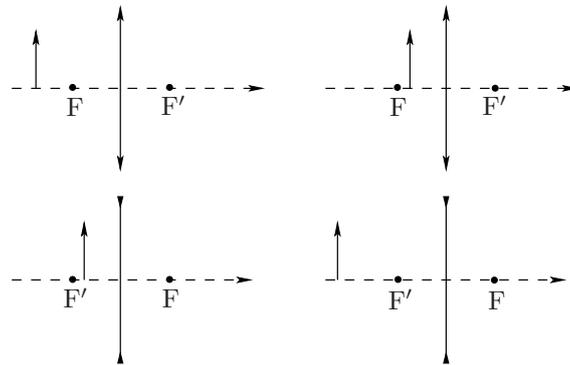


Devoir Surveillé n°2

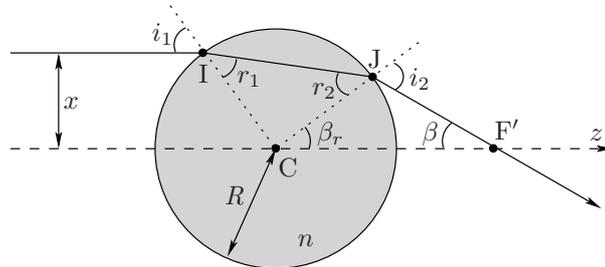
I Microscope de Van Leeuwenhoek

Le premier microscope de Van Leeuwenhoek, était rudimentaire et reposait sur l'utilisation d'une seule lentille boule. Après polissage d'une goutte de silice fondue, Van Leeuwenhoek, obtint des lentilles boule de rayon $R = 0,60 \text{ mm}$ de centre C . L'indice optique de la silice sera noté n , les foyers objet et image de la lentille sont respectivement notés F et F' .

1. À partir d'un schéma, montrer qu'une lentille boule est assimilable à une lentille convergente.
2. En reproduisant les figures ci-dessous, montrer que seule une lentille convergente permet d'obtenir un grandissement supérieur à 1 (en valeur absolue) lorsque l'objet est réel.



Sur la figure ci-dessous on a représenté la trajectoire d'un rayon lumineux initialement parallèle à l'axe optique (Cz) se propageant dans une lentille boule d'indice optique n placée dans l'air d'indice unitaire. Les rayons incidents et émergents se coupent dans un plan passant par C , perpendiculaire à l'axe (Cz).



L'étude sera menée dans l'approximation des petits angles : tous les angles sont très petits devant 1 et on peut approximer les fonctions suivantes :

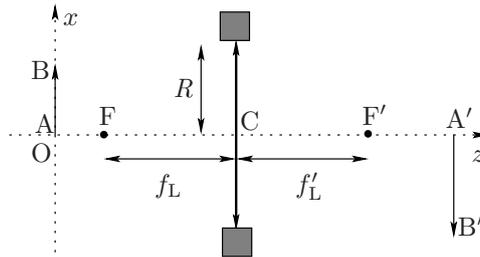
$$\sin \theta \simeq \theta, \quad \cos \theta \simeq 1 \quad \tan \theta \simeq \theta$$

Les angles formés entre les rayons lumineux et les normales aux dioptries sont notés i_1 , au point I en entrée de la lentille et i_2 à l'extérieur de la lentille au point J , en sortie. De même, les angles intérieurs seront notés r_1 et r_2 . L'angle $\widehat{F' C J}$ est noté β_r et l'angle de déviation $\widehat{C F J}$ sera noté β .

3. Déterminer la relation entre i_1 et i_2 .
4. En utilisant l'approximation des petits angles, exprimer i_1 en fonction de x et R .
5. De même, exprimer β_r en fonction de i_1 et n , puis en fonction de x , R et n .
6. Exprimer β en fonction de i_1 et β_r puis de x , R et n .
7. En déduire la distance focale f'_L définie comme la distance CF' sur la figure en fonction de n et R (on utilisera à nouveau l'approximation des petits angles). Estimer enfin numériquement f'_L en prenant $n = 1,5$.

Dans toute la suite, (Ox) désigne la direction transverse à l'axe optique contenant l'objet étudié. On limite l'étude au plan (Ox, Oz) et on prendra $f'_L = 1,0 \text{ mm}$. On utilise à présent un modèle de lentille mince équivalente à la lentille boule, possédant la même distance focale f'_L et le même rayon R . Celle-ci est représentée sur la

figure ci-dessous. Une des normes actuelles est d'imposer une distance $\ell = 195$ mm sur l'axe optique entre un objet et son image à travers l'objectif.



