

Exercice I – Nature de la lumière

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 parts¹ et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés², les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher³ ».
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être⁴ 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.

1. Analyse du texte historique

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

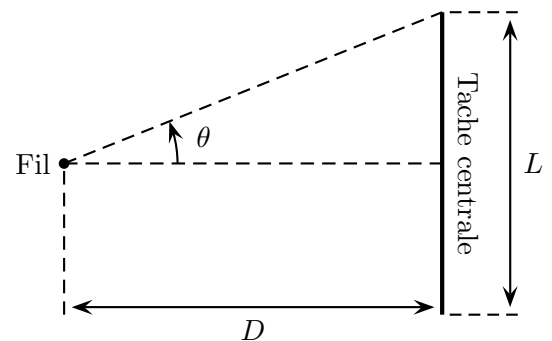
1.2.1. FRESNEL a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience. Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ?

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 λ . 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 θ du faisceau diffracté.

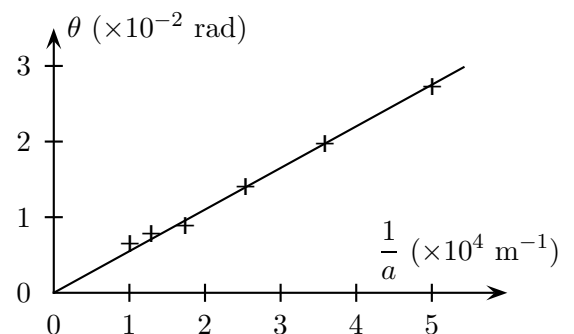


2.1. L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation : $\tan \theta \simeq \theta$.

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

2.2. Donner la relation liant θ , λ et a . Préciser les unités de ces trois grandeurs.

2.3. On trace la courbe $\theta = f(1/a)$:



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

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

1. de toutes parts = dans toutes les directions
 2. de tout opposés = de sens opposés
 3. sans s'empêcher = sans se perturber
 4. ne saurait être = ne se fait pas

2.5. En utilisant la courbe ci-dessus, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée :

560 cm ; 560 mm ; 560 μm ; 560 nm

2.6. Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, qu'observerait-on ? Justifier.

3. Dispersion

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière incidente.

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 :

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

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

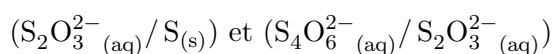
4. Changement de milieu de propagation

Le faisceau laser utilisé dans l'expérience précédente peut traverser le vide, l'eau et le verre, milieux tous transparents. On rappelle que sa longueur d'onde dans l'air, considéré comme équivalent au vide, notée λ , a été trouvée à la question 2.5.

Indiquez les principes ou les formules littérales, et menez les éventuelles applications numériques nécessaires, pour compléter le tableau en annexe.

Exercice II – Formation du soufre

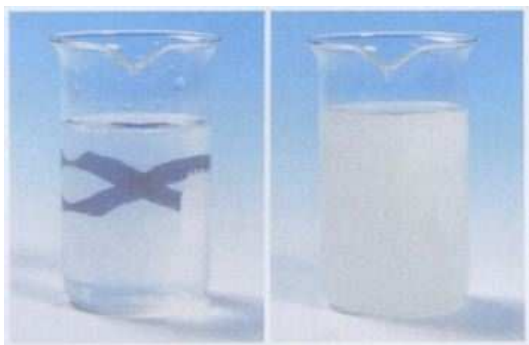
Les ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$ sont à la fois oxydants et réducteurs, dans les deux couples d'oxydoréduction suivants :



En milieu acide, ils sont susceptibles de réagir sur eux-mêmes, avec formation de soufre solide. On observe alors un précipité : apparition du solide $\text{S}(\text{s})$, la solution n'est plus limpide.

1. Étude cinétique

On étudie expérimentalement la cinétique de formation de ce précipité. Pour cela, on réalise des mélanges de solutions de thiosulfate de sodium, d'acide chlorhydrique et d'eau. Les mélanges sont effectués dans des béchers identiques.



