

**Feuille 3 : Révisions Optique - Chimie**

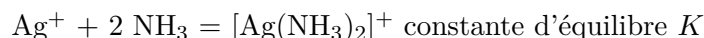
Chapitres à réviser :

- Optique : Lois de l'optique physique - Interférences à deux ondes, trous d'Young - Michelson - Interférences à N ondes.
- Chimie : Oxydoréduction (thermodynamique et cinétique). Cinétique chimique.

**Revoir les questions de cours des thèmes Optique - Chimie (disponibles sur le site de la classe)**

## 1 Pile de concentration - Mines / Ponts

On souhaite déterminer expérimentalement la constante de formation globale  $K$  du complexe  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  à partir de l'ion  $\text{Ag}^+$  selon l'équation - bilan :



Pour cela, on considère la pile schématisée Figure 1 : les compartiments 1 et 2 contiennent initialement 100 mL de solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) à  $C = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . On ajoute dans le bécher de droite un volume  $V = 40 \text{ mL}$  de solution d'ammoniac  $\text{NH}_3$  à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

1. Exprimer la f.é.m. de la pile en fonction des concentrations en ion  $\text{Ag}^+$  dans les compartiments 1 et 2.
2. La tension aux bornes de la pile prend la valeur suivante :  $u = V_2 - V_1 = -229 \text{ mV}$ . Quelle est alors la valeur numérique de la constante de formation  $K$  du complexe  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  ? Conclure.

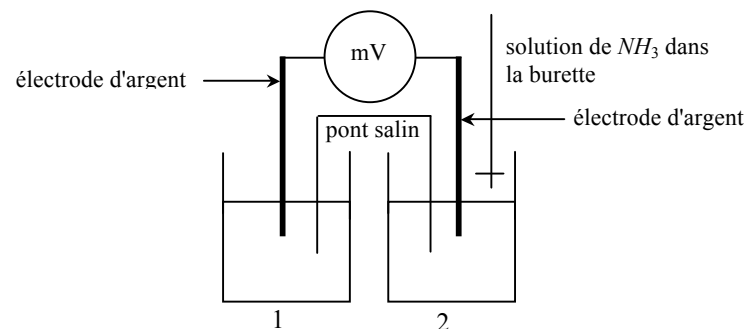


FIGURE 1 –

## 2 Électrolyse

La préparation du métal manganèse s'effectue par électrolyse d'une solution de sulfate de manganèse(II) ( $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) acidifiée. Le pH est voisin de 5.

**Données :**

$$E^0(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V} ; E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0 \text{ V} ;$$

$$E^0(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) = -1,17 \text{ V}.$$

Surtension de  $\text{H}^+/\text{H}_2$  à la cathode :  $-1,35 \text{ V}$

Masse molaire du manganèse :  $M = 55 \text{ g.mol}^{-1}$

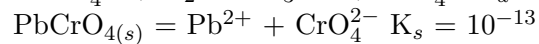
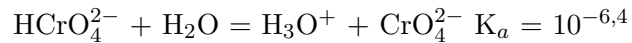
1. Quelles réactions peuvent se dérouler à l'anode ? À la cathode ?
2. Représenter les courbes intensité - potentiel correspondantes. Quelle différence de potentiel minimale faudrait-il imposer entre l'anode et la cathode pour observer une réaction s'il n'y avait pas de surtension ? Quelle serait cette réaction ?
3. Expliquer pourquoi il est possible d'obtenir du manganèse sur

la cathode. Quelle différence de potentiel minimale faudrait-il imposer pour l'observer ?

4. L'électrolyse a lieu avec une intensité de 35 kA. L'usine fonctionne 24H/24. Quelle est la masse maximale de manganèse qui peut être obtenue par jour ? En réalité on obtient 530 kg. Interpréter et déterminer le rendement de l'électrolyse.

### 3 Chimie des solutions - Centrale

Étude du jaune de chrome  $\text{PbCrO}_4$ . On donne :



- À quel pH  $\text{CrO}_4^{2-}$  prédomine-t-il ?
- On introduit du jaune de chrome solide dans de l'eau pure. Le pH de la solution obtenu est égal à 8,3. Après filtration, on obtient une solution limpide. Sachant que la concentration maximale légale en plomb est de  $0,5 \mu\text{g/L}$ , la concentration en plomb dans la solution filtrée vérifie-t-elle cette norme ?
- Même question si on introduit du jaune de chrome solide dans une solution dont le pH est maintenu à 7 (on suppose qu'initialement il n'y a pas de  $\text{CrO}_4^{2-}$ , ni de  $\text{HCrO}_4^-$ ).

### 4 Association de lentilles - CCINP

On considère un système optique centré utilisé dans les conditions de Gauss et composé de deux lentilles convergentes identiques, de centres respectifs  $O_1$  et  $O_2$ , de même distance focale image  $f'$  et distantes de  $e = 2f'/3$ .

- Déterminer la distance  $\overline{O_1F}$ , où  $F$  est le foyer objet du système constitué par les deux lentilles.

- Déterminer la distance  $\overline{O_2F'}$ , où  $F'$  est le foyer image du système constitué par les deux lentilles.
- Construire l'image d'un objet à l'infini, situé dans une direction  $\alpha$  par rapport à l'axe optique. Déterminer sa position et sa taille  $d$  par le calcul.

Réponses : 1.  $\overline{O_1F} = -f'/4$ , 2.  $\overline{O_2F'} = f'/4$ , 3.  $d = -3/4 f' \tan \alpha$ .

### 5 Trous d'Young - Mines / Ponts

On considère un plan opaque percé de deux trous  $A$  et  $b$  avec  $AB = a = 1 \text{ mm}$ , éclairé en incidence normale par une lumière parfaitement monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 600 \text{ nm}$ .

Les rayons diffractés par chacun des trous couvrent un cône d'ouverture angulaire  $\theta = 10^{-2} \text{ rad}$  (Figure 2).

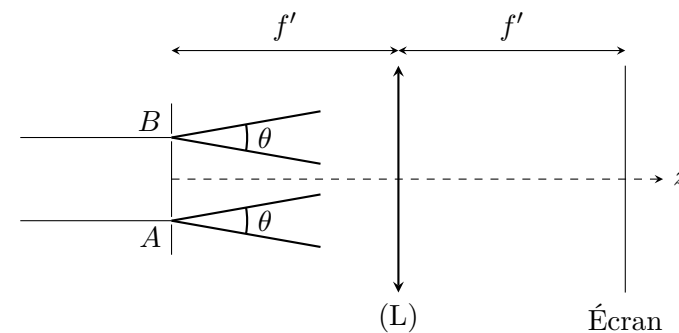


FIGURE 2 –

Le plan  $AB$  correspond au plan focal objet d'une lentille convergente (L) où  $F$  est le milieu de  $AB$ .

1. Tracer la marche des rayons qui aboutissent en un point  $M$  de l'écran placé dans le plan focal image de (L). Décrire la répartition d'intensité lumineuse sur cet écran. Qu'observe-t-on ?
2. Calculer la différence de marche en  $M$  de coordonnées  $(x, y)$  sur l'écran
3. En notant  $\overrightarrow{AB} = a \vec{e}_x$ , on déplace dans le plan focale image de (L) l'orifice d'entrée d'une photodiode, supposé ponctuel, à une vitesse constante  $\vec{v} = v \vec{e}_x$ . Dans cette question, on prend  $a = 10$  mm. Le signal électrique fourni par la photodiode est périodique de fréquence  $f_0 = 40$  Hz.

En déduire  $v$ .

## 6 Trois trous d'Young - CCINP

On considère une onde plane monochromatique (longueur d'onde  $\lambda$ ) arrivant en incidence normale sur trois trous d'Young distants d'une longueur  $a$ . La figure d'interférence est observée sur un écran situé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale  $f'$ .

Déterminer l'intensité observée sur l'écran.

## 7 Optique géométrique - CCINP

On considère un système constitué d'une lentille ( $L_1$ ) de distance focale image  $f'_1 = 2$  m suivie d'une lentille ( $L_2$ ) de distance focale  $f'_2 = 2$  cm.

1. Comment avoir un système afocal ?
2. On appelle cercle oculaire l'image de  $L_1$  par  $L_2$ . Expliciter la position et le diamètre de ce cercle, sachant que les diamètres des lentilles sont  $D = 3$  cm. Montrer que tout rayon entrant

dans l'instrument formé de  $L_1 + L_2$  ressort en passant pas un point du cercle oculaire.

3. Tracer le trajet de deux rayons arrivant sur le système, inclinés d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe optique. Calculer le grossissement angulaire  $G$ .

## 8 Michelson - Mines / Ponts

Sur un des bras d'un interféromètre de Michelson on intercale une cuve d'épaisseur  $L = 5,0 \pm 0,1$  cm (demi-étendue). La source ponctuelle  $S$  est placée au foyer objet de la lentille.

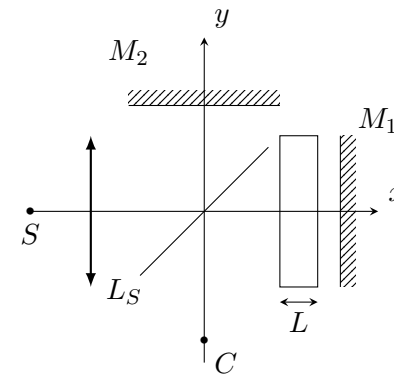


FIGURE 3 –

1. À quoi sert la séparatrice ? Quels sont les 2 configurations que l'on peut réaliser avec cet appareil ?
2. On utilise une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0 = 632,0$  nm  $\pm$  0,1 nm (demi-étendue). L'angle entre les deux miroirs est de  $\pi/2$  et l'interféromètre est réglé au contact optique.

On fait le vide dans la cuve, puis on laisse l'air entrer progressivement jusqu'à ce que la cuve en soit totalement remplie. Un capteur d'intensité, ponctuel, placé en  $C$  délivre une tension  $u(t)$  proportionnelle à l'intensité  $I(C)$ .

- a) Montrer que dans l'état final, la tension  $u$  est à son maximum.
- b) Entre le début et la fin de l'expérience,  $u$  est passée  $N = 47$  fois par son maximum (y compris la valeur finale). Montrer que  $n_a$  vérifie :

$$1 + \frac{\lambda_0}{L} f(N - 1) \leq n_a \leq 1 + \frac{\lambda_0}{L} f(N)$$

et trouver  $f$ .

- c) Évaluer  $n_a$  et la demi-étendue  $\Delta n_a$  associée. Quelle est l'incertitude-type  $u(n)$  ?

### 9 Michelson - CCINP

On dispose d'un Michelson, d'une lentille de distance focale  $f' = 1,0$  m, d'un filtre interférentiel accordé sur la longueur d'onde  $\lambda = 546$  nm, d'une lampe au mercure et d'un écran (Figure 4). L'indice de l'air est supposé égal à 1.

1. Indiquer le montage à réaliser pour observer des anneaux d'égalé inclinaison.
2. Calculer la différence de marche en un point  $M$  de l'écran en fonction de  $r$ , distance de  $M$  au foyer image de la lentille.
3. On pose  $p_0 = k_0 + \varepsilon$ ,  $k_0 \in \mathbb{Z}$  ( $p_0$  ordre au centre). Montrer que :

$$R = f' \sqrt{\frac{\lambda}{e} (m + \varepsilon)}$$

Quelles sont les valeurs de  $m$  possibles ?

- 4. À l'aide des figures ci-dessous qui donnent les rayons des anneaux en fonction de  $m$ , donner les valeurs de  $e$  et  $\varepsilon$ .

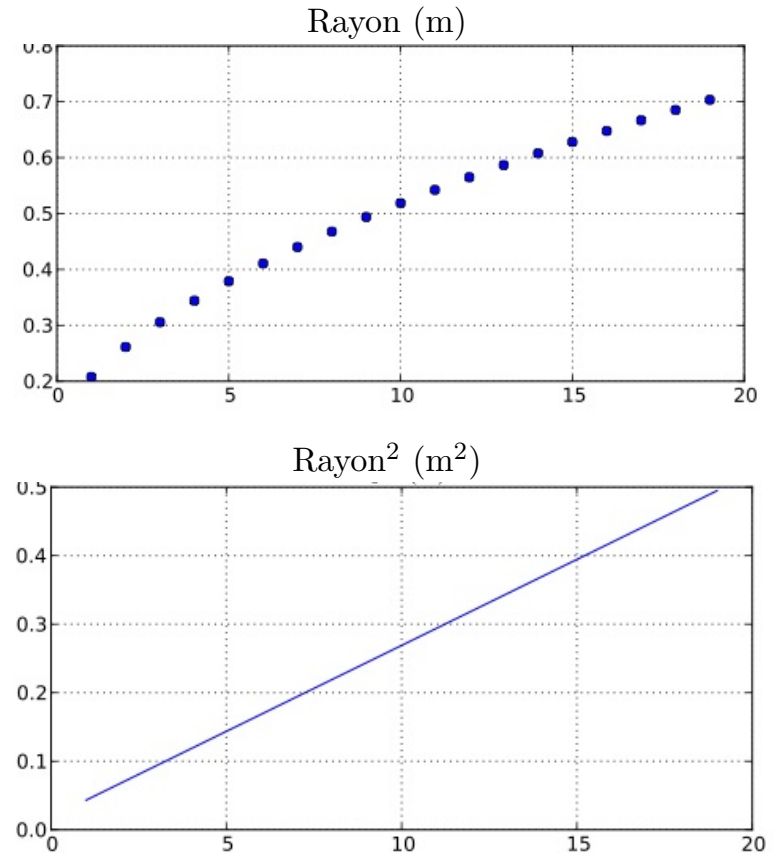


FIGURE 4 –

### 10 Optique physique - CCINP

On se donne une source ponctuelle monochromatique  $S$  située à l'infini et deux rayons incidents parallèles issus de cette source, l'un non dévié, et l'autre rentrant en contact avec la surface latérale d'une lame d'indice  $n$  et d'épaisseur  $e$  avec un angle d'incidence  $i$  par rapport à la normale (Figure 5).

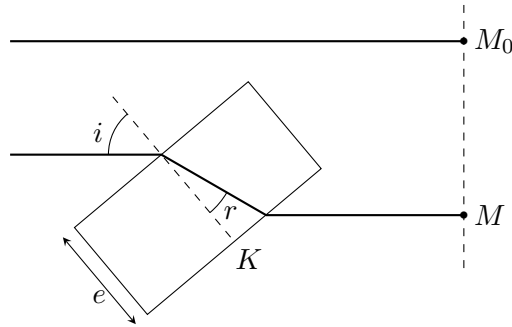


FIGURE 5 -

1. Montrer que la différence de marche  $\delta = (SM) - (SM_0)$  est telle que :

$$\delta = e (n \cos r - \cos i)$$

2. Calculer  $\delta_0$ , différence de marche en incidence normale.
3. Montrer que pour  $i$  petit :  $\delta = \delta_0 \left( 1 + \frac{i^2}{2n} \right)$

### 11 Filtre interférentiel - Centrale

On dispose d'une lame de verre à faces parallèles d'indice  $n$  et d'épaisseur  $e$ , éclairée par un signal lumineux monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ , en incidence normale à la face supérieure (Figure 6).

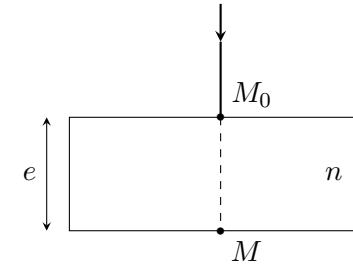


FIGURE 6 -

**Données :**

- Coefficient de réflexion  $r$  sur chaque face de la lame. On le suppose réel, de valeur absolue proche de 1 mais strictement inférieure à 1. On pose  $R = r^2$ .
- Coefficient  $t$  de transmission de la lame.
- On note  $\phi = \frac{4\pi ne}{\lambda_0}$ .