8. Déterminer l'expression de \overline{CA} en fonction de ℓ et f'_L pour que le grandissement transversal γ du microscope soit supérieur à 1 en valeur absolue dans l'approximation de Gauss.
9. Dans la limite $\ell \gg f'_L$, déterminer l'expression simplifiée du grandissement γ . En déduire sa valeur numérique. On utilisera la formule suivante valable pour $\varepsilon \ll 1$:

$$\sqrt{1 + \varepsilon} \simeq 1 + \frac{\varepsilon}{2}$$

II Système réfracteur : la lunette de Galilée

Une lunette de Galilée comprend :

- Un objectif assimilable à une lentille mince (\mathcal{L}_1), de centre O_1 et de vergence $V_1 = 5\delta$;
- Un oculaire assimilable à une lentille mince (\mathcal{L}_2), de centre O_2 et de vergence $V_2 = -20\delta$.

1. Déterminer la nature et les valeurs des distances focales images f'_1 et f'_2 des lentilles.
2. La lunette est du type afocal (elle fait l'image à l'infini d'un objet à l'infini) :
 - (a) Préciser alors la position relative des deux lentilles, la valeur de la distance $d = \overline{O_1O_2}$ et l'intérêt d'une lunette afocale.
 - (b) Dessiner, dans les conditions de Gauss, la marche d'un rayon lumineux incident, issu d'un point objet à l'infini, faisant θ avec l'axe optique et émergent sous l'angle θ' .
 - (c) En déduire le grossissement de cette lunette en fonction des angles θ et θ' , puis des distances focales f'_1 et f'_2 . Valeur du grossissement ? On rappelle que le grossissement est le rapport θ'/θ .

Un astronome amateur utilise cette lunette, normalement adaptée à la vision d'objets terrestres, pour observer deux cratères lunaires : Copernic (diamètre : 96 km) et Clavius (diamètre : 240 km). On rappelle que la distance Terre-Lune est de 380 000 km.

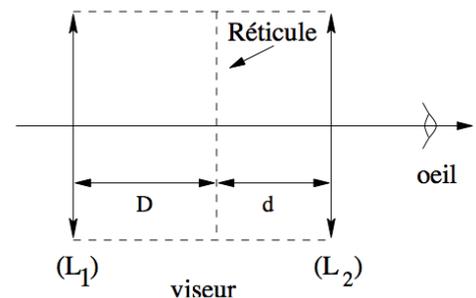
3. Rappeler l'ordre de grandeur du pouvoir séparateur de l'œil.
4. L'astronome voit-il ces deux cratères lunaires : À l'œil nu ? À l'aide de cette lunette ? Justifier vos réponses.

Aides numériques : $1,2/3,8 \simeq 0,32$, $4,8/3,8 \simeq 1,3$, $\pi/180 = 1,7 \times 10^{-2}$.

III Viseur (d'après CCP)

Un viseur à frontale fixe est constitué :

- D'un objectif, constitué d'une lentille mince (L_1) convergente de centre O_1 et de distance focale image, $f'_1 = 7,0$ cm.
- D'un réticule (objet en forme de croix) distant d'une distance $D = 14$ cm de l'objectif.
- D'un oculaire constitué d'une lentille mince (L_2) convergente de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = 3,0$ cm, située à la distance d du réticule.



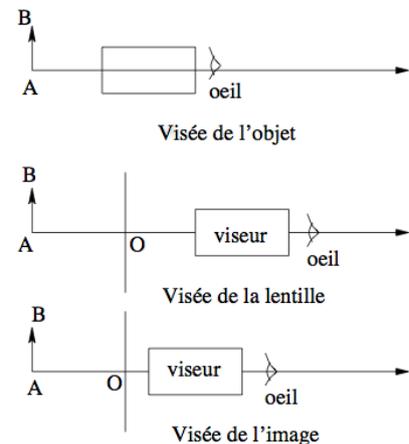
1. Un œil emmétrope voit sans accommodation à l'infini. En déduire la distance d pour que l'œil puisse voir le réticule sans accommoder (on ne prendra pas en compte la valeur algébrique).

