

**BACCALAURÉAT BLANC
LYCEE CHARLEMAGNE – THIONVILLE (57)**

SESSION DECEMBRE 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30.** – COEFFICIENT : **6 ou 8**

Ce sujet comporte UN exercice de CHIMIE et DEUX exercices de PHYSIQUE.

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ.

VOUS UTILISEREZ 1 COPIE PAR EXERCICE.

ATTENTION !

Les élèves n'ayant pas choisi spécialité sciences physiques traiteront les exercices I, II, et III.

Les élèves ayant choisi spécialité sciences physiques traiteront les exercices I, III et IV.

- I. Radioactivité dans la famille de l'uranium (6 points).
- II. La lumière : une onde (5 points). **NE DOIT PAS ETRE TRAITÉ PAR CEUX QUI ONT CHOISI SPECIALITE PHYSIQUE-CHIMIE.**
- III. Equilibre de complexation (9 points).
- IV. Sujet de SPECIALITE à la place de l'exercice II : optique (5 points).

I. Radioactivité dans la famille de l'uranium (6 points)

Données valables pour tout l'exercice :

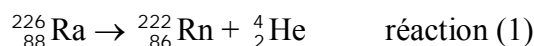
Unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1,660 54 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E(u) = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Megaélectronvolt	$1 \text{ MeV} = 1 \cdot 10^6 \text{ eV}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$	${}_{-1}^0\text{e}^-$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007	$5,49 \cdot 10^{-4}$

A. Désintégration du radium

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante.

Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante :



1. Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration ?
Justifier votre réponse.
2. Défaut de masse
 - a) Donner l'expression littérale du défaut de masse $\Delta m(X)$ d'un noyau de symbole ${}^A_Z\text{X}$ et de masse $m(X)$.
 - b) Calculer le défaut de masse du noyau de radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ en unité de masse atomique u.
3. Écrire la relation d'équivalence masse-énergie et préciser les unités.
4. Le défaut de masse $\Delta m(\text{Rn})$ du noyau de radon Rn vaut $3,04 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.
 - a) Définir l'énergie de liaison $E_l(X)$ d'un noyau X et donner son expression littérale.
 - b) Calculer, en joule, l'énergie de liaison $E_l(\text{Rn})$ du noyau de radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$.
 - c) Vérifier que cette énergie de liaison vaut $1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$ en détaillant le calcul.
 - d) En déduire l'énergie de liaison par nucléon $E_l(\text{Rn})/A$ du noyau de radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ en MeV par nucléon.
5. Bilan énergétique
 - a) Établir littéralement la variation d'énergie ΔE de la réaction (1) en fonction de $m(\text{Ra})$, $m(\text{Rn})$ et $m(\text{He})$ masses respectives des noyaux de radium, de radon et d'hélium.
 - b) Exprimer ΔE en joule puis en MeV.

B. Fission de l'uranium 235

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes ${}^{238}_{92}\text{U}$ et ${}^{235}_{92}\text{U}$

Dans une centrale nucléaire « à neutrons lents », le combustible est de l'uranium « enrichi ».

Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, un grand nombre de réactions sont possibles.

Parmi celles-ci, il y en a une qui donne les noyaux de zirconium et de tellure, dont les symboles des noyaux sont ${}_{40}^{99}\text{Zr}$ et ${}_{52}^{134}\text{Te}$.

1. Définir le terme « isotope ».
2. Intérêt énergétique de la fission
 - a) Donner la définition de la fission.
 - b) Écrire la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 bombardé par un neutron, conduisant à la formations de Zr , de Te et à plusieurs neutrons.
 - c) Les noyaux U, Zr et Te sont placés sur la courbe d'Aston (voir feuille annexe à rendre avec la copie). À partir de cette courbe, déterminer de manière approchée l'énergie associée à l'équation de la réaction de fission..

C. Désintégration du noyau Zr

Le noyau Zr issu de la fission du noyau d'uranium est instable. Il se désintègre au cours d'une désintégration β^- en donnant le noyau de niobium Nb.

