

Devoir Libre de Physique- Chimie n°2

Méthode : Comment chercher un D.L. ?

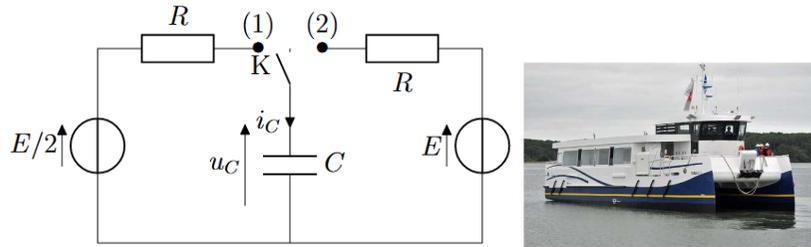
- Commencer à chercher le DL le plus tôt possible. Ne pas essayer de tout faire en une fois : étaler votre travail sur la semaine.
 - Chercher avec le chapitre et les exercices du TD ouverts sous les yeux.
 - Chercher en **groupe**.
 - En cas de blocage, poser des questions, à la fin d'un cours ou par mail : yann.apertet@gmail.com
 - La réponse à un problème de physique doit contenir :
 - des schémas grands, clairs et complets ;
 - des phrases qui expliquent votre raisonnement ;
 - les **calculs littéraux**, avec uniquement les grandeurs littérales définies par l'énoncé (ou par vous-même si elles ne le sont pas par l'énoncé) ;
 - les applications numériques avec un nombre adapté de chiffres significatifs et une unité.
- Après avoir récupéré votre copie et le corrigé :
- **Reprendre** votre copie avec le corrigé afin de comprendre vos erreurs, **lire les conseils donnés**, . . .
 - Refaire le DL (si besoin) avant le DS suivant.

Stratégie de charge d'un condensateur

(faisable sans calculatrice)

Un condensateur peut servir de batterie, c'est le cas par exemple des "supercondensateurs" qui équipent certains bateaux ou bus. Il se pose alors la question de la recharge du condensateur. L'énergie est prélevée sur le réseau électrique, et dans l'idéal on souhaite que 100% de cette énergie soit transférée au condensateur. Or ce n'est pas possible, comme nous allons le voir.

On raisonne sur le circuit ci-dessous pour envisager deux méthodes.



I. Premier procédé de charge

L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact.

Le condensateur étant initialement déchargé, on bascule l'interrupteur K dans la position (2) à $t = 0$. On peut alors ignorer la partie de gauche du circuit.

Q1. Représenter le circuit étudié dans cette partie, et introduire la tension « manquante » sur le schéma.

Q2. Établir l'équation différentielle portant sur u_C . On la mettra sous la forme

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

avec τ un paramètre dont on précisera le nom, l'expression et l'unité.

Q3. Déterminer sans utiliser l'équation différentielle la valeur de $u_C(0^+)$ (juste après le basculement de l'interrupteur).

Q4. Résoudre complètement l'équation différentielle obtenue ci-dessus.

Q5. Tracer l'allure de la solution.

Q6. Donner en fonction de C et de E l'expression de l'énergie stockée par le condensateur à la fin de sa charge.

Q7. Démontrer que le courant i_C s'écrit, pour tout $t \geq 0$:

$$i_C(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Q8. Calculer alors l'énergie électrique fournie par le générateur sur l'ensemble de la charge.

On appelle rendement (noté η) de la charge du condensateur le rapport entre l'énergie stockée par le condensateur à l'issue de la charge et de l'énergie fournie par le générateur au cours de cette charge :

$$\eta = \frac{E_{\text{stockée}}}{E_{\text{fournie}}}$$

Q9. Quelle est la valeur du rendement de la charge avec la méthode envisagée ?

II. Second procédé de charge

On souhaite utiliser une méthode qui permet d'améliorer le rendement de la charge. On réalise une charge en deux temps.

Le condensateur est initialement déchargé.

L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact.

Puis il est fermé en position (1) à $t = 0$: c'est la première phase de charge.

Lorsque le régime transitoire qui s'ensuit est achevé, l'interrupteur est basculé en position (2) : c'est la deuxième phase de charge.

