

1 Fonctionnement et recyclage des éthylotests

1A Fonctionnement des éthylotests

Les éthylotests sont composés d'un ballon de 1,0 L en plastique, que l'on gonfle en soufflant à travers une paille. Lors du passage dans la paille l'haleine du conducteur est mise en contact avec des ions dichromate (de couleur orange). En présence d'éthanol C_2H_6O et d'acide sulfurique H_2SO_4 , le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ réagit et forme de l'acide éthanóique CH_3COOH , de l'eau, du sulfate de potassium K_2SO_4 et des ions chrome Cr^{3+} de couleur verte associés aux ions sulfates pour former un sel neutre.

La réglementation stipule que la limite d'alcoolémie au volant est de 0,5 g d'alcool par litre de sang ou bien 0,22 mg d'alcool par litre d'air expiré.

- 1A. 1. Sachant que le potassium forme l'ion K^+ et que tous les composants de la réaction sont neutres, donner la charge des ions sulfates et dichromate et la formule chimique du sel de chrome obtenu après réaction.

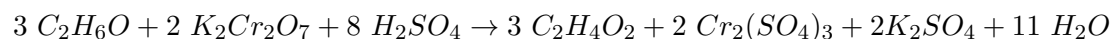
Réponse :

On obtient par conservation de la charge les ions SO_4^{2-} et $Cr_2O_7^{2-}$. Le sel formé est $Cr_2(SO_4)_3$.

- 1A. 2. Ecrire l'équation de réaction.

Réponse :

L'équation de réaction est :



- 1A. 3. On suppose qu'un conducteur juste à la limite légale vient de souffler dans le ballon. Quelle quantité d'éthanol a t'il expiré ?

Réponse :

Le conducteur a expiré une masse $m = 0,22$ mg d'éthanol. La masse molaire de l'éthanol est $M(C_2H_6O) = 2M(C) + 6M(H) + M(O) = 46,0$ g/mol. La quantité d'éthanol expiré est donc $n = \frac{m}{M(C_2H_6O)} = 4,8 \times 10^{-6}$ mol.

- 1A. 4. Lorsque ce conducteur souffle dans le ballon, une partie du dichromate de potassium passe du orange au vert en se transformant en sulfate de chrome. Un conducteur avec un taux d'alcoolémie supérieur aurait fait réagir plus de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. Quel doit donc être le réactif limitant dans un éthylotest ?

Réponse :

Le réactif limitant doit donc être l'éthanol puisqu'à la fin de la réaction il reste des ions dichromate et de l'acide sulfurique disponibles.

- 1A. 5. Quelle doit être la masse minimale de dichromate de potassium et d'acide sulfurique dans un éthylotest ? On remplira un tableau d'avancement pour cette réaction supposée totale.

Réponse :

Pour les réactifs, le tableau d'avancement est le suivant (je n'ai pas inclus la partie pour les produits par manque de place)

Réaction	$3 C_2H_6O$	$2 K_2Cr_2O_7$	$8 H_2SO_4$
Etat initial	$4,8 \times 10^{-6}$	n_1	n_2
Etat intermédiaire	$4,8 \times 10^{-6} - 3 x$	$n_1 - 2 x$	$n_2 - 8 x$
Etat final	$4,8 \times 10^{-6} - 3 x_f = 0$	$n_1 - 2 x_f$	$n_2 - 8 x_f$

On trouve donc un avancement final $x_f = 1,6 \times 10^{-6}$ mol.

On a donc $n_1 \geq 2x_f = 3,2 \times 10^{-6}$ mol et $n_2 \geq 8x_f = 1,3 \times 10^{-5}$ mol.