1. Donner la définition de la radioactivité β^-
2. Écrire l'équation de désintégration du noyau Zr sachant que le noyau fils est obtenu dans un état excité.

II. LA LUMIÈRE : UNE ONDE (5 points).

LES ELEVES AYANT CHOISI L'ENSEIGNEMENT DE SPECIALITE NE TRAITERONT PAS CET EXERCICE MAIS L'EXERCICE IV.

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière. Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

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^① et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés ^②, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher^③ »
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être^④ 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 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

A. Questions à propos du document encadré

1. Texte concernant Huyghens

- Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?
- Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

2. Texte concernant Fresnel

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

Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ? Justifiez la réponse en faisant référence à un fait expérimental ou naturel bien connu.

- 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.

B. Diffraction

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . A 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 (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue du dessus)

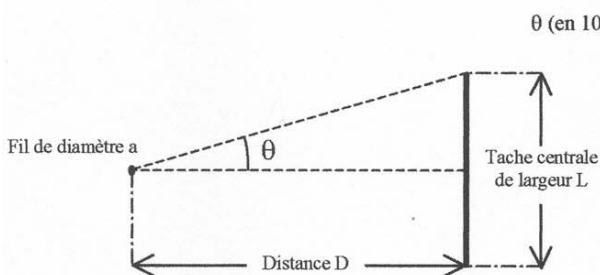
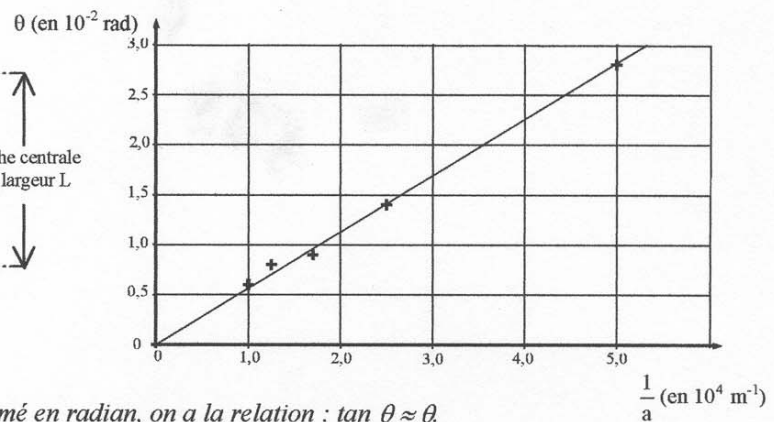


Figure 2



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

- Donner la relation entre L et D qui permet de calculer θ pour chacun des fils.
- Donner la relation liant θ à λ et a . Préciser les unités de θ , λ et a .
- 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 θ donnée à la question 2.
 - Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?
 - En utilisant la figure 2, 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.

C. Dispersion

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

1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?
2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation monochromatique donnée. Préciser les noms et les unités des grandeurs qui interviennent.
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 ? Justifier.
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 :

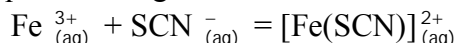
$$\sin(i_1) = n_v \cdot \sin(i_2)$$

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

III. Équilibre de complexation (9 points)

On se propose d'étudier une réaction de formation de l'ion thiocyanatoferrate (III) de formule $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ et de couleur rouge.

En solution aqueuse, des ions ferriques Fe^{3+} réagissent avec des ions thiocyanate SCN^- selon l'équation :



Et notée, plus simplement : $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} + \text{SCN}_{(\text{aq})}^- = \text{X}_{(\text{aq})}^{2+}$ (équation 1)

où $\text{X}_{(\text{aq})}^{2+}$ désigne l'ion $[\text{Fe}(\text{SCN})]_{(\text{aq})}^{2+}$

Dans tout l'exercice on choisira l'indice « i » pour l'état initial du système, l'indice « éq » pour l'état d'équilibre du système et « max » dans l'état d'avancement maximal.

1. Écrire l'expression du quotient de réaction Q_r de la réaction de formation de ce complexe en fonction des concentrations des diverses espèces chimiques concernées.

