

CCS : Planche d'oral

I – Les épreuves d'oral

I-1) Physique 1

Le nouveau format de l'épreuve de Physique 1 option PC consiste en un oral de 30 minutes sans temps de préparation portant sur l'intégralité des programmes de sciences physiques de PCSI et de PC. L'exercice présente une situation à traiter dans un cadre identifié mais sans proposer a priori de démarche, c'est au candidat de définir et de conduire cette dernière en interaction avec l'examineur.

À l'appel de son nom, le candidat muni de sa convocation, d'une pièce d'identité et de sa calculatrice se rend en salle d'interrogation où il se voit proposer un exercice. Il dispose de quelques minutes (5 minutes en moyenne) pour en prendre connaissance avant de se lancer dans sa résolution au tableau.

Le jury évalue les compétences du candidat dans les domaines suivants : analyse des informations, réalisation de consignes, mise en place et validation d'une démarche, autonomie et réactivité et enfin, capacité à communiquer.

I-2) Physique 2

Les candidats disposent de 30 minutes de préparation suivies de 30 minutes de présentation, ils sont jugés sur leur compréhension du cours, leur culture scientifique, leur esprit critique, leur autonomie ainsi que leur aptitude à communiquer un exposé cohérent et compréhensible.

Toutes les parties du programme de première et de deuxième année sont abordées. Les sujets sont « contextualisés » et nécessitent une phase d'appropriation des documents proposés (textes, graphes, vidéos, documents audio, photos, etc.). Le langage de programmation Python qui accompagne une majorité des planches est avant tout une aide à la résolution qui permet aux candidats de valider leurs modèles à travers la mise en œuvre de méthodes élémentaires (méthode d'Euler, tracés de courbes, intégration par la méthode des rectangles). D'autres logiciels (Equadiff, Diffint) ainsi que des applications Java permettent aux candidats de dégager rapidement le comportement de certains systèmes. Leur prise en main est immédiate.

I-3) Travaux pratiques

L'épreuve consiste à réaliser une manipulation de physique, à analyser et interpréter les résultats, à en rendre compte à l'oral et à l'écrit, à en faire la synthèse, le tout dans un délai de 3 heures. Il peut s'agir, d'électricité, d'électronique, d'optique, de l'analyse d'un phénomène physique particulier à l'aide des notions de physique au programme.

Elle nécessite généralement le suivi ou le choix d'un protocole expérimental, une interprétation et une présentation comparative des résultats, accompagnés éventuellement de quelques justifications théoriques. Les compétences évaluées sont :

- S'approprier : le candidat doit s'approprier la problématique du travail à effectuer et l'environnement matériel (à l'aide de la documentation appropriée) afin de mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
- Analyser : le candidat doit être capable de justifier ou de proposer un modèle et un protocole d'analyse qui servira de base au choix ou à la justification des modalités d'acquisition et de traitement des mesures.
- Réaliser : le candidat doit mettre en œuvre un protocole donné ou qu'il a lui-même proposé.
- Valider. Le candidat doit être capable d'identifier les sources d'erreurs, d'estimer l'incertitude sur une mesure unique ou sur une série de mesures, de présenter les résultats finaux sous une forme cohérente avec le niveau de précision adéquat.
- Communiquer. Le candidat doit être à même d'expliquer, de présenter et de commenter sous forme écrite et orale l'expérimentation conduite et les résultats obtenus. Il doit pouvoir formuler des conclusions et savoir faire preuve d'écoute.

L'épreuve comporte la rédaction d'un compte-rendu succinct, qui doit principalement se concentrer sur les résultats expérimentaux demandés (tableaux, courbes, valeurs numériques...), les interprétations qu'on en déduit et la synthèse finale, et qui complète l'évaluation effectuée à l'oral. Sa rédaction est trop souvent négligée : certains rapports sont mal écrits (fautes de grammaire et d'orthographe, texte illisible, tracés à main levée très négligés), certaines courbes ou résultats sont fournis sans même une phrase de renvoi dans le compte-rendu ou avec un bref commentaire à même la feuille. Relire le compte-rendu avant de le rendre permettrait souvent d'éviter ces défauts grossiers. Le compte rendu doit être succinct mais synthétique et soigné : bien choisir ce qui doit y apparaître, ne pas recopier l'énoncé, ne pas redémontrer les résultats

fournis, décrire le protocole de mesure s'il est demandé et s'il n'est pas exposé oralement, tracer les courbes demandées avec des échelles bien choisies, mettre en évidence les principaux résultats, et garder un peu de temps pour rédiger la synthèse écrite.

