vert | Noir |
|                          | Blanc   | Rouge          | Vert | Bleu |
|                          | Noir    | Noir           | Noir | Noir |

**Exercice 1 L'œil****Exercice 2 L'œil modélisé**

Correspondance entre les différents éléments de l'œil et ceux de l'œil modélisé ou réduit.

| œil          | cristallin (+humeur vitrée) | iris       | rétine |
|--------------|-----------------------------|------------|--------|
| œil modélisé | lentille                    | diaphragme | écran  |

**Exercice 3 L'œil et l'appareil photographique**

| œil                     | cristallin (+humeur vitrée) | iris       | rétine             |
|-------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|
| Appareil photographique | objectif                    | diaphragme | Cellules (ou film) |

**Exercice 4 Lentilles convergentes**

- Un rayon lumineux passant par le **foyer objet** d'une lentille en ressort parallèlement à l'axe optique.
- Un faisceau de rayons lumineux, parallèle à l'axe optique converge, à la sortie de la lentille en un point appelé **foyer image**.
- Quand un objet ponctuel est situé dans le plan focal objet son image se trouve à **l'infini**.
- Sur un axe orienté dans le sens de parcours de la lumière, la valeur algébrique de la distance entre le centre optique et un point M situé sur l'axe optique peut être positive ou négative. Concernant le foyer image d'une lentille convergente, elle est **positive** si bien que la distance focale est **positive**.

## Exercice 5 Vergence et distance focale

| Vergence         | + 5 δ       | + 10 δ      | - 10 δ     | + 20 δ      |
|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Type de lentille | convergente | convergente | divergente | convergente |
| Distance focale  | 20 cm       | 10 cm       | - 10 cm    | 5 cm        |

## Exercice 6 Vergence d'une association de lentilles

- ❶ La lentille est convergente ; sa vergence est positive.

La vergence  $V$  d'une lentille s'exprime, en fonction de la distance focale  $f'$ ,

par la relation :  $V = \frac{1}{f'}$ .

Application numérique :  $V = 12,5 \delta$ .

- ❷ La vergence de deux lentilles accolées est équivalente à la somme des vergences des deux lentilles :

$$V_{tot} = V + V_2 \Rightarrow V_2 = V_{tot} - V.$$

La distance focale de la lentille qu'il faudrait accoler à la lentille  $L_1$  pour que

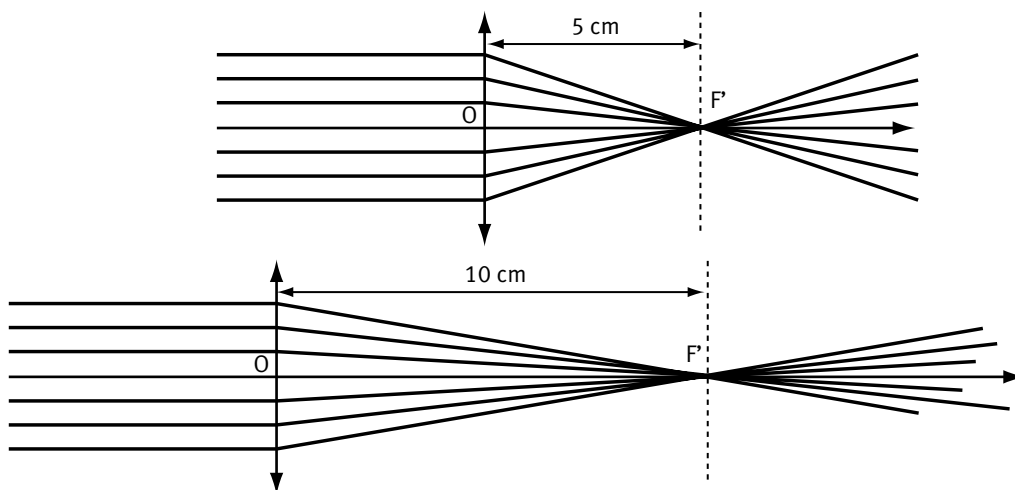
l'association soit équivalente à une seule lentille s'exprime par :  $f'_2 = \frac{1}{V_{tot} - V}$ .

Application numérique :  $f'_2 = 0,40 \text{ m}$  soit  $f'_2 = 40,0 \text{ cm}$ .

## Exercice 7 Convergence et distance focale

- ❶ La lentille la plus convergente est la lentille de distance focale + 5 cm comparée à la lentille de distance focale + 10 cm.

La lentille de distance focale la plus faible est la plus convergente.



- ❷ La distance focale de la lentille s'exprime par :  $f' = \frac{1}{V}$  ( $f'$  en m).

| Vergence        | + 5 δ | + 10 δ | + 20 δ |
|-----------------|-------|--------|--------|
| Distance focale | 20 cm | 10 cm  | 5 cm   |

La lentille de vergence + 20 δ est la plus convergente car sa distance focale est plus petite.

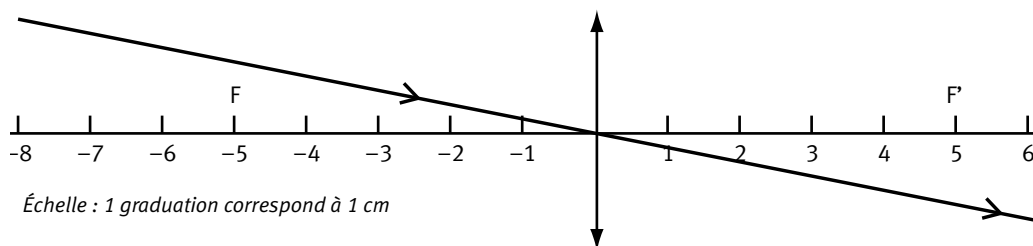
- ③ a) La lentille de vergence la plus élevée est la plus convergente, il faut donc augmenter la vergence pour augmenter la convergence d'une lentille.
- b) Il faut diminuer la vergence en ajoutant une vergence négative c'est-à-dire une lentille divergente.

### Exercice 8 Tracés de rayons particuliers pour une lentille convergente

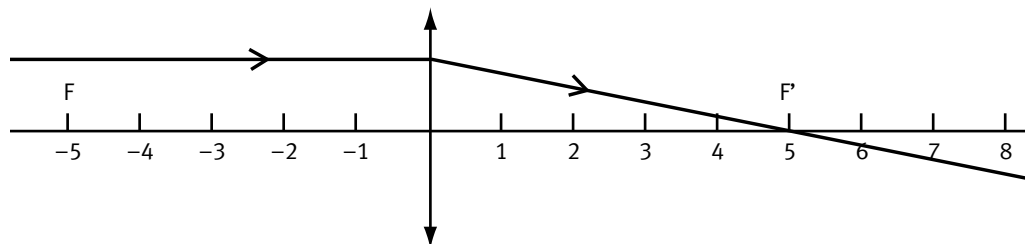
Le centre optique O est placé au point d'intersection de l'axe optique avec la lentille.

La lentille étant convergente, la valeur algébrique  $f'$  appelée distance focale de la lentille est positive :  $f' = \overline{OF'} = 5 \text{ cm}$ . Les points F et F' sont situés sur l'axe optique à égale distance du centre optique O :  $\overline{OF} = -\overline{OF'} = -5 \text{ cm}$ .

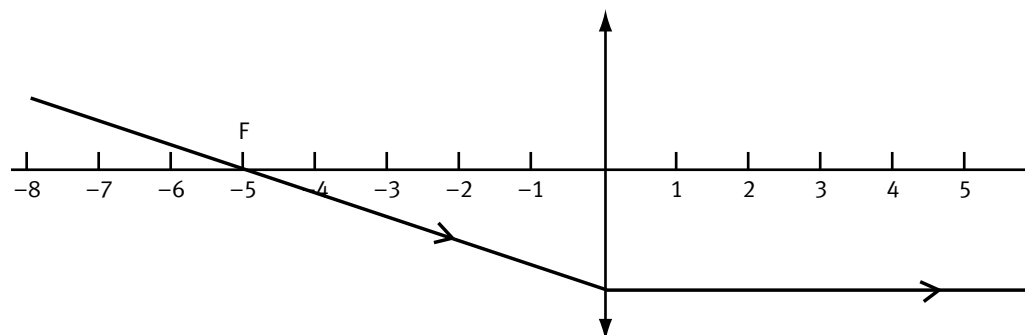
Le rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.



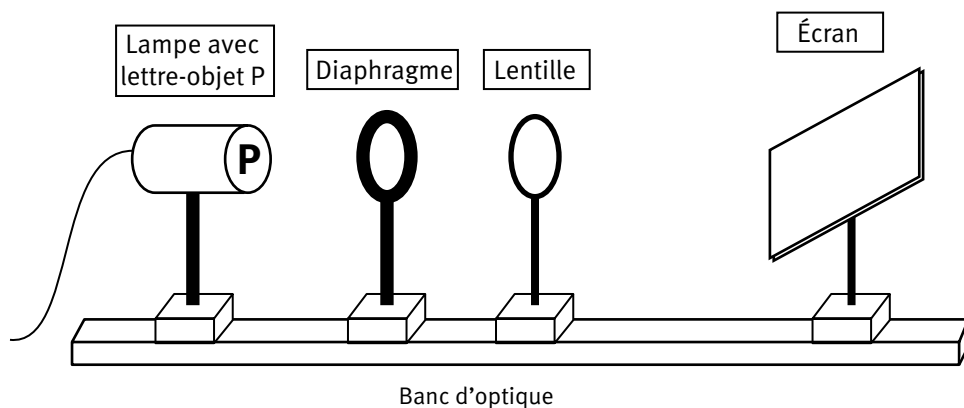
Le rayon parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.



Le rayon dont la direction passe par le foyer objet F, sort de la lentille parallèle à l'axe optique.



## Exercice 9 Banc d'optique

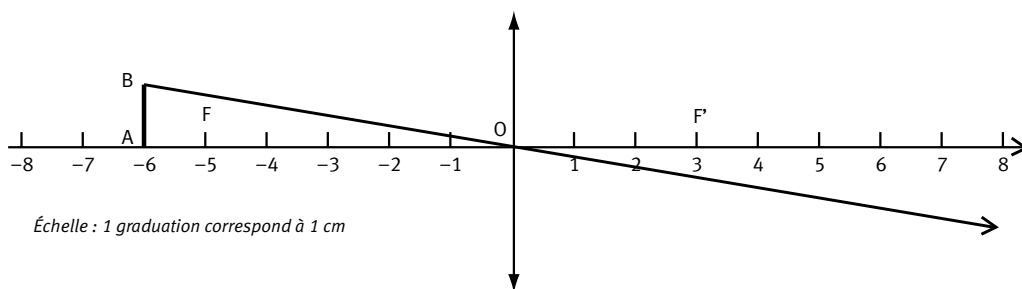


## Exercice 10 Images données par une lentille convergente

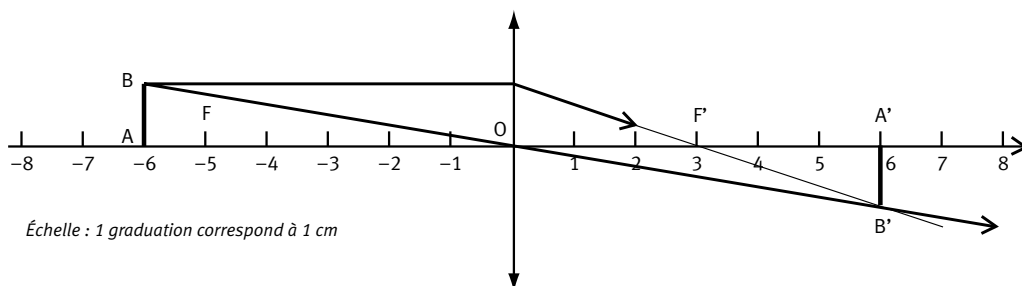
- 1<sup>er</sup> cas La lentille est convergente et sa distance focale est égale à 3 cm.

Nous disposons de trois rayons particuliers utiles pour construire l'image B' du point B.

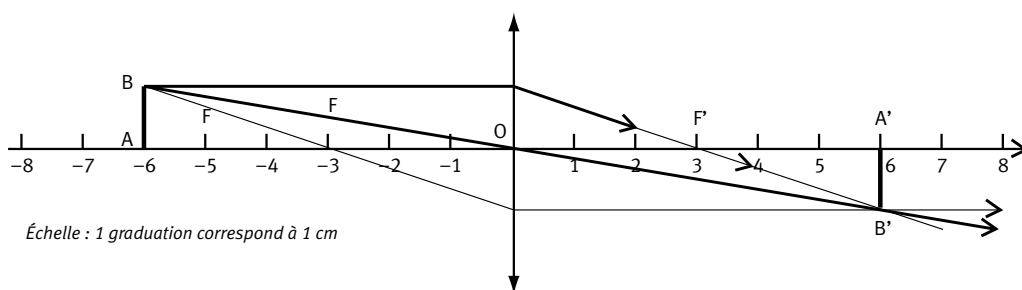
Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille ne subit aucune déviation.



Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.



On peut utiliser un troisième rayon pour vérifier notre construction : le rayon issu de B dont la direction passe par le foyer objet F, sort de la lentille parallèle à l'axe optique.



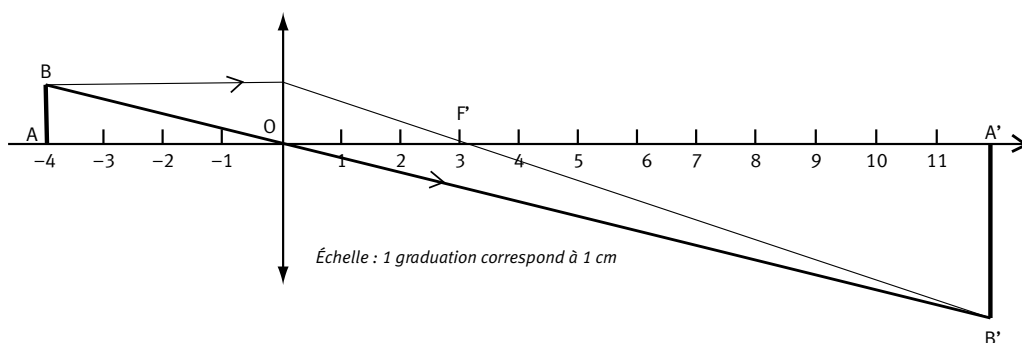
L'image se forme à 6 cm de la lentille.

Le grandissement est égal à :  $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$  soit :  $\gamma = \frac{-1}{1} = -1$  ; l'image a la même taille que l'objet mais elle est renversée.

- 2<sup>e</sup> cas ① Comme dans la question précédente, traçons deux rayons particuliers utiles pour construire l'image B' du point B.

Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille ne subit aucune déviation.

Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.



L'image se forme à 12 cm de la lentille.

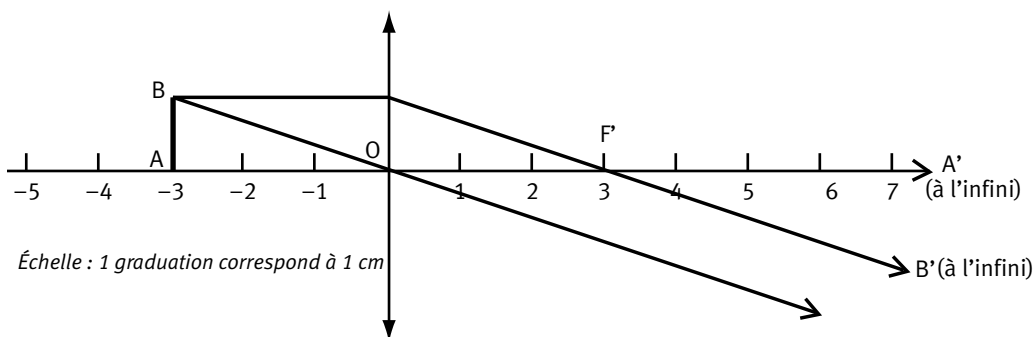
Le grandissement est égal à :  $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$  soit :  $\gamma = \frac{-3}{1} = -3$  ; l'image trois fois plus grande que l'objet mais elle est renversée.

- ② Comme dans la question précédente, traçons deux rayons particuliers utiles pour construire l'image B' du point B.

Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille ne subit aucune déviation.

Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.

Les rayons sont parallèles ; l'image se forme à l'infini.



### Exercice 11 Vrai ou faux

- L'affirmation 1 est fausse.  $V = \frac{1}{f'} \Rightarrow$  Application numérique :  $V = \frac{1}{0,10} = 10 \delta$ .

Cette lentille a une vergence de  $10 \delta$  et non de  $0,10 \delta$ .

- L'affirmation 2 est vraie. Appliquons la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA}.$$

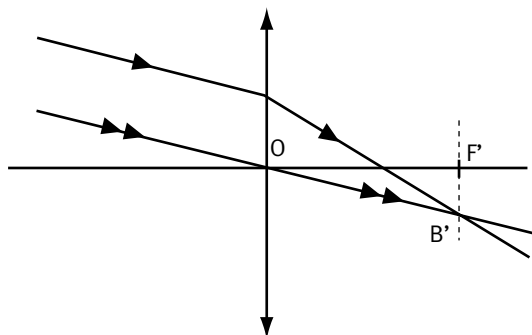
Application numérique :  $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{0,10} - \frac{1}{0,60}$  soit :  $OA' = 0,12 \text{ m}$ .

- L'affirmation 3 est vraie.

On trace un rayon incident parallèle au rayon (1) et passant par le centre optique O. Il n'est pas dévié.

Les deux rayons incidents étant parallèles, ils proviennent d'un point objet situé à l'infini.

Le point image est alors situé dans le plan focal image ; la construction montre qu'il s'agit du point B'.

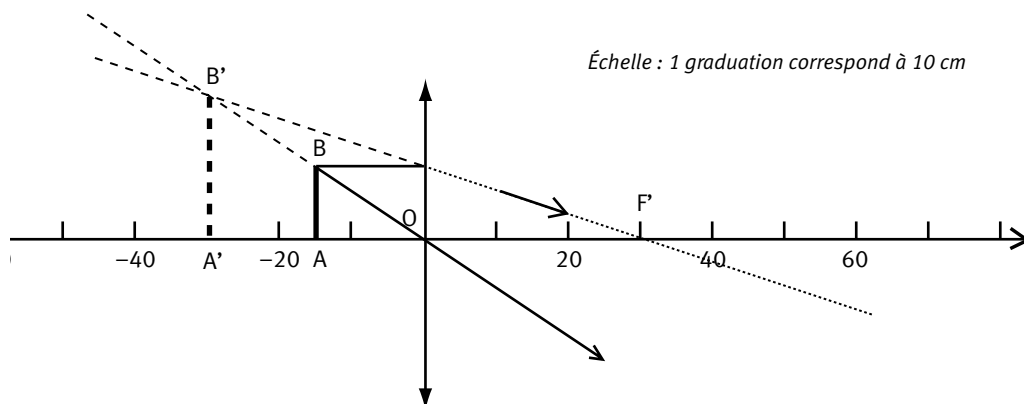


### Exercice 12 Image réelle

La relation de conjugaison de Descartes s'écrit :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ .

$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA}$  soit :  $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{0,30} - \frac{1}{0,15}$  ce qui donne :  $OA' = -0,30 \text{ m}$ .

L'image A'B' de l'objet AB est virtuelle.