Lors de la formation du soufre solide, le mélange devient trouble. On mesure la durée Δt nécessaire pour qu'un observateur, regardant le bécher de face, ne distingue plus un motif dessiné à l'arrière du bécher.

Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous. V_1 est le volume de solution de thiosulfate

de sodium versé, V_2 celui d'acide chlorhydrique et V_3 celui d'eau distillée ajoutée.

	Première série		
V_1 (mL)	45	60	75
V_2 (mL)	15	15	15
V_3 (mL)	30	15	0
Δt (s)	120	90	66

	Seconde série			
V_1 (mL)	30	30	30	30
V_2 (mL)	15	30	45	60
V_3 (mL)	45	30	15	0
Δt (s)	176	152	140	130

1.1. Écrire les demi-équations pour chacun des deux couples, puis l'équation de la réaction envisagée. Justifier le fait que la réaction nécessite un milieu acide.

1.2. Quels instruments utiliser pour prélever les volumes nécessaires à la préparation d'un des mélanges ? Détailler le protocole.

1.3. Pourquoi a-t-on ajouté un volume V_3 d'eau ?

1.4. Justifier soigneusement la méthode employée pour comparer les durées d'évolution des systèmes.

1.5. Que peut-on déduire, qualitativement, de la première série de mesures ?

1.6. Même question pour la seconde série de mesures.

1.7. Que dire des opacités des différents béchers en fin de réaction, après un temps très long ? Justifier.

1.8. Comment aurait-on pu diminuer la durée d'évolution du système sans modifier sa composition initiale ?

2. Vérification par dosage

Afin de vérifier les résultats précédents, on recommence les expériences précédentes, chaque mélange étant effectué à l'instant $t = 0$ de déclenchement du chronomètre. Au bout d'un temps déterminé, on prélève 10,0 mL du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher d'eau glacée. On titre alors le contenu du bécher par une solution d'eau iodée $I_{2(aq)}$ afin de déterminer la quantité d'ions thiosulfate restants dans chaque prélèvement.

Donnée : couple (I_2/I^-).

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage. Quelles caractéristiques doit avoir une telle réaction, pour que le dosage soit un succès ?
- 2.2. Définir l'équivalence d'un titrage.
- 2.3. Avec quelle verrerie effectuer le prélèvement de 10,0 mL ? Justifier.
- 2.4. Quelle est l'utilité de verser le prélèvement de 10,0 mL dans un bécher d'eau glacée ? La dilution ainsi provoquée va-t-elle modifier les résultats du dosage ?

2. Vérification par dosage

Afin de vérifier les résultats précédents, on recommence les expériences précédentes, chaque mélange étant effectué à l'instant $t = 0$ de déclenchement du chronomètre. Au bout d'un temps déterminé, on prélève 10,0 mL du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher d'eau glacée. On titre alors le contenu du bécher par une solution d'eau iodée $I_{2(aq)}$ afin de déterminer la quantité d'ions thiosulfate restants dans chaque prélèvement.

Donnée : couple (I_2/I^-).

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage. Quelles caractéristiques doit avoir une telle réaction, pour que le dosage soit un succès ?
- 2.2. Définir l'équivalence d'un titrage.
- 2.3. Avec quelle verrerie effectuer le prélèvement de 10,0 mL ? Justifier.
- 2.4. Quelle est l'utilité de verser le prélèvement de 10,0 mL dans un bécher d'eau glacée ? La dilution ainsi provoquée va-t-elle modifier les résultats du dosage ?

λ	Couleur
400 à 450 nm	violet
450 à 520 nm	bleu
520 à 560 nm	vert
560 à 600 nm	jaune
600 à 625 nm	orange
625 à 700 nm	rouge

Annexe, à rendre avec la copie

Nom : Prénom

	vide	eau	verre
λ (...)			
n		1,33	
v (m.s ⁻¹)	$3,00 \times 10^8$		$2,00 \times 10^8$
ν (Hz)			
Couleur			

λ	Couleur
400 à 450 nm	violet
450 à 520 nm	bleu
520 à 560 nm	vert
560 à 600 nm	jaune
600 à 625 nm	orange
625 à 700 nm	rouge