Q10. Représenter le circuit étudié durant la première phase. Quelle est l'unique différence par rapport au circuit étudié dans la partie « I. Premier procédé de charge » ?

Q11. Déterminer l'expression de $u_C(t)$ pendant la première phase de la charge. Aucun calcul n'est nécessaire ici : il suffit d'adapter les résultats de la partie précédente.

Q12. Établir, en fonction de R et de C , l'expression de l'instant t_1 pour lequel la tension u_C aux bornes du condensateur atteint 99% de sa valeur finale au cours de cette première étape.

Dans la suite, on considérera que la charge est totalement achevée à cet instant t_1 (donc $u_C(t_1) \approx E/2$), et qu'on passe en phase 2 (basculement de l'interrupteur en position (2)), pour $t > t_1$.

Q13. Représenter le circuit étudié durant cette deuxième phase ($t > t_1$). Comparer à la situation étudiée dans la partie « I. Premier procédé de charge ».

Q14. Donner l'équation différentielle vérifiée par u_C durant cette deuxième phase.

Q15. Donner la solution générale de cette équation différentielle.

Q16. Déterminer la constante d'intégration en utilisant la condition initiale de cette deuxième phase.

Q17. En déduire que l'expression de $u_C(t)$ durant cette deuxième phase s'écrit :

$$u_C(t) = E - \frac{E}{2} \cdot e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau}}$$

Q18. Tracer l'allure de $u_C(t)$ en fonction du temps au cours de l'ensemble des deux phases de charge. On placera clairement t_1 et les valeurs finales atteintes par u_C lors de chacune des deux phases.

Q19. Que vaut l'énergie stockée par le condensateur à la fin des deux phases ? Est-elle différente avec celle stockée par le premier procédé de charge ?

Q20. Exprimer l'intensité i_C qui traverse le condensateur pendant les deux phases de charge. On distinguera les cas en fonction de t . Notamment en montrera que dans la deuxième

$$\text{phase : } i_C = \frac{E}{2R} \cdot e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau}}$$

Q21. Déterminer l'énergie électrique :

- E_{f1} fournie par le générateur de fem $\frac{E}{2}$ durant la première phase. On pourra utiliser $e^{-5} \approx 0$.
- E_{f2} fournie par le générateur de fem E durant la deuxième phase.
- E_f totale fournie par les deux générateurs pendant la charge.

Q22. En déduire le rendement pour cette nouvelle façon de procéder. Conclure quant aux avantages et désavantages.

Q23. Peut-on envisager une méthode qui permette d'atteindre un rendement de 100% ? Avec quel désavantage ?

Optique de l'appareil photo

I. Exploitation d'une photo

Les tailles des capteurs dont sont équipés les appareils numériques actuels sont variables, comme l'indique le **document 1**.

Document 1 - Exemples de capteurs d'appareils photo numériques

Standard Diagonale	Dimensions	Exemples	
1/2,5"	7,18 mm	4,29x5,76 mm	Panasonic TZ6
1/2,3"	7,7 mm	4,62x6,16 mm	Nikon P90, Canon 110 IS
1/2"	8 mm	4,8x6,4 mm	Fuji F70EXR
1/1,7"	9,5 mm	5,7x7,6 mm	Canon G10
1/1,6"	10 mm	6x8 mm	Fuji S200EXR
4/3"	21,6 mm	13x17,3 mm	reflex 4/3 et hybrides Micro 4/3
APS	24,8 mm	13,8x20,7 mm (Sigma)	reflex amateurs
	à 28,4 mm	15,8x23,6 mm (Nikon, Sony)	
24x36	43,3 mm	24x36 mm	Nikon D700, Sony Alpha 900

Source :

Q1. À partir de la photo obtenue et des **documents 1, 2 et 3**, déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués.

La photo ci-après a été prise avec un appareil photo numérique de type " Canon G10 ". Les informations relatives à la photo sont consignées dans le **document 2**.



Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel (au point B sur la carte satellite du **document 3**). La distance BC vaut 1,46 km.