### Exercice 13 Position de l'objet

❶ La relation de conjugaison de Descartes s'écrit :  $\frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'}$  ; le

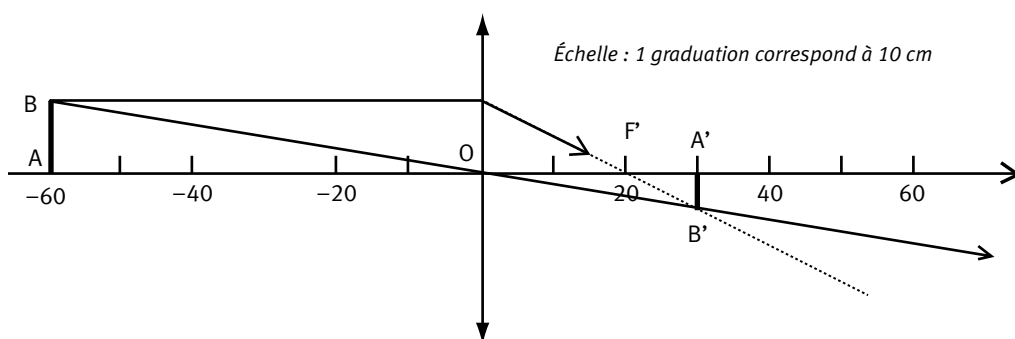
grandissement est donné par :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} = -\frac{1}{2}$  alors  $\overline{O_1A} = -2 \overline{O_1A'}$

et  $-\frac{2}{\overline{O_1A}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'} = -\frac{3}{\overline{O_1A}}$  :  $\overline{O_1A} = -3f' = -60 \text{ cm}$  :

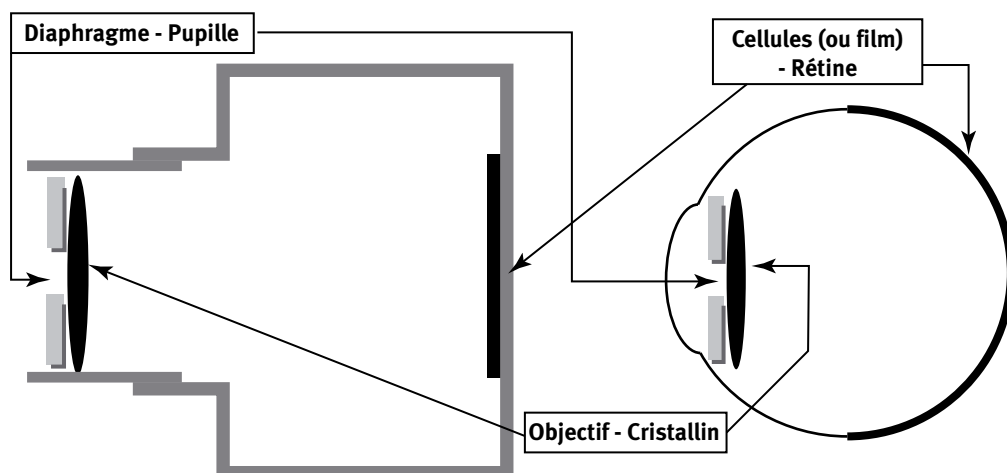
❷  $\overline{O_1A'} = -\frac{1}{2} \overline{O_1A} = \frac{3f'}{2} = 30 \text{ cm}$  .

❸ L'image est réelle.

❹ Construction graphique :



## Exercice 14 Appareil photographique et œil



## Exercice 15 Distance focale

D'après la formule de conjugaison de Descartes:  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ , ce qui donne :

$$f' = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}.$$

Application numérique :  $f'_1 = 20,0 \text{ cm}$ .

## Exercice 16 Méthode de Silbermann

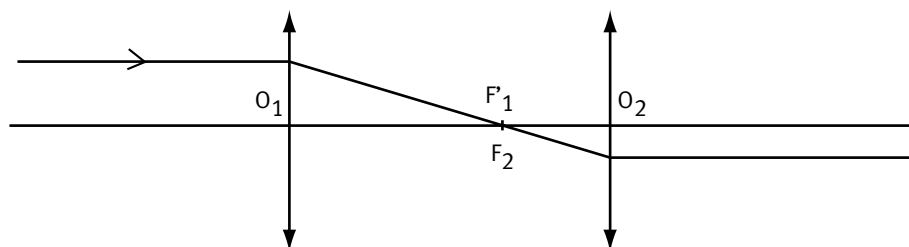
La relation de conjugaison de Descartes s'écrit :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$  soit :  $-\frac{2}{OA} = \frac{1}{f'}$   
soit :  $\overline{OA} = -2f'$ .

Le grandissement transversal est égal à :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1$ .

$$\overline{OA'} = -\overline{OA} \Rightarrow (\overline{OA} + \overline{AA'}) = -\overline{OA} \Rightarrow \overline{AA'} = D = -2 \overline{OA} \text{ d'où : } f' = \frac{D}{4}.$$

Application numérique :  $f' = 20,1 \text{ cm}$ .

## Exercice 17 Association de lentilles

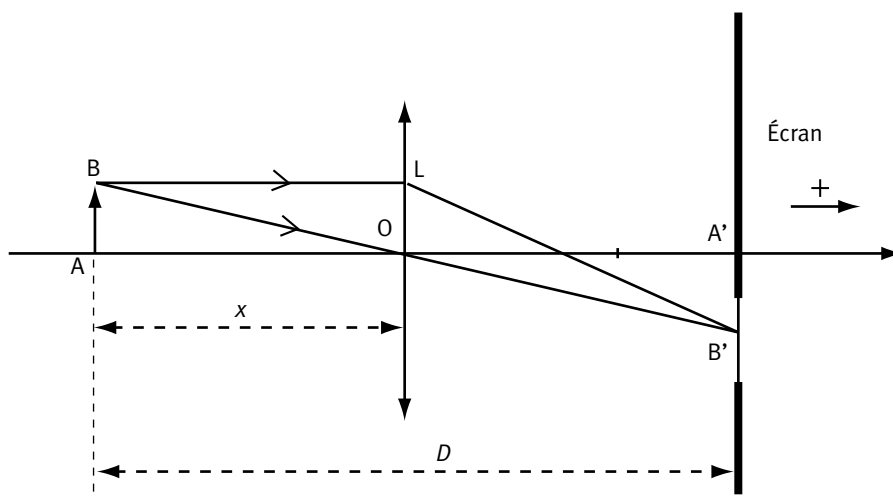


Le rayon arrivant sur  $L_1$  en étant parallèle à l'axe optique passe par le foyer  $F'_1$  de la lentille  $L_1$  ; comme il passe au foyer  $F_2$  de la lentille  $L_2$  il ressort parallèle à l'axe optique.

### Exercice 18 Méthode de Bessel

❶ La relation de conjugaison de Descartes s'écrit :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ .

❷ Construction géométrique de l'image : le rayon passant par O suffit pour déterminer la position de  $B'$ .



❸  $\overline{OA'} = \overline{OA} + \overline{AA'} = -x + D$ .

❹  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{D-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'} \Rightarrow (x+D-x)f' = (D-x)x \Rightarrow$

$$x^2 - Dx + Df' = 0.$$

Si  $D > 4f'$ , cette équation du second degré admet deux solutions ; il existe alors deux positions de la lentille qui permettent d'avoir une image  $A'B'$  nette sur l'écran.

### Exercice 19 Synthèse des couleurs

❶ S'il dirige sur lui le faisceau d'un deuxième projecteur équipé d'un filtre vert, l'acteur devient tout jaune.

❷ Pour qu'il soit éclairé en blanc, il faudra allumer un troisième projecteur bleu.

C'est la synthèse additive de la lumière : le rouge, le vert et le bleu constituent les trois couleurs primaires.

## Exercice 20 Peinture et couleurs

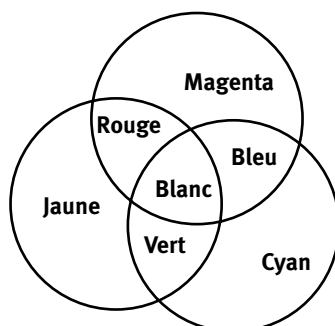
- 1 La peinture jaune absorbe le bleu contenu dans la lumière blanche, et renvoie le rouge et le vert. La peinture cyan absorbe le rouge et renvoie le vert et le bleu.

Si nous mélangeons les peintures jaune et cyan, le bleu et le rouge sont donc absorbés et le résultat donne du vert, (seule couleur commune renvoyée par le jaune et le cyan).

- 2 On obtiendra du noir, car le magenta absorbe le vert.  
Il s'agit de la synthèse soustractive de la lumière.

## Exercice 21 Couleurs primaires

- 1 Les trois couleurs primaires sont le rouge, le bleu et le vert.
- 2 Les faisceaux de lumière doivent être de couleur rouge, bleue et verte et avoir la même intensité.
- 3 Par synthèse additive du vert et du bleu, on obtient la couleur cyan.  
Par synthèse additive du rouge et du bleu, on obtient la couleur magenta.  
Par synthèse additive du vert et du rouge, on obtient la couleur jaune.
- 4 Schéma avec les couleurs :



## Exercice 22 Faces éclairées d'un tétraèdre

Ne recevant la couleur que d'une seule source, chaque face prend la teinte correspondante à la source de lumière.

Après une rotation de  $60^\circ$ , on a :

Bleu + rouge donne du magenta

Bleu + vert donne du cyan

Rouge + vert du jaune

**Exercice 23    Couleurs perçues**

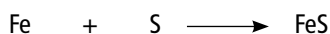
|                      |         | Motifs colorés |      |      |      |         |       |         |      |
|----------------------|---------|----------------|------|------|------|---------|-------|---------|------|
|                      |         | Rouge          | Vert | Bleu | Cyan | Magenta | Jaune | Blanc   | Noir |
| Couleurs des sources | Rouge   | Rouge          | Noir | Noir | Noir | Rouge   | Rouge | Rouge   | Noir |
|                      | Vert    | Noir           | Vert | Noir | Vert | Noir    | Vert  | Vert    | Noir |
|                      | Bleu    | Noir           | Noir | Bleu | Bleu | Bleu    | Noir  | Bleu    | Noir |
|                      | Cyan    | Noir           | Vert | Bleu | Cyan | Bleu    | Vert  | Cyan    | Noir |
|                      | Magenta | Rouge          | Noir | Bleu | Bleu | Magenta | Rouge | Magenta | Noir |
|                      | Jaune   | Rouge          | Vert | Noir | Vert | Rouge   | Jaune | Jaune   | Noir |
|                      | Blanc   | Rouge          | Vert | Bleu | Cyan | Magenta | Jaune | Blanc   | Noir |
|                      | Noir    | Noir           | Noir | Noir | Noir | Noir    | Noir  | Noir    | Noir |

**Exercice 24    Peinture impressionniste**

- ❶ Il s’agit d’une synthèse soustractive.
- ❷ Cette technique est utilisée dans l’imprimerie.

**Exercice 25    Imprimante**

- ❶ On utilise le jaune, le cyan, le magenta et le noir.
- ❷ La juxtaposition des trois encres jaune, cyan et magenta permet d’obtenir du noir.  
  
On pourrait donc se passer de l’encre noire.
- ❸ Le cyan absorbe le rouge et diffuse le vert et le bleu.  
Le jaune absorbe le bleu et diffuse le rouge et le vert.  
Le magenta absorbe le vert et diffuse le rouge et le bleu.  
Le noir absorbe toutes les couleurs et n’en diffuse aucune.
- ❹ Le mélange de deux encres ne diffuse que la couleur commune qu’elles n’absorbent pas. Ainsi le mélange du jaune et du magenta conduit au rouge.
- ❺ On obtient toutes les nuances de couleurs.

**Activité 1****Activité 2****Activité 3**

D'après la formule du produit obtenu ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), on déduit que ce sont les ions  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{HO}^-$  qui ont réagi.

Les autres ions sont spectateurs.

**Activité 4****Activité 5**

L'équation de réaction est :  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HO}^- \text{S} \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

**Activité 6**

2 moles de  $\text{Cu}^{2+}$  réagit avec 4 moles de  $\text{HO}^-$  pour former 2 moles de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

3 moles de  $\text{Cu}^{2+}$  réagit avec 6 moles de  $\text{HO}^-$  pour former 3 moles de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

**Activité 7**

a)

| Volume $V_1$<br>de sulfate de<br>cuivre<br>$\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$<br>(mL) | Volume $V_2$<br>de soude<br>versée<br>$\text{Na}^+ + \text{OH}^-$<br>(mL) | Abondance<br>de<br>précipité | Couleur<br>de la<br>solution | pH | $n_{\text{Cu}^{2+}}$<br>(mol) | $n_{\text{OH}^-}$ (mol) | Présence<br>d'ions $\text{Cu}^{2+}$<br>ou $\text{OH}^-$<br>dans<br>le filtrat |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 50                                                                                     | 2                                                                         | +                            | Bleue                        | 3  | $5 \cdot 10^{-3}$             | $2 \cdot 10^{-3}$       | $\text{Cu}^{2+}$                                                              |
| 50                                                                                     | 4                                                                         | +                            | Bleue                        | 4  | $5 \cdot 10^{-3}$             | $4 \cdot 10^{-3}$       | $\text{Cu}^{2+}$                                                              |
| 50                                                                                     | 6                                                                         | ++                           | Bleue                        | 5  | $5 \cdot 10^{-3}$             | $6 \cdot 10^{-3}$       | $\text{Cu}^{2+}$                                                              |
| 50                                                                                     | 10                                                                        | +++                          | Incolore                     | 7  | $5 \cdot 10^{-3}$             | $10 \cdot 10^{-3}$      |                                                                               |
| 50                                                                                     | 14                                                                        | +++                          | Incolore                     | 9  | $5 \cdot 10^{-3}$             | $14 \cdot 10^{-3}$      | $\text{OH}^-$                                                                 |
| 50                                                                                     | 16                                                                        | +++                          | Incolore                     | 10 | $5 \cdot 10^{-3}$             | $16 \cdot 10^{-3}$      | $\text{OH}^-$                                                                 |
| 50                                                                                     | 18                                                                        | +++                          | Incolore                     | 11 | $5 \cdot 10^{-3}$             | $18 \cdot 10^{-3}$      | $\text{OH}^-$                                                                 |

b) Le réactif cuivre est en excès lorsqu'il en reste dans le filtrat ; c'est le cas des 3 premières lignes.

c) Le réactif hydroxyde est en excès lorsqu'il en reste dans le filtrat ; c'est le cas des 3 dernières lignes.

- d) Le précipité est le produit de la réaction. On constate que la quantité de précipité augmente tant que la transformation n'est pas terminée, c'est-à-dire jusqu'à la 4<sup>e</sup> ligne. Ensuite, cette quantité reste constante puisque tous les ions cuivre ont été consommés donc la transformation est terminée.

### Activité 8

| Équation de réaction          |                  | $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HO}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$ |                                |                      |
|-------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| État du système               | Avancement       | Quantités de matière (mol)                                             |                                |                      |
| État initial                  | 0                | $5.10^{-3}$                                                            | $15.10^{-3}$                   | 0                    |
| Au cours de la transformation | x                | $5.10^{-3} - x$                                                        | $15.10^{-3} - 2x$              | $0 + x$              |
| État final                    | $x_{\text{max}}$ | $5.10^{-3} - x_{\text{max}}$                                           | $15.10^{-3} - 2x_{\text{max}}$ | $0 + x_{\text{max}}$ |
| Quantités (mol) à l'E.F.      |                  | 0                                                                      | $5.10^{-3}$                    | $5.10^{-3}$          |

• Si  $\text{Cu}^{2+}$  est limitant :  $5.10^{-3} - x_{\text{max}} = 0$  donc  $x_{\text{max}} = 5.10^{-3}$  mol

• Si  $\text{HO}^-$  est limitant :  $15.10^{-3} - 2x_{\text{max}} = 0$  donc  $x_{\text{max}} = 7,5.10^{-3}$  mol

Donc :  $x_{\text{max}} = 5.10^{-3}$  mol, le réactif limitant est donc  $\text{Cu}^{2+}$ .

Le bilan de matière se trouve en dernière ligne du tableau.

La solution obtenue à l'état final sera incolore car les ions  $\text{Cu}^{2+}$  ne sont plus présents en solution.

### Activité 9

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} = \frac{1,6}{16} = 0,1 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{M_{\text{NH}_3}} = \frac{1,7}{17} = 0,1 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{4,4}{44} = 0,1 \text{ mol.}$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = n_{\text{C}_2\text{H}_6} \times M_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,2 \times 30 = 6 \text{ g}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2,5 \times 98 = 245 \text{ g}$$

### Activité 10

Les unités sont cohérentes :  $V_M (\text{L/mol}) = \frac{V(\text{L})}{n(\text{mol})}$

### Activité 11

Dans les CNTP :  $V_M = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} \cdot V_M = 0,2 \times 22,4 = 4,48 \text{ L}$$

$$V_{\text{N}_2} = n_{\text{N}_2} \cdot V_M = 3 \times 22,4 = 67,2 \text{ L}$$

$$V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \cdot V_M = 0,2 \times 22,4 = 4,48 \text{ L}$$

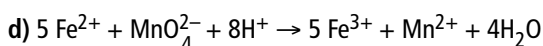
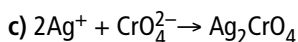
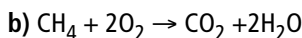
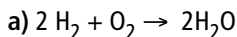
**Activité 12**

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{44}{44} = 1 \text{ mol}$$

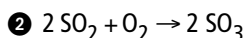
$$n_{\text{Cl}_2} = \frac{m_{\text{Cl}_2}}{M_{\text{Cl}_2}} = \frac{71}{71} = 1 \text{ mol}$$

Il y a la même quantité de matière dans chaque échantillon.

La même quantité de matière de gaz donnera le même volume : le volume d'une mole est égale à 22,4 L dans les CNTP.

**Exercice 1 Ajuster une équation chimique****Exercice 2 Synthèse de l'acide sulfurique**

①  $n_{\text{O}_2} = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_M} = \frac{300}{24} = 12,5 \text{ mol}$



|                                      | $\text{SO}_2$ | $\text{O}_2$ | $\text{SO}_3$ |
|--------------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>Quantité initiale(t = 0)(mol)</b> | 10            | 12,5         | 0             |
| <b>Quantité à l'instant</b>          | $10 - X$      | $12,5 - X/2$ | $X$           |

③ Pour trouver le réactif limitant, il faut calculer :

$$\text{SO}_2 : 10 - X_{\text{max}} = 0 \quad X_{\text{max}} = 10 \text{ mol.}$$

$$\text{O}_2 : 12,5 - \frac{X_{\text{max}}}{2} = 0 \quad X_{\text{max}} = 25 \text{ mol.}$$

La valeur minimale de  $X_{\text{max}}$  nous donne le réactif limitant :  $\text{SO}_2$ . La bonne valeur de  $X_{\text{max}}$  est donc : 10 mol.

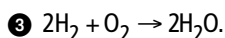
④ D'après le tableau, on peut obtenir  $X_{\text{max}}$  mol de  $\text{SO}_3$ .

$$m_{\text{SO}_3} = n_{\text{SO}_3} \times M_{\text{SO}_3} = 10 \times (32 + 3 \times 16) = 800 \text{ g.}$$

**Exercice 3 Synthèse de l'eau**

① Le système est constitué de 7 moles de dioxygène, 28 moles de diazote et 5 moles de dihydrogène.

② Il y a eu transformation chimique du système car il s'est formé une nouvelle espèce chimique : l'eau.



4

| Quantité de matière (mol.)           | Avancement       | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
|--------------------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| État initial (mol.)                  | 0                | 5              | 7              | 28             | 0                |
| Au cours de la transformation (mol.) | X                | 5 - 2X         | 7 - X          | 28             | 2X               |
| État final (mol.)                    | X <sub>max</sub> | 0              | 4,5            | 28             | 5                |

- 5 Le réactif limitant et l'avancement maximal sont déterminés en calculant la valeur de X qui annule la quantité de chaque réactif ; la plus petite valeur de X trouvée nous donne le réactif limitant puisque celui-ci disparaît en totalité.

$5 - 2X_{\text{max}} = 0$  pour H<sub>2</sub> et  $7 - X = 0$  pour O<sub>2</sub>, soit respectivement :

$X_{\text{max}} = 2,5$  mol pour H<sub>2</sub> et 7 mol pour O<sub>2</sub>.

La valeur exacte est, bien entendu,  $X_{\text{max}} = 2,5$  mol et le réactif limitant est le dihydrogène H<sub>2</sub>.

- 6 La composition du système à l'état final est donnée dans la dernière ligne du tableau.

#### Exercice 4 Combustion du méthane

- 1 Le système est constitué de  $1,6 / 16 = 0,1$  mole de méthane et  $6,4 / 32 = 0,2$  mole de dioxygène.

