

## D.S. n°3

### Exercice 1 : Mobile autoporteur fixé par un fil (/ 7 pts.)

Un mobile autoporteur posé sur une table horizontale est accroché à un fil inextensible dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe O.

Le fil étant tendu, le mobile, de masse  $m = 600$  g, est lancé avec une certaine vitesse initiale dans une direction perpendiculaire au fil. A un certain moment, le fil se casse. Le mobile, muni de son système d'étincelage et de sa soufflerie, enregistre à des intervalles de temps  $\tau = 500,0$  ms les projections  $A_0, A_1, \dots$  de son centre de masse (voir figure ci-dessous à l'échelle  $1/10^{\text{ème}}$ ).

- 1.-
  - a) Numéroté les positions successives des projections du centre de masse du mobile autoporteur en respectant le sens du mouvement que l'on indiquera également.
  - b) Repérer sur l'enregistrement, les deux phases du mouvement en précisant leurs limites. Pour chacune de ces phases, préciser la nature du mouvement du centre de masse. Justifier.
- 2.- Etude de la première phase :
  - a) Faire un schéma du mobile en représentant les forces qui lui sont appliquées. Donner leurs caractéristiques.
  - b) Quelle est la grandeur caractéristique de cette phase ? A l'aide de l'enregistrement, déterminer sa valeur. **On soignera la construction et on détaillera les calculs.**
  - c) Représenter, au point  $A_4$  de cette portion de trajectoire et à l'échelle :  $1,0$  cm pour  $5,0$   $\text{cm.s}^{-1}$ , le vecteur-vitesse. On le tracera sur la figure 1 **à remettre avec la copie.**
  - d) Quelles sont les caractéristiques du vecteur-accélération ? Le construire au point  $A_{12}$  de la trajectoire à une échelle  $1,0$  cm pour  $1,0$   $\text{cm.s}^{-2}$ . **Détailler soigneusement les calculs et les différentes étapes.** On le tracera sur la figure 1 **à remettre avec la copie.**
  - e) Vérifier que  $a \approx v^2 / R$  ; où R est le rayon de la trajectoire.
- 3.- Etude de la seconde phase :
  - a) Que vaut la résultante des forces exercées au centre de masse du mobile ? Justifier. Comment qualifie-t-on alors le mobile ?
  - b) En appliquant la deuxième loi de Newton, justifier la nature du mouvement proposée au 1.-.
  - c) Confirmer en déterminant le vecteur-accélération au point  $A_{20}$  à l'aide de l'enregistrement.

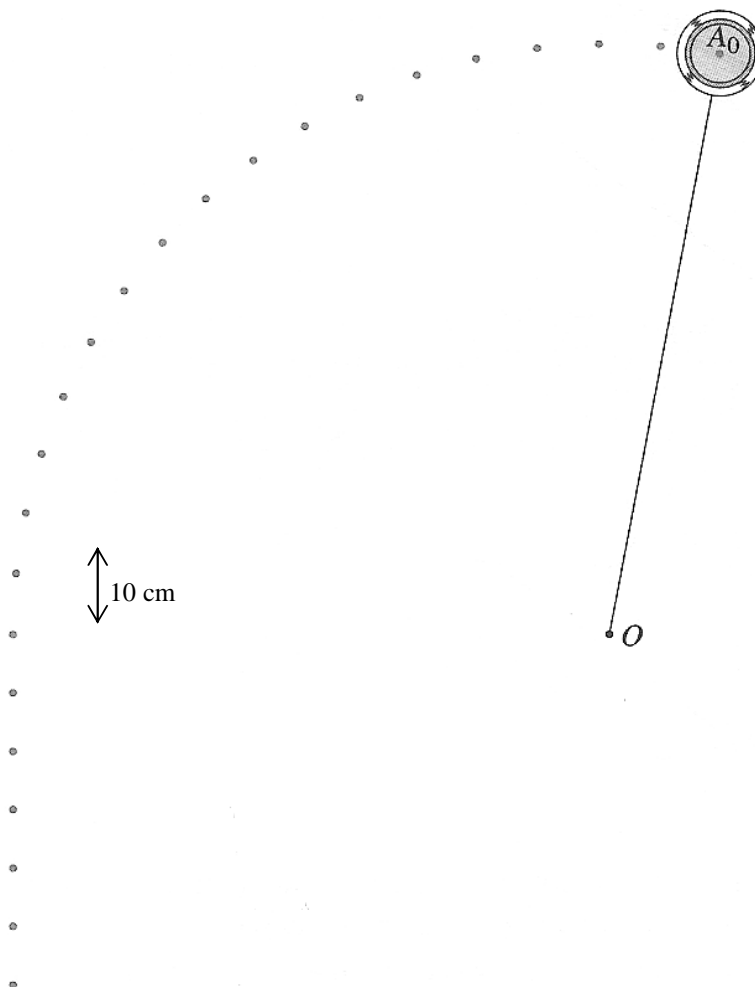


Figure 1

## Exercice 2 : La lumière : une onde ( / 5pts.)

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière.