2. A un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse à la concentration $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions ferriques $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$ on ajoute un même volume V_1 d'une solution aqueuse d'ions thiocyanate $\text{SCN}_{(\text{aq})}^-$ à la même concentration C_1 .

On obtient le mélange (1) de volume total $V = 2 V_1$.

a) Calculer les concentrations initiales $[\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}]_i$, $[\text{SCN}_{(\text{aq})}^-]_i$ et $[\text{X}_{(\text{aq})}^{2+}]_i$ des ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$, $\text{SCN}_{(\text{aq})}^-$ et $\text{X}_{(\text{aq})}^{2+}$ dans le mélange (1).

b) Calculer la valeur du quotient de réaction à l'état initial $Q_{r,i}$.

3. On donne le tableau d'avancement (voir feuille annexe).

Dans ce tableau d'évolution du système n_i désigne les quantités de matière initialement introduites en $\text{Fe}_{(aq)}^{3+}$ et en $\text{SCN}_{(aq)}^-$, $x_{\text{éq}}$ est l'avancement de la réaction dans l'état d'équilibre.

a) Compléter les 7 cases vides de ce tableau.

b) Exprimer $[\text{Fe}_{(aq)}^{3+}]_{\text{éq}}$, $[\text{SCN}_{(aq)}^-]_{\text{éq}}$, et $[\text{X}_{(aq)}^{2+}]_{\text{éq}}$ (concentration de l'ion complexe à l'équilibre) en fonction de n_i , $x_{\text{éq}}$ et V .

c) Calculer l'avancement maximal de cette réaction.

4. Suite à cette expérience, on détermine la concentration de l'ion complexe de couleur rouge dans le mélange à l'équilibre par une méthode spectrophotométrique.

On obtient $[\text{X}_{(aq)}^{2+}]_{\text{éq}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

a) A l'aide du tableau fourni en annexe indiquez dans quelle gamme de longueur d'onde on doit régler le spectrophotomètre. Justifiez votre réponse.

b) Quelle est la grandeur mesurée par le spectrophotomètre qui permet la détermination de la concentration de l'espèce chimique colorée ?

c) Calculer l'avancement $x_{\text{éq}}$.

d) En déduire la valeur du taux d'avancement final (à l'équilibre) de la réaction. Que peut-on en déduire quant à la nature de la transformation ? Pourquoi ?

5. Montrer qu'à l'équilibre on a $[\text{Fe}_{(aq)}^{3+}]_{\text{éq}} = [\text{SCN}_{(aq)}^-]_{\text{éq}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

En déduire la valeur de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction (1).

6. Au mélange (1) dans lequel le système chimique est à l'équilibre, on ajoute $6,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ d'hydroxyde de sodium (soude) au mélange. On admettra que le volume reste $V = 20,0 \text{ mL}$.

Les ions Fe^{3+} restant, réagissent avec les ions hydroxyde HO^- selon la réaction d'équation :



On considèrera la transformation totale et instantanée.

a) Quel est le réactif limitant ?

b) Déterminer alors la quantité de matière et la concentration du réactif en excès restant en solution dans l'état final de cette transformation totale.

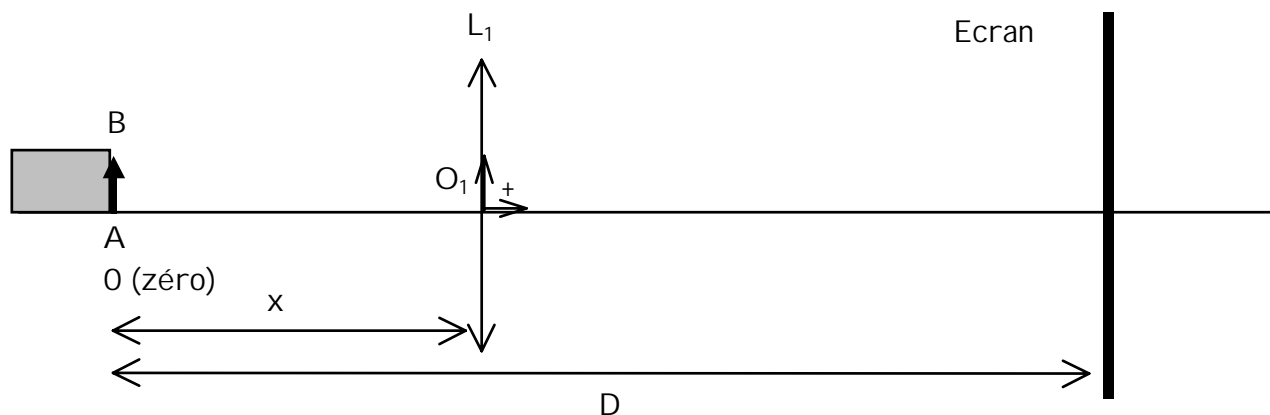
IV. Optique (enseignement de spécialité) 5 points