Document 2 - Informations relatives à la prise de vue (Photo Mont Saint-Michel)

Sensibilité : 100 ISO

Vitesse : 1/ 250 s

Ouverture : f/7,1

Focale : 18 mm

Document 3 - Image satellite de la baie du Mont Saint-Michel



A : Bec d'Andaine

B : lieu de la prise de vue

C : Mont Saint-Michel

II. Comment expliquer les propriétés des lentilles ?

Les propriétés optiques des lentilles viennent de leur forme géométrique.

Pour en proposer une explication, on considère une lentille plan-convexe (**figure 1**) constituée d'un verre d'indice n . L'indice de l'air ambiant est égal à 1.

La partie sphérique de la lentille est une portion de sphère de centre C et de rayon $R = CB$.

L'épaisseur de la lentille au centre est $e = OS$.

On considère un rayon incident parallèle à l'axe optique, à une distance h de celui-ci. Ce rayon pénètre dans la lentille en A et est réfracté en B . On note i et r les angles incident et réfracté, comptés par rapport à la normale (CB). Le rayon émergent de la lentille coupe l'axe optique en F' . On note K le projeté orthogonal de B sur l'axe optique.

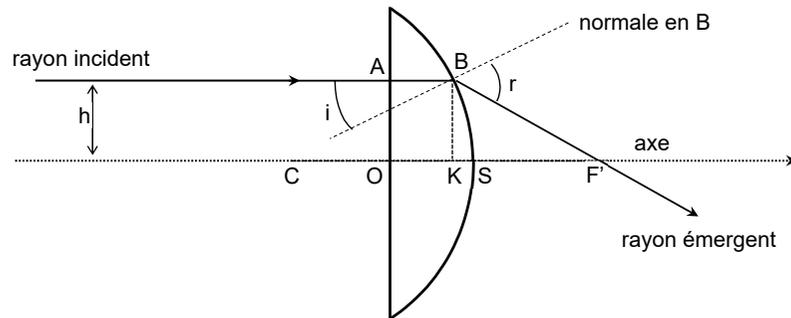


Figure 1 - Lentille plan-convexe

Q2. Écrire la loi de la réfraction en B .

Q3. Montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme :

$$OF' = e - R \left[1 - \cos(i) \right] + \frac{R \sin(i)}{\tan(r-i)}$$

Q4. La lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ?

Q5. Si on considère une lentille mince (e faible devant R) et des rayons paraxiaux, peut-on dire que le système est approximativement stigmatique ? Justifier.

Q6. Dans le cas de la lentille mince, donner une expression approchée de la distance OF' .

III. Réglage de différents paramètres lors d'une prise de vue

Q7. Un photographe amateur effectue une prise de vue (un portrait d'une personne immobile) en extérieur avec les réglages suivants : (ISO : 100 / vitesse : 1/250 s / ouverture : $f/8$). Il l'estime correctement exposée et souhaite en effectuer une autre avec la même exposition, en conservant la même sensibilité, mais avec une ouverture $f/4$. Répondre aux questions suivantes en justifiant les réponses à l'aide des **documents 4** et **5** (ci-contre).

- Quelle vitesse d'obturation doit-il choisir ?
- Ce nouveau réglage va-t-il permettre d'augmenter ou diminuer la profondeur de champ ?
- Si la personne bouge un peu durant la prise de vue, y a-t-il un risque plus grand, en comparaison avec la première photographie, que l'image obtenue soit floue ?

Le contrôle de la lumière qui pénètre dans l'appareil photo est essentiel, qu'il soit argentique ou numérique.

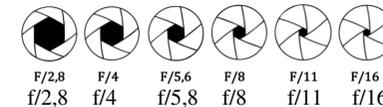
Le **document 4** indique les différents réglages en mode manuel (en mode automatique, les réglages sont déjà faits par défaut) pour obtenir une bonne exposition.

Document 4 - Réglages de l'exposition d'une photo

L'exposition est un paramètre technique important pour la réussite d'une photo. Elle caractérise en quelque sorte l'action de la lumière sur le capteur. Si l'exposition est trop faible, l'image obtenue sera sombre (sous-exposée) ; à l'inverse, une surexposition produira une image trop claire.

