

## Commentaires - DS n°7bis (CCS-Mines)

Moyenne : 12.7

Notes extrémales : de 7.5 à 20

Devoir globalement bien, voire très bien réussi. Ceux qui avaient du mal à traiter suffisamment de questions ont réussi à en faire davantage, et ceux pour qui la présentation posait problème ont fait un gros effort.

## 1 CHIMIE - Problème 1 - Diagramme potentiel-pH du cadmium

Problème très simple (mais qui correspond à ce qui tombe sur les diagrammes E-pH), qui a néanmoins été très bien traité puisque vous avez presque tous le maximum à quelques détails près.

Voici les quelques erreurs "intéressantes" que j'ai relevées, auxquelles j'ajoute la rectification des coquilles dans le corrigé...

**Q.3** Certains ont lu trop rapidement la nature des espèces et ont considéré que  $Cd(OH)_{2(s)}$  était une espèce dissoute alors qu'il s'agissait d'un solide dont l'activité vaut 1.

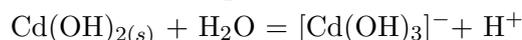
Erreur dans le corrigé : il fallait bien entendu lire  $pH = 11.3$  entre les deux espèces, ce qui conduisait à  $K^0 = 5.0$ .

**Q.3 et 4** Remarque importante, même si cela n'a gêné que peu d'entre vous : quand doit-on équilibrer une réaction acido-basique avec des  $OH^-$ , avec des  $H^+$  ?

- Dans la question Q.3, on précise qu'il faut équilibrer avec  $OH^-$  pour éviter une ambiguïté sur la réaction et donc sur la constante d'équilibre à prendre en compte :  $Cd(OH)_{2(s)} + OH^- = [Cd(OH)_3]^-$

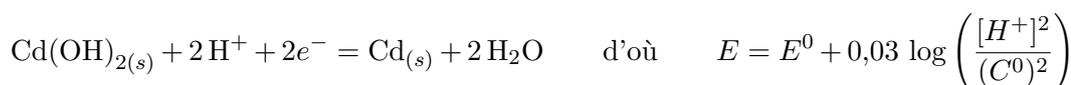
$$K^0 = \frac{[Cd(OH)_3^-]}{[OH^-]}$$

En effet, sans la précision de l'énoncé, on aurait pu écrire :



$$K'^0 = [Cd(OH)_3^-][H^+] = K^0 \times K_e$$

- dans la question Q.4, il n'y a aucune précision pour la façon d'écrire la réaction entre  $Cd_{(s)}$  et  $Cd(OH)_{2(s)}$ . Cependant, il existe une **convention** pour les diagrammes E-pH pour lesquels les  $E^0$  sont définis à  $pH = 0$ , c'est à dire qu'il faut **toujours équilibrer les demi-équations électroniques avant d'appliquer la formule de Nernst**. Ici :



**Q.5** Il y a une nouvelle erreur dans le corrigé, qui est due à une erreur dans la position du zéro dans le diagramme E-pH de l'énoncé. J'ai compté juste à partir du moment où ce que vous faisiez était cohérent.