Au moins deux présentations orales assez brèves ont lieu pendant les trois heures de l'épreuve, pendant lesquelles les candidats doivent présenter les résultats obtenus. Elles sont dans l'ensemble bien préparées avec un louable effort de synthèse ; à contrario quelques candidats se contentent encore de banalités ou d'un simple énoncé des résultats sans mise en perspective. Il convient d'insister sur la nécessité de bien préparer ces présentations, qui doivent permettre au candidat de présenter ses résultats et de montrer ses capacités d'analyse et de synthèse. On a pu remarquer que ces présentations apportent parfois une aide aux candidats qui se rendent compte à ce moment des erreurs commises. Mais dans tous les cas l'attitude de l'examineur ne doit pas être interprétée de façon erronée : le candidat ne doit pas attendre de sa part une validation de son travail.

La synthèse écrite a été abordée cette année (en 2015) par environ un tiers des candidats, alors qu'il n'est pas nécessaire en général d'avoir effectué toutes les expérimentations pour tirer quelques conclusions et répondre à une question d'ouverture permettant de replacer le travail dans un contexte plus général ; si quelques synthèses comportent des analyses assez poussées, trop de candidats se contentent de résumer leur travail sans fournir un réel effort de synthèse ou d'interprétation, en écrivant quelques lignes assez banales pendant les dernières minutes.

I-4) ENSEA (Pas de TP, un seul oral)

L'épreuve comporte deux parties dont les énoncés sont communiqués aux candidats au début d'une préparation de 20 minutes. L'exposé devant l'examineur dure aussi 20 minutes. La première partie est un exercice qui porte sur les programmes des deux années de classe préparatoire. La seconde partie est une question de cours qui porte généralement sur le programme de deuxième année.

I-5) Ecole navale (Pas de TP)

a) Physique 1

L'épreuve de Physique 1 dure 30 minutes. Le passage au tableau est immédiat, il n'y a pas de temps de préparation. Il est conseillé au candidat de tenir prêt une pièce d'identité et un stylo, afin de perdre le moins de temps possible lors de la signature de la feuille de passage en début d'épreuve. Les exercices restent proches du cours. Cette épreuve valide donc un travail de fond, une maîtrise du cours et de sa compréhension. On insistera donc : la réussite à l'épreuve de Physique 1 requiert une bonne connaissance du cours.

Attendu que l'exercice est à traiter sans préparation, on attend que le candidat commence par s'appropriier et analyser le sujet qui lui est soumis. S'engage alors une véritable discussion avec l'examineur, pour proposer une stratégie de résolution, un modèle... La compétence « communiquer » est ici primordiale, pour présenter sa pensée, mais aussi écouter et dialoguer avec l'examineur lorsqu'il doit guider le candidat afin de ne pas le laisser bloqué. L'examineur pose régulièrement des questions, pour préciser un point qui resterait obscur, mais aussi pour s'assurer de la bonne compréhension du cours.

b) Physique 2

L'épreuve de Physique 2 dure 30 minutes, sans préparation. L'examineur pose à l'étudiant un exercice assez ouvert permettant d'évaluer la qualité de la démarche scientifique mise en œuvre par le candidat pour répondre à la problématique posée dans l'énoncé. Concrètement, l'énoncé consiste généralement en une brève description d'une situation physique, suivie le plus souvent d'une seule question.

Le but essentiel de cette épreuve est d'évaluer la qualité de la démarche scientifique du candidat. Celui-ci doit, en s'appuyant sur sa maîtrise des notions du programme de physique (de PCSI et de PC), proposer une modélisation simple, dont il discutera précisément de la pertinence, afin de répondre à la question posée. Il est important de noter que le candidat n'est pas évalué sur le choix du modèle mais sur sa capacité à en cerner les limites et le cas échéant à l'améliorer.

Des compétences spécifiques à l'École navale sont également évaluées : Pugnacité, Réactivité, Capacité d'adaptation et Résistance au stress. C'est dans l'interaction avec le candidat, tout au long de l'épreuve, que le jury évalue le degré de maîtrise de ces compétences.

De part son format où le candidat est mis face à un problème physique complexe, l'épreuve de physique 2 permet d'évaluer plus spécifiquement la capacité d'analyse du candidat (Analyser), son esprit d'initiative (Être autonome), son esprit critique (Valider) ainsi que l'ensemble des compétences spécifiques. Compte-tenu de la difficulté de ce type d'épreuve, le jury ne s'attend pas à ce que le candidat résolve l'intégralité de l'exercice en totale autonomie. Cela ne doit pas inquiéter les futurs candidats qui doivent garder à l'esprit qu'une bonne maîtrise du cours, de la démarche scientifique et des compétences spécifiques leur permettra de construire un exposé convaincant.