A. Etude d'une lentille convergente L_1 .

On dispose d'un banc d'optique sur lequel la source lumineuse éclaire une lettre-objet AB de hauteur $h = \overline{AB} = 2,0$ cm placée sur la graduation 0 (zéro) de celui-ci. Un écran est placé à la distance $D > 0$ de la lettre-source.

L'image A'B' est nette sur l'écran quand la lentille, de distance focale image notée $f > 0$, est située à la distance $x > 0$ repérée sur le banc (x est comptée à partir de la lettre-source).

Le diamètre de la lentille est de 4,0 cm.



1. Relation générale.

- Rappeler la relation de conjugaison des lentilles minces.
- Exprimer $\overline{O_1A}$ et $\overline{O_1A'}$ en fonction de x et D . (on rappelle que x et D sont des grandeurs positives).
- Montrer qu'on a : $x^2 - x.D + f . D = 0$
- En utilisant la relation précédente montrer quelle condition doit remplir D par rapport à f pour qu'on puisse observer une image nette sur l'écran ?
- On mesure $x = 6,0$ cm et $D = 18,0$ cm.
Calculer la distance focale (image) f de la lentille et sa vergence c .
- Faire une construction soignée de l'image à l'échelle 1.
- Calculer la taille de l'image.

2. Position particulière.

Pour une position particulière de l'écran ($D = 16,0$ cm) on observe que l'image est renversée et de même taille que l'objet.

- Quelle relation existe-t-il entre D et f dans ce cas particulier ? On pourra raisonner par construction graphique ou par calcul.
- Sur une construction à l'échelle 1, construire le faisceau issu de A qui s'appuie sur les bords de la lentille pour cette position particulière.

B. Etude d'une lentille convergente L_2 .

Sur le banc précédent on remplace la lentille L_1 par une autre lentille convergente L_2 et on relève différentes valeurs pour x et pour D . On obtient le tableau de mesures page suivante :

- Compléter les lignes qui correspondent à $\overline{O_2A}$ et à $\overline{O_2A'}$ et pour chaque mesure calculer $\frac{1}{\overline{O_2A}}$ et $\frac{1}{\overline{O_2A'}}$.
- Tracer la courbe représentative de $\frac{1}{\overline{O_2A'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{O_2A}}$.
- En déduire la distance focale de la lentille L_2 .

x (m)	0,250	0,400	0,500	0,750	1,000	1,200
D (m)	1,250	0,800	0,833	1,023	1,250	1,440
$\overline{O_2A}$ (m)						
$\overline{O_2A'}$ (m)						
$\frac{1}{\overline{O_2A}}$						
$\frac{1}{\overline{O_2A'}}$						

Vous pouvez découper et coller ce tableau sur la copie.

C. Simulation d'un microscope.

Sur le banc on place successivement :

- Un objet de petites dimensions sur la source lumineuse (feuille translucide ou sont imprimés de très petits caractères) à la graduation 0 du banc.
- Une lentille L_1 de distance focale $f_1 = 4,0$ cm à la distance 5,0 cm de l'objet.
- Une lentille L_2 de distance focale $f_2 = 20,0$ cm à 40,0 cm de L_1 soit à 45,0 cm de la graduation 0.