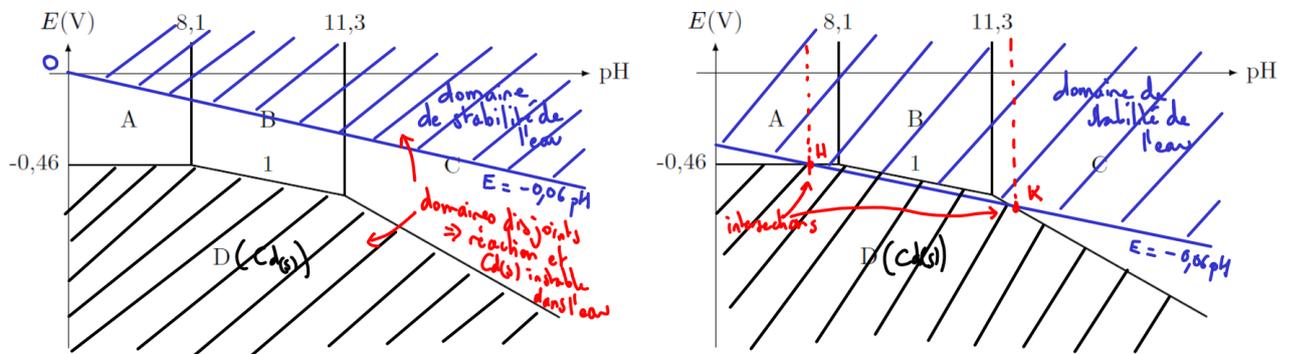
Je pensais que le potentiel nul était placé à l'intersection des deux axes, ce qui permettait de montrer (voir figure de gauche), en traçant la droite du couple  $H^+/H_2$  telle que

$E = -0.06pH$  parallèlement à celle de la frontière entre  $B$  et  $D$  (même pente d'après la question Q.4), que l'eau et  $Cd_{(s)}$  avaient des domaines disjoints, de sorte que  $Cd_{(s)}$  n'était pas stable dans l'eau.

En réalité, comme certains l'ont bien montré, la droite du couple  $H^+/H_2$  coupait passait en fait dans la zone de stabilité de  $Cd_{(s)}$  (voir figure de droite), ce qu'il est facile de vérifier en calculant le  $pH_{point H}$  tel que :

$$-0.06pH_{point H} = -0.46 \quad \text{soit} \quad pH_{point H} = 7.7 < 8.1$$

On pourrait également calculer le  $pH_{point K}$  et conclure que  $Cd_{(s)}$  est stable dans l'eau pour des  $pH$  compris entre ceux des points  $H$  et  $K$  puisque les domaines de l'eau et du cadmium sont joints.



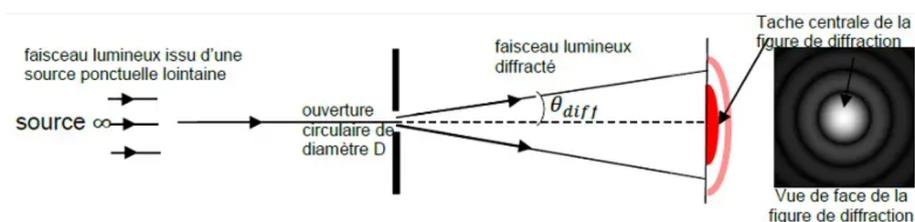
## 2 PHYSIQUE - Problème 2 - Mesures optiques de propriétés mécaniques (d'après Mines-PC-2022)

Problème de difficulté moyenne pour les Mines (Q.8 et Q.9 plus difficiles et reste très abordable).

**Q.8** Question intéressante, mais à la limite du programme. Comme j'ai trouvé beaucoup de raisonnements fumeux/faux, je reviens sur les notions de diffraction en imagerie.

Rappel : le pouvoir séparateur d'un instrument est l'angle minimal  $\alpha_{min}$  entre deux points pour pouvoir les distinguer.