- 2 Il y a eu transformation chimique du système car il s'est formé une nouvelle espèce chimique : le dioxyde de carbone (qui trouble l'eau de chaux).

- 3  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

4

| Quantité de matière (mol.)           | Avancement       | CH <sub>4</sub> | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| État initial (mol.)                  | 0                | 0,1             | 0,2            | 0               | 0                |
| Au cours de la transformation (mol.) | X                | 0,1 - X         | 0,2 - 2X       | X               | 2X               |
| État final (mol.)                    | X <sub>max</sub> | 0               | 0              | 0,1             | 0,2              |

Le réactif limitant et l'avancement maximal sont déterminés en calculant la valeur de X qui annule la quantité de chaque réactif ; la plus petite valeur de X trouvée nous donne le réactif limitant puisque celui-ci disparaît en totalité.

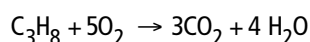
$0,1 - X_{\text{max}} = 0$  pour CH<sub>4</sub> et  $0,2 - 2X = 0$  pour O<sub>2</sub>, soit :  $X_{\text{max}} = 0,1$  mol pour CH<sub>4</sub> et 0,1 mol pour O<sub>2</sub>.

La valeur exacte est , bien entendu,  $X_{\max} = 0,1 \text{ mol}$  et les réactifs étant dans les proportions stœchiométriques, les 2 réactifs sont limitants.

La composition du système à l'état final est donnée dans la dernière ligne du tableau.

## Exercice 5 Combustion du propane dans l'air

① L'équation – bilan de la réaction est :

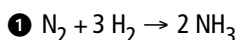


② – FAUX :La quantité de matière de dioxygène consommée est 5 fois plus **grande** que celle du propane, car ce sont des gaz.

– VRAI :Le volume de dioxygène gazeux consommé est 5 fois plus élevé que celui de propane.

– FAUX :La masse de dioxyde de carbone formé n'est pas 3 fois plus élevée que celle du propane brûlé, car les masses molaires des 2 espèces chimiques ne sont pas égales.

## Exercice 6 Proportions stœchiométriques



② Calculons la quantité de matière correspondant à 1 kg d'ammoniac :

$n = m / M = 1000 / 17 = 58,82 \text{ mol}$ . qui correspond à la quantité finale d'ammoniac.

Construisons un tableau de bilan de matière :

| Quantité de matière (mol)     | $\text{N}_2$ | $\text{H}_2$ | $\text{NH}_3$       |
|-------------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| État initial (mol)            | A            | B            | 0                   |
| Au cours de la transfo. (mol) | $A - X$      | $B - 3X$     | $2X$                |
| État final (mol)              | 0            | 0            | $2X_{\max} = 58,82$ |

Le tableau se remplit à partir de la colonne de l'ammoniac, puis la dernière ligne pour laquelle les quantités finales de diazote et de dihydrogène sont nulles , ce qui nous permet de calculer  $X_{\max}$  :  $58,82 / 2 = 29,41 \text{ mol}$ .

Nous pouvons alors calculer la quantité initiale A de diazote :  $A - X_{\max} = 0$ , soit :  $A = 29,41 \text{ mol}$ .

De la même manière, pour le dihydrogène :  $B - 3X = 0$ , soit  $B = 88,24 \text{ mol}$ .

Ces quantités de matière donnent alors les masses : 823,5 g de diazote et 176,5 g de dihydrogène

③ Il suffit pour cela d'appliquer la relation :  $V = n \times V_M$  :

Pour le diazote :  $v_{\text{N}_2} = 29,41 \times 24 = 706 \text{ L}$ .

Pour le dihydrogène :  $n_{\text{H}_2} = 88,24 \times 24 = 2118 \text{ L}$ .

## Exercice 7 La bouteille bleue

### 1. Interprétation des observations

La réaction 1 est **lente**, l'oxydant  $\text{BM}^+(\text{aq})$ , responsable de la coloration bleue, se **consomme lentement** entraînant la décoloration de la solution.

La réaction 2 étant **rapide**, la forme réduite  $\text{BMH}(\text{aq})$ , incolore, est immédiatement oxydée en  $\text{BM}^+(\text{aq})$  qui colore à nouveau la solution.

### 2. Étude quantitative $\frac{V(\text{O}_2)}{V_m}$

| 2.1 Équation       |                  | $2\text{BMH}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) = 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{BM}^+(\text{aq})$ |                                               |       |       |                   |
|--------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|-------|-------------------|
| État du système    | Avancement       | Quantités de matière                                                                                                            |                                               |       |       |                   |
| État initial       | 0                | $n_i(\text{BMH})$                                                                                                               | $n_i(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m}$ | Excès | Excès | 0                 |
| État intermédiaire | x                | $n_i(\text{BMH}) - 2x$                                                                                                          | $n_i(\text{O}_2) - x$                         | Excès | Excès | 2x                |
| État final         | $x_{\text{max}}$ | $n_i(\text{BMH}) - 2x_{\text{max}}$                                                                                             | $n_i(\text{O}_2) - x_{\text{max}}$            | Excès | Excès | $2x_{\text{max}}$ |

$$2.2. n_i(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{4,8 \times 10^{-3}}{24,0} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

2.3. Si tout le dioxygène dissous réagit, alors  $n_i(\text{O}_2) - x_{\text{max}} = 0$ ,  
soit  **$x_{\text{max}} = n_i(\text{O}_2)$**

$$n(\text{BMH})_{\text{finale}} = n_i(\text{BMH}) - n(\text{BMH})_{\text{conso}}$$

$$\text{Et d'après le tableau } n(\text{BMH})_{\text{finale}} = n_i(\text{BMH}) - 2x_{\text{max}}$$

$$\text{Si tout BMH est consommé } n(\text{BMH})_{\text{finale}} = 0$$

$$\text{alors } n_i(\text{BMH}) = n(\text{BMH})_{\text{conso}} = 2x_{\text{max}} \text{ donc } n_i(\text{BMH}) = 2 \cdot n_i(\text{O}_2).$$

$$\mathbf{n_i(\text{BMH}) = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol}} \text{ susceptible de réagir avec } n_i(\text{O}_2).$$

2.4.  $\text{RCHO}(\text{aq}) + \text{BM}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) = \text{RCOOH}(\text{aq}) + \text{BMH}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$   
(équation 1)

La réaction d'équation (2) fournit au moins 4,0 mmol de  $\text{BM}^+(\text{aq})$ .

Tous les coefficients stœchiométriques de l'équation (1) sont de 1, donc  
 $n(\text{BM}^+)_{\text{conso}} = n(\text{RCHO})_{\text{conso}}$ .

Au moins  $n(\text{RCHO}) = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  de glucose ont réagi au cours de l'expérience.

$$2.5. n_{\text{Restant}}(\text{RCHO}) = n_i(\text{RCHO}) - n(\text{RCHO})$$

$$\frac{m}{M} = \frac{m_i}{M} - n(\text{RCHO})$$

$$m = m_i - n(\text{RCHO}).M$$

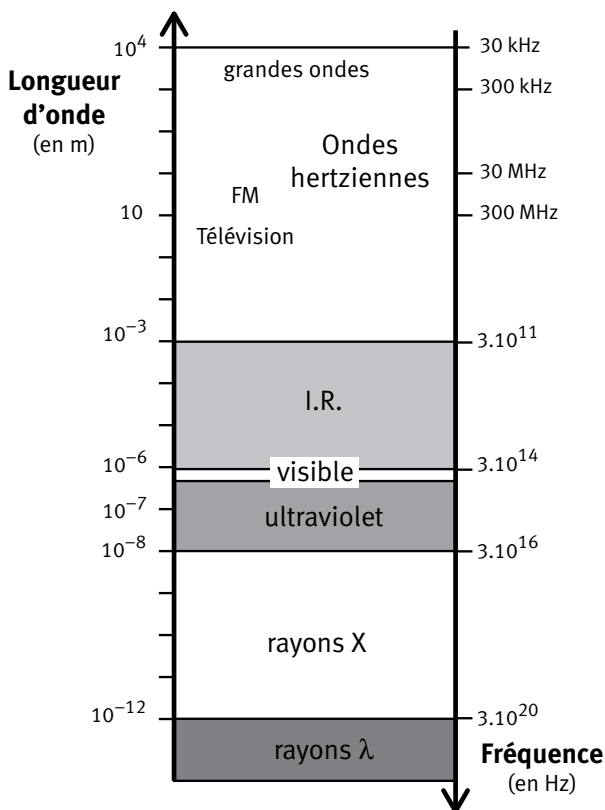
$$m = 5,0 - 4,0 \times 10^{-3} \times 180 = \mathbf{4,3 \text{ g}}$$
 de glucose n'ayant pas réagi.



## Physique

## Corrigés des activités

## Activité 1



## Activité 2

- ❶ La longueur d'onde des ondes émises en modulation de fréquence par la

France Info s'exprime par :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

$$\text{Application numérique : } \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{105,5 \cdot 10^6} = 2,8 \text{ m}.$$

- ❷ La fréquence de l'émetteur France-Inter s'exprime par :  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ .

$$\text{Application numérique : } \nu = \frac{3 \cdot 10^8}{1849} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Hz}.$$

- ❸ Ces ondes appartiennent au domaine des ondes hertziennes.

### Activité 3

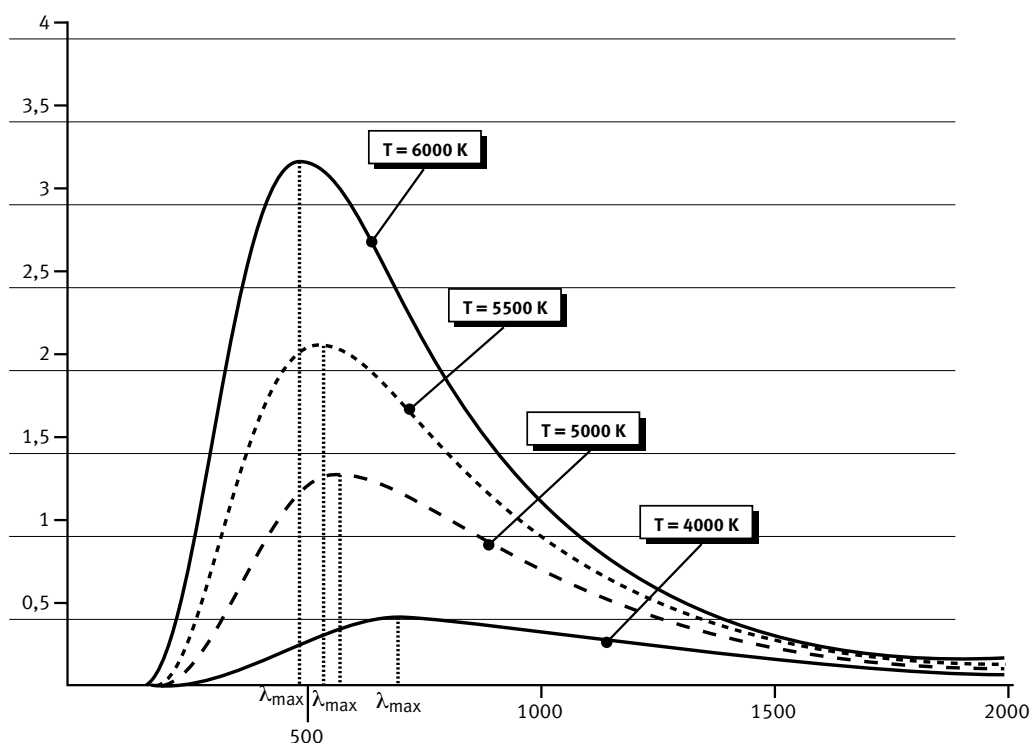
| Un micromètre   | Un nanomètre | Un millimètre | Un picomètre | Un kilomètre |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 1 $\mu\text{m}$ | 1 nm         | 1 mm          | 1 pm         | 1 km         |
| $10^{-6}$ m     | $10^{-9}$ m  | $10^{-3}$ m   | $10^{-12}$ m | $10^3$ m     |

**Activité 4** Quand la longueur d'onde diminue la fréquence augmente.

**Activité 5** Les lampes halogènes sont des lampes à incandescence dont l'atmosphère gazeuse contient des « halogènes » : dibrome  $\text{Br}_2$  ou diiode  $\text{I}_2$ . Cela permet de ralentir la détérioration du tungstène qui s'évapore.

**Activité 6** Le mot L.A.S.E.R. signifie « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » ; il a été découvert en 1960.

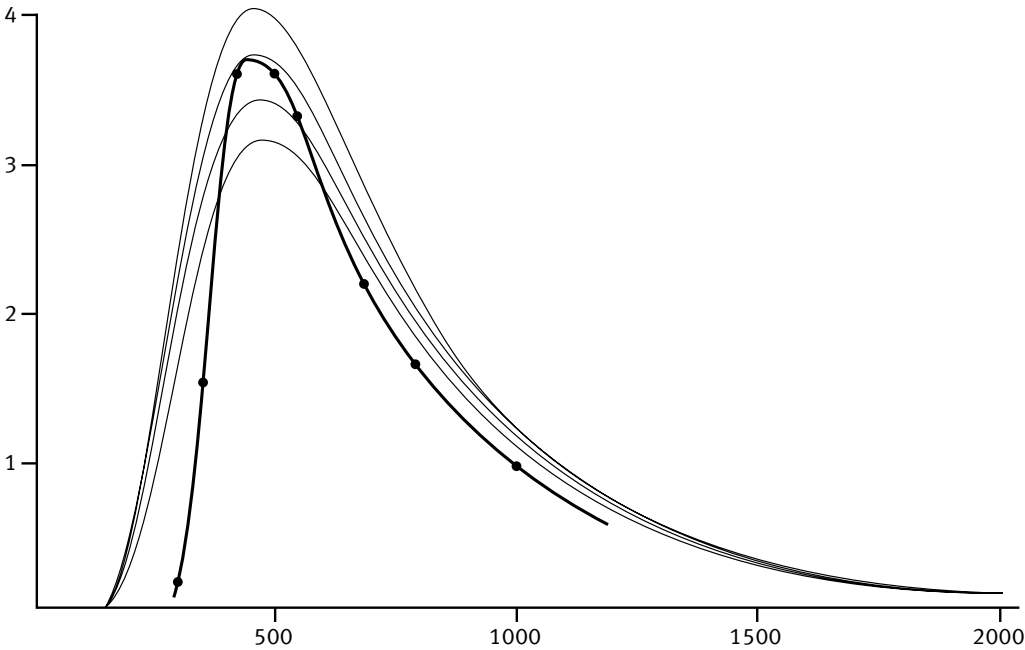
- Activité 7**
- 1 Le maximum augmente avec la température.
  - 2  $\lambda_{\text{max}} = 720$  nm pour  $T = 4000$  K. Cette valeur est située dans le domaine du visible [400 nm , 800 nm].
  - 3 La valeur de  $\lambda_{\text{max}}$  diminue avec la température.



|                                |                      |                      |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $T$ (K)                        | 4000                 | 5000                 | 5500                 | 6000                 |
| $\lambda_{\max}$ (nm)          | 720                  | 576                  | 523                  | 480                  |
| $\lambda_{\max} \cdot T$ (K.m) | $2,88 \cdot 10^{-3}$ | $2,88 \cdot 10^{-3}$ | $2,88 \cdot 10^{-3}$ | $2,88 \cdot 10^{-3}$ |

Le produit  $\lambda_{\max} T$  est constant :  $\lambda_{\max} T = 2,88 \cdot 10^{-3}$ .

### Activité 8 Température du Soleil



La courbe (comprise entre les deux courbes 6100 K et 6200 K du corps noir) nous permet de trouver la longueur d'onde maximale qui est égale à 470 nm environ.

D'après la loi de Wien :  $\lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3}$  K.m ; cela donne :  $T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$  soit une température égale à 6170 K.

Un ordre de grandeur de la température du Soleil : entre 6100 K et 6200 K.

### Activité 9 Dans l'effet photoélectrique, une plaque de zinc est éclairée par la lumière issue d'un arc électrique.

Tant que sa fréquence est inférieure à un seuil caractéristique du métal, il n'y a aucune émission d'électrons quelle que soit l'intensité du rayonnement.

Si la fréquence est supérieure au seuil caractéristique, l'émission d'électrons est immédiate, même lorsque l'intensité lumineuse est faible.

La physique classique prévoyait qu'un rayonnement transportant suffisamment d'énergie était capable d'arracher les électrons d'un métal ; c'était faux.

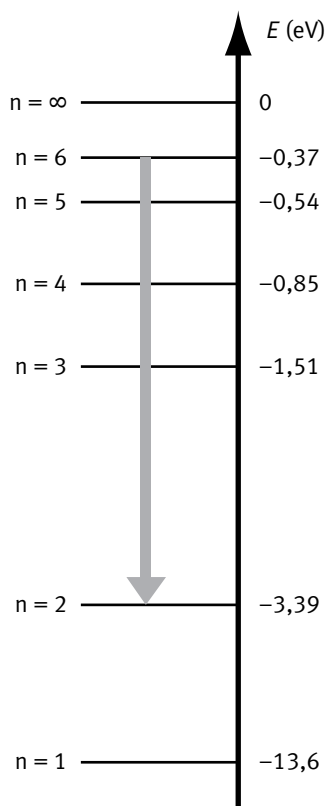
**Activité 10** L'énergie  $E$  d'un photon UV s'écrit :  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ .

Application numérique :  $E_{UV} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3,0 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

| Longueur d'onde     | 1000 nm                        | 600 nm                         | 300 nm                         | 1 nm                           |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Énergie d'un photon | $2,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ | $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ | $6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ | $2,0 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ |

Plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie du rayonnement augmente.

### Activité 11



❶ La transition est représentée par une flèche orientée vers le bas.

❷ L'atome se désexcite en cédant de l'énergie par émission d'un photon.

$$\Delta E = E_6 - E_2 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \text{ ce qui donne : } \lambda = \frac{hc}{E_6 - E_2}$$

Il faut convertir les énergies en Joule :  $1\text{eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

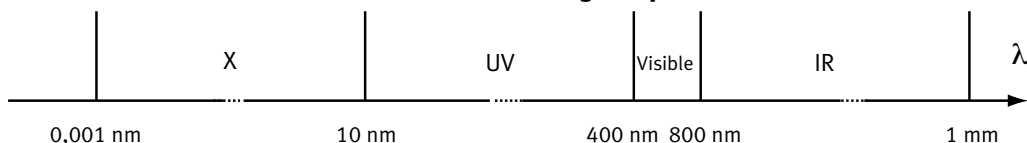
Application numérique :

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{(-0,37 + 3,39) \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 4,11 \cdot 10^{-7} \text{ m soit } 411 \text{ nm}$$

**Activité 12** Le spectre du Soleil est un spectre d'absorption.

On distingue des raies noires sur un fond continu.



**Exercice 1** Domaine des ondes électromagnétiques**Exercice 2** Vrai ou faux

- ❶ Faux : la fréquence d'une onde électromagnétique est inversement proportionnelle à la longueur d'onde  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ .
- ❷ Vrai : plus la longueur d'onde d'une onde électromagnétique diminue et plus l'énergie des photons augmente  $E = h \frac{c}{\lambda}$ .

**Exercice 3** Énergie des radiations lumineuses

L'énergie  $E$  d'un photon associée à une radiation s'écrit :  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ .

Applications numériques :

$$E_{\text{rouge}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{700 \cdot 10^{-9}} = 2,8 \cdot 10^{-19} \text{ J} ;$$

$$E_{\text{violet}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 5,0 \cdot 10^{-19} \text{ J} .$$

Une radiation rouge de longueur d'onde est moins énergétique qu'une radiation violette.

**Exercice 4** Grandeurs et unités

- ❶ La célérité  $c$  de la lumière dans le vide est égale à  $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ou  $300\,000 \text{ km.s}^{-1}$ .
- ❷ Le symbole  $\lambda$  est associé à la longueur d'onde en mètre (m).
- ❸ Le symbole  $\nu$  est associé à la fréquence en hertz (Hz).
- ❹ L'unité d'énergie  $E$  est le Joule (J).