**Huyghens** (1629-1695) donne à la lumière un caractère ondulatoire par analogie à la propagation des ondes à la surface de l'eau et à la propagation du son.

Pour Huyghens, le caractère ondulatoire de la lumière est fondé sur les faits suivants:

- « le son ne se propage pas dans une enceinte vide d'air tandis que la lumière se propage dans cette même enceinte. La lumière consiste dans un mouvement de la matière qui se trouve entre nous et le corps lumineux, matière qu'il nomme éther».
- « la lumière s'étend de toutes parts<sup>①</sup> et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés<sup>②</sup>, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher<sup>③</sup> »
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être<sup>④</sup> par le transport d'une matière, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air ».

**Fresnel** (1788-1827) s'attaque au problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière.

Avec des moyens rudimentaires, il découvre et il exploite le phénomène de diffraction.

Il perce un petit trou dans une plaque de cuivre. Grâce à une lentille constituée par une goutte de miel déposée sur le trou, il concentre les rayons solaires sur un fil de fer.

Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

① de toutes parts = dans toutes les directions

③ sans s'empêcher = sans se perturber

② de tout opposés = de sens opposés

④ ne saurait être = ne se fait pas

### 1. QUESTIONS À PROPOS DU TEXTE

#### 1.1. Texte concernant Huyghens

1.1.1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques?

1.1.2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

#### 1.2. Texte concernant Fresnel

1.2.1. Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience.

Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique?

1.2.2. Fresnel exploite le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.

Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer le phénomène de diffraction? Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

### 2. DIFFRACTION

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par  $a$  le diamètre d'un fil

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 1,60$  m des fils. Pour chacun des fils, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale.

À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1  
(Vue du dessus)

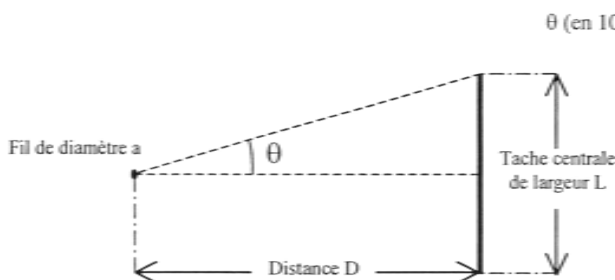
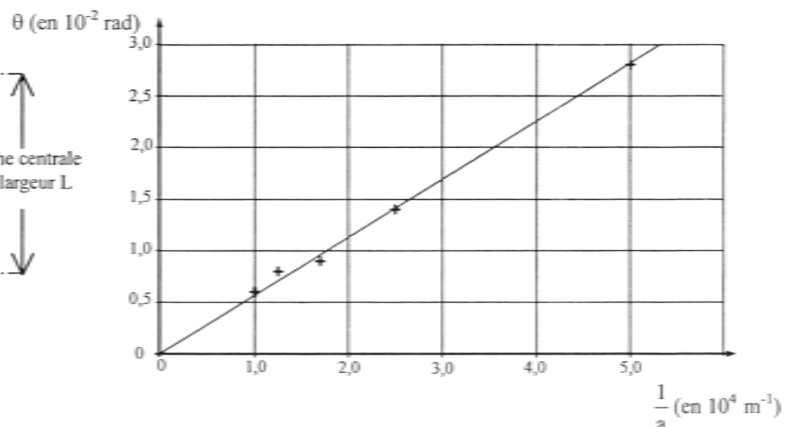


Figure 2



2.1. L'angle  $\theta$  étant petit,  $\theta$  étant exprimé en radian, on a la relation:  $\tan \theta \approx \theta$ .

Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer  $\theta$  pour chacun des fils.

2.2. Donner la relation liant  $\theta$ ,  $\lambda$  et a. Préciser les unités de  $\theta$ ,  $\lambda$  et a.

2.3. On trace la courbe  $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ . Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :

Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de  $\theta$  donnée à la question 2.2.