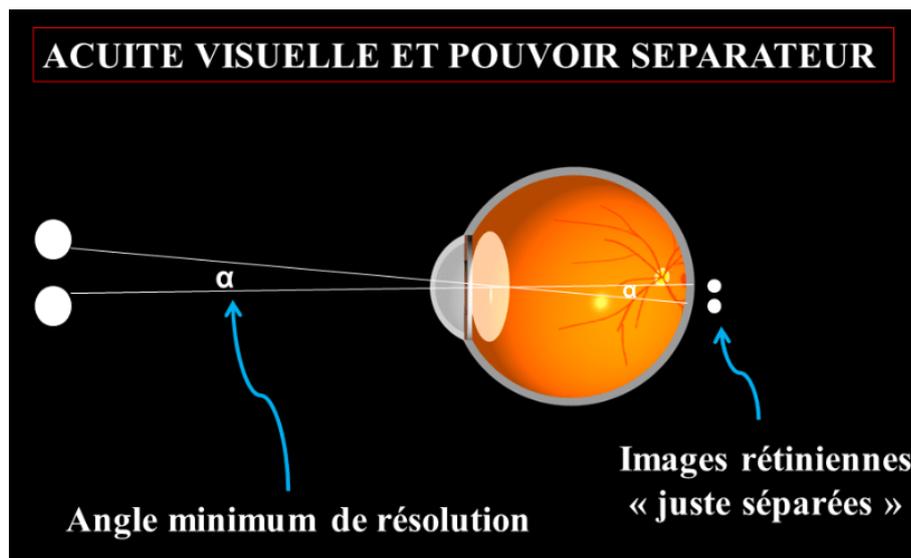
Cette limite est essentiellement due à la diffraction<sup>1</sup>. En effet, on rappelle qu'à cause de la diffraction, l'image d'un point n'est jamais un point, mais une tache de diffraction, dont la forme et la taille dépendent de l'ouverture de l'appareil d'observation.



Pour l'œil, la tache est circulaire (disque d'Airy), de rayon angulaire de l'ordre de<sup>2</sup>

$$\theta_{diff} \simeq \frac{\lambda}{D_{pupille}} \simeq \frac{600 \text{ nm}}{2 \text{ mm}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

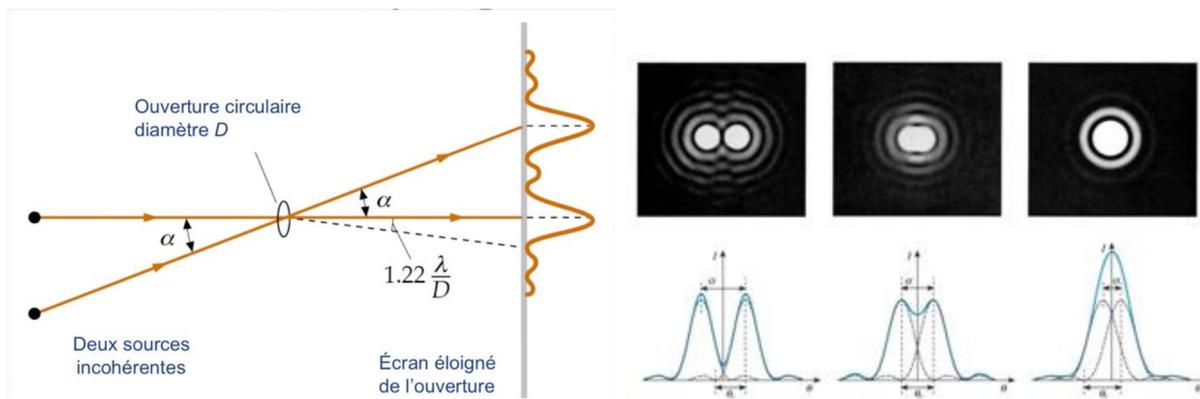
D'après le schéma ci-dessous, on voit que plus la tache de diffraction sur la rétine est importante (plus la pupille est fermée), moins l'individu sera capable de distinguer les deux points observés.



1. Elle est également due à la taille des capteurs. En effet, avec des capteurs trop gros, on ne peut évidemment voir les détails d'une image parfaite.

2. On se place ici dans le pire des cas, lorsque le diaphragme de l'œil de diamètre  $D$ , c'est à dire la pupille, est la plus fermée, en plein soleil par exemple.

On définit alors un critère arbitraire (mais intuitif et "visuel") qui permet de dire s'il est possible ou non de distinguer deux points au sein de la superposition de deux taches de diffraction. Il s'agit du **critère de Rayleigh**, qui stipule (figure de droite) que les deux points sont résolus à gauche, non résolus à droite, avec un cas limite au milieu (dans ce cas, le premier zéro d'une figure d'Airy correspond au maximum de l'autre).