2. Un œil myope est modélisante par une lentille (L_0) convergente dont le centre optique O est placé à $\delta = 15$ mm de la rétine, modélisée par un écran. Sa faculté d'accommodation lui permet d'adapter sa focale: il obtient une image nette lorsque l'objet est situé à une distance comprise entre $d_1 = 12$ cm (punctum proximum) et $d_2 = 1,2$ m (punctum remotum) de (L_0).
 - (a) Quelle doit être la valeur de la focale image f'_0 de (L_0) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet situé à une distance $\delta_1 = 12$ cm (punctum proximum) devant l'œil ?
 - (b) Quelle doit être la valeur de la focale image f'_0 de (L_0) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet situé à une distance $\delta_1 = 1,2$ m (punctum remotum) devant l'œil ?
3. On accole l'œil myope à l'oculaire. On admettra que l'œil accommode à son punctum remotum, c'est-à-dire que l'œil ne voit net que si l'image est au punctum remotum.
 - (a) Où doit se trouver l'image définitive à la sortie du viseur ?
 - (b) En déduire la nouvelle distance d entre le réticule et l'oculaire.
4. On cherche à voir simultanément l'objet visé et le réticule.
 - (a) Où doit-on placer un objet pour pouvoir le voir à travers le viseur ? On demande l'expression littérale de $\overline{O_1A}$ et l'application numérique.
 - (b) Cette position dépend-elle de la nature de l'œil (« normal » ou myope) ?
 - (c) Justifier le nom de « viseur à frontale fixe ».

Le viseur est utilisé pour mesurer la distance focale d'une lentille L de focale f' inconnue.

La première étape est la visée de l'objet, \overline{AB} . On place ensuite la lentille inconnue après l'objet et on vise le centre O de la lentille. Pour cela, nous devons reculer le viseur de $x_1 = 20$ cm. Pour la visée de l'image $\overline{A'B'}$ à travers la lentille, nous avançons le viseur de $x_2 = 10$ cm (voir figure ci-contre).

5. Préciser les valeurs algébriques \overline{OA} et $\overline{OA'}$.
6. En déduire la distance focale f' de la lentille.



IV Entre le minerai d'uranium et la centrale nucléaire

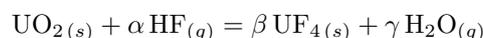
L'uranium extrait des mines, concentré sous forme de "yellow cake", n'est pas utilisable en l'état dans les réacteurs nucléaires de production d'électricité. Pour être utilisé comme combustible, il doit être transformé.

Les opérations de conversion consistent à transformer les concentrés miniers en hexafluorure d'uranium (UF_6) tout en lui donnant la pureté indispensable à la fabrication du combustible nucléaire.

La conversion s'effectue par un procédé de transformation chimique en deux étapes :

- Dans un premier temps, l'uranium est transformé en tétrafluorure d'uranium (UF_4). Le concentré minier est dissous par de l'acide, puis purifié. Après précipitation-calcination, on obtient de la poudre de dioxyde ou de trioxyde d'uranium (UO_2 ou UO_3) qui est ensuite hydrofluorée à l'aide d'acide fluorhydrique HF. Il se transforme ainsi en une substance de couleur verte à l'aspect granuleux, appelée tétrafluorure d'uranium (UF_4).
- Le tétrafluorure d'uranium est ensuite envoyé sur le site nucléaire du Tricastin dans la Drôme, pour y être converti en hexafluorure d'uranium, puis enrichi.

On s'intéresse à la conversion de UO_2 en UF_4 , modélisée par une réaction dont l'équation est :



La constante d'équilibre associée à cette équation vaut $K^\circ = 900$ à $T = 1\,000$ K. Les gaz seront considérés comme parfaits.

- Déterminer la valeur des nombres α , β et γ .
- On mélange à 1000 K, sous une pression maintenue constante et égale à $p = 1,00$ bar, 1,00 mol de $\text{HF}_{(g)}$ et 1,00 mol de $\text{UO}_{2(s)}$. Déterminer si un tel système est à l'équilibre et, sinon, quel est son sens d'évolution prévisible.
- Décrire l'état final du système, si on attend suffisamment longtemps : quantité de matière de chacune des espèces chimiques présentes, pressions partielles dans la phase gazeuse.
- On reprend la même équation mais on mélange initialement 1,00 mol de $\text{HF}_{(g)}$ avec 0,10 mol de $\text{UO}_{2(s)}$ dans les mêmes conditions de température et de pression.
 - En supposant qu'il y ait suffisamment de solide UO_2 pour qu'on atteigne l'équilibre chimique. En déduire l'avancement x_{eq} de la réaction en supposant l'équilibre chimique atteint.
 - La valeur obtenue est-elle un problème ? Si oui, que peut-on dire sur l'équilibre ? En déduire les quantités de matière de chaque élément dans l'état final.