II – Physique 1

CCS1 – Résolution de doublet (2016)

On éclaire un réseau de fentes considérées comme infiniment fines et distantes de $a = 10 \mu\text{m}$, par une OPPM, de longueur d'onde λ , perpendiculaire à la pupille et de largeur $L = 1 \text{ cm}$. On observe la figure de diffraction à l'infini dans la direction θ .

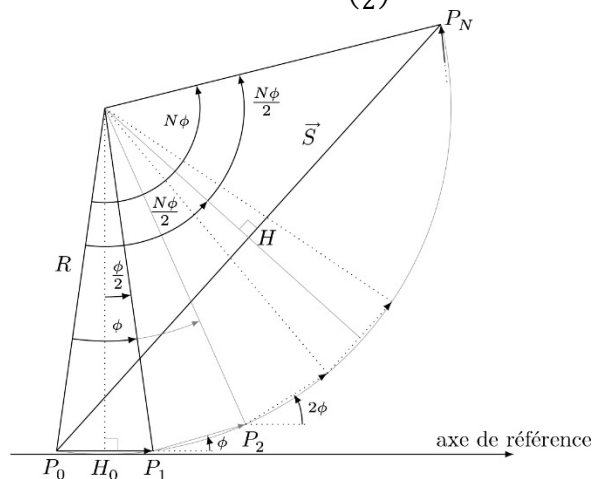
1°) Déterminer le déphasage ϕ entre deux rayons lumineux successifs.

2°) En utilisant les vecteurs de Fresnel :

a) Déterminer la position des maxima principaux et déterminer leur largeur.

b) Justifier, à l'aide de la construction géométrique suivante que l'intensité diffractée $I(\theta)$ dans la direction θ est de la forme ;

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{N\phi}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$



3°) Justifier alors que la condition pour obtenir des franges brillantes est très « stricte ».

4°) On souhaite étudier le spectre d'une lampe à vapeur de mercure en utilisant la diapositive précédente et plus précisément on souhaite vérifier l'écart entre les deux raies jaunes du mercure : $\lambda_1 = 579,1 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 577,0 \text{ nm}$.

En vous aidant de l'annexe, déterminer à partir de quel ordre il est possible de séparer les deux raies.

Annexe : Pouvoir de résolution d'un réseau

Le pouvoir de résolution d'un réseau est l'aptitude du réseau à séparer deux longueurs d'onde. Il est défini par le critère de Rayleigh qui considère que deux longueurs d'onde λ et $\lambda + \Delta\lambda$ sont séparables si le maximum de l'une ($\lambda + \Delta\lambda$) est à la position du premier minimum nul de l'autre (λ). Le pouvoir de résolution vaut alors :

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m N$$

où m est l'ordre et N est le nombre de traits éclairés.

Vous introduirez au cours de l'exercice toutes les grandeurs qui vous semblent pertinentes et vous proposerez, si besoin, des ordres de grandeur pour les applications numériques.

Rép : 1°) $\phi(M) = \frac{2\pi a}{\lambda_0} (\sin(\theta) - \sin(\theta_0))$ 2°) a) $\Delta\phi = \frac{\pi}{N}$ b) ... 3°) ... 4°) L'ordre 1 sera suffisant pour respecter le critère de Rayleigh.

CCS2 – La neige artificielle (2015)

La neige artificielle est obtenue en pulvérisant de fines gouttes d'eau liquide supposées sphériques de rayon $R = 0,2 \text{ mm}$ d'eau liquide à $T_i = 10^\circ\text{C}$ dans l'air ambiant à la température $T_e = -15^\circ\text{C}$. À l'interface eau-air, le flux thermique $d\phi$ à travers une surface dS dans le sens de la normale extérieure \vec{n} est donné par la loi :

$$d\phi = h(T(t) - T_e)dS$$

- 1°) Établir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la température de la goutte $T(t)$.
- 2°) Déterminer le temps t_0 mis par la goutte d'eau liquide pour atteindre la température de surfusion $T(t_0) = -5^\circ\text{C}$.
- 3°) Lorsque la goutte a atteint la température de -5°C , il y a rupture de la surfusion : la température remonte brutalement à 0°C et la goutte est partiellement solidifiée (phénomène également brutal). Moyennant des hypothèses que vous explicitez, calculer la fraction x de liquide restant à solidifier après la rupture de la surfusion.
- 4°) Calculer le temps nécessaire à la solidification du reste de l'eau liquide.