Avec les masses molaires $M_1 = M(K_2Cr_2O_7) = 294$ g/mol et $M_2 = M(H_2SO_4) = 98$ g/mol, on trouve comme masses minimales :

- pour le dichromate de potassium $m_1 = n_1 M_1 = 0,94$ mg
- pour l'acide sulfurique $m_2 = n_2 M_2 = 1,3$ mg

1B Traitement du chrome

Le chrome est un métal qui peut être toxique pour l'environnement, en particulier sous sa forme tétravalente Cr^{4+} . Pour éviter la transformation des ions Cr^{3+} en ions Cr^{4+} , on les traite après la réaction de l'éthylotest avec de la soude $Na^+ + OH^-$ afin de former de l'hydroxyde de chrome $Cr(OH)_3$ qui précipite et qu'on récupère par filtration, les ions sodium Na^+ étant spectateurs de cette réaction (ils ne réagissent avec rien).

1B. 1. Ecrire la réaction de précipitation.

1B. 2. Ecrire le quotient de réaction de la réaction de précipitation.

Réponse :

La réaction de précipitation est $Cr_{(aq)}^{3+} + 3HO_{(aq)}^- = Cr(OH)_{3(s)}$.

Le quotient de réaction est donc $Q = \frac{(c^0)^4}{[Cr^{3+}][HO^-]^3}$

- 1B. 3. La réaction de précipitation a pour constante de réaction $K_p = 10^{31}$. Que pensez-vous de cette valeur ?

Réponse :

Cette valeur est très grande $K_p \gg 1$, donc la réaction peut être considérée comme totale.

- 1B. 4. La concentration en ion HO^- en fonction du pH d'une solution aqueuse est $[HO^-] = 10^{pH-14}$ mol/L. On part d'une solution aqueuse de pH = 2 et de concentration en chrome $[Cr^{3+}] = 0,1$ mol/L. Dans quel sens devrait se produire la réaction de précipitation ?

Réponse :

On est alors dans le cas où $[HO^-] = 10^{-12}$ mol/L, donc $Q = 10^{37}$. La réaction devrait donc se produire dans le sens indirect puisque $Q > K$ (mais ce n'est pas possible car il n'y a pas d'hydroxyde de chrome présent).

- 1B. 5. On augmente progressivement le pH de la solution en versant de la soude concentrée. A partir de quelle concentration en ions hydroxyde HO^- la réaction se produit-elle dans l'autre sens ? Quel est alors le pH de la solution ?

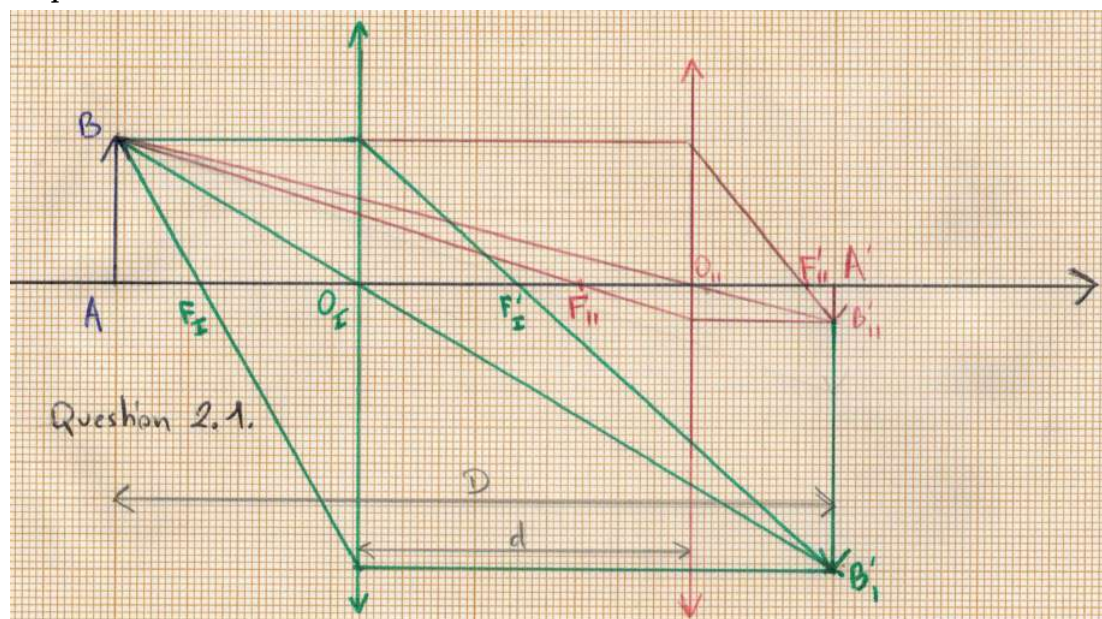
Réponse :