Aides numériques : les solutions de l'équation $484x^2 - 242x + 30 = 0$ sont $x_1 = 0,23$ et $x_2 = 0,27$.

V Détermination de la teneur en ion salicylate dans une crème contre l'acné

L'ion salicylate (abrégé Sal^-) et l'acide salicylique (abrégé SalH) sont des espèces chimiques que l'on retrouve dans les médicaments utilisés pour traiter l'acné en raison de leurs effets purifiants et exfoliants.

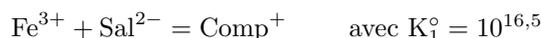
Dans l'expérience qui suit, on souhaite déterminer la quantité d'ion salicylate dans une crème commerciale contre l'acné. La teneur en masse en ion salicylate indiquée sur le flacon commercial est de 1% sans autre indication de précision.

On donne la masse molaire de l'ion salicylate : $M(\text{Sal}^-) = 137,11 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

L'ion salicylate absorbe dans le domaine des ultraviolets et ne peut donc pas être détecté par un spectrophotomètre fonctionnant dans le visible. Lorsqu'il est mis à réagir avec des ions Fe^{3+} , il se forme un complexe fer-salicylate de couleur pourpre, que l'on notera Comp^+ . L'équation de cette réaction, dont toutes les espèces sont des solutés, est :



On note K° la constante d'équilibre de la réaction (R). Dans la littérature on trouve les valeurs des constantes d'équilibre des réactions suivantes :



- Déterminer comment on peut calculer la valeur de la constante K° à partir de celles des constantes K_1° et K_2° .
- On trouve $K^\circ = 10^{2,9}$; en déduire la valeur de K_2° , constante également appelée constante d'acidité du couple $\text{Sal}^-/\text{Sal}^{2-}$.

On réalise le protocole suivant : dans des tubes à essais, numérotés de 1 à 5, on mélange :

- un volume $V_1 = 0,100$ mL, apporté avec une seringue, d'une solution de salicylate de sodium NaSal , de concentration C_1 , variable selon le tube. La solution de NaSal se dissout dans l'eau et apporte les composés Na^+ et Sal^- ;
- un volume $V_2 = 10,0$ mL d'une solution de nitrate ferrique $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ de concentration $C_2 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et contenant un tampon de $\text{pH} = 3,0$. La solution de nitrate ferrique apporte les composés Fe^{3+} et NO_3^- .

On rappelle qu'une solution tampon est une solution contenant un couple acido-basique permettant de réguler le pH. On admettra ainsi que la concentration en ions H^+ est en permanence maintenue constante et égale à $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ dans toutes les solutions de ce problème.

- Dans le tube à essais 1, la concentration C_1 vaut $C_{1,1} = 10,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. En déduire la concentration apportée des solutés suivants après le mélange des deux solutions (et avant que la réaction (R) n'ait lieu) : Sal^- , Na^+ , Fe^{3+} et NO_3^- .

4. Recopier et compléter le tableau d'avancement volumique suivant pour la réaction (R) dans le tube 1, en notant x l'avancement volumique dans l'état final.

	[Sal ⁻]	[Fe ³⁺]	[Comp ⁺]
concentrations apportées			
concentrations état final			x

5. Sans faire aucune hypothèse simplificatrice, établir l'équation à résoudre pour trouver la valeur de x dans l'état final (on ne demande pas de résoudre l'équation).

Bien que l'équation précédente soit soluble analytiquement, il est judicieux de la simplifier en se basant sur les hypothèses suivantes :

- la concentration en ions Fe³⁺ est quasiment la même dans l'état final que dans l'état initial ;
- la concentration en ions salicylate Sal⁻ est négligeable dans l'état final par rapport à sa valeur dans l'état initial (on notera ε cette concentration résiduelle).

6. Expliquer brièvement quelles sont les raisons qui conduisent à formuler chacune de ces hypothèses.
7. Dans le cadre de ces hypothèses, déterminer par un calcul simple la valeur de x , puis vérifier la validité des hypothèses.