**Exercice 5** Énergies et fréquences

L'énergie  $E_1$  d'un photon est reliée à la fréquence  $\nu_1$  par :  $E_1 = h\nu_1$ .

Application numérique :  $E_1 = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 4,0 \cdot 10^{14} = 2,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

$$E_2 = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 3,0 \cdot 10^{16} = 2,0 \cdot 10^{-17} \text{ J} .$$

Plus la fréquence d'une onde est élevée, plus son énergie est forte.

## Exercice 6 UV et IR

- 1 Deux sources de radiations ultraviolettes : le Soleil et les lampes à vapeur de mercure.
- 2 Une source de radiations infrarouges : le filament d'une ampoule chauffé rayonne de la lumière visible et des IR.
- 3 Domaine qui correspond aux radiations UV : de 10 nm à 400 nm.  
Domaine qui correspond aux radiations IR : de 800 nm à 1 mm.
- 4 Une application des radiations ultraviolettes : les UVA sont utilisés pour traiter des maladies de peau.

Une application des radiations infrarouges : en kinésithérapie, l'échauffement des tissus est utilisé pour soigner les lumbagos, les arthrites ...

- 5 a) Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .  
b) L'énergie  $E$  d'un photon infrarouge est reliée à la fréquence  $\nu$  par :  $E = h\nu$ .

Application numérique :  $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 1,5 \cdot 10^{14} = 9,9 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ .

La longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide est donnée par :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

Application numérique :  $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{14}} = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

## Exercice 7 Téléphonie sans fil

- 1 La vitesse de propagation (ou célérité) de ces ondes dans le vide est égale à la célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .
- 2 La longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide est donnée par :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

Application numérique :  $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^9} = 0,17 \text{ m}$  soit  $\lambda = 17 \text{ cm}$ .

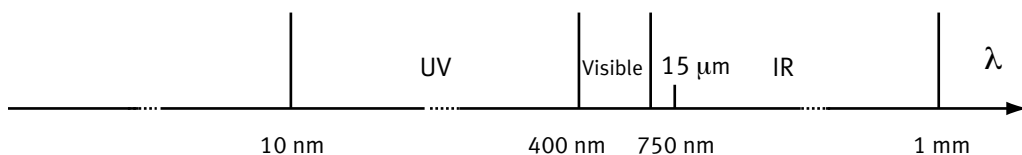
- 3 L'énergie  $E$  d'un photon est reliée à la fréquence  $\nu$  par :  $E = h\nu$ .

Application numérique :  $E = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 1,8 \cdot 10^9 = 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ J}$ .

- 4 Les inquiétudes quant à notre santé viennent du fait que l'antenne du « portable » est plaquée contre notre oreille durant l'utilisation. Cela provoquerait un échauffement des tissus vivants sur plusieurs centimètres d'épaisseur.

## Exercice 8 Rayonnements UV et IR

- 1 Les ondes lumineuses visibles par notre œil ne représentent qu'une petite partie du vaste domaine des ondes électromagnétiques.



- ② a) Longueur d'onde de 15  $\mu\text{m}$  placée sur l'axe.  
 b) Elle appartient au domaine des infrarouges.  
 c) La fréquence  $\nu$  d'une radiation de longueur d'onde  $\lambda$  est donnée par :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Application numérique :  $\nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$ .

- ③ L'énergie  $E$  des photons associés à une onde électromagnétique de longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide et de fréquence  $\nu$  peut se déterminer à l'aide de la

relation :  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ .

L'énergie des photons diminue quand la fréquence des radiations diminue ; les deux grandeurs sont proportionnelles.

- ④ Source de radiations UV : le Soleil. Effet biologique : le bronzage.  
 ⑤ Filament chauffé. La thermographie.

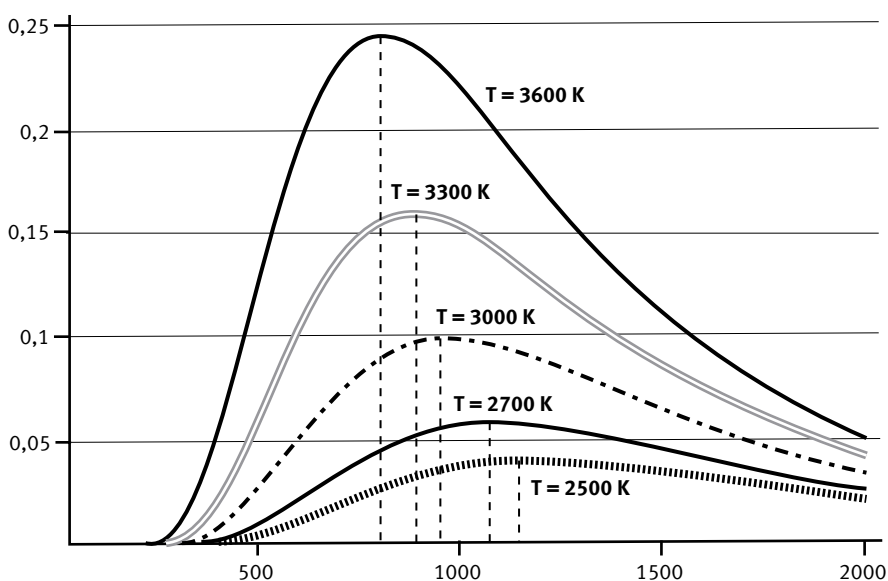
### Exercice 9 Température du corps noir

D'après la loi de Wien :  $\lambda_{\text{max}} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K.m}$  ; cela donne :  $T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\text{max}}}$ .

Application numérique :  $T = 6744 \text{ K}$  soit  $6,7 \cdot 10^3 \text{ K}$ .

### Exercice 10 Loi de Wien

- ① Températures des différentes courbes :



|   |                                |                     |                     |                     |                     |                     |
|---|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2 | $T$ (K)                        | 2500                | 2700                | 3000                | 3300                | 3600                |
|   | $\lambda_{\max}$ (nm)          | 1150                | 1070                | 960                 | 875                 | 800                 |
|   | $\lambda_{\max} \cdot T$ (K.m) | $2,9 \cdot 10^{-3}$ | $2,9 \cdot 10^{-3}$ | $2,9 \cdot 10^{-3}$ | $2,9 \cdot 10^{-3}$ | $2,9 \cdot 10^{-3}$ |

La loi de Wien est bien vérifiée puisque  $\lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K.m}$ .

- 3 Ces longueurs d'onde maximales se trouvent dans le domaine des infrarouges.

## Exercice 11 Effet de serre

- 1 La longueur d'onde correspondant au maximum de rayonnement solaire s'exprime à partir de la loi de Wien.

D'après la loi de Wien :  $\lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K.m}$  ; cela donne :  $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$

Application numérique :  $\lambda_{\max} = 483 \text{ nm}$ .

Cette radiation se trouve dans le spectre visible.

- 2 D'après la loi de Wien :  $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$

Application numérique :  $\lambda_{\max} = 9730 \text{ nm}$ .

Cette radiation se trouve dans l'infrarouge.

- 3 Le rayonnement terrestre reste « emprisonné » sur Terre ce qui contribue à réchauffer la Terre.

## Exercice 12 Émission ou absorption d'une radiation par un atome

- 1 Relation entre la fréquence  $\nu$  de la radiation et sa longueur d'onde dans le

vide  $\lambda$  :  $\lambda = \frac{c}{\nu}$

- 2  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  ; Application numérique :  $\nu = \frac{3,0 \cdot 10^8}{580 \cdot 10^{-9}} = 5,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

- 3 Signification de chaque terme de  $\Delta E = h\nu$ .

$\Delta E$  : énergie perdue par l'atome, en J ;  $h$  : constante de Planck en J.s ;  $\nu$  : fréquence de la radiation émise par l'atome en Hz.

- 4 Calculer l'énergie perdue par un atome qui émet la radiation de longueur d'onde dans le vide 580 nm.

Exprimer cette énergie en électron-volt.

Énergie perdue par l'atome :  $\Delta E = h\nu$

$\Delta E = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 5,2 \cdot 10^{14} = 3,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  avec  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

ce qui donne :  $\Delta E = 2,1 \text{ eV}$ .

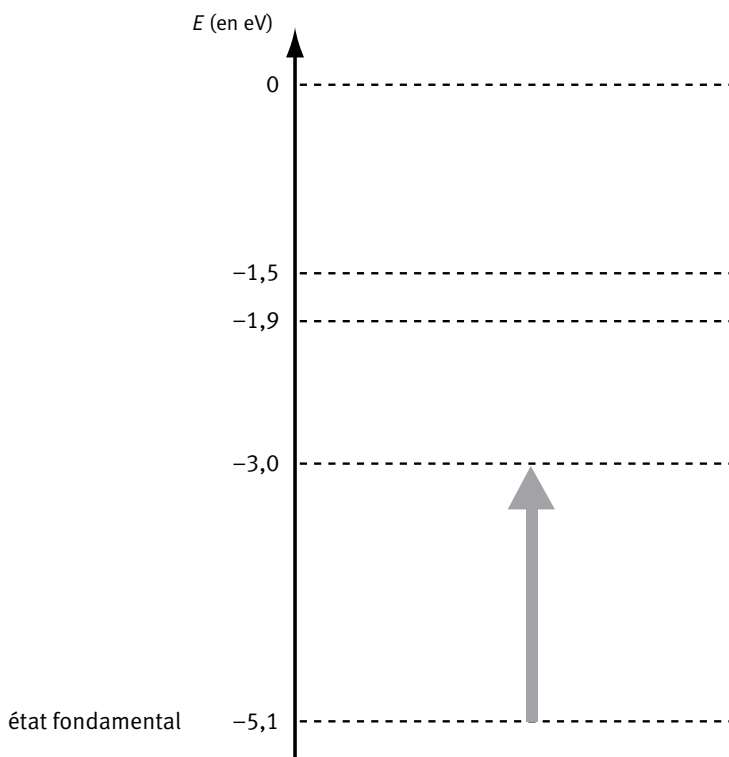
- 5 a) Une radiation peut interagir avec un atome si la variation d'énergie  $\Delta E$  est égale à l'énergie d'une transition entre deux niveaux d'énergie de l'atome.

Entre l'état fondamental d'énergie  $E_0$  et le premier état excité de l'atome d'énergie  $E_1$ .

$$\Delta E = E_1 - E_0 = -3,0 - (-5,1) = 2,1 \text{ eV}.$$

La radiation peut donc interagir avec l'atome et celui passera du niveau d'énergie  $E_0$  à celui d'énergie  $E_1$ .

b) Transition associée par une flèche :



c) Cette transition correspond à une absorption car l'atome passe d'un niveau d'énergie donné à un niveau supérieur d'énergie.

d) Si l'atome, dans son état fondamental, reçoit une radiation dont le quantum d'énergie vaut 3,0 eV alors :

$$\Delta E = E_i - E_0 = E_i - (-5,1) = 3,0 \text{ eV} \Rightarrow E_i = 3,0 - 5,1 = -2,1 \text{ eV}.$$

L'énergie  $E_i$  ne correspond à aucun des niveaux d'énergie de l'atome donc la radiation n'est pas absorbée par l'atome.

### Exercice 13 Lumière émise par un laser

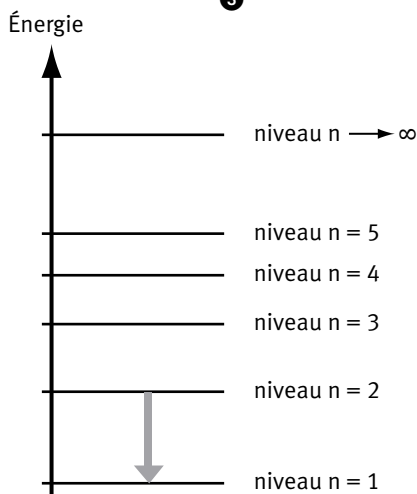
① La couleur de la lumière émise par cette diode laser est rouge.

②  $\Delta E = E_1 - E_2 = h\nu = h \frac{c}{\lambda}.$

Application numérique :  $\Delta E = 2,52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  soit en eV = 1,57 eV.

## Exercice 14 Lampe à vapeur de sodium

- 1 L'énergie de l'atome de sodium est quantifiée.
- 2 La mécanique de Newton ne permet pas d'expliquer ces niveaux énergétiques quantifiés (discrets) car en mécanique classique toutes les valeurs d'énergie sont possibles ; l'énergie varie alors de façon continue.
- 3



L'atome se désexcite en cédant de l'énergie par émission d'un photon.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \text{ ce qui donne : } \boxed{\lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1}}$$

Il faut convertir les énergies en Joule :

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

Application numérique :

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{(-3,03 + 5,14) \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

soit 589 nm.

- 4 La longueur d'onde est d'autant plus petite que l'écart entre les niveaux d'énergie est grand. La longueur d'onde, la plus courte, du photon émis, correspond alors à la transition entre le niveau d'énergie  $E_5 = -1,38 \text{ eV}$  et le niveau d'énergie  $E_1 = -5,14 \text{ eV}$ .

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \boxed{\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_5 - E_1}}$$

Application numérique :  $\lambda_{\min} = 3,31 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  soit 331 nm.

Cette radiation appartient au domaine des rayonnement U.V. ( $\lambda_{\min} < 400 \text{ nm}$ ).

## Exercice 15 Tube fluorescent

- 1 Le niveau le plus bas est appelé niveau fondamental.
- 2 L'atome de mercure passe dans un état excité.
- 3 a) L'atome de mercure émet un photon de manière à perdre de l'énergie.

b) Calculer la longueur d'onde  $\lambda_{1 \rightarrow 0}$  correspondante dans le vide.

$$\Delta E = E_1 - E_0 = h \frac{c}{\lambda_{1 \rightarrow 0}} \text{ ce qui donne : } \lambda_{1 \rightarrow 0} = \frac{hc}{E_1 - E_0}$$

Application numérique :

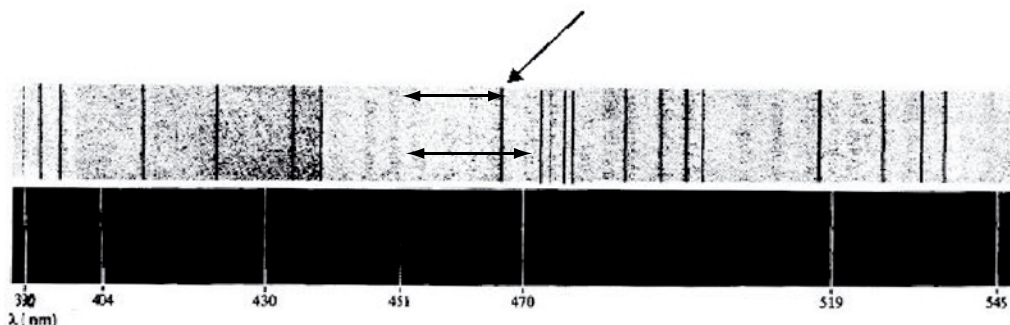
$$\lambda_{1 \rightarrow 0} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3,00 \cdot 10^8}{(-5,54 + 10,44) \times 1,60 \cdot 10^{-19}} \text{ soit : } \lambda = 254 \text{ nm.}$$

c) Le spectre visible possède des longueurs d'ondes comprises entre 400 et 800 nm.

La longueur d'onde  $\lambda_{1 \rightarrow 0}$  correspond à un rayonnement situé dans le domaine U.V.

### Exercice 16

- 1 Le spectre continu est émis par la surface de l'étoile dont la température est très grande.
- 2 Certaines radiations de la lumière émise par l'étoile sont absorbées par le gaz contenu dans les couches périphériques de l'étoile. Les raies noires qui en résultent sont donc les raies d'absorption des éléments chimiques que contient l'étoile.
- 3 Le spectre de l'argon nous permet de relier l'intervalle de longueur d'onde (par exemple : [451 nm, 470 nm] à la distance séparant les deux raies en mm.  
Intervalle [451 nm, 470 nm] : 16,5 mm correspondent à 19 nm.



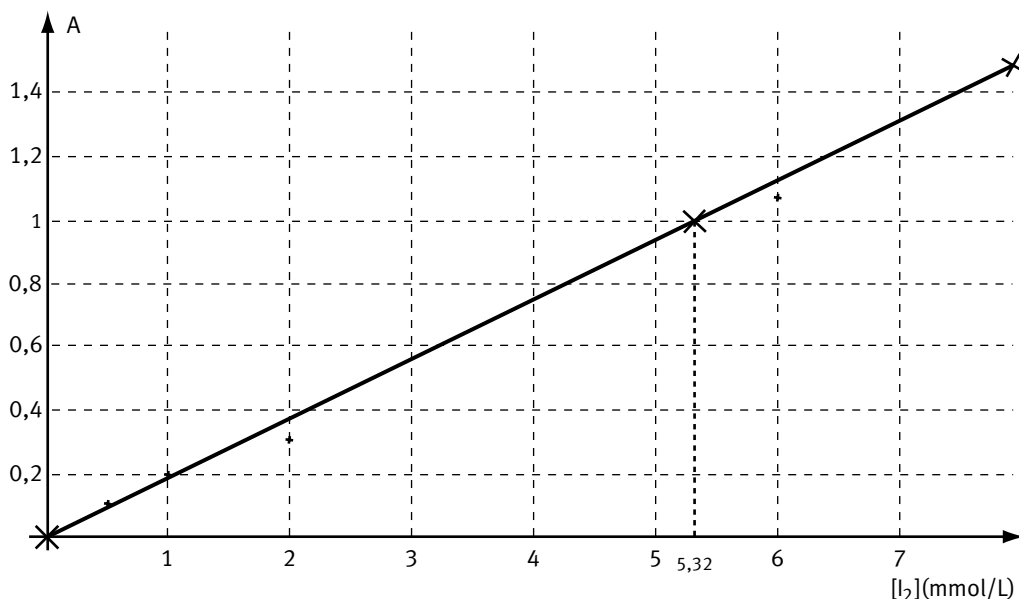
Distance entre la raie de longueur d'onde 451 nm et la raie étudiée : 13,5 mm ;  
les 13,5 mm correspondent à 15,6 nm.

La longueur d'onde de la raie marquée est donc  $\lambda = 451 + 15,6 = 466,6$  nm  
soit 467 nm.

La connaissance de la longueur d'onde de cette raie et des autres raies présentes dans le spectre de l'étoile permettent ensuite de trouver les éléments présents dans les couches périphériques de l'étoile.

**Activité 1** Pour des solutions de même nature et de même concentration, la largeur  $l$  de solution traversée par la radiation peut faire varier  $A$  : plus  $l$  est grande, plus  $A$  est élevée.

**Activité 2** a)



Attention

1 mmol =  $10^{-3}$  mol

$A$  sans unité

b) La courbe est une droite passant par l'origine d'équation :  $y \oplus 188.x$ , donc : l'équation de cette droite est du type :  $A = k.[I_2]$ . Calculons la valeur de  $k$  :  $188 \text{ L.mol}^{-1}$ .  $k = \frac{1}{5,32 \times 10^{-3}} = 188 \text{ L.mol}^{-1}$

**Activité 3** On peut résoudre la question soit graphiquement, soit par le calcul :  $A = k.[I_2]$ . d'où :  $[I_2] = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Activité 4** La structure électronique des atomes :

- Hydrogène ( $Z = 1$ ) :  $(K)^1$
- Carbone ( $Z = 6$ ) :  $(K)^2 (L)^4$
- Azote ( $Z = 7$ ) :  $(K)^2 (L)^5$
- Oxygène ( $Z = 8$ ) :  $(K)^2 (L)^6$

**Activité 5** Le sodium  $_{11}\text{Na}$  a pour structure électronique :  $(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^1$  ; il donnera un ion stable en perdant 1 électron afin de posséder une couche externe d'électrons (L) saturée soit :  $\text{Na}^+$ .

Le chlore  $_{17}\text{Cl}$  a pour structure électronique :  $(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^7$  ; il donnera un ion stable en gagnant 1 électron afin de posséder une couche externe d'électrons (M) saturée soit :  $\text{Cl}^-$ .