2.4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique utilisée ?

2.5. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique utilisée. Quelle est sa couleur ?

2.6. Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.

En utilisant la réponse donnée à la question 2.2., justifier succinctement l'aspect « irisé » (i.e. colorée) de la figure observée.

### 3. DISPERSION

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

3.1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

3.2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

3.3. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.

Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse ?

3.4. À la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique de fréquence donnée passe de l'air (d'indice  $n_a = 1$ ) à du verre (d'indice  $n_v > 1$ ), les angles d'incidence ( $i_1$ ) et de réfraction ( $i_2$ ), sont liés par la relation de Descartes-Snell

$$\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$$

Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

#### Exercice 3 : A propos de l'aspirine (/8 pts.)

L'aspirine est le médicament le plus utilisé au monde. Il existe sous différentes formes contenant toutes de l'acide acétylsalicylique noté HA qui est le principe actif. On notera  $A^-$  l'ion acétylsalicylate.

Par dissolution d'une masse précise d'acide acétylsalicylique pur, on prépare un volume  $V_S = 500,0$  mL d'une solution aqueuse d'acide acétylsalicylique, notées S, de concentration en soluté apportée  $c_S = 5,55 \cdot 10^{-3}$  mol.L<sup>-1</sup>.

1.- Comment réalise-t-on une telle solution à partir d'acide acétylsalicylique pur solide ? Détailler le protocole expérimental pour y parvenir.

#### **A.- Etude pH-métrique**

A 25 °C, la mesure au pH-mètre du pH de la solution S à l'équilibre a donné : pH = 2,9.

1.- Déterminer, à l'équilibre, la concentration molaire volumique finale  $[H_3O^+]_f$  en ions oxonium dans la solution S préparée.

2.- L'acide acétylsalicylique réagit sur l'eau : écrire les demi-équations acido-basique et l'équation-bilan de la réaction acido-basique sachant que les couples acide-base sont : AH /  $A^-$  et  $H_3O^+$  /  $H_2O$ .

3.- Déterminer l'avancement final de la réaction noté  $x_f$  (pour cela, il est recommandé de réaliser le tableau d'avancement de la réaction).

4.- Déterminer l'avancement maximal de la réaction  $x_{max}$ . Quel sens doit-on donner à  $x_{max}$  ?

5.- Définir puis calculer le taux d'avancement final  $\tau_f$  de la réaction. Quel sens doit-on donner à  $\tau_f$  ?

6.- La réaction est-elle totale ? Justifier.

#### **B.- Etude conductimétrique**

A 25 °C, on mesure la conductivité de la solution S à l'aide d'un conductimètre.

On obtient :  $\sigma = 4,4 \cdot 10^{-4}$  S.cm<sup>-1</sup>.

1.- Donner l'expression de la conductivité  $\sigma$  de la solution.

2.- Exprimer l'avancement final  $x_f$  de la réaction entre l'acide acétylsalicylique AH et l'eau en fonction de  $\sigma$ , des conductivités molaires ioniques utiles et du volume  $V_S$  (on dressera un tableau d'avancement de la réaction établie au A.-).

3.- En déduire la valeur de  $x_f$  et de  $\tau_f$ . Conclure quant au caractère total ou limité de la réaction.

4.- Expliquer ce caractère par la théorie des collisions. Pourquoi parle-t-on d'équilibre dynamique ?

5.- Calculer les concentrations molaires à l'équilibre des espèces AH,  $A^-$  et  $H_3O^+$ .

6.- Donner l'expression du quotient de réaction à l'état final  $Q_{r,f}$  associé à l'équation de la réaction entre l'acide AH et l'eau, puis le calculer. Le comparer à la valeur tabulée de  $3,16 \cdot 10^{-4}$ . Conclure.

### C.- Précision des deux techniques utilisées

Le pH-mètre utilisé donne une valeur de pH précise à 0,1 unité de pH près tandis que le conductimètre donne une valeur de conductivité précise à 1 mS.m<sup>-1</sup> près.

1.- Faire un encadrement des valeurs de pH et de  $\sigma$  mesurées. En déduire un encadrement pour les valeurs de la concentration molaire volumique finale en ions oxonium [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]<sub>f,p</sub> et [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]<sub>f,c</sub> et enfin un encadrement pour les valeurs de  $x_{f,p}$  et  $x_{f,c}$  (les indices p et c désignent des valeurs calculées respectivement à partir de mesures de pH et de mesure de conductivité). Conclure sur la précision des deux techniques.

