

Chapitre 1

Bien réussir les écrits

Voici quelques conseils pour préparer au mieux les écrits du concours. Ils s'adressent plus particulièrement à ceux qui n'auraient pas une grande expérience des concours.

Ces conseils sont inscrits dans le temps de la préparation en trois étapes, de début septembre au passage des écrits :

- Révision des notions : début septembre à environ dix jours avant les épreuves.
- Entraînement à l'exercice des écrits : pendant les dix jours qui précèdent les épreuves.
- L'épreuve elle-même.

A Révisions des notions

Il ne sert à rien de faire des annales si on n'a pas révisé les notions abordées en premier lieu.

Dans la mesure du possible, il vaut mieux revoir sur le support avec lequel on a appris, que ce soit les cours et TD des années précédentes ou dans un livre. En effet, la révision n'en sera alors que plus rapide et plus efficace.

Pour optimiser ces révisions, on peut faire des fiches-résumés du cours ou améliorer celles déjà faites les années précédentes.

Afin de ne pas se laisser surprendre avant d'avoir fini de réviser toutes les notions, le temps de préparation des écrits étant très court, il est judicieux de se préparer un planning de révisions des différents thèmes et de s'y tenir rigoureusement. Le programme des thèmes à réviser est vaste (cela va du programme de quatrième à celui de classe préparatoire BCPST, PSCI et PC), mais voici une liste non exhaustive des thèmes à réviser :

- Thermodynamique
- Mécanique du point
- Électromagnétisme
- Électricité-électronique-électrotechnique
- Mécanique des fluides
- Optique géométrique
- Physique des ondes

D'autres thèmes sont sensés être au programme mais sont peu abordés dans les écrits passés, comme la mécanique du solide ou la diffusion.

B Entrainement à l'exercice des écrits

Les épreuves du CAPES étant un concours, il vaut mieux être le plus prêt possible. Pour cela, le candidat doit maîtriser les sciences physique-chimie mais aussi s'être entraîné à l'exercice de style qu'est l'épreuve écrite. Voici quelques suggestions pour préparer au mieux l'épreuve au cours des dix jours qui précèdent les épreuves :

- Faire une épreuve par jour, que ce soit physique ou chimie, dans des conditions les plus similaires possible aux épreuves (mêmes horaires, travaillé isolé, même temps sur le sujet qu'en épreuve, etc). Il vaut mieux ne pas regarder la correction avant la fin, sauf si on est vraiment bloqué.
- Dans l'après-midi, revoir les thèmes qui n'ont pas été réussis.
- Il faut aussi faire particulièrement attention à avoir une bonne hygiène de vie durant cette période : ne pas se coucher trop tard pour travailler, c'est contre productif; bien manger, équilibré et pas sur le pouce, s'il est un moment où on a le droit de se faire bichonner par un proche, c'est bien celui-là ; éviter l'alcool et autres substances qui nuisent aux capacités cognitives.
- Il faut aussi penser à s'aérer l'esprit, cette période n'est pas faite pour du travail intensif, il faut se ménager. Prévoir un jour de repos juste avant les épreuves, avec par exemple une sortie en plein air avec des amis.

C Pour l'épreuve elle-même

Il est bon de se faire une petite liste des choses à préparer avant l'épreuve (même des choses idiotes telles que "se mettre un réveil"), cela permet de ne rien oublier et surtout cela permet de se tranquilliser l'esprit.

Voici quelques idées en vrac de petits "trucs" qui peuvent faire une grande différence :

- Vérifier son matériel (avoir deux calculatrices ou au moins des piles neuves de rechange).
- Avoir de quoi manger et boire.
- Au début de l'épreuve, lire la totalité du sujet et commencer par les parties qu'on maîtrise le mieux (on assure ainsi les points et on se met en confiance).
- Faire une pause de 30 secondes pendant lesquelles on se déconnecte complètement du CAPES entre chaque partie indépendante, ou si on commence à ne plus être efficace, pour se remettre les idées en place.
- Faire une pause de cinq minutes en milieu d'épreuve, pour manger, aller aux toilettes et se vider l'esprit.
- Ne pas rester bloqué trop longtemps sur une question.
- Ne pas hésiter à répondre à une question au milieu d'un bloc de questions dont on ne connaît pas la réponse : tous les points sont bons à prendre.

Suivre le même schéma pendant les dix jours avant l'épreuve vous permettra de personnaliser ces suggestions.

Chapitre 2

Sujet 2008 - Énoncé

MICROSCOPIES À HAUTE RÉSOLUTION

Ce problème est constitué de deux parties et traite de techniques avancées de microscopie : la microscopie optique confocale (partie A) et la microscopie électronique à balayage (partie B).

Si un résultat donné par l'énoncé est non démontré, il peut néanmoins être admis pour les questions suivantes. Ainsi, les diverses parties sont relativement indépendantes entre elles.

A Microscope optique confocal

La microscopie confocale est un développement moderne de la microscopie optique classique. Elle permet de visualiser, de façon extrêmement précise, des objets (tels des cellules biologiques) section par section et de fournir une vision tridimensionnelle de ceux-ci.