L'exposition est choisie en fonction de la scène à photographier (intérieur, extérieur, etc.) et peut être contrôlée par trois paramètres.

- La sensibilité ISO correspond à la sensibilité à la lumière du capteur (ou de la pellicule) ; elle varie en général entre 100 (faible sensibilité) et 3 200 (grande sensibilité). Une sensibilité deux fois plus grande correspond donc à un capteur deux fois plus sensible. Il est préférable d'utiliser une sensibilité faible car les hautes sensibilités augmentent le bruit, ce qui détériore le résultat.
- La vitesse d'obturation représente la durée pendant laquelle l'obturateur reste ouvert. Elle est en général comprise entre 1 s et 1/250 s. Une faible vitesse peut entraîner des phénomènes de "bougé" si la scène est en mouvement.
- L'ouverture du diaphragme correspond à la taille du disque qui laisse passer la lumière quand l'obturateur est ouvert. Elle est indiquée par une notation f/x , où x est appelé "nombre d'ouverture". Voici quelques valeurs de l'ouverture :

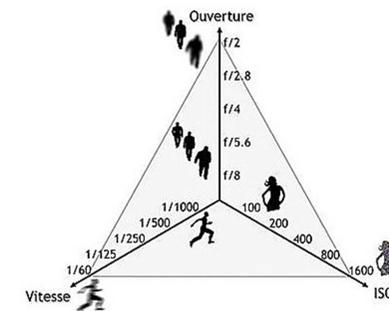


Lorsqu'on passe d'une valeur à l'autre (de la gauche vers la droite) on divise par 2 la surface d'ouverture du diaphragme. L'ouverture modifie également la profondeur de champ : une plus faible ouverture permet d'obtenir une plus grande profondeur de champ.

Source : d'après apprendre-la-photo.fr

Document 5 - Le triangle de l'exposition

On résume souvent l'exposition d'une photo par le "triangle d'exposition" :



L'exposition est représentée par la surface du triangle.

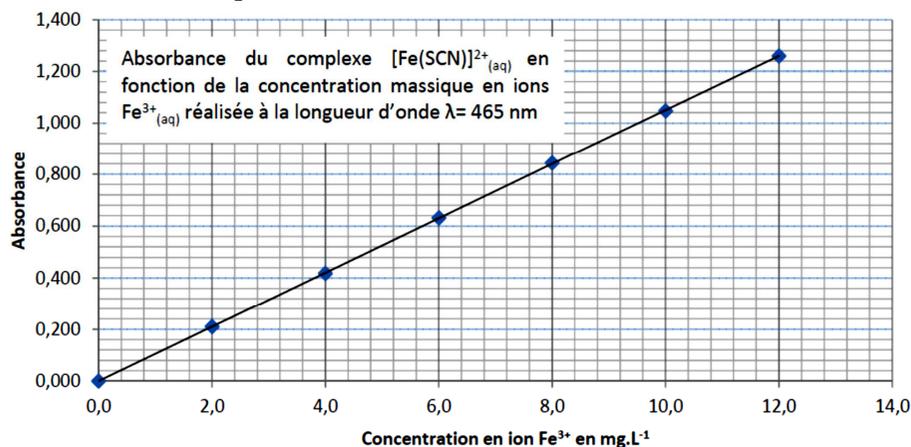
Source : apprendre-la-photo.fr

Contrôle d'un vin

Un vin blanc pétillant, en fin d'élaboration, est étudié dans un laboratoire afin de subir des contrôles de qualité. On se propose dans cet exercice de contrôler la teneur en fer dans ce vin, ainsi que l'acidité totale qui en sont deux critères de qualité : l'un pour la prévention de la formation d'un précipité rendant le vin trouble (casse ferrique) et l'autre pour prévoir les traitements à faire pendant la vinification.