**Activité 6** L'azote N ( $Z = 7$ ) a pour structure électronique :  $(\text{K})^2 (\text{L})^5$  ; il lui manque donc 3 électrons pour saturer sa couche externe (règle de l'octet) , donc l'atome formera 3 liaisons covalentes : valence 3.

L'oxygène O ( $Z = 8$ ) a pour structure électronique :  $(\text{K})^2 (\text{L})^6$  ; il lui manque donc 2 électrons pour saturer sa couche externe (règle de l'octet) , donc l'atome formera 2 liaisons covalentes : valence 2.

**Activité 7** L'atome d'hydrogène utilise son électron de la couche externe pour former la liaison covalente : il n'aura pas de doublet non liant.

L'atome d'azote utilise 3 électrons parmi les 5 électrons de sa couche externe pour former les trois liaisons covalentes. Il lui reste 2 électrons qui vont former un doublet non liant.

L'atome d'oxygène utilise 2 électrons parmi les 6 électrons de sa couche externe pour former les deux liaisons covalentes. Il lui reste 4 électrons qui vont former deux doublets non liant.

**Activité 8** Dihydrogène  $\text{H}_2$  :  $\text{H} - \text{H}$

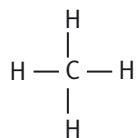
Dichlore  $\text{Cl}_2$  :

$\text{Cl}$  :  $(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^7$  donc 1 doublet liant et 3 doublets non liants pour  $\text{Cl}$  : donc :  
 $\begin{array}{|c|} \hline \text{Cl} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Cl} \\ \hline \end{array}$

Chlorure d'hydrogène  $\text{HCl}$  :  $\text{H} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Cl} \\ \hline \end{array}$

Ammoniac  $\text{NH}_3$  : N :  $(\text{K})^2 (\text{L})^5$  : 3 liaisons et un doublet non liant pour N :  $\text{H} - \begin{array}{c} \text{N} \\ | \\ \text{H} \end{array} - \text{H}$

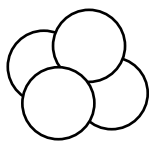
Méthane  $\text{CH}_4$  : C :  $(\text{K})^2 (\text{L})^4$  : 4 liaisons et pas de doublet non liant pour C



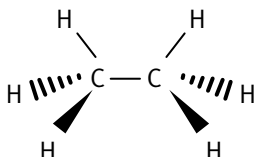
**Activité 9** Dioxygène  $\text{O}_2$  :  $\begin{array}{|c|} \hline \text{O} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{O} \\ \hline \end{array}$

Ethène  $\text{C}_2\text{H}_4$  :  $\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$

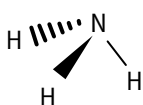
Dioxyde de Carbone  $\text{CO}_2$  :  $\begin{array}{|c|} \hline \text{O} \\ \hline \end{array} = \text{C} = \begin{array}{|c|} \hline \text{O} \\ \hline \end{array}$

**Activité 10**

Les 4 ballons de baudruche gonflés au maximum tiennent difficilement dans un même plan. Si on les laisse libres de se disposer dans l'espace, ils vont se répartir dans 4 directions et vont former un tétraèdre.

**Activité 11****Activité 12**

Il n'y a pas que les doublets liants qui se repoussent. Les deux doublets non liants sont aussi à prendre en compte. Comme il y a 4 doublets d'électrons autour de l'atome d'oxygène, ils vont se disposer selon un tétraèdre et l'angle entre les deux liaisons O–H est donc proche de 109°.

**Activité 13**

Les répulsions entre doublets liants de la molécule donnent un angle de 109° entre les liaisons; dans cette disposition, les doublets sont le plus éloignés possibles (répulsions minimales).

Ici, les angles sont de 107°, car il y a 1 doublet non liant sur l'atome d'azote.

**Activité 14**

Seul l'exemple b)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  présente deux doubles liaisons conjuguées.

**Activité 15**

L'hélianthine est colorée car la molécule possède des doubles liaisons conjuguées (les cycles, la liaisons N=N et les liaisons S=O).

**Activité 16**

- ❶ Les deux types de colorants : pigments et teintures.
- ❷ Quelques domaines d'utilisation des colorants : alimentaire, textile, maroquinerie, cosmétiques, peintures.
- ❸ Un colorant azoïque est une molécule organique possédant un groupe  $-\text{N}=\text{N}-$ .
- ❹ Un exemple de colorant organique : indigo et un exemple de colorant minéral : le dioxyde de titane.
- ❺ Les formules des colorants cités dans le texte possèdent toutes un chromophore c'est-à-dire une séquence suffisamment longue de doubles liaisons conjuguées.

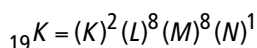
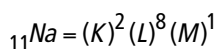
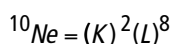
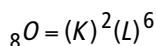
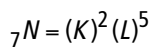
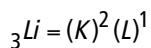
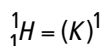
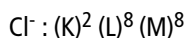
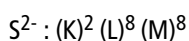
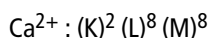
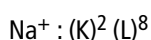
**Activité 17**

- ❶ Les composés ayant un nombre de doubles liaisons conjuguées supérieurs ou égaux à 8 absorbent la lumière dans le domaine visible. Ils absorbent les radiations de faible longueur d'onde et donc laissent passer les radiations de plus grande longueur d'onde (vert, jaune, orange et rouge).

Les composés ayant un nombre de doubles liaisons conjuguées inférieurs à 8 absorbent la lumière ultraviolette et laissent passer la lumière visible, ils sont donc incolores.

- ② Le bêta-carotène ayant 10 liaisons doubles conjuguées, il absorbe des radiations de longueur d'onde plus faible que le lycopène qui en a 11. Le lycopène ne laisse passer que les radiations rouges tandis que le bêta-carotène laisse passer les radiations jaunes, oranges et rouges.



**Exercice 1 Structure électronique des atomes****Exercice 2 Structure électronique des ions****Exercice 3 Les ions isotopes**

L'élément silicium possède 4 isotopes :

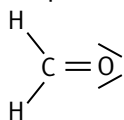
- La structure électronique du 1er isotope :  $(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^4$ , les 3 autres isotopes possèdent la même structure électronique car ils ont le même nombre d'électrons.
- Les électrons perdus sont les électrons de la couche externe M, ce qui donne l'ion  $\text{Si}^{4+}$ .

**Exercice 4 Le formol**

La représentation du méthanal se fait en calculant préalablement le nombre de doublets d'électrons externes :

$$d = (1 \times 4 + 2 \times 1 + 1 \times 6) / 2 = 6 \text{ doublets.}$$

Ce qui donne la représentation :



## Exercice 5 Le peroxyde d'hydrogène

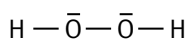
- a) La molécule est constituée de 2 éléments : oxygène O :  $(K)^2 (L)^6$  et hydrogène H :  $(K)^1$ .

L'atome d'oxygène contient donc  $n_e = 6$  électrons et l'atome d'hydrogène 1 électron dans leur couche externe.

Le nombre total d'électrons externes est :  $2 \times 6 + 2 \times 1 = 14$  électrons (le chiffre 2 vient du fait qu'il y a 2 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène dans la molécule).

- b) Le nombre de doublets correspondant est donc  $d = 14 / 2 = 7$ .

- c) D'après leur structure électronique, chaque atome d'hydrogène forme 1 liaison et chaque atome d'oxygène, 2 liaisons. De plus, 4 électrons externes de O ne sont pas engagés dans les liaisons : chaque atome d'oxygène porte donc 2 doublets non liants :



## Exercice 6 Représentation de Lewis

Structure électronique :

L'atome de carbone compte 6 électrons répartis de la manière suivante :

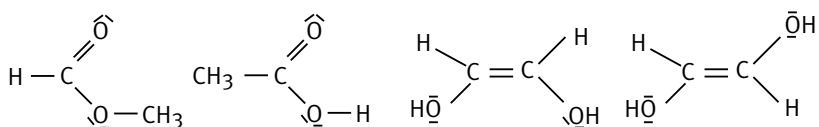
2 sur le niveau  $n = 1$  et 4 sur le deuxième niveau :  $K^2 L^4$ ; 4 électrons externes, donc il en manque 4 pour obtenir un octet : l'octet est obtenu lorsque l'atome de carbone forme 4 liaisons. Les 4 électrons externes sont engagés dans les liaisons donc C n'a pas de doublet non-liant.

L'atome d'oxygène compte 8 électrons répartis de la manière suivante :

2 sur le niveau  $n = 1$  et 6 sur le deuxième niveau :  $(K)^2 (L)^6$ ; 6 électrons externes, donc il en manque 2 pour obtenir un octet : l'octet est obtenu lorsque l'atome d'oxygène forme 2 liaisons. L'atome d'oxygène possède 2 doublets non-liants (voir exercice 5).

L'atome d'hydrogène compte un seul électron. Il en manque 1 pour obtenir un duet : le duet est obtenu lorsque l'atome d'hydrogène forme une liaison.

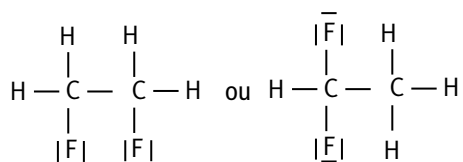
Les formules de Lewis sont :



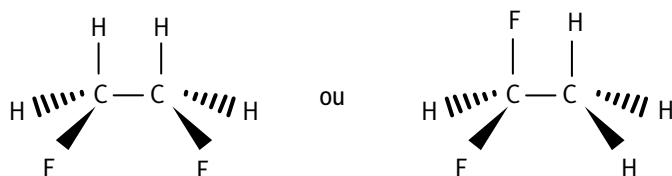
Pour obtenir les formules semi développées, réécrivez les formules ci-dessus sans les doublets non hauts.

## Exercice 7 Représentation de Gram

L'atome de fluor a 7 électrons sur sa couche externe. Il lui manque un électron pour respecter la règle de l'octet donc il forme une liaison simple. Il possède 6 électrons externes non engagés dans la liaison donc il a 3 doublets non liants. Les formules de Lewis suivantes conviennent :



Les représentations de Cram qui conviennent sont :

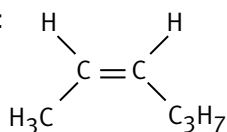


### Exercice 8 Respect des règles

- a) Les atomes de carbone et d'oxygène ne respectent pas la règle de l'octet : ils sont entourés chacun par seulement 6 électrons.
- b) Les atomes qui ne respectent pas les règles sont : l'hydrogène (entouré par 2 doublets au lieu d'un), le carbone (entouré par 5 doublets au lieu de 4).  
Les molécules (a) et (b) ne peuvent donc pas exister.

### Exercice 9 Isomérisie Z/E

- ① Seul l'exemple b)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  présente deux doubles liaisons conjuguées.
- ② L'isomère Z est :



car les 2 atomes H sont du même côté de la double liaison C=C.

## Physique

**Exercice 1** ① a) Le centre optique O est placé au point d'intersection de l'axe optique avec la lentille.

La lentille étant convergente, la valeur algébrique  $f'$  appelée distance focale de la lentille est positive :  $f' = \overline{OF'} = 5 \text{ cm}$ .

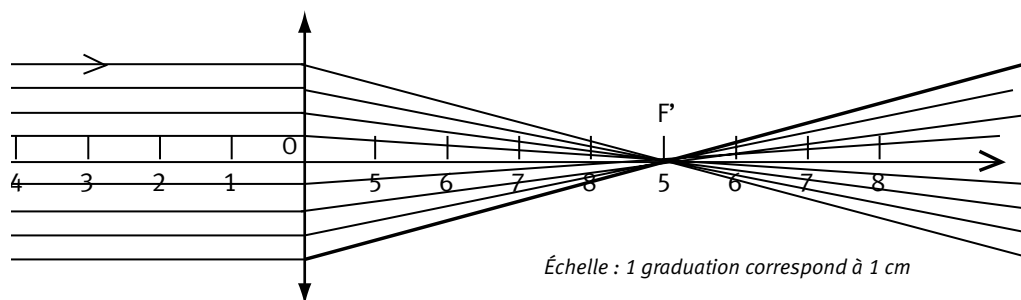
Les points F et F' sont situés sur l'axe optique à égale distance du centre optique O :  $\overline{OF} = -\overline{OF'} = -5 \text{ cm}$ .

b) La vergence V s'exprime par :  $V = \frac{1}{f'}$ .

$$\text{Application numérique : } V = \frac{1}{5,0 \cdot 10^{-2}} = +20 \text{ δ}.$$

c) Tout rayon parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.

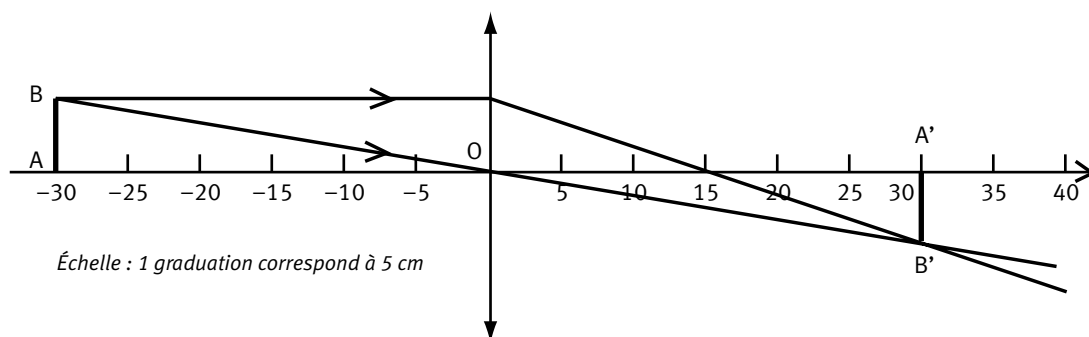
Tracé des rayons lumineux à la sortie de la lentille.



② a) Nous disposons de trois rayons particuliers :

- Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille ne subit aucune déviation.
- Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique sort de la lentille avec une direction passant par le foyer image F'.
- Le rayon issu de B dont la direction passe par le foyer objet F, sort de la lentille parallèle à l'axe optique.

b) Image A'B' de l'objet AB :



c) L'image se forme à 30 cm de la lentille.

d) Appliquons la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}.$$

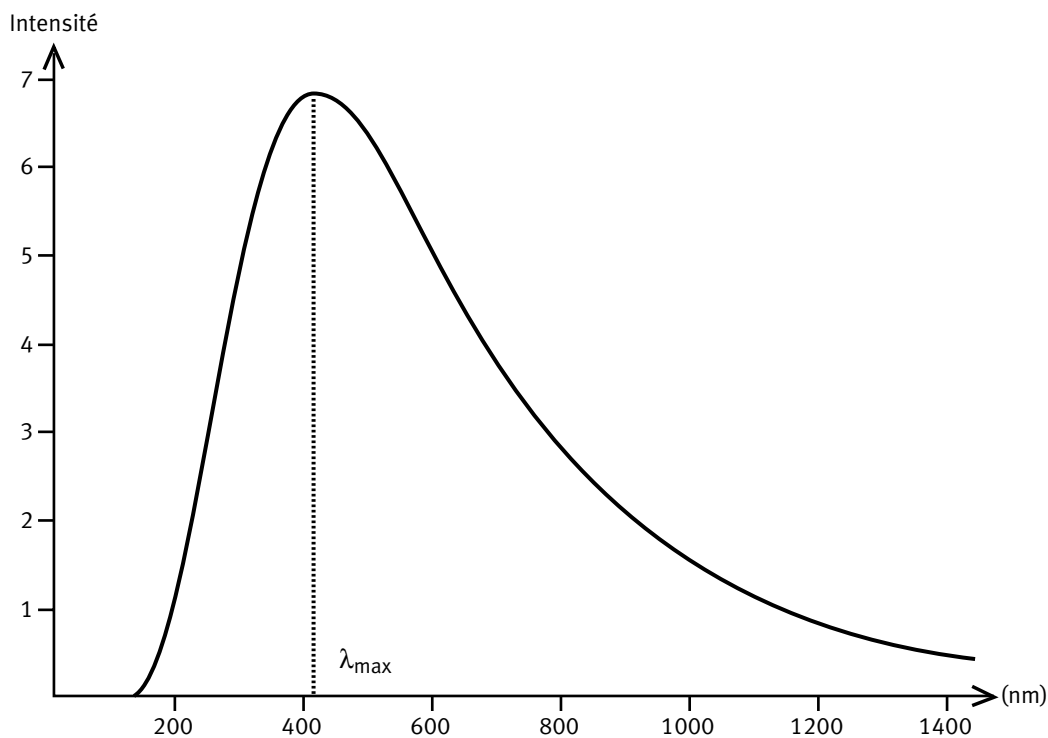
$$\text{Application numérique : } \overline{OA'} = \frac{15 \cdot 10^{-2} \cdot (-30 \cdot 10^{-2})}{15 \cdot 10^{-2} - 30 \cdot 10^{-2}} = 30 \cdot 10^{-2} \text{ m soit } 30 \text{ cm}.$$

e) Le grandissement est donné par :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$

$$\text{Application numérique : } \gamma = -1.$$

## Exercice 2

- ❶ L'œil perçoit les couleurs primaires (rouge, verte et bleue) grâce à 3 types de cellules rétinienne spécifiques appelées cônes.
- ❷ La trichromie est basée sur trois couleurs fondamentales : le rouge, le vert et le bleu. Ces trois couleurs suffisent à créer toutes les autres.
- ❸ a) La juxtaposition des trois encres jaune, cyan et magenta permet d'obtenir du noir.  
b) Le cyan absorbe le rouge et diffuse le vert et le bleu.  
c) Le mélange de deux encres ne diffuse que la couleur commune qu'elles n'absorbent pas.  
Le mélange du jaune et du magenta conduit au rouge.
- ❹ Schéma page suivante.  
a) La longueur d'onde maximale est comprise entre 410 et 420 nm.  
b) Cette longueur d'onde maximale correspond au domaine du visible (400, 800 nm).  
La couleur correspondant 410 – 420 nm est le violet.

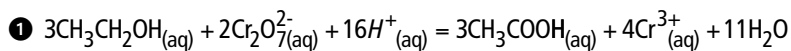


c) D'après la loi de Wien :  $\lambda_{\max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$  .

La température est donc égale à :  $T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$  soit une température proche de 7000 K.

## Chimie

### Exercice 1 L'alcootest



②  $n = \frac{m}{M} = \frac{\rho \times V}{M} = \frac{0,8 \times 100}{46} = 1,74 \text{ mol avec } M = 46 \text{ g/mol.}$

③

| Équation           | $3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(\text{aq})} + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(\text{aq})} + 16\text{H}^+_{(\text{aq})} = 3\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + 4\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 11\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ |                        |       |                  |                  |       |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|------------------|------------------|-------|
| État initial       | 1,74                                                                                                                                                                                                                                  | 3,0                    | Excès | 0                | 0                | Excès |
| État intermédiaire | $1,74 - 3x$                                                                                                                                                                                                                           | $3,0 - 2x$             | Excès | $3x$             | $4x$             | Excès |
| État final         | $1,74 - 3x_{\text{éq}}$                                                                                                                                                                                                               | $3,0 - 2x_{\text{éq}}$ | Excès | $3x_{\text{éq}}$ | $4x_{\text{éq}}$ | Excès |

④ Pour trouver le réactif limitant, il faut calculer :

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : 1,74 - 3x_{\text{max}} = 0 \quad X_{\text{max}} = 0,58 \text{ mol.}$$

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} : 3 - 2X_{\text{max}} = 0 \quad X_{\text{max}} = 1,5 \text{ mol.}$$

La valeur minimale de  $X_{\text{max}}$  nous donne le réactif limitant :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . La bonne valeur de  $X_{\text{max}}$  est donc : 0,58 mol.

⑤ D'après le tableau, on peut obtenir  $3X_{\text{max}}$  mol de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  soit 1,74 mol.

$$m = n.M = 1,74 \times 60 = 104 \text{ g}$$

### Exercice 2 Élément fer dans un vin blanc

I. ① L'absorbance d'une espèce colorée en solution est proportionnelle à sa concentration en solution (loi de Beer-Lambert) :

$$A = k.C$$

Avec  $k$  : constante de proportionnalité et  $C$  : concentration molaire ( $\text{mol.L}^{-1}$ ).