Le principe de base de la microscopie confocale a été proposé par Marvin Minsky dès le milieu du XX^e siècle mais il a fallu attendre 1987 pour que le premier instrument commercial voie le jour. Un schéma de principe très simplifié d'un microscope confocal est proposé sur la figure 2.1 et on se propose de l'analyser progressivement.

I - Étude de la source lumineuse

A.I.1. L'éclairage de l'échantillon est réalisé à partir d'une source lumineuse qui peut être un laser ou une lampe spectrale.

A.I.1.a. De quand datent les premiers lasers ? Citer deux types de lasers. Donner une application médicale du laser.

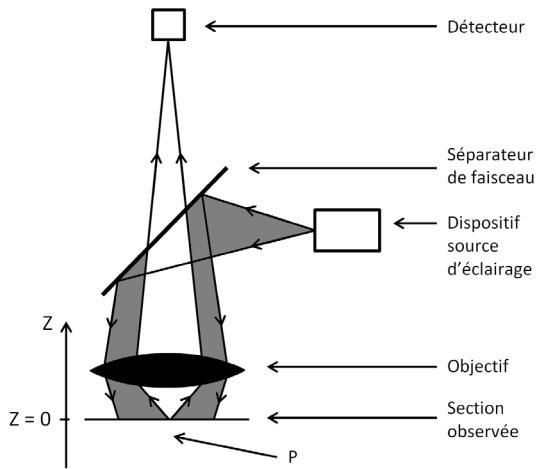


FIGURE 2.1 – Schéma simplifié du microscope confocal

A.I.1.b. Énoncer deux propriétés physiques spécifiques du faisceau laser.
Pourquoi la lumière émise par une lampe spectrale ne les possède-t-elle pas ?

A.I.1.c. Un laser émettant à la longueur d'onde 632,8 nm donne un faisceau de quelle couleur ?

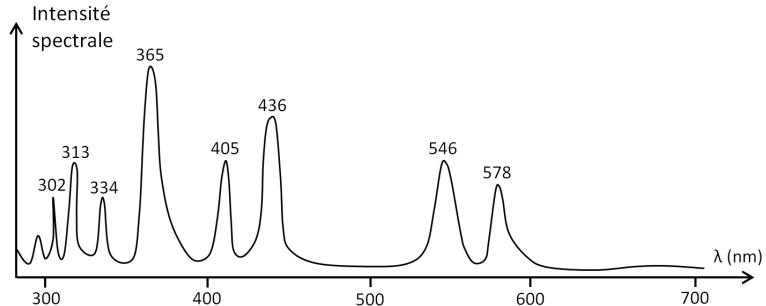


FIGURE 2.2 – Profil d'intensité spectrale d'une lampe à vapeur de mercure

A.I.2. La figure 2.2 représente le profil d'intensité spectrale simplifié d'une lampe à vapeur de mercure.

A.I.2.a Définir ce qu'est un spectre lumineux. En quelle classe cette notion est-elle abordée pour la première fois par les élèves ?

A.I.2.b. Proposer et décrire, schéma à l'appui, une expérience simple qu'un élève pourrait faire pour visualiser sur un écran le spectre de la lampe à vapeur de mercure.

A.I.2.c. Dans quel domaine spectral se trouve la longueur d'onde 365 nm ? Dessiner, compte tenu de la figure 2.2, l'allure de ce que l'on observe sur l'écran. On précisera par une légende adaptée les couleurs en jeu.

II - Rôle du séparateur de faisceau

Le séparateur de faisceau (figure 2.1) est assimilé ici à une lame semi-réfléchissante fine et joue le rôle d'un miroir plan pour une fraction du faisceau lumineux incident depuis la source (la fraction transmise n'est pas représentée sur la figure 2.1).

A.II.1. Rappeler les lois qui permettent la construction d'un rayon réfléchi par un miroir plan.

A.II.2. Représenter avec soin sur une figure le point image A' d'un objet réel A par un miroir plan. Cette image est-elle réelle ou virtuelle ? On justifiera la réponse.

III - Eléments d'optique géométrique

L'objectif du microscope a un double rôle : il assure d'une part le bon éclairage de l'échantillon étudié et, d'autre part, il conjugue un point P de celui-ci au détecteur (figure 2.1).

On s'intéresse ici à la mesure expérimentale de la distance focale de l'objectif de microscope seul, modélisé par une lentille mince convergente.

A.III.1. Définir ce qu'est la distance focale d'une lentille mince.

A.III.2. Énoncer les conditions de Gauss et la formule de conjugaison de Descartes. On admet la validité de la formule pour la suite.

A.III.3. Citer les noms de deux méthodes classiques permettant la mesure de la distance focale d'une lentille convergente. Décrire l'une des deux méthodes.

A.III.4. Un objectif de microscope a-t-il une distance focale plutôt grande ou plutôt faible ? Pourquoi les méthodes classiques précédentes sont-elles peu adaptées pour la mesure de la distance focale d'un objectif de microscope ?