Dans ce cas, d'après la figure de gauche, on peut dire d'après le critère de Rayleigh que l'angle  $\alpha$  minimal entre les deux points pour que ceux-ci soient résolus correspond au rayon angulaire d'une tache d'Airy. On a donc une expression simple du pouvoir de résolution :

$$\alpha_{min} = \theta_{diff} \simeq \frac{\lambda}{D}$$

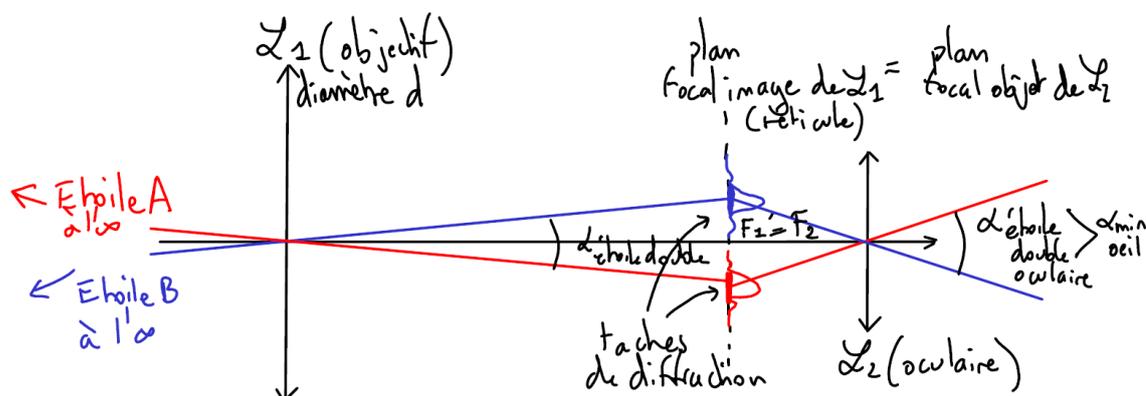
On peut ainsi montrer que la valeur du pouvoir séparateur de l'œil communément utilisée correspond bien à l'angle de diffraction limite calculé précédemment :

$$\alpha_{min} = 1 \text{ minute d'arc} = 1/60^{\text{ème}} \text{ de degré} = \frac{\pi}{180 \times 60} = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Revenons maintenant à la question posée dans le DS. Comme certains l'ont fait intuitivement, il suffisait d'écrire qu'on pouvait distinguer deux étoiles distantes de  $R = 1 \text{ U.A}$  située à une distance  $L$  du télescope si :

$$\alpha_{\text{étoile double}} = \frac{R}{L} \geq \alpha_{min, \text{télescope}} = \theta_{diff} \simeq \frac{\lambda}{d}$$