② On réduit le fer (III) afin de doser tout l'élément fer contenu dans le vin car seul le fer(II) donne une couleur rouge à la solution en présence d'o<sup>-</sup> phénantroline .

II. ① a) Matériel nécessaire pour prélever :

- Solution S : burette graduée  $D_2$
- Eau distillée : burette graduée  $D_3$
- Hydroquinone : pipette jaugée  $C_1$
- o<sup>-</sup> phénantroline : pipette jaugée  $C_2$

b) Du mélange 1 au mélange 8, le volume de solution S diminue donc la concentration en fer II diminue. Par conséquent, la couleur de la solution devient de plus en plus pâle.

$$\textcircled{2} C = \frac{12,5 \times 8}{40} = 2,5 \text{ mg.L}^{-1}$$

III.  $\textcircled{1}$  On cherche l'abscisse du point de la droite d'ordonnée  $0,45 : 2,25 \text{ mg.L}^{-1}$ .

$\textcircled{2}$  Dans le vin blanc, la concentration en fer est :

$$C = \frac{2,25 \times 40}{20} = 4,5 \text{ mg.L}$$

cette valeur est inférieure à  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  donc la casse ferrique ne peut se produire.

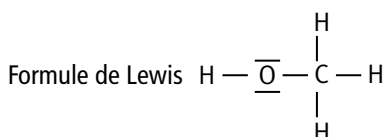
#### IV. Structure électronique des atomes :

- Hydrogène ( $Z = 1$ ) : (K)<sup>1</sup>
- Carbone ( $Z = 6$ ) : (K)<sup>2</sup> (L)<sup>4</sup>
- Oxygène ( $Z = 8$ ) : (K)<sup>2</sup> (L)<sup>6</sup>

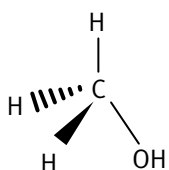
L'atome d'hydrogène a un électron sur sa couche externe ; il lui manque un électron pour respecter la règle du duet. Il forme une liaison simple et n'a pas de doublet non liant.

L'atome de carbone a 4 électrons sur sa couche externe ; il lui manque 4 électrons sur sa couche externe pour respecter la règle de l'octet et donc forme quatre liaisons. Il ne possède pas de doublet non-liant.

L'atome d'oxygène a 6 électrons sur sa couche externe ; il lui manque 2 électrons sur sa couche externe pour respecter la règle de l'octet et donc forme deux liaisons. Il lui reste 4 électrons externes non engagés dans des liaisons donc deux doublets non liants.



Représentation de Cram :



■

# C

# Corrigés de la séquence 3

## Physique

## Corrigés des activités

### Activité 1

Une année vaut environ :  $3600 \times 24 \times 365 = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$ .

Comme la vitesse de la lumière dans le vide vaut :  $3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , la distance parcourue par la lumière en une année vaut :

$$1 \text{ a.l} = 3,00 \cdot 10^8 \times 3,15 \cdot 10^7 = 9,45 \cdot 10^{15} \text{ m.}$$

L'unité astronomique vaut :  $1 \text{ UA} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ .

$$\text{D'où } 1 \text{ a.l} = \frac{9,45 \cdot 10^{15}}{1,5 \cdot 10^{11}} = 6,3 \cdot 10^4 \text{ U.A.}$$

Une année lumière vaut environ 63000 unités astronomiques.

### Activité 2

|                       | Noyau      | Atome      | Cellule   | Distance Terre-Soleil | Voie lactée |
|-----------------------|------------|------------|-----------|-----------------------|-------------|
| Ordre de grandeur (m) | $10^{-15}$ | $10^{-10}$ | $10^{-5}$ | $10^{11}$             | $10^{21}$   |

### Activité 3

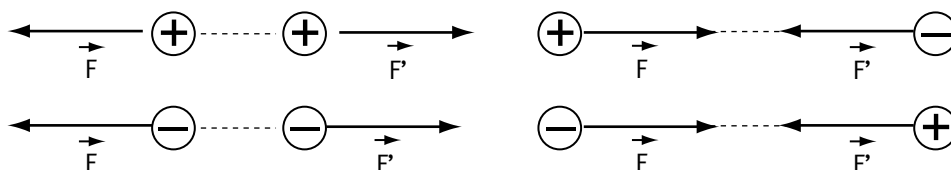
|             | Noyau           | Atome             | Cellule           | Système solaire  | Voie lactée      |
|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Interaction | nucléaire forte | électromagnétique | électromagnétique | gravitationnelle | gravitationnelle |

### Activité 4



$$F = F' = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \times 1,67 \cdot 10^{-27}}{(50 \cdot 10^{-12})^2} = 4,1 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

**Activité 5** Les deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$  sont répulsives quand les particules portent des charges de même signe et attractives quand elles portent des charges de signes opposés.



**Activité 6** noyau  $\xrightarrow{F_e}$   $\xleftarrow{F'_e}$  électron

$$F = F' = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(50 \cdot 10^{-12})^2} = 9,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

L'interaction gravitationnelle est négligeable devant l'interaction électromagnétique à l'échelle des atomes et des molécules.

$$\left( \frac{F_e}{F} = \frac{9 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 10^{-47}} = 2 \cdot 10^{39} \right)$$

**Activité 7** Ordre de grandeur de la masse d'un nucléon :  $10^{-27} \text{ kg}$

Ordre de grandeur de la masse d'un électron =  $10^{-30} \text{ kg}$

Rapport de la masse d'un nucléon sur celle d'un électron :

$$\frac{m_n}{m_e} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,8 \cdot 10^3$$

Il y a trois ordres de grandeur de différence entre les deux masses. La masse de l'électron est négligeable devant celle du nucléon donc toute la masse de l'atome est concentrée dans son noyau.

**Activité 8** Compléter le tableau suivant :

| Particule(s)                                       | noyau de l'atome de fer | cortège électronique de l'atome de fer | atome de fer | ion $\text{Fe}^{3+}$ |
|----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|--------------|----------------------|
| Charge électrique exprimée en charge élémentaire e | 26                      | - 26                                   | 0            | 3                    |
| Charge électrique en coulomb (C)                   | $4,2 \cdot 10^{-18}$    | - $4,2 \cdot 10^{-18}$                 | 0            | $4,8 \cdot 10^{-19}$ |

**Activité 9** Le noyau de l'atome est constitué de protons chargés positivement qui se repoussent du fait de l'interaction électrique et de neutrons électriquement

neutres. Comme l'interaction électromagnétique l'emporte largement sur l'interaction gravitationnelle attractive, les protons devraient s'éloigner les uns des autres. La cohésion du noyau de l'atome implique donc l'existence d'une interaction appelée interaction nucléaire forte beaucoup plus importante que l'interaction électromagnétique à courte distance.

**Activité 10** 19 protons et 20 neutrons dans le noyau. 19 électrons autour du noyau. La charge du nuage électronique est égale à :  $19 \times -1,6 \cdot 10^{-19} = -3,0 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ .

**Activité 11** Le noyau de fluor :  ${}^{19}_9\text{F}$  contient 9 protons et 10 neutrons.  
 Sa charge électrique vaut donc 9 fois celle d'un proton :  
 $9 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,44 \cdot 10^{-16} \text{ C}$ , sa masse vaut 19 fois celle d'un nucléon (proton et neutron ont pratiquement la même masse) :  $19 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 3,17 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ .  
 L'atome est électriquement neutre, sa charge totale est nulle.  
 Pour avoir la masse de l'atome, il faut ajouter à la masse du noyau la masse des neuf électrons, mais comme la masse des électrons est beaucoup plus faible que celle des nucléons, la masse de l'atome a pratiquement la même valeur que celle du noyau.

**Activité 12** Les deux isotopes sont les nucléides 1 et 2 qui possèdent le même nombre de protons (11) et un nombre différent de neutrons (respectivement 11 et 12).  
 Ces deux nucléides appartiennent à l'élément sodium de symbole Na :  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  et  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ .  
 Le troisième nucléide appartient à l'élément magnésium de symbole Mg :  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$

**Activité 13** Composition du noyau  ${}^{12}_6\text{C}$  : 6 protons et 6 neutrons ; du noyau :  ${}^{14}_7\text{N}$  : 7 protons et 7 neutrons ; du noyau  ${}^{18}_8\text{O}$  : 8 protons et 10 neutrons.  
 Le noyau  ${}^{14}_6\text{X}$  contient 6 protons, il appartient donc à l'élément carbone :  ${}^{14}_6\text{C}$  est un isotope de  ${}^{12}_6\text{C}$ .

**Activité 14** Un tel noyau aurait 100 protons et seulement 50 neutrons, il serait très loin de la vallée de stabilité et ne pourrait même pas se former !

**Activité 15** Le physicien Becquerel découvrit la radioactivité en constatant que des plaques photographiques, enveloppées de papier noir et donc à l'abri de la lumière, avait malgré tout été impressionnées.  
 En fait, elles avaient été impressionnées par le rayonnement émis par un minéral placé au voisinage et ce rayonnement passait au travers du papier.  
 Marie Curie étudia ce rayonnement et on lui doit les premières études sur ce phénomène qu'elle appela radioactivité. Elle poursuivit ce travail avec son mari Pierre, puis sa fille et son gendre Irène et Frédéric Joliot-Curie.

**Activité 16** Au bout d'une durée égale à trois fois la demi-vie, le nombre de noyaux non désintégrés a été divisé par deux par rapport au nombre restant au bout d'une durée égale à deux fois la demi-vie, il ne vaut plus que  $\frac{N_0}{8}$ .

**Activité 17** Après chaque semaine écoulée, l'activité est divisée par deux.

| Temps écoulé   | 0           | 1 semaine   | 2 semaines  | 3 semaines  | 4 semaines  | 5 semaines  |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Activité en Bq | $8,00.10^8$ | $4,00.10^8$ | $2,00.10^8$ | $1,00.10^8$ | $0,50.10^8$ | $0,25.10^8$ |

**Activité 18** Radioactivité  $\alpha$  :  ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$  ;  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ .

**Activité 19** Radioactivité  $\beta^-$  :  ${}_{55}^{139}\text{Cs} \rightarrow {}_{56}^{139}\text{Ba} + {}_{-1}^0\text{e}$  ;  ${}_{15}^{32}\text{P} \rightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + {}_{-1}^0\text{e}$ .

**Activité 20** Radioactivité  $\beta^+$  :  ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_{+1}^0\text{e}$  ;  ${}_{7}^{13}\text{N} \rightarrow {}_{6}^{13}\text{C} + {}_{+1}^0\text{e}$ .

**Exercice 1 Cohésion de la matière**

- ① Comme les astres (planètes ou étoiles) sont électriquement neutres (ou en tout cas ne portent pas de charge électrique importante), les forces électriques qu'ils pourraient exercer les uns sur les autres sont nulles (ou négligeables) et seules les forces gravitationnelles interviennent à l'échelle astronomique.
- ② Comparaison de la force gravitationnelle et de la force électrique s'exerçant entre un ion potassium  $K^+$  et un ion iodure  $I^-$  situés à une distance  $d$  l'un de l'autre :

$$\text{Valeur de la force électrique : } F_{\text{électrique}} = k \frac{|qq'|}{d^2};$$

$$\text{Valeur de la force de gravitation : } F_{\text{gravitation}} = G \frac{|mm'|}{d^2};$$

$$\text{Rapport de ces deux forces : } \frac{F_{\text{électrique}}}{F_{\text{gravitation}}} = \frac{k|qq'|}{Gmm'} = 2,5 \cdot 10^{32}.$$

La force électrique entre deux particules est donc énormément plus grande que la force gravitationnelle qui est négligeable, ce qui est conforme au texte.

- ③ La valeur de la distance  $d = 350 \text{ pm} = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  est trop grande pour que l'interaction forte se manifeste entre les deux ions et comme nous avons vu précédemment que l'interaction gravitationnelle est négligeable, la seule force à considérer est donc la force électrique.

**Exercice 2 Noyau de l'atome d'hélium**

- ① Valeur de la force électrique :  $F = k \frac{|qq'|}{d^2} = 230 \text{ N}$  (ce qui est une valeur très élevée).
- ② La stabilité des noyaux s'explique par l'interaction forte qui est une force attractive compensant la force électrostatique répulsive entre les protons du noyau.

**Remarque** Dans les noyaux comprenant un très grand nombre de charges, la répulsion électrique finit par l'emporter et ces noyaux (situés au-delà de l'uranium dans le tableau périodique) sont instables.

**Exercice 3 Isotopes de l'hydrogène**

Hydrogène 1 :  $^1_1\text{H}$  ; Hydrogène 2 (deutérium) :  $^2_1\text{H}$  ; Hydrogène 3 (tritium) :  $^3_1\text{H}$ .

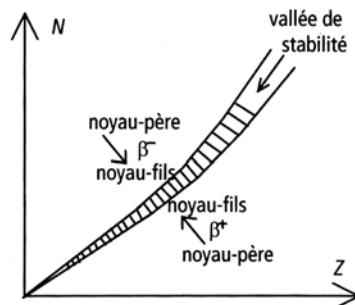
**Remarque** On écrit parfois les deux derniers isotopes sous la forme :  $^2_1\text{D}$  et  $^3_1\text{T}$ , mais cette écriture ne doit pas faire oublier que les atomes ayant ces noyaux appartiennent à l'élément hydrogène.

## Exercice 4 Couples d'isotopes

Isotopes du chlore :  $^{35}_{17}\text{Cl}$  et  $^{37}_{17}\text{Cl}$  ; isotopes de l'argon :  $^{38}_{18}\text{Ar}$  et  $^{40}_{18}\text{Ar}$  ; isotopes du fer :  $^{55}_{26}\text{Fe}$  et  $^{56}_{26}\text{Fe}$  ; Isotopes du cobalt :  $^{59}_{27}\text{Co}$  et  $^{58}_{27}\text{Co}$  ; isotopes du cuivre :  $^{63}_{29}\text{Cu}$  et  $^{65}_{29}\text{Cu}$  ; isotopes de l'uranium :  $^{238}_{92}\text{U}$  et  $^{235}_{92}\text{U}$ .

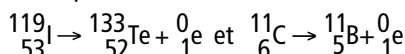
## Exercice 5 Stabilité des noyaux

- Le nucléide radioactif  $\beta^-$  ayant trop de neutrons se trouve en un point d'ordonnée supérieure au nucléide stable ayant même nombre de protons. En lui faisant gagner un proton et perdre un neutron (puisque qu'un proton se transforme en un neutron avec émission d'un électron), l'émission radioactive le rapproche de la zone des noyaux stables.

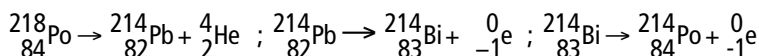
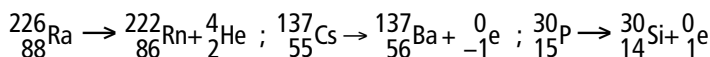


- Le nucléide radioactif  $\beta^+$  ayant un manque de neutrons se trouve en un point d'ordonnée inférieure au nucléide stable ayant même nombre de protons. En lui faisant gagner un neutron et perdre un proton, l'émission radioactive le rapproche de la zone des noyaux stables.
- L'isotope 133 de l'iode possède trop de neutrons, il est radioactif  $\beta^-$ , de même pour l'isotope 14 du carbone :  $^{133}_{53}\text{I} \rightarrow ^{133}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$  et  $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$ .

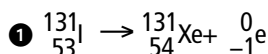
L'isotope 119 de l'iode n'a pas assez de neutrons, il est radioactif  $\beta^+$ . De même pour le nucléide 11 du carbone (il s'agit de deux nucléides artificiels) :



## Exercice 6 Équations de désintégrations radioactives



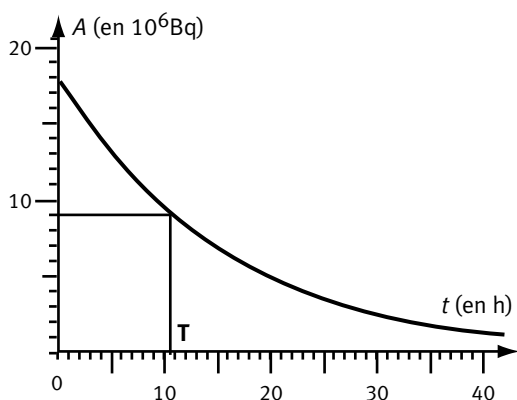
## Exercice 7 Isotope 131 de l'iode



$$\textcircled{2} \quad \lambda = \frac{A}{N} = \frac{1,0 \cdot 10^4}{1,0 \cdot 10^{10}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

- ③  $T = \frac{0,69}{\lambda} = \frac{0,69}{1,0 \cdot 10^{-6}} = 6,9 \cdot 10^5 \text{ s}$ , soit environ 8,0 jours. Au bout de 8 jours, l'activité de la source est divisée par deux et vaut 5000 Bq. Au bout de 16 jours, l'activité est encore divisée par deux et vaut 2500 Bq.

### Exercice 8 Activité d'un échantillon de plomb 212



- ① et ② L'activité d'une source (ne contenant qu'un seul nucléide radioactif) est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs qu'elle contient. La courbe représentant l'activité en fonction du temps a donc même allure que la courbe représentant le nombre de noyaux non désintégrés en fonction du temps.

- ③ À la date  $t = 0$ ,  $A = 18,0 \cdot 10^6 \text{ Bq}$  et  $N_0 = 1,0 \cdot 10^{12}$ , d'où on calcule :

$$\lambda = \frac{A}{N_0} = \frac{18,0 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 10^{12}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}.$$

- ④ Pour obtenir la demi-vie à partir de la courbe, il suffit de repérer sur cette courbe le point dont l'ordonnée vaut  $9,0 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ . (soit la moitié de l'activité initiale : quand l'activité est divisée par deux, le nombre de noyaux non désintégrés est également divisé par deux). On trouve ainsi environ  $T = 10,5 \text{ h}$  soit 10 h 30 min ou encore  $3,8 \cdot 10^4 \text{ s}$ .

Le produit  $\lambda T$  vaut :  $1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3,8 \cdot 10^4 = 0,68$ . Compte tenu de l'imprécision de la détermination graphique et du nombre de chiffres significatifs concernant  $N_0$ , cette valeur est compatible avec la valeur 0,69 mentionnée dans l'énoncé.

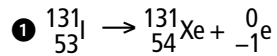
### Exercice 9 Datation et radioactivité

- ①  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}.$
- ② L'arbre vivant absorbe constamment du dioxyde de carbone contenant une très faible proportion de carbone 14 et maintient son taux de carbone 14 au niveau de celui de l'air. L'arbre mort n'en absorbe plus et son taux de carbone 14 diminue par désintégration radioactive.
- ③ La proportion de carbone 14 diminue de moitié au bout d'une demi-vie (5700 ans).
- ④ La demi-vie du potassium 40 est beaucoup plus grande (plus de deux cent mille fois plus grande) que celle du carbone 14. Si le carbone 14 est utilisable pour dater des objets de quelques centaines à quelques milliers d'années (au-

delà, l'activité devient très faible), le potassium 40 permet de dater des roches dont l'âge s'exprime en centaines de millions d'années.

**Remarque** Les demi-vies des nucléides radioactifs ont des valeurs très différentes : d'une fraction de milliardième de seconde à plusieurs millions d'années !

### Exercice 10 Radioactivité de l'iode



- ❷ La radioactivité est dangereuse pour les organismes vivants parce que les particules ou rayonnements émis par radioactivité peuvent provoquer des lésions sur les cellules des tissus vivants et sont susceptibles de provoquer des mutations génétiques, des cancers ou le décès des êtres vivants irradiés.

Comme l'iode se fixe sur la thyroïde, une absorption d'iode non radioactif permet de « saturer » en iode la thyroïde qui n'absorbera plus par la suite d'iode supplémentaire et ne fixera donc pas l'iode radioactif.

**Activité 1** L'atome d'aluminium possède 13 protons dans son noyau, il y a donc 13 électrons autour du noyau. La charge électrique du noyau vaut :  $13 e$ , la charge électrique de l'atome est nulle.