2.- Quel avantage possède néanmoins la moins précise sur la plus précise ?

#### Données :

Conductivités molaires ioniques à 25 °C :  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 19,9 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda_{\text{A}^-} = 3,6 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ .

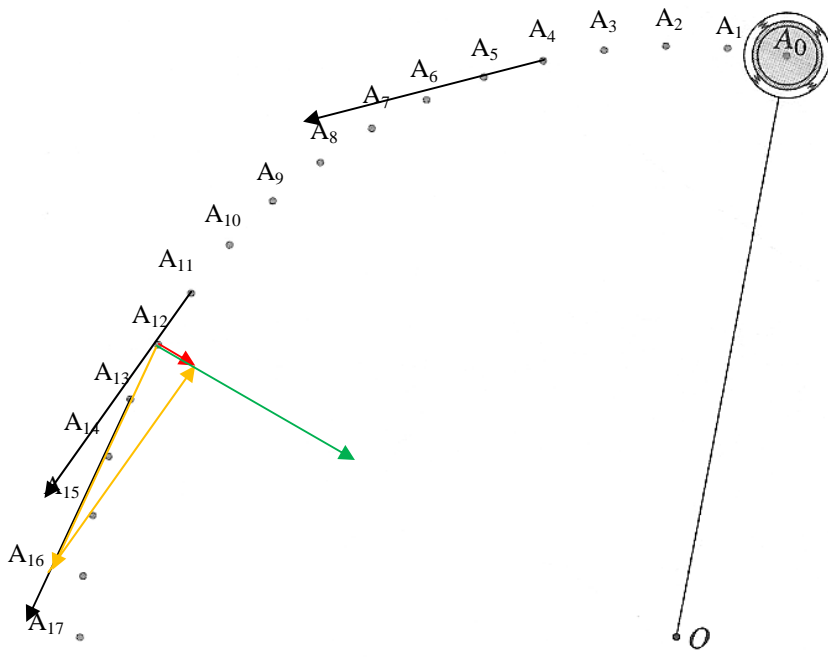
Masse molaire de l'acide acétylsalicylique :  $M = 180 \text{ g.mol}^{-1}$ .

### ANNEXE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

	Avancement	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$			
État initial	$x = 0$		en excès		
État final théorique	$x = x_{\text{max}}$		en excès		
État final expérimental ou état d'équilibre	$x = x_f$		en excès		

## Correction du D.S. n°3

### Exercice 1 : Mobile autoporteur fixé par un fil (/ 7 pts.)



1.- De  $A_0$  à  $A_{16}$  : mouvement circulaire uniforme car la trajectoire est circulaire mais l'écart entre les points reste constant donc  $v = \text{cte}$  et le mouvement est uniforme.

De  $A_{17}$  à  $A_{23}$  : mouvement rectiligne uniforme car la trajectoire est une droite et l'écart entre les points reste constant donc

2.-  
a) On a :

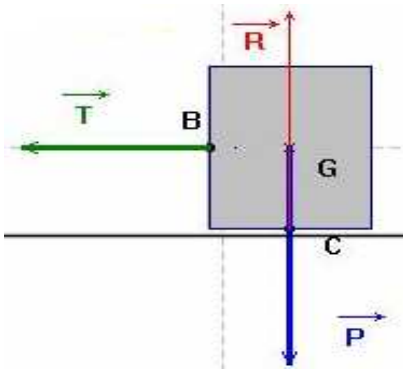
- $A_{18}$  ◦
- $A_{19}$  ◦
- $A_{20}$  ◦
- $A_{21}$  ◦
- $A_{22}$  ◦
- $A_{23}$  ◦

b) La vitesse (norme) est caractéristique de cette première phase car elle est constante. On peut donc la mesurer en n'importe quel point :

A.N. :  $v_4 = 1,65 \cdot 10 / (2 \cdot 0,500) = 16,5 \text{ cm.s}^{-1}$

c) Le vecteur-vitesse est tangent à la trajectoire, dirigé dans le sens du mouvement et a pour intensité :  $v_4 = 16,5 \text{ cm.s}^{-1}$  (représenté par un vecteur de longueur : 3,3 cm)

d) Le vecteur-accelération au point  $A_{12}$  est le taux de variation du vecteur-vitesse :



On commence par construire

On mesure ainsi :

On calcule :

Le vecteur-accelération est alors colinéaire à  $\vec{P}$  et de norme  $3,0 \text{ cm/s}^2$  (représenté par un vecteur de longueur : 3,0 cm)

e) On donne : — A.N. : —  $3,5 \text{ cm/s}^2$

On retrouve la même valeur aux erreurs de construction graphique près.