Données :

- Coefficient conductoconvectif $h = 65 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.
- Chaleur latente de changement de phase solide-liquide $L_{fus} = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide $c_{liq} = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau solide $c_{sol} = 2,1 \text{ kJ.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}$

Rép : 1°) $\frac{dT}{dt} + \frac{3h}{R\rho c}T = \frac{3h}{R\rho c}T_e$ 2°) $t_0 = -\tau \text{Ln}\left(\frac{T(t_0)-T_e}{T_i-T_e}\right) = 4 \text{ s}$ 3°) $x = 1 - \frac{c(T_{273}-T_i)}{L_{fus}} = 0,94$ 4°) $\Delta t = \frac{x\rho RL_{fus}}{3h(T_{273}-T_e)} = 21 \text{ s}$

III – Physique 2

CCS11 – Effet de peau (2015)

Un conducteur de conductivité électrique γ réelle occupe le demi espace $x > 0$. On se place dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS).

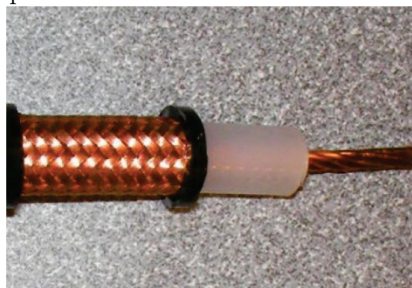
1°) Propagation d'une onde dans le conducteur

- a) Rappeler la loi d'Ohm locale ainsi que les équations de Maxwell dans l'ARQS.
- b) Établir l'équation différentielle dont est solution le champ électrique, $\vec{E}(x, t)$, dans le conducteur. La mettre sous la forme :

$$\frac{\partial E}{\partial t} = D \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} \text{ avec } D \text{ à exprimer}$$

Commenter l'équation obtenue.

- c) Soit une onde plane progressive harmonique (OPPH) se propageant dans le conducteur selon les x croissants, de représentation complexe : $\vec{E}(x, t) = \vec{E}_0 e^{i(kx - \omega t)}$. Établir la relation de dispersion de cette OPPH. On exprimera k^2 en fonction des données.
- d) Montrer que $\vec{E}(x, t) = \vec{E}_0 e^{-\frac{x}{\delta}} e^{i(\frac{x}{\delta} - \omega t)}$; avec δ , à exprimer en fonction des données. Caractériser la forme d'onde obtenue et donner la signification physique de δ , ainsi que son ordre de grandeur à 50 Hz pour le cuivre.
- e) Application : Un fil de Litz permet de transporter des signaux à haute fréquence. À partir des résultats précédents, expliquer la constitution du fil de Litz présenté ci-dessous.



2°) Interface vide / conducteur

Le demi espace $x < 0$ est le vide.

Données :

- Le champ électrique est continu en $x = 0$;
- Le champ magnétique est continu en $x = 0$;
- La réflexion / transmission ne modifie pas l'état de polarisation de l'OPPH.

- a) Une OPPH de pulsation ω , polarisée rectilignement selon \vec{u}_y , tombe en incidence normale sur le conducteur. Déterminer l'expression des coefficients de réflexion \underline{r} et de transmission \underline{t} en amplitude de l'onde. On fera

intervenir le rapport $\alpha = \frac{\omega\delta}{c}$ dans les expressions de \underline{r} et \underline{t} . Commenter physiquement les résultats obtenus.

Examiner le cas $\gamma \rightarrow \infty$.

- b) Étude informatique On donne un code en langage Python permettant de tracer l'animation des ondes incidente, réfléchie, leur somme, ainsi que l'onde transmise. Il vous est demandé de modifier le programme afin d'illustrer le rôle des paramètres physiques pertinents rencontrés dans cette étude. (Cf le site pour une police plus grande)

Rép : 1°) a)... b) $\frac{\partial E}{\partial t} = D \frac{\partial^2 E}{\partial x^2}$ où $D = \frac{1}{\mu_0 \gamma}$ c) $\underline{k}^2 = \frac{i\omega}{D}$ d) $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}} = 1 \text{ cm}$ e) Afin de réduire l'effet de peau

2°) a) Pour le conducteur parfait : $\underline{r} = \frac{1-i}{1+i\alpha} \rightarrow -1$, $\underline{t} = \frac{2}{1+i\alpha} \rightarrow 0$