**Activité 2** Quand l'atome d'aluminium aura perdu trois électrons, il sera devenu un ion  $\text{Al}^{3+}$ .

**Activité 3** Structure électronique de l'atome de lithium :  $(\text{K})^2(\text{L})^1$ , cet atome perdra un électron pour donner l'ion  $\text{Li}^+$  de structure électronique :  $(\text{K})^2$  selon la règle du duet.

Structure électronique de l'atome de chlore :  $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$ , cet atome gagnera un électron pour donner l'ion  $\text{Cl}^-$  de structure électronique :  $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8$  selon la règle de l'octet.

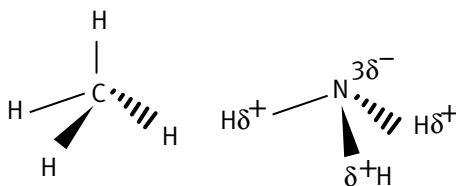
**Activité 4** L'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  est formé de quatre atomes (un atome d'oxygène et trois atomes d'hydrogène), il porte une charge  $+e$ .

L'ion nitrate  $\text{NO}_3^-$  est formé de quatre atomes (un atome d'azote et trois atomes d'oxygène), il porte une charge  $-e$ .

**Activité 5** Trois ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  s'associent avec un ion phosphate  $\text{PO}_4^{3-}$  pour former le phosphate d'ammonium.

**Activité 6** 
$$F = k \cdot \frac{|q_{\text{phosphate}} \cdot q_{\text{ammonium}}|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{3 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{(0,35 \cdot 10^{-9})^2} = 5,6 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

**Activité 7** Représentation de Cram de  $\text{CH}_4$  et  $\text{NH}_3$  :



La molécule d'ammoniac  $\text{NH}_3$  est polaire car elle présente un côté négatif : l'atome d'azote et un côté positif : le centre de gravité du triangle formé par les trois atomes d'hydrogène.

La molécule de méthane n'est pas polaire car le centre de gravité des petites charges positives portées par les atomes d'hydrogène se trouve à l'endroit où est placé l'atome de carbone. Il n'y a pas de côté positif et de côté négatif.

**Activité 8** Les molécules de détergent possèdent une extrémité (dite hydrophile) possédant une affinité pour l'eau, et une autre extrémité (dite lipophile) présentant une affinité pour les graisses. Lorsqu'elles sont placées dans l'eau, elles forment des agglomérats de quelques dizaines ou centaines de molécules, toutes les extrémités ayant une affinité pour l'eau sont à l'extérieur. Ces agglomérats sont appelés des micelles. Lorsque les micelles rencontrent des graisses, leurs extrémités lipophiles entourent la particule de graisse et leurs extrémités hydrophiles leur permettent d'être emportées par l'eau.

**Activité 9** Équation de dissolution dans l'eau du chlorure de fer(III) :  

$$\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3 \text{Cl}^-$$

Équation de dissolution dans l'eau du sulfate de potassium :  

$$\text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-}$$

**Activité 10** Quantité de matière contenue dans 25,0 g de sulfate de sodium :  

$$n = \frac{25,0}{142,1} = 0,176 \text{ mol.}$$

**Activité 11** Quantité de saccharose dissous :  $n = \frac{17,1}{342} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol};$

Concentration molaire  $C = \frac{5,00 \cdot 10^{-2}}{50,0 \cdot 10^{-3}} = 1,00 \text{ mol.L}^{-1};$

Concentration massique :  $C_m = \frac{17,1}{50,0 \cdot 10^{-3}} = 342 \text{ g.L}^{-1}.$

**Activité 12** Les concentrations molaires ioniques :  $[\text{Fe}^{3+}] = 2C = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et  
 $[\text{SO}_4^{2-}] = 3C = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  vérifient bien l'équation d'électroneutralité :  

$$3[\text{Fe}^{3+}] = 2[\text{SO}_4^{2-}].$$

**Activité 13**  $V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_i} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \times 50,0 \cdot 10^{-3}}{5,0 \cdot 10^{-2}} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ L, soit } 10 \text{ mL.}$

**Activité 14** Quantité de sulfate de cuivre nécessaire :  $n = C \cdot V = 0,100 \times 0,100 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$   
 $m = 1,00 \cdot 10^{-2} \times 159,6 = 1,60 \text{ g}$  (une précision au centigramme suffit pour la valeur du résultat).

Masse molaire du sulfate de cuivre pentahydraté

$M' = 15 = 159,6 + 18,0 \times 5 = 249,6 \text{ g.mol}^{-1}.$

$m' = 1,00 \cdot 10^{-2} \times 249,6 = 2,50 \text{ g}$  (une précision au centigramme suffit pour la valeur du résultat).

### Activité 15

Le diiode est un solide moléculaire non polaire (I-I) qui se dissout mieux dans le cyclohexane que dans l'eau parce que l'eau est un solvant polaire tandis que le cyclohexane est un solvant non polaire.

On aurait pas pu faire cette expérience avec le sulfate de cuivre car c'est un solide ionique qui est très soluble dans l'eau et insoluble dans le cyclohexane.



**Exercice 1 Forces électriques dans un cristal de chlorure de sodium**

La valeur de la force électrique entre les deux ions est donnée par la loi de Coulomb :  $F = F' = k \frac{|qq'|}{d^2}$ . La valeur absolue du produit des deux charges vaut :  $= |qq'| = (1,6 \cdot 10^{-19})^2$  et la distance entre les charges vaut  $d = 282 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ . Le calcul donne  $F = F' = 2,9 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ .

**Exercice 2 Solution de chlorure de magnésium**

① Structure électronique de l'atome de magnésium :  $(K)^2(L)^8(M)^2$ , cet atome perdra deux électrons pour donner l'ion  $\text{Mg}^{2+}$  de structure électronique :  $(K)^2(L)^8$  selon la règle de l'octet.

Structure électronique de l'atome de chlore :  $(K)^2(L)^8(M)^7$ , cet atome gagnera un électron pour donner l'ion  $\text{Cl}^-$  de structure électronique :  $(K)^2(L)^8(M)^8$  selon la règle de l'octet.

②  $\text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$

③ Les molécules d'eau sont polaires et ce sont les interactions électriques entre les molécules d'eau et les ions du solide qui provoquent la dispersion des ions.

④ Masse molaire du chlorure de magnésium

$$\text{MgCl}_2 : 24,3 + 2 \times 35,5 = 95,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La concentration molaire vérifie la relation :  $C = \frac{n}{V}$ , donc les  $100 \text{ cm}^3$  de solution (soit  $V = 100 \cdot 10^{-3} \text{ L}$ ) contiennent :

$n = C \cdot V = 0,10 \times 100 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  de chlorure de magnésium, ce qui représente une masse  $m = 0,95 \text{ g}$ .

Dans cette solution,  $[\text{Mg}^{2+}] = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  et  $[\text{Cl}^-] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**Exercice 3 Vrai ou faux**

① Vrai : toutes les molécules sont électriquement neutres (leur charge électrique totale est nulle).

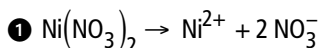
② Vrai : les interactions électriques entre les ions du solide et les molécules d'eau provoquent la dislocation du solide puis la dispersion des ions.

③ Vrai : la concentration molaire, quotient d'une quantité de matière par un volume, s'exprime en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

④ Faux : le mélange contiendra deux fois plus de saccharose que chaque litre avant mélange, mais comme le volume aura aussi doublé, la concentration molaire du mélange sera toujours égale à  $C_0$ .

⑤ Vrai : la concentration massique est proportionnelle à la concentration molaire.

#### Exercice 4 Solution de nitrate de nickel



② Masse molaire du nitrate de Nickel :

$$M = 58,7 + 2 \times (14,0 + 3 \times 16,0) = 182,7 \text{ g.mol}^{-1}.$$

Quantité de matière dans 0,500 L de solution de nitrate de nickel de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  :  $n = C.V = 0,050 \text{ mol}$ .

Masse  $m$  de nitrate de nickel utilisée :  $m = n.M = 0,050 \times 182,7 = 9,1 \text{ g}$ .

③  $C_m = C.M = 0,10 \times 182,7 = 18 \text{ g.L}^{-1}$ .

④  $C_f = C_i \frac{V_i}{V_f} = 0,10 \cdot \frac{0,5}{0,5 + 0,5} = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ .

#### Exercice 5 Électroneutralité

Première solution : Équation d'électroneutralité :  $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-]$ .

D'où  $[\text{Na}^+] = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Deuxième solution : Équation d'électroneutralité :  $[\text{Na}^+] + [\text{K}^+] = [\text{Cl}^-]$ .

D'où  $[\text{Na}^+] = 0,08 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Troisième solution : Équation d'électroneutralité :  $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}]$ .

D'où  $[\text{Na}^+] = 0,21 \text{ mol.L}^{-1}$ .

## C

## Corrigés de la séquence 4

## Physique

## Corrigés des activités

## Activité 1

D'après la relation d'Einstein :  $E = mc^2$ , l'énergie obtenue en transformant totalement 1 kg de matière en énergie vaut :  $E = 1,00 \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 9,00 \cdot 10^{16} \text{ J}$ .

Une centrale électrique de  $10^9 \text{ W}$  fournit une énergie de  $10^9 \text{ J}$  à chaque seconde ; la durée nécessaire pour qu'elle fournisse une énergie de  $9,00 \cdot 10^{16}$  vaut :

$$\frac{9,00 \cdot 10^{16}}{10^9} = 9,00 \cdot 10^7 \text{ s (environ 3 ans !)}$$

## Activité 2

Le noyau d'hydrogène 3 (ou tritium)  ${}^3_1\text{H}$  contient 1 proton et 2 neutrons. Calculons son défaut de masse :

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_o = m_p + 2 m_n - m_o = 8,20 \cdot 10^{-3} u.$$

Comme  $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m = 8,20 \cdot 10^{-3} \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,36 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$ .

Énergie de liaison du noyau :  $E_l = mc^2 = 1,36 \cdot 10^{-29} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 1,22 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ .

$$\text{Soit } E_l = \frac{1,22 \cdot 10^{-12}}{1,60 \cdot 10^{-13}} = 7,63 \text{ MeV.}$$

## Activité 3

Défaut de masse du noyau de lithium 7 :  $m = 0,0404 u = 6,71 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$ .

Énergie de liaison (en J) :  $E_l = \Delta m c^2 = 6,71 \cdot 10^{-29} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 6,04 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ ,

$$\text{Soit } E_l = \frac{6,04 \cdot 10^{-12}}{1,60 \cdot 10^{-13}} = 37,75 \text{ MeV.}$$

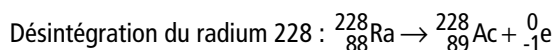
Énergie de liaison par nucléon :  $\frac{E_l}{A} = \frac{37,75}{7} = 5,39 \text{ MeV par nucléon}$ .

## Activité 4

Désintégration du thorium 232 :  ${}^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{228}_{88}\text{Ra} + {}^4_2\text{He}$

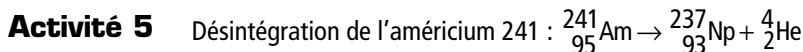
Avant la désintégration, il y a 90 protons, et, après la réaction, il y en a aussi 90 : 88 dans le noyau de xénon et 2 dans la particule  $\alpha$  : la charge électrique est bien conservée.

Avant la désintégration, il y a 232 nucléons, et, après la réaction, il y en a aussi 232 : 228 dans le noyau de xénon et 4 dans la particule  $\alpha$  : le nombre de nucléons est bien conservé.



Avant la désintégration, il y a 88 protons, et après la réaction, il y a 89 protons dans le noyau d'actinium et un électron correspondant à l'émission  $\beta^-$ . Comme l'électron porte une charge opposée à celle du proton, l'ensemble correspond bien à la charge portée par 88 protons. La charge électrique est bien conservée.

Avant la désintégration, il y a 228 nucléons, et de même après la réaction (dans le noyau d'actinium).



Energie libérée par cette réaction :  $224\,495,8 - (220\,762,8 + 3\,727,4) = 5,6 \text{ MeV}$ .

**Activité 6** Une hypothétique réaction au cours de laquelle un noyau de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  se briserait en deux noyaux identiques ne libérerait pas d'énergie : au contraire, il faudrait apporter énormément d'énergie au noyau de fer pour le briser.

En effet le noyau de fer est situé «au fond de la cuvette» de la courbe d'Aston, alors que les noyaux plus légers obtenus seraient situés à une «altitude» plus élevée : leur énergie de liaison par nucléon serait plus faible (ne pas oublier que, dans la courbe d'Aston, la grandeur portée en ordonnée est affectée d'un signe

« moins » :  $-\frac{E_l}{A}$ ).

Comme l'énergie de liaison par nucléon représente une énergie perdue par chaque nucléon lors de la formation du noyau, les nucléons des noyaux obtenus auraient perdu moins d'énergie en faisant partie de noyaux légers que lorsqu'ils participaient au noyau de fer. Autrement dit, il faudrait leur apporter un surcroît d'énergie pour qu'ils puissent participer à la formation de ces noyaux plus légers.

En pratique, il suffit de retenir que toute réaction permettant d'obtenir des noyaux situés plus près du fond de la cuvette qu'avant la réaction fournit de l'énergie et que toute réaction permettant d'obtenir des noyaux plus éloignés du fond de la cuvette qu'avant la réaction consomme de l'énergie.

**Activité 7** La fission d'un noyau d'uranium 235 (ce qui correspond à l'utilisation de  $3,9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$  d'uranium 235) libère une énergie d'environ 200 MeV soit  $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ .

Avec une masse égale à un gramme ( $10^{-3} \text{ kg}$ ), on obtient une énergie d'environ :  $\frac{3,2 \cdot 10^{-11}}{3,9 \cdot 10^{-25}} \times 10^{-3} = 8,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$  ce qui correspond bien, approximativement, à la valeur donnée dans le cours (approximative elle aussi).

**Exercice 1 Einstein et Lavoisier**

- ① Il s'agit d'une réaction chimique : les atomes des produits de la réaction et les atomes des réactifs sont associés de façon différente, mais il s'agit toujours des mêmes atomes alors qu'une réaction nucléaire entraîne une modification des noyaux qui, à l'issue de la réaction, n'appartiennent plus aux mêmes éléments chimiques que les noyaux initiaux.
- ② À une énergie libérée  $E$  correspond une perte de masse  $m$  telle que :

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{500.10^3}{(3,00.10^8)^2} = 5,6.10^{-12} \text{ kg.}$$

Cette valeur est si faible par rapport à la masse des réactifs ( $36.10^{-3} \text{ kg}$ ) qu'elle est indécélable. On peut donc légitimement utiliser en chimie la loi de Lavoisier et considérer que la masse des produits obtenus à l'issue d'une réaction chimique est égale à la masse des réactifs initiaux.

**Exercice 2 Énergie et radioactivité**

Lors de la désintégration radioactive complète d'un nanogramme de radium 226 (soit  $10^{-9} \text{ g}$ , donc  $10^{-12} \text{ kg}$ ), la perte de masse vaut :

$$\Delta m = 10^{-12} \times \frac{0,0023}{100} = 2,3.10^{-17} \text{ kg.}$$

$$\text{Énergie libérée : } E = \Delta m \cdot c^2 = 2,3.10^{-17} \times (3,00.10^8)^2 = 2,1 \text{ J.}$$

**Exercice 3 Énergie de liaison d'un noyau d'or 197**

Le noyau d'or 197 :  $^{197}_{79}\text{Au}$  contient 79 protons et 118 neutrons.

$$\text{Perte de masse : } m = 79 \times m_p + 118 \times m_n - m_o = 2,78.10^{-27} \text{ kg.}$$

$$\text{Énergie de liaison } E_l = \Delta m \cdot c^2 = 2,78.10^{-27} \times (3,00.10^8)^2 = 2,50.10^{-10} \text{ J,}$$

$$\text{soit } \frac{2,50.10^{-10}}{1,6.10^{-13}} = 1,56.10^3 \text{ MeV}$$

$$\text{Énergie de liaison par nucléon : } \frac{E_l}{A} = \frac{1,56.10^3}{197} = 7,92 \text{ MeV / nucléon.}$$

**Exercice 4 Désintégration du radium 226**

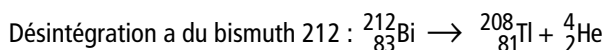
La réponse est obligatoirement : oui ! La loi de conservation de l'énergie est une loi fondamentale qui ne peut être transgressée.

Lorsque l'énergie cinétique totale après réaction vaut 4,9 MeV, on retrouve sous forme d'énergie cinétique toute l'énergie de masse transformée au cours de la réaction.

Lorsque l'énergie cinétique totale après réaction 4,7 MeV, la différence d'énergie, soit 0,2 MeV, est emportée par un rayonnement  $\gamma$ .

De même, lorsque l'énergie cinétique totale après réaction 4,4 MeV, le rayonnement  $\gamma$  a une énergie de 0,5 MeV.

## Exercice 5 Radioactivité du bismuth 212



La perte de masse au cours de cette réaction vaut :

$$m = 3,519422 \cdot 10^{-25} - 3,452865 \cdot 10^{-25} - 6,6456 \cdot 10^{-27} = 1,01 \cdot 10^{-29} \text{ kg.}$$

Cela signifie que la différence, entre l'énergie de masse du noyau initial et l'énergie de masse totale des produits de la réaction, vaut :  $E = \Delta m \cdot c^2 = 9,09 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ .

L'énergie libérée par cette réaction de désintégration vaut donc  $9,09 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ , soit 5,7 MeV.

## Exercice 6 Réacteur nucléaire utilisé pour la propulsion

- ❶  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2 {}^1_0\text{n}$ . La perte de masse au cours de cette réaction vaut :

$$\Delta m = (235,0439 + 1,0087) - (93,9154 + 139,9252 + 2 \times 1,0087) = 0,195 \text{ u}$$

$$\text{soit } 3,24 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\text{Énergie libérée par chaque fission : } E = \Delta m \cdot c^2 = 2,92 \cdot 10^{-11} \text{ J, soit 182 MeV.}$$

- ❷ Comme les réactions nucléaires doivent fournir une puissance de 30 MW, c'est-à-dire une énergie de  $30 \cdot 10^6 \text{ J}$  à chaque seconde, l'énergie fournie par ces réactions en un jour vaut :  $30 \cdot 10^6 \times 24 \times 3600 = 2,59 \cdot 10^{12} \text{ J}$ .

Le nombre de fissions nécessaires pour obtenir cette énergie vaut :

$$\frac{2,59 \cdot 10^{12}}{2,92 \cdot 10^{-11}} = 8,87 \cdot 10^{22}$$

Comme la masse d'un atome d'uranium est pratiquement égale à la masse de son noyau :

$$m = 235 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ kg, la masse d'uranium 235 utilisé par jour vaut donc :}$$

$$8,87 \cdot 10^{22} \times 3,9 \cdot 10^{-25} = 0,035 \text{ kg (environ 35 g).}$$

## Exercice 7 Réaction de fusion deutérium-tritium

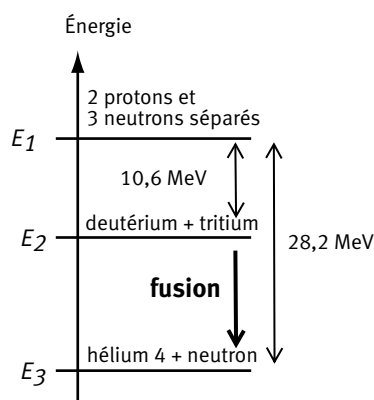
Avant comme après la réaction, le système est constitué de 2 protons et de 3 neutrons.

Dans le schéma ci-après, le trait supérieur représente le niveau d'énergie  $E$ , correspondant à ces 5 nucléons très éloignés les uns des autres.

Le niveau d'énergie  $E_2$  correspond au système formé par le noyau de deutérium et le noyau de tritium.

Comme l'énergie de liaison du deutérium vaut :  $2 \times 1,10 = 2,20$  MeV et que celle du tritium vaut  $3 \times 2,80 = 8,40$  MeV, la valeur de  $E_2$  est inférieure de  $2,20 + 8,40 = 10,60$  MeV par rapport à  $E_1$ .