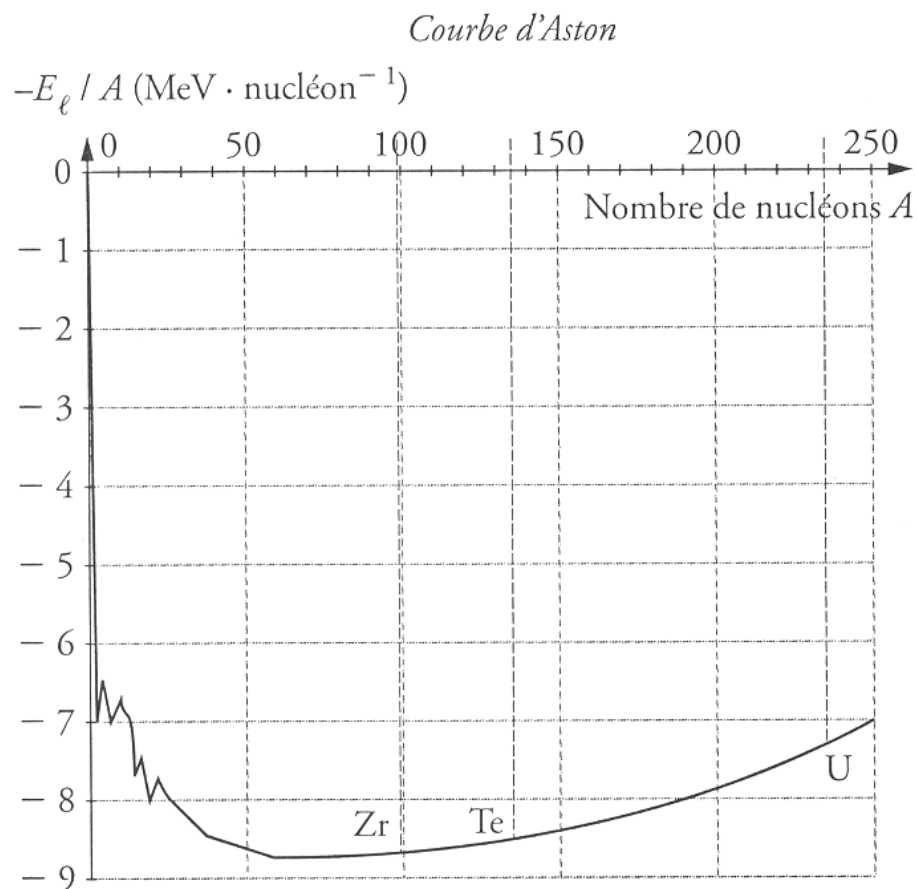
L'objet sera noté AB. L'image de AB à travers L_1 sera noté A_1B_1 et l'image définitive sera notée $A'B'$.

1. Par le calcul montrer que A_1B_1 se forme dans le plan focal objet de L_2 .
2. Si l'objet AB mesure 1,0 mm quelle est la taille de A_1B_1 ?
3. D'après ce qui précède, où se forme l'image définitive ?
4. Sous quel angle (en radian) peut-on l'observer ?

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.

NOM : _____ PRENOM : _____ CLASSE : _____

Exercice I.



Exercice III.

Quantités de matière (mol)	Avancement t x	$\text{Fe}_{(aq)}^{3+} + \text{SCN}_{(aq)}^- = \text{X}_{(aq)}^{2+}$		
Etat initial	0	n_i	n_i	
Etat d'équilibre	$X_{\text{éq}}$			
Etat du système à l'avancement maximum	X_{max}			

Tableau des longueurs d'onde dans le vide (ou l'air) des radiations lumineuses visibles.

λ (nm)	Couleurs absorbées	Couleurs complémentaires
400 - 420	violet	jaune-verdâtre
420 - 445	bleu violet	jaune
445 - 490	bleu	orange
490 - 510	cyan	rouge
510 - 530	vert	magenta
530 - 545	vert-jaune	violet
545 - 580	jaune	bleu violet
580 - 630	orange	bleu
630 - 720	rouge	cyan
720 - 800	magenta	vert