La réaction commencera à se produire dans le sens direct dès que $Q < K$ donc dès que $[HO^-]^3 > 10^{-30}$, ce qui correspond à une concentration $[HO^-] > 10^{-10}$ et donc un pH de 4.

2 Tracé de rayons

2. 1. On considère une lentille L_1 de distance focale f'_1 inconnue. On place un écran à une assez grande distance D de la source lumineuse et on remarque que 2 positions de la lentille permettent d'avoir une image nette sur l'écran. On note $A'B'_I$ et $A'B'_{II}$ ces deux images. Recopier le schéma n°1 ci-dessous en faisant figurer les deux positions possibles de la lentille ainsi que les foyers objets et images de la lentille dans ces deux positions (il n'est pas nécessaire de respecter l'échelle).

Réponse :



2. 2. On note d la distance entre les deux positions possibles de la lentille. On peut montrer que la focale de la lentille est $f'_1 = \frac{D^2 - d^2}{4D}$. Faire l'application numérique pour une lentille avec $D = 2.00$ m et $d = 1.55$ m. On fera attention aux chiffres significatifs.

Réponse :

On trouve $f'_1 = \frac{2,00^2 - 1,55^2}{4 \times 2,00} = 0,200$ m.

2. 3. On place désormais un objet $\overline{AB} = 5$ cm à une distance $\overline{O_1A} = -5$ cm de la lentille. Où se trouve l'image $\overline{A'B'}$ de \overline{AB} par la lentille ? On rappelle la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

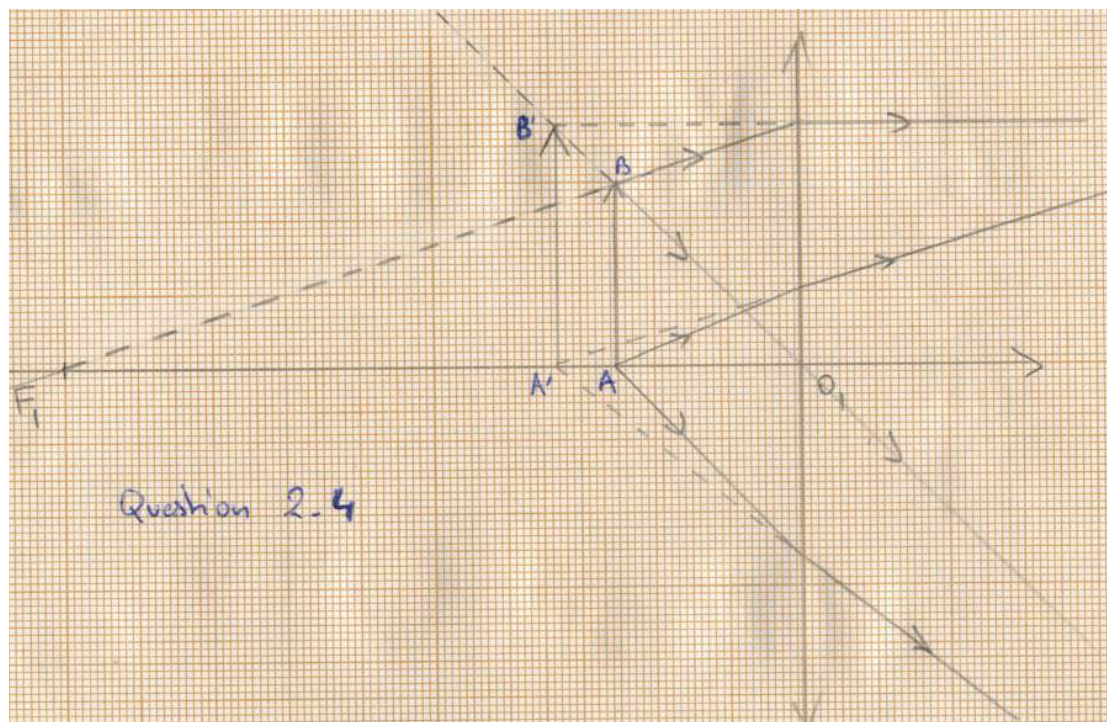
Réponse :