- 2.-
- 3.-

a) Comme la seconde phase est un mouvement rectiligne uniforme, alors d'après la première loi de Newton, le mobile est soumis à des forces dont la résultante est égale au vecteur nul. Un tel système est qualifié de **pseudo-isolé**.

b) Le système étant soumis à des forces qui se compensent, on a, avec la seconde loi de Newton :  $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$  ; soit :

Or si :  $\vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$  ; alors :  $\vec{R} = -(\vec{T} + \vec{P})$  et on retrouve bien un mouvement rectiligne et uniforme.

c) Comme  $\vec{T}$  et  $\vec{P}$  sont colinéaire et de même norme, on a :  $\vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$  et donc :  $\vec{a} = \vec{0}$  (accélération nulle).

### Exercice 2 : La lumière : une onde (/ 5pts.)

#### 1.1. Texte concernant Huygens

1.1.1. Les ondes mécaniques nécessitent un **milieu matériel** (solide, liquide ou gaz) pour se propager tandis que les ondes lumineuses peuvent se propager en l'absence de matière c'est-à-dire dans le vide. Le concept "d'éther" est inutile.

1.1.2. "La lumière s'étend de toutes parts" : On retrouve l'idée qu'une onde se propage dans **toutes les directions** qui lui sont offertes.

“Les ondes lumineuses se traversent l’une l’autre sans s’empêcher” : On retrouve l’idée que deux ondes peuvent **se croiser sans se perturber**.

“ la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être<sup>4</sup> par le **transport d’une matière**” : On retrouve l’idée qu’une onde réalise un transport d’énergie sans transport de matière.

## 1.2. Texte concernant Fresnel

**1.2.1.** La lumière blanche du Soleil est **polychromatique**. Elle est constituée d’une infinité de radiations de fréquences différentes.

**1.2.2.** Le diamètre du fil **joue un rôle** sur le phénomène de diffraction, en effet plus le diamètre du fil est petit et plus le phénomène de diffraction est marqué.

Ordre de grandeur du diamètre du fil: il doit se rapprocher le plus possible de l’ordre de grandeur de la longueur d’onde de la lumière ( Fresnel utilise de la lumière visible dont  $400 \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$  ).

**Remarque:** Ne pas dire que  $\lambda$  doit être inférieure ou égale au diamètre du fil. Car alors comment expliquer que dans l’expérience présentée ensuite , il y a bien diffraction pour  $1/a = 1,0 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$ , soit  $a = 1,0 \cdot 10^2 \mu\text{m}$  alors que  $\lambda = 560 \text{ nm} = 0,560 \mu\text{m}$ .

## 2. DIFFRACTION

**2.1.** D’après la figure 1 :  $\tan \theta = \frac{L}{2D}$  comme  $\theta$  est petit, on a  $\tan \theta = \theta$  soit  $\theta = \frac{L}{2D}$

**2.2.** On a  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  avec  $\theta$  en radian ;  $\lambda$  et  $a$  en mètre.

**2.3.** La courbe  $\theta = f(1/a)$  est une droite passant par l’origine, or l’expression précédente montre que  $\theta$  et  $1/a$  sont proportionnels (coefficient directeur  $\lambda$ ). La figure 2 est en **accord** avec la relation. .

**2.4.** Le **coefficient directeur** de la droite représentative de  $\theta = f(1/a)$  est égal à la longueur d’onde  $\lambda$ .

**2.5.** A l’aide de la figure 2, on peut calculer le coefficient directeur de la droite :

soit le point ( $\frac{1}{a} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$  ;  $\theta = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$ )

$\lambda = \theta \cdot a = 2,0 \cdot 10^{-2} \times \frac{1}{3,5 \cdot 10^4} = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  donc la valeur à retenir est  $\lambda = 560 \text{ nm}$

**2.6.** La lumière blanche est polychromatique, donc elle contient des radiations de longueurs d’onde différentes qui donneront des taches de largeurs différentes sur l’écran.

Au centre de l’écran, juste en face du fil, toutes les radiations colorées se superposent, on obtient du blanc.