Données :

- Les ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ en solution aqueuse ont une couleur vert pâle.
- Les ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ en solution aqueuse ont une couleur orangée pâle.
- Les ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ peuvent réagir avec les ions thiocyanate $\text{SCN}^{-}_{(\text{aq})}$ (incolore en solution aqueuse) selon une réaction rapide et totale conduisant à la formation d'un complexe coloré de couleur rouge sang :
$$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{SCN}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}_{(\text{aq})}$$
- Masse molaire de l'acide tartrique H_2A : $M = 150 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Au-delà d'une concentration massique de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en élément fer, la casse ferrique est probable et rend le vin trouble et donc peu attrayant.
- Un vin de table est propre à la consommation si son acidité totale ne dépasse pas $9,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ d'acide tartrique équivalent.
- Courbe d'étalonnage :



Incertitude sur la mesure d'un volume :

Lors de la mesure d'un volume à l'aide de la verrerie du laboratoire, il est possible d'évaluer l'incertitude-type u_V sur cette mesure. La valeur de u_V dépend du matériel utilisé.

Utilisation d'une pipette jaugée ou d'une fiole jaugée	$u_V = 0,75 \times a$ où a est la valeur de l'incertitude d'étalonnage donnée par le constructeur
Utilisation d'une burette graduée ou d'une pipette graduée	$u_V = 0,5 \times g$ où g est la valeur de la graduation de l'instrument utilisé

I. Détermination de la teneur en fer du vin

Afin de déterminer la concentration totale en ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ et $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ dans ce vin blanc, on oxyde les ions $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ en ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ à l'aide d'eau oxygénée H_2O_2 , puis on dose la totalité des ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ par spectrophotométrie après les avoir fait réagir totalement avec une solution aqueuse de thiocyanate de potassium. La mesure de l'absorbance de la solution obtenue pour une longueur d'onde $\lambda = 465 \text{ nm}$ vaut $A = 0,760$.

- Quelle opération est-il nécessaire de réaliser avant de mesurer l'absorbance de l'échantillon ?
- Pourquoi est-il nécessaire de faire réagir les ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ avec les ions thiocyanate avant de réaliser le dosage spectrophotométrique ?
- En utilisant les données et les résultats de cette analyse, indiquer si le phénomène de casse ferrique peut se produire pour ce vin blanc. Expliciter votre démarche.

II. Détermination de l'acidité totale du vin

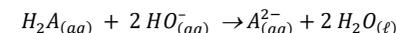
Dans la réglementation européenne, l'acidité totale correspond à la masse équivalente d'acide tartrique par litre ; c'est à dire la masse d'acide tartrique qui nécessiterait la même quantité de base pour ramener son pH à 7. Pour déterminer l'acidité totale, on mesure le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$) qu'il faut ajouter à un volume V de vin, préalablement décarboniqué, pour ramener son pH à 7.

Après avoir décarboniqué le vin (élimination du dioxyde de carbone), on titre un volume $V = 10,00 \pm 0,04 \text{ mL}$ de vin par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = (4,2 \pm 0,2) \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en présence de quelques gouttes de bleu de bromothymol.

L'équivalence est repérée pour un volume versé $V_E = 15,5 \text{ mL}$.

- Faire un schéma annoté du montage à réaliser pour effectuer le titrage et préciser la verrerie à utiliser pour prélever le volume V de vin.
- Estimer l'incertitude-type sur la mesure de u_{V_E} sachant que la verrerie contenant la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est graduée tous les $0,1 \text{ mL}$.
- Justifier la nécessité de l'opération préalable de décarbonation pour déterminer l'acidité totale du vin.

Dans l'hypothèse où l'acidité du vin est due au seul acide tartrique noté $\text{H}_2\text{A}_{(\text{aq})}$, l'équation de la réaction support de titrage s'écrit :



- Montrer que la concentration massique C_m en acide tartrique équivalent dans le vin est donnée par la relation : $C_m = \frac{C_B \cdot V_E \cdot M}{2V}$ où M désigne la masse molaire de l'acide tartrique.

On considère que l'incertitude-type pour la concentration massique est donnée par la relation : $\frac{u_{C_m}}{C_m} = \sqrt{\left(\frac{u_{C_B}}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{u_{V_E}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u_V}{V}\right)^2}$

- Ce vin est-il propre à la consommation ?