Si on utilise la relation de conjugaison, on trouve :

$$\frac{1}{\overline{O_1A'}} = \frac{1}{\overline{O_1A}} + \frac{1}{f'} = -15m^{-1}$$

On obtient alors $\overline{O_1A'} = -7$ cm. L'image se forme donc 7 cm avant la lentille L_1 .

2. 4. Faire un schéma où on fera apparaître deux rayons lumineux issus de A et deux rayons lumineux issus de B .

Réponse :

2. 5. Donner les caractéristiques de l'image. Quelle est sa taille? Peut-elle être observée sur un écran? On rappelle que le grandissement de la lentille est :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Réponse :

L'image se forme avant la lentille c'est donc une image virtuelle qui ne peut pas être observée avec un écran. Elle est droite et fait une taille de $\overline{A'B'} = \overline{AB} \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} = 7$ cm. Le grandissement est $\gamma = 1,4$.

2. 6. Il est possible d'observer l'image $A'B'$ en regardant dans la direction de la lentille. Cela revient en TP d'optique à créer un œil fictif, composé d'une lentille convergente L_2 et d'un

écran situé dans le plan focal image. Quelle partie de l'œil peut être modélisé par une lentille convergente ? Par un écran ?

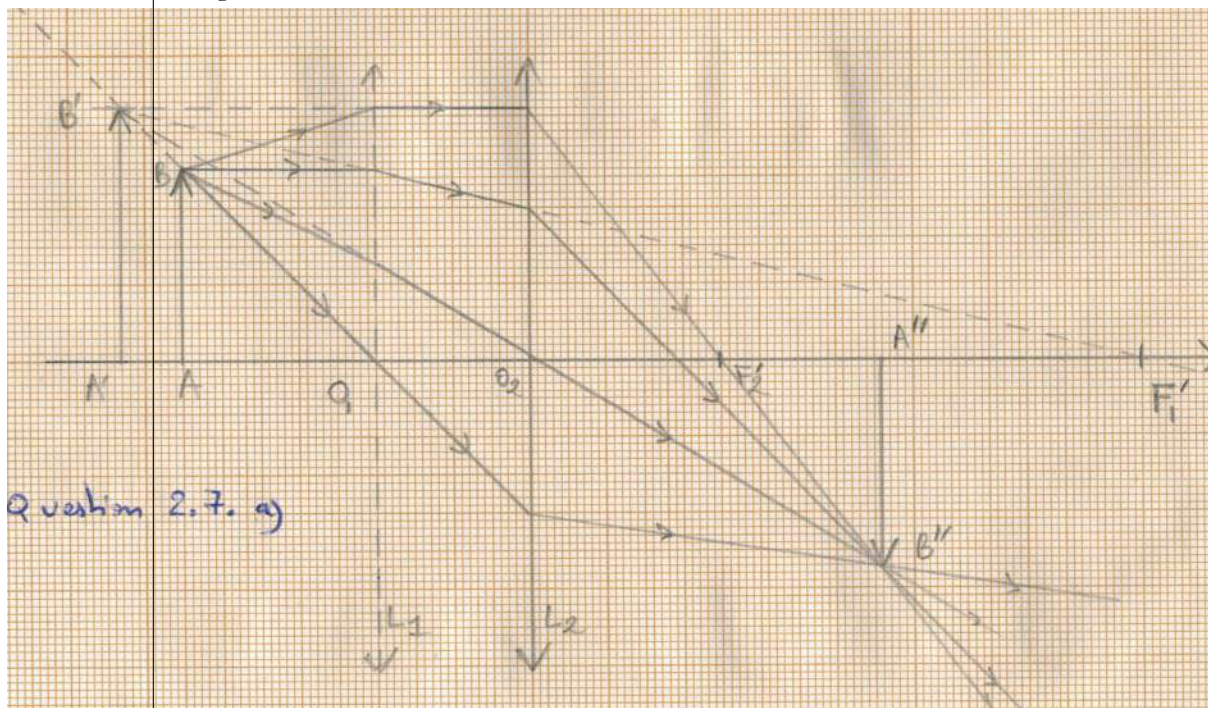
Réponse :