Le niveau d'énergie  $E_3$  correspond au système formé par le noyau d'hélium et le neutron.



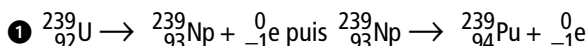
Comme l'énergie de liaison de l'hélium 4 vaut :  $4 \times 7,05 = 28,20$  MeV la valeur de  $E_3$  est inférieure de 28,20 MeV par rapport à  $E_1$ .

Lors de la réaction de fusion, le système passe de l'énergie  $E_2$  à l'énergie  $E_3$  ; il perd donc  $28,2 - 10,6 = 17,6$  MeV

qui représente la valeur de l'énergie libérée par cette réaction (sous forme d'énergie cinétique et de rayonnement g).

Remarque : Cette énergie est environ onze fois plus faible que celle obtenue lors d'une fission d'un noyau d'uranium 235, mais la masse des réactifs est à peu près 48 fois plus faible : pour une masse identique des réactifs, la fusion libère une énergie approximativement quatre fois supérieure à une fission.

## Exercice 8 Réacteur nucléaire



② Les déchets d'une fission nucléaire sont les noyaux obtenus à l'issue de cette fission. Comme ils sont fortement radioactifs, il faut absolument éviter toute dissémination. Comme certains ont une demi-vie de plusieurs milliers d'années, il faut trouver des sites géologiques très stables pour le stockage afin d'éviter que les caissons de stockage ne soient éventrés par une catastrophe naturelle.

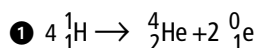
③ La puissance thermique (mégawatt thermique : MWth) représente l'énergie totale dégagée par unité de temps par la fission de l'uranium.

La puissance électrique MWe (mégawatt électrique : MWe) représente l'énergie électrique par unité de temps que fournit le réacteur.

Le rendement ne peut être de 100% (il est compris entre 30% et 40%) puisqu'une partie de l'énergie fournie par la fission est perdue dans le condenseur. La puissance électrique est donc toujours plus faible que la puissance thermique.

④ L'enrichissement de l'uranium consiste à augmenter le taux d'uranium 235 qui ne vaut que 0,7% dans le minerai naturel.

## Exercice 9 L'énergie des étoiles



### Remarque

Au cours de cette réaction, il y a aussi émission de neutrinos et de rayonnement  $\gamma$ .

② Pour que les réactions de fusion entre noyaux d'hydrogène puissent se produire, il faut que le milieu soit extrêmement chaud afin que les noyaux soient animés de grande vitesse leur permettant de se rapprocher très près les uns des autres malgré la répulsion électrostatique. La température nécessaire pour que les deux noyaux se rapprochent suffisamment l'un de l'autre afin que la réaction de fusion puisse s'amorcer est de plusieurs dizaines de millions de degrés, température que l'on trouve dans les étoiles.

③ La puissance totale rayonnée par le Soleil vaut  $4.10^{26}$  W, cela signifie que l'énergie libérée en une seconde vaut :  $E = 4.10^{26}$  J.

$$\text{Perte de masse du Soleil en une seconde : } \frac{E}{c^2} = \frac{4.10^{26}}{(3.10^8)^2} = 4.4.10^9 \text{ kg.}$$

Cette valeur supérieure à 4 millions de tonnes peut sembler colossale, mais elle reste très faible par rapport à la masse du Soleil ( $2.10^{30}$  kg).

④ Il n'existe pas actuellement des réacteurs nucléaires produisant de l'électricité à partir de réactions de fusion, mais les recherches se poursuivent pour la mise au point de tels réacteurs (projet ITER).

**Activité 1** Dans le cas présent, la chaîne carbonée contient 6 atomes de carbone ; il s'agit de l'hexane. Il y a, de plus, 2 radicaux méthyles qu'on appellera diméthyl. Il convient de numéroté la chaîne carbonée de la droite vers la gauche de manière à ce que les substituants aient les indices de position les plus petits donc la molécule s'appelle : 2,4-diméthylhexane.

**Activité 2** Il s'agit du propane de formule :  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

**Activité 3** a) Il s'agit du 2-méthylbutan-1-ol

b) La formule du 3-méthylpentan-2-ol. est :  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}-\underset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_3$

**Activité 4**

| Nom     | Propan-1-ol                                    | 2-méthylpropan-2-ol                                                                                   | 3-méthylpentan-2-ol                                                                                                                 |
|---------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formule | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ | $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}-\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_3$ |
| Classe  | primaire                                       | tertiaire                                                                                             | secondaire                                                                                                                          |

**Activité 5** La température de changement d'état d'un alcane linéaire **augmente** lorsque le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée augmente, c'est-à-dire lorsque la masse molaire de la molécule augmente.

**Activité 6** La température de changement d'état d'alcane isomères **diminue** lorsque le nombre de ramifications augmente.

**Activité 7** La température d'ébullition des alcools **augmente** lorsque le nombre d'atomes de carbone (donc la masse molaire) augmente.

**Activité 8** Masse molaire d'un alcane à n+1 atomes de carbone de formule

$$\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+4} : M = 12(n+1) + 2n+4 = 14n+16$$

Masse molaire d'un alcool à n atomes de carbone de formule

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1} : \text{OH} = 12n + 2n+1 + 16 + 1 = 14n+18$$

Les masses molaires d'un alcane à (n+1) atomes de carbone et d'un alcool à n atomes de carbone sont voisines.

D'après la lecture graphique, la température d'ébullition d'un alcool à  $n$  atomes de carbone est bien supérieure à celle d'un alcane à  $(n+1)$  atomes de carbone.

**Activité 9** La densité d'un alcane **augmente** lorsque sa chaîne carbonée augmente car celui-ci passe de l'état gazeux à liquide puis solide.

**Activité 10** Les alcools sont plus miscibles avec l'eau que les alcanes.

**Activité 11** La miscibilité d'un alcool avec l'eau **diminue** lorsque sa chaîne carbonée augmente.

**Activité 12**

- 1 : support élévateur
- 2 : chauffe-ballon
- 3 : ballon
- 4 : colonne à distiller (ou de Vigreux)
- 5 : thermomètre
- 6 : réfrigérant à eau

**Activité 13** Liquide récupéré à la sortie du réfrigérant :

- hexane car la température d'ébullition augmente avec le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée
- 2-méthylhexane car la température d'ébullition diminue lorsque la chaîne est ramifiée (pour un même nombre d'atomes de carbone)
- hexane car les températures d'ébullition des alcanes sont inférieures à celle des alcools ayant la même chaîne carbonée.
- méthanol d'après le graphe de l'activité 7 mais en pratique la différence de température d'ébullition est ici trop faible pour envisager une distillation.

## Corrigé des exercices

**Exercice 1 QCM 1**

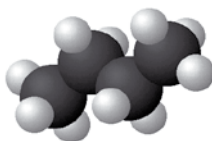
La molécule de formule :  $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$

- a) est un alcane
- e) s'appelle le pentane

**Exercice 2 QCM 2**

La molécule de modèle :

- a) est un alcane
- d) s'appelle le butane

**Exercice 3 QCM 3**

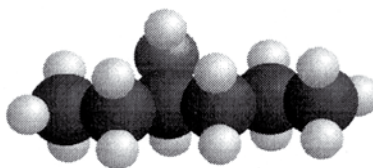
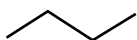
La molécule de formule :  $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{OH}$

- b) est un alcool primaire
- d) s'appelle le pentan-1-ol

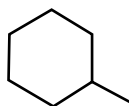
**Exercice 4 QCM 4**

La molécule de modèle :

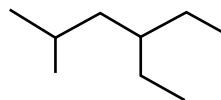
- c) est un alcool secondaire
- e) s'appelle l'hexan-3-ol

**Exercice 5 Alcanes**

butane  
 $\text{C}_4\text{H}_{10}$



Méthylcyclohexane  
 $\text{C}_7\text{H}_{14}$



3-éthyl-5-méthylhexane  
 $\text{C}_9\text{H}_{20}$

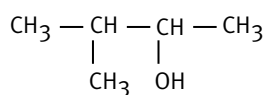
**Exercice 6 Alcools**

La formule semi-développée et la classe des alcools suivants :

a) 2-méthylpropan-1-ol  $\text{CH}_3\text{--CH--CH}_2\text{--OH}$



b) 3-méthylbutan-2-ol



### Exercice 7 Alcools 2

Le nom et la classe des alcools :

- a) Méthylpropan-2-ol
- b) 3,3-diméthylpentan-2-ol
- c) Méthanol

### Exercice 8 Températures d'ébullition

La température d'ébullition des alcools **augmente** lorsque le nombre d'atomes de carbone (donc la masse molaire) augmente, donc l'ordre est :

Méthanol < méthylpropan-2-ol < 3,3-diméthylpentan-2-ol

### Exercice 9 Miscibilités

La miscibilité d'un alcool avec l'eau **diminue** lorsque sa chaîne carbonée augmente, donc l'ordre est :

3,3-diméthylpentan-2-ol < méthylpropan-2-ol < méthanol

### Exercice 10 Distillation

Une distillation permet de :

- b) séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles de températures d'ébullition différentes.

### Exercice 11 Montage de distillation

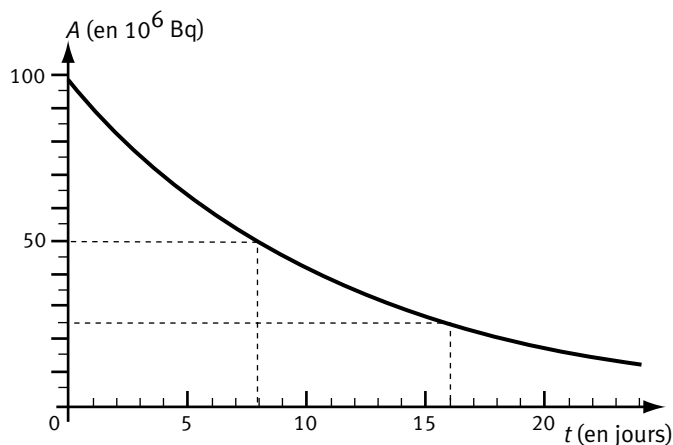
- 1) Le montage de distillation est le montage c).
- 2) Il faut un flux ascendant d'eau dans le réfrigérant.
- 3) La distillation est très utilisée en pétrochimie.

# Corrigé devoir autocorrectif 2

## Physique

### Exercice 1 Radioactivité de l'iode 131

- 1 L'iode 131 :  $^{131}_{53}\text{I}$  étant radioactif  $\beta^-$ , on obtient, à l'issue de sa désintégration un noyau dont le nombre de charge vaut  $Z = 54$ , c'est-à-dire un noyau de xénon :  $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$ .
- 2 Lorsque l'activité initiale est divisée par deux, elle vaut  $50 \cdot 10^6 \text{ Bq}$  et on lit sur la courbe que la durée correspondant à cette valeur de l'activité vaut 8 jours. Cette durée correspond à une demi-vie de l'iode 131.  
Demi-vie de l'iode 131 :  $T = 8$  jours.
- 3 Sur le graphique, on trouve que l'activité initiale est divisée par quatre (et vaut donc  $25 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ ) au bout de 16 jours.



Cette valeur est en accord avec notre réponse à la question précédente puisqu'elle vaut le double de la demi-vie de l'iode 131.

- 4 La durée correspondant à quinze demi-vies de l'iode 131 vaut  $15 \times 8 = 120$  jours, soit quatre mois.  
Après une durée égale à une demi-vie, l'activité est divisée par deux.  
Après une durée égale à deux demi-vies, l'activité est divisée par quatre (soit  $2^2$ ).

Après une durée égale à  $n$  demi-vies, l'activité est divisée par  $2^n$ .

Après une durée égale à 15 demi-vies, l'activité est donc divisée par

$$2^{15} = 3,28.10^4, \text{ elle vaut donc : } A = \frac{100.10^6}{3,28.10^4} = 3,0.10^3 \text{ Bq}$$

⑤ Valeur de la constante radioactive :  $\lambda = \frac{A_0}{N_0} = \frac{100.10^6}{1,00.10^{14}} = 1,00.10^{-6} \text{ s}^{-1}$

En utilisant la relation donnée dans l'énoncé :  $\lambda T = 0,69$ ,

on calcule  $T = \frac{0,69}{\lambda} = \frac{0,69}{10^{-6}} = 6,9.10^5 \text{ s}$ , ce qui correspond à

$$T = \frac{6,9.10^5}{24 \times 3600} = \frac{0,69}{10^{-6}} = 8,0 \text{ jours}, \text{ en accord avec la valeur déduite du graphique.}$$

## Exercice 2 Fusion de l'uranium

- ① Le noyau de lanthane  $^{139}_{57}\text{La}$  contient 57 protons et 82 neutrons.

Défaut de masse de ce noyau :

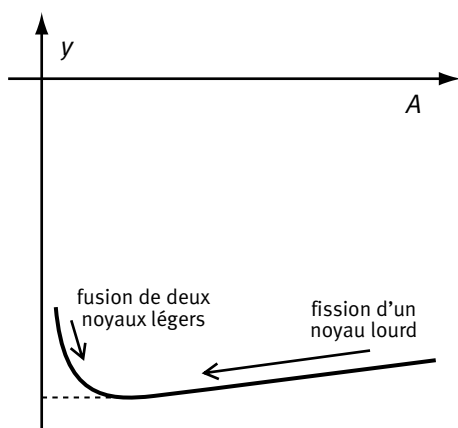
$$\Delta m = 57 \times m_p + 82 \times m_n - m_{\text{La}} = 2,060.10^{-27} \text{ kg.}$$

$$\text{Énergie de liaison : } E_l = mc^2 = 2,060.10^{-27} \times (3,00.10^8)^2 = 1,854.10^{-10} \text{ J}$$

$$\text{soit } \frac{1,87.10^{-10}}{1,6.10^{-13}} = 1159 \text{ MeV.}$$

$$\text{Énergie de liaison par nucléon : } \langle E_l \rangle = \frac{E_l}{A} = \frac{1159}{139} = 8,34 \text{ MeV/nucléon}$$

- ② a) Pour qu'une réaction nucléaire fournisse de l'énergie, il faut que le système perde de la masse au cours de la réaction, cette masse perdue étant transformée en énergie libérée.



L'énergie de liaison par nucléon doit donc être plus élevée dans les noyaux produits par la réaction que dans les noyaux initiaux. La valeur de la grandeur que nous avons notée  $y$  doit donc diminuer au cours d'une réaction produisant de l'énergie.

Le schéma de la figure 1 montre bien que les deux types de réaction nucléaire produisant de l'énergie sont donc celles qui correspondent à la fusion de deux noyaux légers ou à la fission d'un noyau lourd.

- b) Partant de l'équation  $y = 7,226 \cdot 10^{-13} \cdot A - 9,281$  (approximativement valable pour  $A > 80$ ), et en remplaçant  $A$  par la valeur numérique  $A = 139$  correspondant au lanthane, on obtient la valeur numérique de  $y$  pour le lanthane :  $y = 7,226 \cdot 10^{-3} \times 139 - 9,281 = -8,28$ .

Cette relation donne donc une énergie de liaison par nucléon égale à 8,28 MeV/nucléon, valeur compatible avec la valeur trouvée à la question 1 si l'on se contente d'une précision de 0,1 MeV/nucléon.

- ③ D'après la relation :  $y = 7,226 \cdot 10^{-3}$ . L'énergie de liaison par nucléon d'un noyau de nombre de masse supérieur à 80 vaut en MeV/nucléon :  $9,281 - A \times 7,226 \cdot 10^{-3}$  et son énergie de liaison vaut donc en MeV :  $E_l = A \cdot (9,281 - A \times 7,226 \cdot 10^{-3})$ .

Énergie de liaison du noyau d'uranium 235 :

$$235 \cdot (9,281 - 235 \times 7,226 \cdot 10^{-3}) = 1782 \text{ MeV.}$$

Énergie de liaison du noyau contenant 95 nucléons :

$$95 \cdot (9,281 - 95 \times 7,226 \cdot 10^{-3}) = 816 \text{ MeV.}$$

Énergie de liaison du noyau contenant 139 nucléons :

$$139 \cdot (9,281 - 139 \times 7,226 \cdot 10^{-3}) = 1150 \text{ MeV.}$$

Énergie libérée par cette réaction de fission :  $(816 + 1150) - 1782 = 184 \text{ MeV}$ .

Cette valeur est, bien entendu, approximative puisque l'énergie de liaison n'est pas calculée avec une très grande précision.

- ④ Le nombre d'atomes d'uranium contenus dans 1,0 kg d'uranium 235 vaut donc :  $\frac{1,0}{3,9 \cdot 10^{-25}}$

La fission d'un noyau d'uranium 235 libère, en moyenne, une énergie de 200 MeV, soit  $2,00 \cdot 10^8 \text{ eV}$  ou  $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ .

L'énergie libérée par la fission d'un kilogramme d'uranium 235 vaut donc :

$$3,2 \cdot 10^{-11} \times \frac{1,0}{3,9 \cdot 10^{-25}} = 8,2 \cdot 10^{13} \text{ J.}$$

**Exercice 1** Texte à compléter

L'atome d'oxygène est plus **électronégatif** que l'atome d'hydrogène, si bien que les électrons de la liaison de covalence qui s'établit entre ces deux atomes sont plus attirés par l'atome d'oxygène que par l'atome d'hydrogène : la liaison de covalence est **polarisée**. L'atome d'oxygène porte ainsi une petite charge électrique **négative**, alors que les atomes d'hydrogène portent une petite charge électrique **positive**. Comme la molécule d'eau de formule  $\text{H}_2\text{O}$  a une forme « coudée » (les trois atomes ne sont pas alignés), elle présente un côté positif et un côté négatif, c'est une molécule **polaire**.

Si l'on met, dans un litre d'eau, un composé ionique comme le sulfate de sodium, il va se dissoudre du fait des interactions **électrostatiques** (ou électriques) entre les ions et les molécules d'eau.

La solution obtenue contiendra des ions sodium  $\text{Na}^+$  et des ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$ , mais les concentrations de ces deux ions dans la solution ne seront pas égales. En effet, supposons que la concentration en ions sodium ait pour valeur  $[\text{Na}^+] = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ , alors la concentration en ions sulfate vaudra :  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Comme l'équation de dissolution s'écrit :  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$  et que la masse molaire du sulfate de sodium vaut :  $M = 142 \text{ g.mol}^{-1}$ , il nous a fallu dissoudre dans un litre d'eau une masse  $m = 14,2 \text{ g}$  de sulfate de sodium solide pour obtenir ces concentrations.

**Explication** Il a fallu dissoudre 0,10 mol de sulfate de sodium dans un litre d'eau.

**Exercice 2** Alcanes et Alcools

❶ Il s'agit du butane.

❷

| Nom                | Formule semi-développée                                                                                                        | Température d'ébullition (°C) |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Propane            | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$                                                                                      | -42                           |
| méthylbutane       | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$                         | +28                           |
| 2,3-diméthylbutane | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$ | +58                           |
| hexane             | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$                                            | +69                           |

La température de changement d'état d'un alcane linéaire **augmente** lorsque le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée augmente, c'est-à-dire lorsque la masse molaire de la molécule augmente.

La température de changement d'état d'alcane isomères **diminue** lorsque le nombre de ramifications augmente.

③

| Nom     | butan-1-ol                                                       | 2,3-diméthylbutan-2-ol                                                                                                                                    | 3-méthylpentan-2-ol                                                                                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formule | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\    \quad   \\  \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $ | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $ |
| Classe  | primaire                                                         | tertiaire                                                                                                                                                 | secondaire                                                                                                                                     |

④ La température d'ébullition des alcools augmente lorsque le nombre d'atomes de carbone (donc la masse molaire) augmente, donc le classement est le suivant : éthanol, butan-1-ol, 2,3-diméthylbutan-2-ol.

⑤ La miscibilité d'un alcool avec l'eau diminue lorsque sa chaîne carbonée augmente, donc l'ordre est : 2,3-diméthylbutan-2-ol, butan-1-ol, éthanol.

⑥ Il s'agit de l'hexan-3-ol de formule :  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ . ■