

<b>DM n°20 - Optique ondulatoire et chimie</b>
--

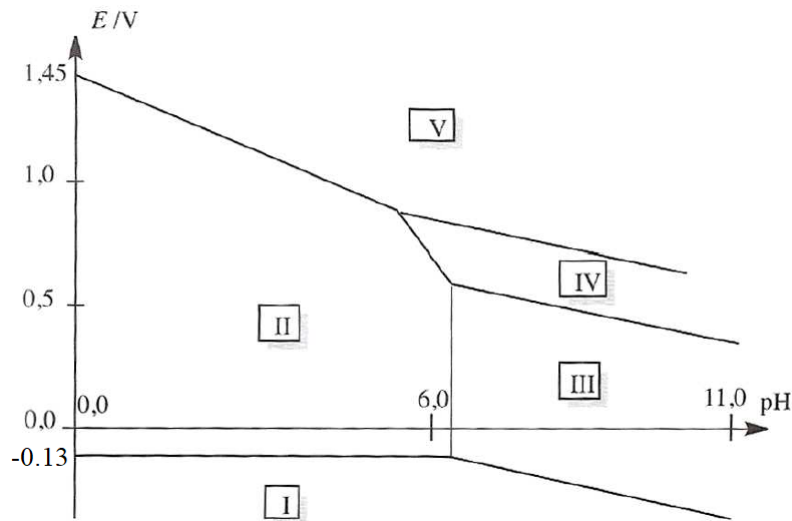
**À rendre pour le jeudi 21 mars**

## 1 Diagramme E-pH du plomb

On donne à 298 K les potentiels standards des couples suivants :

couple	$\text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb}(\text{s})$	$\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$
$E^0$ (V)	-0,13	1,23	0,00

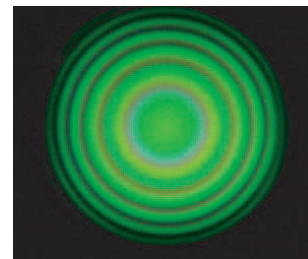
On donne le diagramme potentiel-pH simplifié du plomb, la concentration de tracé étant  $c_0 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .



- Indiquer sur ce diagramme les domaines de prédominance ou d'existence des espèces suivantes :  $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{Pb}(\text{s})$ ,  $\text{PbO}(\text{s})$ ,  $\text{PbO}_2(\text{s})$  et  $\text{Pb}_3\text{O}_4(\text{s})$ .
- Déterminer le potentiel standard du couple  $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$  par lecture du diagramme potentiel-pH. Donner l'équation numérique de la frontière entre les espèces  $\text{PbO}_2$  et  $\text{Pb}^{2+}$ .
- Tracer sur le même graphe le diagramme potentiel-pH de l'eau en prenant une pression de tracé  $P^0 = 1,0 \text{ bar}$ .
- Que peut-on dire de la stabilité du plomb en solution aqueuse? Discuter en fonction du pH de la solution.
- Quelle réaction se produit entre le plomb et le dioxyde de plomb en milieu acide? Comment nomme-t-on une telle réaction?

## 2 Anneaux d'égalé inclinaison

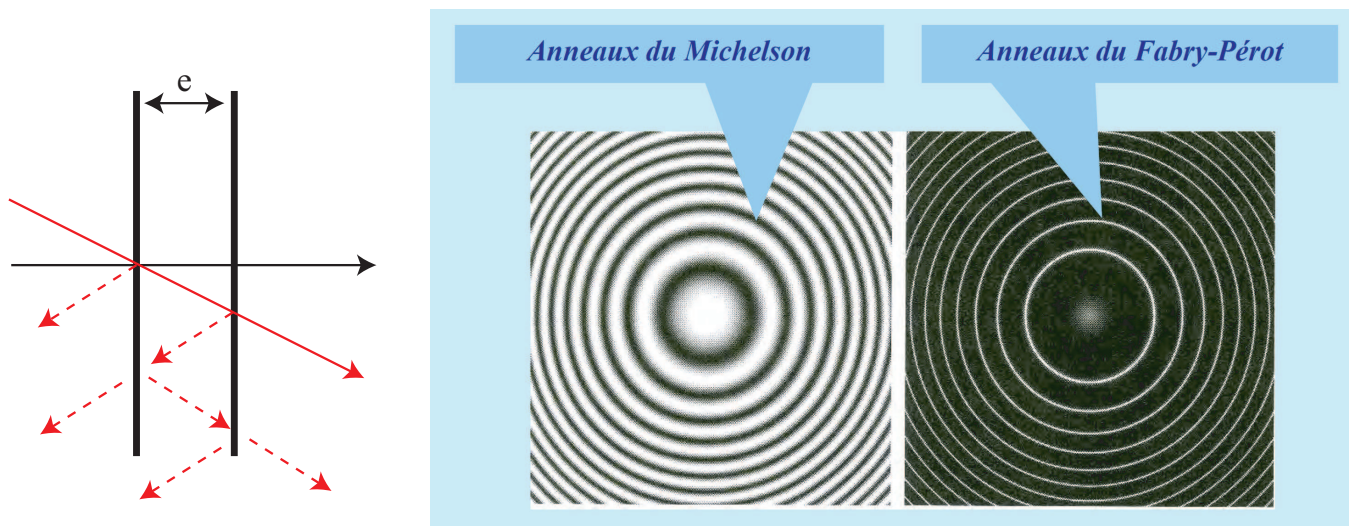
Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air. Il est éclairé par une lampe à vapeur de mercure devant laquelle on a placé un diaphragme largement ouvert et un filtre interférentiel isolant la raie verte de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = 546.10 \text{ nm}$ .



1. Où doit-on placer l'écran pour observer des anneaux bien contrastés ?
2. La distance entre les miroirs est  $e = 1.1000 \text{ mm}$  et la lentille de projection a une distance focale image  $f' = 1,0 \text{ m}$ . Déterminer l'ordre d'interférence  $p_0$  au centre de la figure. Calculer les rayons  $\rho_1$  et  $\rho_2$  des deux premiers anneaux brillants.

### 3 Interféromètre de Fabry-Pérot (facultatif)

L'interféromètre à ondes multiples de Fabry-Pérot est constitué de deux lames de verre dont les faces en regard sont séparées d'une épaisseur  $e$  d'air, sont parallèles et traitées pour en augmenter le facteur de réflexion. On ne tiendra pas compte de l'épaisseur des lames dans le raisonnement. Le coefficient de réflexion en amplitude sur les faces traitées est noté  $r$  (supposé réel) et on notera  $R = r^2$ . L'observation se fait en transmission et à l'infini, c'est-à-dire dans le plan focal image d'une lentille convergente dont on notera  $f'$  la distance focale.



1. (a) L'appareil est éclairé par une onde monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda$ , sous un angle d'incidence  $i$  faible. Faire un dessin représentant le trajet des différents rayons.
- (b) A-t-on affaire à un interféromètre à division du front d'onde ou à division d'amplitude ?
- (c) Calculer l'amplitude complexe  $\underline{s}_n(M, t)$  du  $n^{\text{ième}}$  rayon transmis jusqu'au point  $M$  de l'écran en fonction de l'amplitude  $\underline{s}_1(M, t)$  du premier rayon transmis en  $M$ , en fonction de  $R$  et du déphasage  $\Phi$  entre deux rayons successifs interférant sur l'écran. En déduire qu'il faut tenir compte de tous les rayons transmis dans l'écriture de l'amplitude du champ transmis sachant que  $R$  est proche de 1.
- (d) Montrer que l'intensité obtenue en transmission est de la forme :

$$I = \frac{I_M}{1 + m \sin^2\left(\frac{\Phi}{2}\right)}$$

où  $I_M$  est l'intensité maximale,  $m$  est un coefficient et  $\Phi$  est le déphasage entre deux rayons successifs interférant sur l'écran. On donnera l'expression de  $I_M$ ,  $m$  et  $\Phi$  en fonction de  $|\underline{s}_1 \underline{s}_1^*|$ ,  $R$ ,  $e$ ,  $i$  et  $\lambda$ .

- (e) Tracer  $I(\Phi)$ .
- (f) On définit  $p = \frac{\Phi}{2\pi}$  comme l'ordre d'interférence. Caractériser les valeurs de  $p$  pour lesquelles l'éclairement est maximal.
2. (a) On éclaire l'interféromètre par une source ponctuelle à distance finie et on observe les interférences à l'infini. Montrer que les franges d'interférences sont des anneaux. Quel est leur centre ?
- (b) Dans la suite, on notera  $\rho$  la distance entre le centre et un point de l'écran. Soit  $p_0$  l'ordre d'interférence au centre des anneaux. On suppose ici que l'épaisseur  $e$  est telle que  $p_0$  est entier. Montrer que l'anneau d'ordre  $p_0 - k$ , avec  $k \in \mathbb{N}$ , a un rayon proportionnel à  $\sqrt{k}$  (on supposera  $i$  petit).
- (c) Justifier pourquoi les anneaux brillants du Fabry-Pérot sont plus fins que ceux du Michelson (voir figure ci-dessus).

3. Peut-on utiliser une source étendue ?

4. On définit le contraste par :  $C = \frac{I_M - I_m}{I_M + I_m}$  où  $I_m$  est l'intensité d'une frange sombre. Calculer le contraste et donner sa valeur pour  $R = 0.5, 0.7, 0.9$  et  $0.95$ . Comment doit-on choisir  $R$  si l'on veut obtenir des anneaux lumineux fins sur fond noir, comme dans la figure en début d'énoncé.

5. Peut-on espérer voir des anneaux derrière une lame de verre à faces parallèles - utilisée pour les microscopes par exemple - lorsqu'on l'éclaire de loin avec un laser ? On notera que l'expérience revient ici formellement à placer une source ponctuelle émettant un faisceau de faible divergence par rapport à la normale à la lame.

## 4 Spectre cannelé (facultatif)

On considère un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air, éclairé sous incidence quasi-normale par une source de lumière blanche ponctuelle.

1. Décrire l'allure de la figure d'interférence obtenue sur l'écran si on se place au voisinage du contact optique.
2. On "chariotte" l'un des miroirs d'une distance  $e$  à partir d'une situation pour laquelle le contact optique correspond au centre de la figure d'interférence. On sélectionne alors le centre de la figure d'interférences ( $X_{miroirs} = 0$ ) qui correspond à du "blanc d'ordre supérieur" dont l'analyse est faite à l'aide d'un spectroscopie (fente + réseau). Pourquoi observe-t-on un spectre "cannelé" ?
3. Au sein du spectre cannelé, on observe deux raies noires pour les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  et on voit qu'il y en a  $q$  autres entre les deux. Donner l'expression de  $e$  en fonction de  $q$  et des longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

Réponses : 3.  $e = \frac{(q+1)\lambda_1\lambda_2}{2(\lambda_2 - \lambda_1)}$ .