La lentille modélise le cristallin, l'écran modélise la rétine.

2. 7. On place la lentille de notre œil fictif derrière la lentille L_1 , à une distance $\overline{O_1O_2} = 4.0$ cm.

2. 7. a. Effectuer un schéma à l'échelle 1/2 avec $f'_2 = 5.0$ cm.

Réponse :



2. 7. b. Déterminer par le calcul la taille de l'image finale $\overline{A''B''}$.

Réponse :

On a $\overline{O_2A'} = \overline{O_1A'} + \overline{O_2O_1} = -0,11$ m. En utilisant la relation de conjugaison on trouve $\overline{O_2A''} = 9$ cm. Le grandissement est donc de $\gamma = -0,8$ et l'image est inversée, avec une taille de 6 cm.

2. 7. c. Comparer à la taille obtenue sur votre schéma.

2. 8. Quelle objet de la vie courante vient d'être illustré ?

Réponse :

On vient d'étudier le fonctionnement d'une loupe.

3 Choix d'un éclairage LED

Les lampes à incandescence (ampoules à filaments) ne sont maintenant plus autorisées à la vente en raison de leur faible efficacité. Il est donc nécessaire de les remplacer par des lampes fluo-compactes ou des diodes électroluminescentes (LED en anglais).

Nous allons nous intéresser dans cet exercice à plusieurs caractéristiques des LED afin de choisir au mieux celles dont on a besoin en fonction de l'usage désiré.

3.1 Caractéristiques des LED

Voici un aperçu d'une fiche technique concernant une ampoule à LED. Nous allons étudier en détail certaines de ces caractéristiques

Marque	Lighting EVER®
Poids de l'article	132 g
Dimensions du produit (L x l x h)	5,5 x 5,5 x 10,5 cm
Référence	100005
Poids	130 grammes
Forme	Ampoules
Usages spécifiques	Usage intérieur uniquement
Fonctions	Résistant aux chocs et vibrations, Sans variateur
Type d'ampoule	LED
Type de culot	E26
Étiquette énergie	A
Flux lumineux	340 lm
Puissance	6 Watts
Équivalence lampes à incandescence	50 Watts
Température/Rendu des couleur	3000 Kelvin
Indice de rendu de couleur (IRC)	80.00
Durée de vie moyenne	30000 heures
Durée de vie moyenne	30000 heures
Diamètre de l'ampoule	60 millimètres
Longueur	129 millimètres