Annexe, à rendre avec la copie

Nom : Prénom

	vide	eau	verre
λ (...)			
n		1,33	
v (m.s ⁻¹)	$3,00 \times 10^8$		$2,00 \times 10^8$
ν (Hz)			
Couleur			

Exercice I – Nature de la lumière

1. Analyse du texte historique

1.1. Texte concernant HUYGENS

1.1.1. HUYGENS se trompe quant au milieu de propagation de la lumière, qu'il nomme *éther* ; on sait depuis que la lumière est une onde électromagnétique qui n'a pas besoin d'un milieu matériel pour se propager.

1.1.2. Dans la phrase « les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher », HUYGENS illustre le fait que deux ondes peuvent se croiser sans s'influencer — repenser aux expériences avec les ondes sur une corde.

Dans la phrase « la propagation [...] ne saurait être par le transport de matière », HUYGENS indique qu'une onde correspond à la propagation d'une perturbation, sans déplacement net ni transport de matière.

1.2. Texte concernant FRESNEL

1.2.1. La lumière solaire est polychromatique, car elle contient un grand nombre de radiations de longueurs d'ondes différentes.

1.2.2. Le diamètre du fil est le paramètre important dans cette expérience de diffraction. Si on note a ce diamètre, il doit être du même ordre de grandeur (ou mieux, plus petit) que la longueur d'onde λ :

$$a \sim \lambda$$

2. Diffraction

2.1. Dans le triangle rectangle du schéma, on a :

$$\tan \theta = \frac{L}{D}$$

Avec θ petit & exprimé en radians (rad), il vient :

$$\theta \simeq \frac{L}{2D}.$$

2.2. La relation liant le demi-diamètre apparent θ de la tache centrale de diffraction, vue depuis le fil, est :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}. \quad (1)$$

θ est en radians (symbole rad), λ et a en mètres (symbole m).

2.3. La courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ admet une droite d'interpolation moyenne, passant par l'origine, donc prouve la relation de proportionnalité entre θ et $\frac{1}{a}$:

$$\theta = p \times \frac{1}{a} \quad (2)$$

où p est une constante de proportionnalité qui correspond à la pente de la droite d'interpolation moyenne.

L'identité avec la formule (1) de la question précédente est effective.

2.4. En identifiant les deux équations (1) et (2), on constate que la pente p de la droite d'interpolation moyenne correspond à la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée.

2.5. Effectuons une détermination de la pente p , en trouvant les coordonnées du point extrême de la droite :

$$\begin{cases} \theta = 3,0 \times 10^{-2} \text{ rad} \\ \frac{1}{a} = 5,4 \times 10^4 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow p = \frac{\Delta\theta}{\Delta\frac{1}{a}} = \frac{3,0 \times 10^{-2}}{5,4 \times 10^4} = 5,6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Donc la bonne valeur est 560 nm. Insistons sur le fait qu'en divisant des radians par des m^{-1} , on obtient uniquement des mètres, le radian étant une unité d'angle.

2.6. En lumière blanche, on obtient des irisations colorées.

La formule (1) précédente indique une dépendance de l'ouverture angulaire de la première extinction avec la longueur d'onde. Si on travaille en lumière polychromatique, chaque radiation de longueur d'onde particulière va créer une tache centrale de diamètre différent, elle-même entourée de la première frange sombre, repérée par l'angle θ .

L'extinction de certaines radiations permet d'avoir superposition des autres couleurs au point considéré, d'où un résultat coloré. On parle alors de franges irisées, de part et d'autre du centre de la figure de diffraction.

3. Dispersion

3.1. Les caractéristiques invariantes d'une onde sont sa fréquence f (souvent noté ν en optique) et sa période temporelle T .

3.2. L'indice n d'un milieu transparent homogène s'exprime comme le rapport de la célérité c de la lumière dans le vide, sur la vitesse V de la lumière dans le milieu considéré :

$$n = \frac{c}{V}$$

3.3. Un milieu dispersif est un milieu pour lequel la vitesse V de propagation de l'onde dépend de la fréquence ν de l'onde. On résume cela par $V = V(\nu)$, qui indique la dépendance de la fonction donnant V en la variable ν .