La vibration en un point  $M_0$  sur la face supérieure, à l'entrée de la lame, est  $\underline{s}_0(t) = A e^{i\omega t}$ .

1. Déterminer la vibration  $\underline{s}(t)$  à la sortie de la lame en fonction de  $R$ ,  $t$ ,  $\underline{s}_0(t)$  et de  $\phi$ .
2. Montrer que l'intensité lumineuse est donnée par :

$$I(\phi) = \frac{I_0}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \left( \frac{\phi}{2} \right)}$$

On donne l'allure de  $I(\phi)$  :

Déterminer les abscisses des maxima ainsi que la largeur à mi-hauteur  $\delta\phi$  d'un pic.

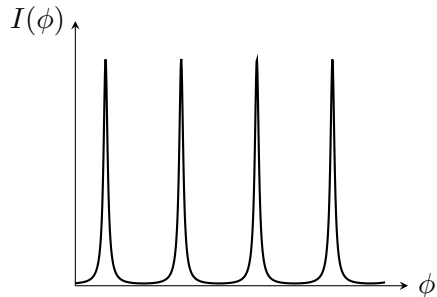


FIGURE 7 –

3. En déduire la longueur moyenne de l'onde à la sortie de la lame lorsqu'elle est éclairée par de la lumière blanche contenant toutes les longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 800 nm, pour  $n = 1,5$  et  $e = 182$  nm. Quelle lampe usuelle émet cette longueur d'onde ?

## 12 Réseau - Mines Ponts

On considère un goniomètre, sur lequel est placé un réseau plan par transmission. On éclaire ce réseau en incidence normale à partir d'une lampe à vapeur de mercure. On mesure les angles d'émergence de la raie verte (de longueur d'onde  $\lambda = 546,1$  nm) dans différents ordres (figure 8) :

1. Vérifier que le réseau est bien éclairé en incidence normale.
2. Déterminer le pas  $a$  du réseau.
3. On repère une autre raie, aux ordres -2 et 2 :  $\alpha_{-2} = 340^{\circ}38'$  et  $\alpha_2 = 45^{\circ}43'$ . Déterminer la longueur d'onde de cette radiation.

angle mesuré	ordre
$\alpha_0 = 13^{\circ}12'$	0
$\alpha_1 = 30^{\circ}34'$	1
$\alpha_2 = 49^{\circ}53'$	2
$\alpha_3 = 76^{\circ}49'$	3
$\alpha_{-1} = 355^{\circ}48'$	-1
$\alpha_{-2} = 336^{\circ}32'$	-2
$\alpha_{-3} = 309^{\circ}28'$	-3

FIGURE 8 –

## 13 Cinétique chimique - CCINP

On effectue la réaction :  $A_{(g)} \longrightarrow 2 B_{(g)} + C_{(g)}$  dans un réacteur isochore et isotherme.

1. Quelle est la relation entre la concentration initiale  $C_0$  de A et la pression initiale, puis entre la concentration  $C(t)$  de A et la pression totale  $P(t)$  ?
2. La réaction est d'ordre 1 par rapport à A. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $P(t)$ .
3. On donne :

t(min)	0	4	10	15	20	30	40	50	100
P(bar)	1	1,15	1,36	1,52	1,66	1,90	2,10	2,26	2,73

En déduire la constante de vitesse  $k$ .

## 14 Problème ouvert - Mines Ponts

On considère un disque isolant de rayon  $r$  pouvant tourner sans frottements autour de l'axe  $Oz$ . On soude  $N$  billes, chacune de charge

$q$ , sur le pourtour du disque et disposées régulièrement. Le moment d'inertie de l'ensemble est  $J$ .

On place le disque à l'intérieur d'un très long solénoïde long d'axe  $Oz$ , possédant  $n$  spires par unité de longueur. Le courant dans le solénoïde croît linéairement de 0 à  $I_m > 0$  en un temps  $\tau$ .

1. Déterminer le champ électrique  $\vec{E}$  créé par le solénoïde pour  $t \in [0, \tau]$  puis  $t > \tau$ .
2. Étudier le mouvement du disque.