- Flux lumineux (ϕ) : c'est une mesure de la puissance lumineuses émise par la lampe. Elle est comptée en *lumen* au lieu des watt utilisés dans le SI. Le lumen est une unité subjective qui prend en compte le fait que l'œil n'est pas sensible de la même manière à toutes les longueurs d'onde (on voit mieux le vert que le violet) ;
- Efficacité énergétique : c'est le rapport entre la puissance lumineuse émise par la lampe en lumen ϕ par la puissance électrique qu'elle consomme P : $\eta = \frac{\phi}{P}$;
- indice de rendu des couleurs (IRC) : cet indice va de 0 à 100 et caractérise la facilité que l'on a à distinguer différentes nuances de couleurs éclairées par la lampe. Si l'IRC vaut 0 on ne distingue pas les couleurs, si il est de 100 on les distingue nettement ;
- température de couleur : lorsqu'on chauffe un corps, il émet une lumière dont la longueur d'onde dépend de la température. Plus le corps est chaud, plus la longueur d'onde diminue, et passe donc du rouge au jaune puis au bleu dans le visible. La température de couleur est la température à laquelle on devrait porter un corps pur qu'il émette une lumière similaire à celle de l'ampoule LED.

Voici pour comparer des valeurs typiques pour différents types de lampe :

Lampe	Incandescence	Fluocompacte	Sodium	LED	Lampe à décharge
Efficacité max (lm/W)	15	90	200	120	100
IRC	100	60 - 98	0	60 - 98	80 -95

3.2 Analyse de cette ampoule

3. 1. Quelle est l'efficacité énergétique de l'ampoule LED présentée ? Et celle d'une ampoule à incandescence qui serait équivalente ? Quel est l'intérêt des LED ?

Réponse :

Son efficacité énergétique est calculée en utilisant la formule donnée dans l'énoncé :
 $\eta = \frac{340}{6} = 6 \times 10 \text{ lm/W}$. Une ampoule à incandescence équivalente aurait une efficacité
 $\eta' = \frac{340}{50} = 6,8 \text{ lm/W}$. L'ampoule à LED est donc bien plus efficace énergétiquement,
 elle permet d'économiser de l'énergie pour le même flux lumineux.

3. 2. A votre avis, quelle serait le flux lumineux en lumen d'un laser émettant à la longueur d'onde de 340 nm ?

Réponse :

L'œil humain étant insensible aux ultraviolets (domaine des longueurs d'onde inférieures à 400 nm), le flux lumineux de ce laser est nul.

3.3 Choix d'une ampoule LED

On dispose des fiches techniques des 6 ampoules LED suivantes :

Ampoule	1	2	3	4	5	6
Puissance consommée (W)	6	2	6	4,5	3	5
Flux lumineux (lumen)	340	115	500	400	200	220
Température de couleur (K)	3 000	2 800	6 500	4 500	4 000	3 000
IRC	80	70	80	90	75	85
Durée de vie	30 000	10 000	20 000	60 000	35 000	10 000

3. 1. Avec quelle ampoule LED feriez-vous le plus d'économie d'énergie ?

Réponse :

L'ampoule la plus efficace énergétiquement est l'ampoule numéro 4 avec une efficacité énergétique de 89 lm/W.

3. 2. En justifiant votre réponse, dites quelle ampoule utiliseriez-vous pour :
3. 2. a. un salon de thé à l'ambiance feutrée ?
 3. 2. b. le rayon peinture d'un magasin de bricolage ?
 3. 2. c. l'éclairage du pont d'un voilier pour le vendée globe ?
 3. 2. d. pour un bloc opératoire ?

Réponse :

Pour le salon de thé, on privilégie la température de couleur, plutôt basse pour avoir une lumière plus chaleureuse (les couleurs chaudes en peinture du type rouge, jaune ou orange correspondant à des températures plus basses). On prendra donc l'ampoule numéro 2.

Pour le rayon peinture, la grandeur à privilégier est l'IRC, on prendra donc l'ampoule 4.

Pour le voilier, il faut privilégier la consommation d'énergie, donc l'ampoule 2.

Pour le bloc opératoire, il faut un flux lumineux le plus grand possible, donc l'ampoule 3.