Tous les milieux sont plus ou moins dispersifs. Seul le vide est parfaitement non dispersif : $c = \text{constante}$.

Par suite, on peut écrire :

$$n = \frac{c}{V(\nu)} \Rightarrow n = n(\nu)$$

ce qui démontre que l'indice n d'un milieu transparent dépend de la fréquence ν de la radiation qui le traverse.

3.4. On voit que, d'après la loi de Descartes, l'angle de réfraction i_2 d'un rayon va dépendre de l'angle d'incidence i_1 sur la surface de séparation air-verre, et de l'indice n_v du verre.

Or ce dernier indice dépend de la fréquence ν de l'onde lumineuse ; donc l'angle de réfraction va dépendre de la fréquence ν . Le faisceau de lumière va être décomposé, les différentes radiations monochromatiques n'ayant pas les mêmes angles de réfraction.

Il faut ajouter à cela que la forme en dièdre du prisme, et l'existence de deux changements de milieu (air-verre puis verre-air), accentue la déviation des différentes composantes du faisceau.

4. Changements de milieu de propagation

Par commodité on note $\lambda_0 = 560 \text{ nm}$ la longueur d'onde dans le vide ; dans un milieu d'indice n , la longueur d'onde vaut :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Donc la longueur d'onde dans l'eau vaut (deuxième ligne, troisième colonne) :

$$\lambda = \frac{560}{1,33} = 421 \text{ nm}$$

Le vide a par définition un indice $n = 1$ (troisième ligne, deuxième colonne). Le verre a un indice qui vaut :

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{2,00 \cdot 10^8} = 1,50$$

Donc la longueur d'onde dans le verre vaut (deuxième ligne, quatrième colonne) :

$$\lambda = \frac{560}{1,50} = 373 \text{ nm}$$

La célérité de la lumière dans l'eau est donnée par :

$$n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow v = \frac{c}{n},$$

donc (quatrième ligne, troisième colonne) :

$$v = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1,33} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Reste la ligne des fréquences ν . La fréquence est liée à la longueur d'onde par les relations :

$$\lambda_0 = cT = \frac{c}{\nu} \quad \text{et} \quad \lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

Ces deux relations sont équivalentes, la fréquence étant une caractéristique de l'onde, indépendante du milieu dans lequel elle se propage. Par exemple, dans le vide :

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} \Leftrightarrow n = \frac{c}{\lambda_0}$$

Application numérique (toute la cinquième ligne) :

$$\nu = \frac{3,00 \cdot 10^{-8}}{560 \cdot 10^{-9}} = 5,36 \cdot 10^{-14} \text{ Hz}$$

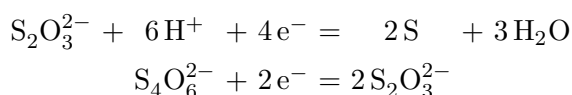
La couleur est aussi une caractéristique de l'onde, indépendante du milieu. $\lambda_0 = 560 \text{ nm}$ correspond à l'orange (toute la sixième ligne).

	vide	eau	verre
λ (nm)	560	421	373
n	1	1,33	1,50
v (m.s ⁻¹)	$3,00 \times 10^8$	$2,25 \times 10^8$	$2,00 \times 10^8$
ν (Hz)	$5,36 \cdot 10^{-14}$		
Couleur	Vert ou jaune		

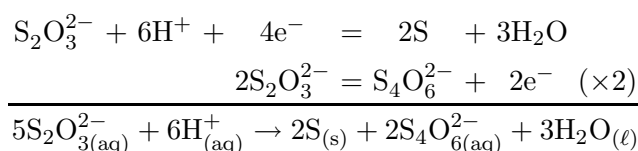
Exercice II – Formation du soufre

1. Étude cinétique

1.1. Demi-équations :



Équation de la réaction de dismutation :



La réaction consomme six protons hydratés (*nota bene* : dans l'eau, H^+ n'existe pas, et est entière-

ment sous forme d'ion oxonium H_3O^+). La réaction nécessite donc bien un milieu acide.