Autour seules certaines radiations se superposent, cela crée des irisations, c’est à dire des couleurs.

## 3. DISPERSION

**3.1.** La fréquence d’une onde lumineuse **ne dépend pas** du milieu de propagation.

**3.2.** L’indice optique  $n$  d’un milieu transparent est le quotient de la célérité  $c$  ( $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) de la lumière dans le vide et de la célérité  $v$  de la lumière dans ce milieu :  $n = c / v$

**3.3.** Un milieu est dit dispersif si la célérité des ondes qui le traverse dépend de leur fréquence. Comme  $n$  dépend de  $v$  et que, dans un milieu dispersif,  $v$  dépend de la fréquence alors on en conclut que l’indice  $n$  d’un milieu dispersif dépend de la fréquence.

**3.4.** Pour un même angle d’incidence  $i_1$ , l’angle de réfraction  $i_2$  sera différent pour deux ondes lumineuses monochromatiques de célérités différentes (c’est à dire de fréquences différentes, c’est à dire de couleurs différentes). Les différentes composantes d’une lumière polychromatique seront donc déviées différemment lors de la traversée d’un prisme qui décompose ainsi la lumière polychromatique.

## Exercice 3 : A propos de l’aspirine (/8 pts.)

### 1. Étude de la transformation chimique par mesure du pH

**1.1.**  $\text{pH} = 2,9$

$$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,9}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

**1.2.**  $\text{AH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

**1.3.**  $x_f = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_{\text{éq}} \times V_S$

$$x_f = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

**1.4.** Si la transformation est totale alors tout AH est consommé:  $n_{\text{AH}} \text{ initiale} - x_{\text{max}} = 0$

$$x_{\text{max}} = c_S \cdot V_S = 5,55 \cdot 10^{-3} \times 0,5000$$

$$x_{\text{max}} = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$1.5. \tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = 0,23 \quad \text{soit } \tau = 23\%$$

La transformation étudiée est limitée car  $\tau < 100\%$ .

## 2. Détermination de la constante d'équilibre de la réaction par conductimétrie

équation chimique		AH(aq) + H <sub>2</sub> O (l) = A <sup>-</sup> (aq) + H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	$c_S \cdot V_S$	excès	0	0
En cours de transformation	$x$	$c_S \cdot V_S - x$	excès	$x$	$x$
État final	$x_f$	$c_S \cdot V_S - x_f$	excès	$x_f$	$x_f$

$$2.1. \sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+(aq)]_{\text{éq}} + \lambda_{A^-} \cdot [A^-(aq)]_{\text{éq}}$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot \frac{x_f}{V_S} + \lambda_{A^-} \cdot \frac{x_f}{V_S}$$

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}) \cdot \frac{x_f}{V_S}$$

$$x_f = \frac{\sigma \cdot V_S}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})}$$

$$2.2. x_f = \frac{44 \times 0,5000 \cdot 10^{-3}}{(35 + 3,6)} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2.3. D'après l'équation chimique:  $[A^-(aq)]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}}$

$$[A^-(aq)]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}} = \frac{x_f}{V_S} = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})} = \frac{44}{(35 + 3,6)} = 1,1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

D'après la conservation de la matière:  $[AH(aq)]_{\text{éq}} = [AH(aq)]_{\text{ini}} - [A^-(aq)]_{\text{éq}}$

$$[AH(aq)]_{\text{éq}} = c_S - \frac{x_f}{V_S}$$

$$[AH(aq)]_{\text{éq}} = 5,55 \cdot 10^{-3} - 1,14 \cdot 10^{-3} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$2.4. K = \frac{[A^-(aq)]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+(aq)]_{\text{éq}}}{[AH(aq)]_{\text{éq}}}$$

$$K = \frac{\left(\frac{x_f}{V_S}\right)^2}{c_S - \frac{x_f}{V_S}} = 2,9 \cdot 10^{-4} \quad \text{Attention dans les calculs prendre les valeurs non arrondies obtenues en 2.3.}$$

## 3. Précision des deux techniques utilisées: pH-métrie et conductimétrie

Encadrement à l'aide des formules du cours.

La mesure de la conductivité conduit à faire une erreur moins importante sur l'avancement final que la mesure du pH.

En effet par conductimétrie l'encadrement de  $x_f$  est plus faible.

Mais la pH-métrie possède l'avantage d'être moins sensible aux variations de température.