A.III.5. On propose une méthode de mesure de la distance focale f' de l'objectif.

- On modélise l'objectif par une lentille mince de distance focale f' .

• L'objet est une mire placée orthogonalement à l'axe optique de l'objectif (en amont de son foyer objet). Elle est constituée de graduations de pas $a = 0,1$ mm et de sous-graduations. Elle est éclairée par une lampe quartz-iode (lumière blanche).

• On visualise sur un écran l'image de cette mire par l'objectif qui a un pas a' que l'on mesure (les sous-graduations présentes sur la mire permettent de mieux juger la netteté de l'image obtenue).

A.III.5.a. Faire une figure représentant la lentille, un point objet B quelconque de la mire, son image B' et les rayons de constructions de celle-ci. Quel est le signe du grandissement γ ?

A.III.5.b. Trouver l'expression de γ en fonction f' et de la distance p' entre la lentille et l'écran.

En déduire que

$$f' = \frac{p'}{1 - \gamma}. \quad (1)$$

A.III.5.c. Quelle est l'expression de l'incertitude relative $\Delta f'/f'$ sur la distance focale ?

A.III.5.d. Un élève a réalisé les mesures suivantes pour un objectif donné : $p' = 280 \pm 15$ mm et $a' = 1,75 \pm 0,05$ mm. En déduire les valeurs de f' , de $\Delta f'/f'$ et de $\Delta f'$. Comparer la distance focale de l'objectif avec celle des lunettes de vue.

A.III.5.e. Selon vous, que doit-on prendre en compte pour évaluer l'incertitude de mesure sur p' dans cette expérience ?

A.III.5.f. On peut lire sur l'objectif qu'il possède un grandissement de $\times 10$. Cela veut dire que le grandissement absolu obtenu pour une image formée par l'objectif à la distance $\Delta = 16$ cm au-delà de son foyer image équivalent est $\gamma_{ob} = 10$. Quelle est la distance focale associée à la lecture du grandissement $\times 10$? Y a-t-il accord avec la mesure précédente ?

IV - Résolution optique du microscope

A.IV.1. L'ouverture numérique de l'objectif de microscope est par définition $\omega_0 = n \sin u$ où n est l'indice du milieu dans lequel plonge l'objectif et u est l'angle maximum par rapport à l'axe optique des rayons issus de P (figure 2.1) arrivant sur l'objectif.

A.IV.1.a. Calculer en degrés l'angle maximum u_a dans le cas de l'objectif $\times 10$, d'ouverture numérique $\omega_0 = 0,25$, plongé dans l'air.

A.IV.1.b. Le microscope est plus performant pour la visualisation des détails de l'échantillon avec un objectif $\times 100$, d'ouverture numérique $\omega_0 = 1,30$, plongé dans l'huile (indice $n = 1,52$). Calculer, toujours en degrés, l'angle maximum u_h dans ce cas.

A.IV.1.c. Le microscope est-il toujours utilisé dans les conditions de Gauss ? Pourquoi est-il souhaitable d'avoir un angle u important, pour une observation pratique de l'échantillon, la distance objectif-échantillon étant fixée ?

A.IV.1.d. Définir la notion de stigmatisme. Quel type d'aberrations doit-on corriger finalement ici ?

A.IV.2. On suppose, pour la suite, que l'objectif est suffisamment corrigé du type précédent d'aberrations ; le microscope est dit limité en résolution par diffraction.

A.IV.2.a. Qu'appelle-t-on limite de résolution (ou pouvoir séparateur) d'un instrument optique ?

A.IV.2.b. Décrire une expérience réalisable en classe permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction. De quels paramètres dépendant la diffraction dans cette expérience ?

A.IV.2.c. Pour évaluer la limite de résolution du microscope, on met à la place de l'échantillon un réseau périodique de pas d , éclairé en incidence normale, par une lumière monochromatique cohérente de longueur d'onde λ_0 . Le réseau est plongé dans un milieu d'indice n .

Montrer simplement que le réseau diffracte la lumière essentiellement dans les directions données par les angles i_k (k entier relatif) par rapport à sa normale tels que

$$\sin i_k = k \frac{\lambda_0}{nd}. \quad (2)$$

Toutes les valeurs de k sont-elles possibles dans cette formule ?

A.IV.2.d. Qu'observe-t-on avec le microscope si on ne laisse passer que l'ordre $k = 0$ du réseau ? Expliquer pourquoi on estime commencer à distinguer le réseau par le microscope si $u \geq i_1$.

A.IV.2.e. En déduire un estimation de la limite de résolution du microscope en fonction de λ_0 et ω_0 .

A.IV.2.f. En pratique, en microscopie confocale, c'est l'objectif qui limite la résolution du microscope et le critère de Rayleigh indique que la limite de résolution est de l'ordre de

$$d_{min} \simeq 0,5 \frac{\lambda_0}{\omega_0}. \quad (3)$$