- 1.2.** Les volumes à prélever, donnés au millilitre dans le texte, n'ont pas à être très précis. Les prélèvements peuvent être réalisés à l'aide d'éprouvettes graduées. Il faut disposer d'une éprouvette graduée de 100 mL pour les solutions n°1 de thiosulfate de sodium et n°2 d'acide chlorhydrique, et d'une éprouvette graduée de 50 mL pour l'eau. Trois béchers peuvent faciliter les prélèvements, en plus des trois béchers marqués d'une croix dont il est question dans l'énoncé.

Le protocole est le suivant :

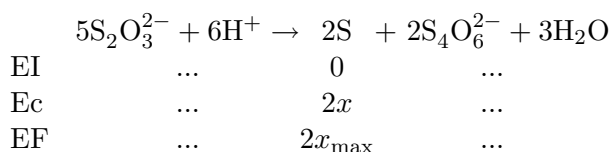
- verser un volume de quelques centaines de millilitres de chacune des solutions, dans chacun des trois béchers ;
- effectuer les prélèvements à l'aide des éprouvettes graduées, en respectant les volumes indiqués dans une colonne particulière des tableaux, correspondant à un mélange ;
- à l'instant initial, mélanger les trois solutions tout en déclenchant le chronomètre.

- 1.3.** Le volume V_3 d'eau a été ajouté afin d'obtenir des séries de solutions de mêmes volumes :

$$\begin{array}{l} \text{Série n}^\circ 1 \\ \text{Série n}^\circ 2 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} V = 45 + 15 + 30 = 90 \text{ mL} \\ V = 60 + 15 + 15 = 90 \text{ mL} \\ V = 75 + 15 + 0 = 90 \text{ mL} \\ \\ V = 30 + 15 + 45 = 90 \text{ mL} \\ V = 30 + 30 + 30 = 90 \text{ mL} \\ V = 30 + 45 + 15 = 90 \text{ mL} \\ V = 30 + 60 + 0 = 90 \text{ mL} \end{array} \right.$$

Ainsi, au sein d'une même série, la solution dont le volume ne change pas d'un mélange à l'autre (n°2 dans la première série, n°1 dans la seconde série) voit sa concentration (facteur cinétique) rester constante. La constance d'une concentration parmi les deux réactifs n°1 et n°2 permet de pouvoir interpréter facilement les résultats.

- 1.4.** L'opacité d'une solution est directement reliée à la concentration de soufre $\text{S}_{(s)}$. Les mélanges ayant tous même volume, le lien entre concentration et quantité de matière est le même dans les sept cas. Donc l'opacité est reliée à la quantité de soufre apparue, deux fois l'avancement de la réaction de dismutation du thiosulfate de sodium :



La disparition de la croix a donc lieu pour une quantité fixe, un avancement identique, de la réaction. La rapidité avec laquelle chaque mélange va atteindre ce même point d'avancement constitue donc une mesure quantitative de la cinétique d'une réaction.

- 1.5.** Pour la première série de mesure, la concentration en ions thiosulfate augmente d'un mélange à l'autre. On constate une diminution de la durée Δt . On en déduit que cette concentration est un facteur cinétique.

- 1.6.** Pour la seconde série de mesure, la concentration en solution d'acide chlorhydrique $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, c'est-à-dire en ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, augmente d'un mélange à l'autre. Cette concentration est aussi un facteur cinétique.

Remarque : le premier mélange de la seconde série peut être aussi classé dans la première série, et confirme les conclusions déjà énoncées.

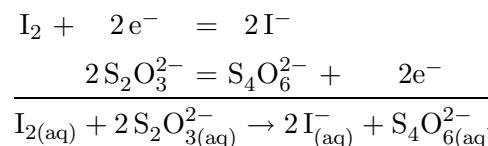
- 1.7.** Pour la première série, sous réserve que les ions oxonium ne soient pas le réactif limitant, les opacités vont augmenter d'un mélange à l'autre (quantités croissantes d'ions thiosulfate se dismutant en soufre).