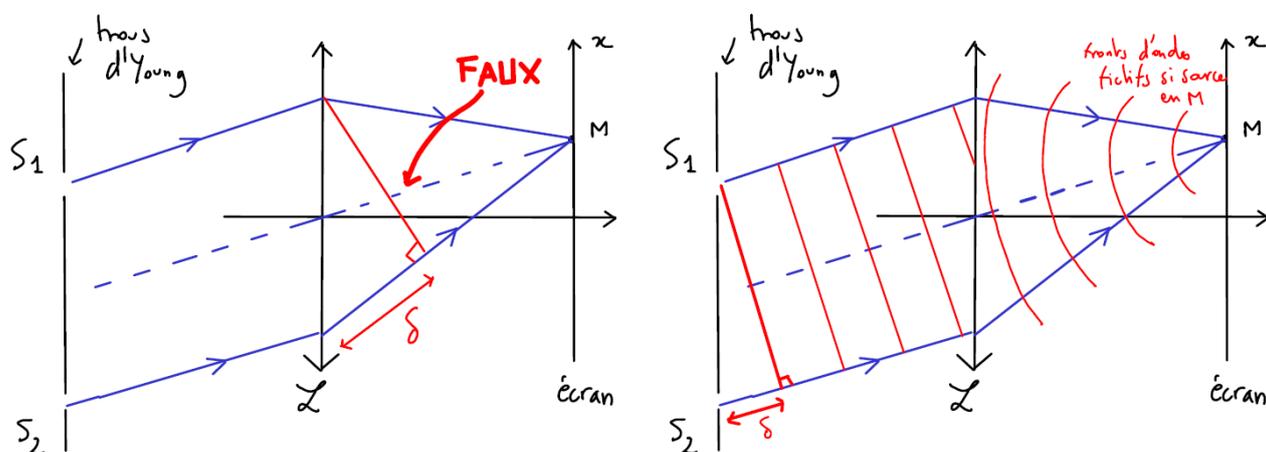
Contrairement à ce que beaucoup m'ont écrit, il était inutile de faire intervenir l'œil ici. En effet, tous les instruments d'optiques sont fabriqués de telle façon que l'angle  $\alpha_{\text{étoile double oculaire}}$  sous lequel les deux étoiles sont vues à travers l'oculaire est toujours plus grand que le pouvoir de résolution de l'œil (il suffit pour cela de choisir un oculaire de très courte focale), sinon il serait inutile de construire un télescope très peu limité par la diffraction (cela reviendrait à mettre des pixels énormes dans le plan du réticule pour une observation avec une caméra CCD).



**Q.9** Question difficile, car il fallait bien montrer le lien avec les trous d'Young, ce qui n'était pas si évident. D'ailleurs, ceux qui ont fait l'auto-évaluation se sont systématiquement surnotés sur cette question, car ils n'avaient vraisemblablement pas vu la difficulté. Relisez le corrigé.

Cependant, vous avez souvent bien réagi en faisant preuve de pragmatisme et en admettant que l'analogie était possible. Quand vous bloquez sur une question, c'est ce qu'il faut faire, en vérifiant bien que la formule admise s'adapte bien à la suite du problème, pour ne pas faire toute une partie "hors sujet" !

**Q.9 et Q.11** Pour le calcul des différences de marche et l'application du théorème de Malus, j'ai trouvé plusieurs fois de "grosses erreurs" comme illustré ci-dessous.



Pour éviter ce "piège classique", pensez à tracer les fronts d'ondes réels ou fictifs sur le schéma.

**Q.12** J'ai trouvé beaucoup d'erreurs lors de l'utilisation du formulaire (il faut d'ailleurs préciser que vous l'avez utilisé), alors qu'il fallait juste identifier tranquillement. Par ailleurs, comme il y avait plus de calculs que dans les questions habituelles, vous avez eu du mal à faire le lien avec la physique du problème en fin de question. C'est dommage car vous auriez pu retrouver d'éventuelles erreurs.

**Q.22** Je rappelle que la lame compensatrice permet de compenser la **dispersion** dans la lame séparatrice. Il ne s'agit aucunement de compenser ni la diffraction (aucun lien), ni la différence de marche asymétrique qui peut être compensée parfaitement en chariotant légèrement.

**Q.24** Comme il était dit dans l'énoncé qu'on faisait une observation "sur l'axe", cela signifiait qu'il fallait spécifier que  $i = 0$  pour la détection, et qu'on observait donc le centre des anneaux.

**Q.25** Pensez à simplifier vos expressions. Par exemple :  $C_{min} = \sqrt{1 - 4 \frac{I_1 I_2}{(I_1 + I_2)^2}} = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$  car  $I_1 > I_2$ . Cela simplifie grandement les calculs après...

### 3 PHYSIQUE - Problème 3 - Proxima du Centaure (d'après CCS-MP-2020)

**Q.16** L'énoncé spécifiait bien "une image définitive réelle, **non inversée** et agrandie d'un facteur 4. Il fallait donc prendre absolument  $\gamma = +4$  et non  $\gamma = -4$  comme je l'ai trouvé un certain nombre de fois.

**Q.20** Question intéressante, et pas si compliquée.