Pour la seconde série, toujours sous réserve que les ions oxonium ne soient pas le réactif limitant, les opacités des quatre mélanges seront identiques (quantités égales d'ions thiosulfate).

- 1.8.** Il suffit de chauffer : facteur cinétique température.

2. Vérification par dosage

- 2.1.** La réaction de dosage fait intervenir un oxydant, le diiode I_2 , qui consomme le thiosulfate, qui doit donc jouer le rôle de réducteur. Ceci justifie le choix de $(\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ pour le second couple :



Ce dosage doit être rapide, total, unique, avec une équivalence facile à repérer.

- 2.2.** L'équivalence d'un dosage est le point auquel les réactifs titrant et titré ont été introduits en quantités stœchiométriques :

$$n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$$

- 2.3.** Le prélèvement de 10,0 mL doit être effectué à la pipette jaugée de 10,0 mL, afin de garantir une précision au dixième de millilitre.

- 2.4.** Il s'agit d'une trempe : refroidissement brutal du mélange réactionnel (facteur cinétique température), dilution brutale (facteur cinétique concentration), qui a pour conséquence un fort ralentissement de la réaction lente étudiée. On peut alors prendre quelques instants pour doser le mélange, sans craindre qu'il évolue significativement pendant le dosage.

Le dosage permet de déterminer une quantité de matière inconnue, ici $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$; une dilution est sans effet sur le résultat.

Exercice I – Lumière

.../25

- HUYGENS : pas de milieu matériel
- FRESNEL : principe de superposition
- FRESNEL : pas de propagation de matière
- Polychromatique
- Oui, $a \sim \lambda$
- $\theta \simeq L/2D$, démontrée
- $\theta = \lambda/a$
- θ en radians, λ et a en mètres
- Droite donc proportionnalité entre θ et $1/a$, en accord
- $\lambda =$ pente de la droite précédente
- Détermination graphique 560 nm + point extrême (précision)
- Franges irisées
- $\theta = f(\lambda)$ donc superposition de figures de diffraction
- Fréquence ν et période T sont invariants
- $n = c/V$ + phrase ou unités (au choix !)
- Définition milieu dispersif
- Oui, l'indice dépend de la fréquence : $n = n(\nu)$ ou explications
- Dispersion prisme : angle réfraction qui dépend de ν
- Dispersion prisme : angle réfraction qui dépend de n_{verre}
- $\lambda = \lambda_0/n$ ou équivalent
- $\lambda_0 = c/\nu$ ou équivalent
- Toutes applications numériques montrées
- 4 cases du tableau OK
- 4 cases du tableau OK
- 4 cases du tableau OK

Exercice II – Soufre

.../25

- Demi-équation $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$
- Demi-équation $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
- Équation $5\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{S} + 2\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$
- Milieu acide puisque consommation de H^+
- Éprouvettes graduées...
- ... de 100 mL pour V_1 et V_2 , et 50 mL pour V_3
- Protocole complet pour un mélange
- Volume constant donc seule une des deux concentrations change
- Opacité liée à la concentration en soufre $\text{S}_{(\text{s})}$
- Mêmes volumes donc opacité liée à la quantité de soufre $\text{S}_{(\text{s})}$
- Donc opacité liée à l'avancement x de la réaction
- Comparaison \hat{m} avancement $x_{\text{opaque}} =$ critère cinétique quantitatif
- Série n°1 : concentration $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ facteur cinétique
- Série n°2 : concentration $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ facteur cinétique
- Série n°1 : opacités augmentant car $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \nearrow$
- Série n°2 : opacités identiques car $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = \text{cte}$
- Chauffer : facteur cinétique température
- Demi-équations $\text{I}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{I}^-$
- Équation $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
- Rapide, totale, univoque, équivalence facile à repérer
- Équivalence = quantités stœchiométriques
- $n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2}n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$ (bonus !)
- Pipette jaugée de 10,0 mL
- Trempe
- Facteurs cinétiques température + concentration, expliqués
- Dilution sans effet, expliqué

Total

.../50

Note

.../20