2°) b) Il faut créer une nouvelle fonction delta

```
import numpy as np
from matplotlib.pyplot import *
from matplotlib import animation
font = {'color' : 'black',
        'weight' : 'normal',
        'size' : 16,
        }

# Definition des constantes
delta = 10 # unité arbitraire
omega = 0.1 # rad/s
c = 1.0 # m/s

# Relation de dispersion dans chaque milieu
def k1(W):
    return W / c

def k2():
    return (1 + 1j) / delta

# Relations de définition des coefficients de réflexion et de transmission
def Dephasage(Vect, Pos):
    return np.exp(1j*Vect*Pos)

def coeff_reflexion(Vect1, Vect2, Interface):
    return (Vect1 - Vect2)/(Vect1 + Vect2) * Dephasage(2*Vect1, Interface)

def coeff_transmission(Vect1, Vect2, Interface):
    return (Dephasage(Vect1, Interface) + Dephasage(- Vect1, Interface) * coeff_reflexion(Vect1, Vect2, Interface)) * Dephasage(- Vect2, Interface)

# Définition d'une OPPS
def OPPS(Vect, W, x, t):
    return np.exp(1j*(Vect*x-W*t))

# Initialisation
N = 1000 # Nombre de points sur les domaines [xmin; x_interface] et [x_interface; xmax]
xmin = -3 * 3 * 3.14 * 5
xmax = 100
x_interface = 0.0 # Abscisse de l'interface

# CALCUL et ANIMATION DES ONDES
def FCT(t):
    x1 = np.linspace(xmin,x_interface,N)
    E1_i = np.zeros(x1.size,dtype=np.complex)
    E1_r = np.zeros(x1.size,dtype=np.complex)
    E1 = np.zeros(x1.size,dtype=np.complex)
    x2 = np.linspace(x_interface,xmax,N)
    E2 = np.zeros(x2.size,dtype=np.complex)
    E1_i = 1.0 * OPPS(k1(omega), omega, x1, t)
    E1_r = coeff_reflexion(k1(omega), k2(), x_interface) * OPPS(-k1(omega), omega, x1, t)
    E1 = E1_i + E1_r
    E2 = coeff_transmission(k1(omega), k2(), x_interface) * OPPS(k2(), omega, x2, t)
    return (x1,x2,E1_i, E1_r, E1, E2)

temps = 0.0
(x1,x2,E1_i, E1_r, E1, E2) = FCT(0.0)
dt = 0.001
fig, ax = subplots()
title("Delta = %1.2f " %delta)
line1, = ax.plot(x1,np.real(E1_i),'r--', label = "Inc.")
line2, = ax.plot(x1,np.real(E1_r),'g--', label = "Réfl.")
line3, = ax.plot(x1,np.real(E1),'b', label = "Inc. + Refl.", linewidth = 2)
line4, = ax.plot(x2,np.real(E2),'y', label = "Transmis", linewidth = 2)
ax.grid()
axvspan(x_interface, xmax, facecolor='lightgrey', alpha=0.5)
text(30, -1.7, 'Conducteur', fontdict = font)
text(-100, -1.7, 'Vide', fontdict = font)
xlabel('x (unité de delta)')
ylabel('E (unité arbitraire)')
axis([xmin, xmax, -2, 3])
legend(loc='upper right')

def animate(i):
    global temps,xmin,xmax,N
    temps += dt
    (x1,x2,E1_i, E1_r, E1, E2) = FCT(i)
    line1.set_xdata(x1)
    line1.set_ydata(np.real(E1_i))
    line2.set_xdata(x1)
    line2.set_ydata(np.real(E1_r))
    line3.set_xdata(x1)
    line3.set_ydata(np.real(E1))
    line4.set_xdata(x2)
    line4.set_ydata(np.real(E2))
anim = animation.FuncAnimation(fig,animate, interval=200)
show()
```

CCS12 – Appareil photo jetable (2015)

L'objectif d'un appareil photo jetable n'est constitué que d'une seule lentille mince de diamètre D , la pellicule se situant à une distance d fixe derrière l'objectif. Cette distance n'est pas modifiable, de même que la distance focale f' de l'objectif : autrement dit, aucune mise au point n'est nécessaire.



1°) Quel type de lentille doit-être utilisé ? Estimer les valeurs typiques de d et D pour l'appareil photographique présenté sur la figure.

2°) On tire le portrait d'une personne située à une distance $L = 3,0$ m de l'objectif de l'appareil. Quel doit être la valeur de la distance focale de l'objectif pour que cette personne soit vue nette sur la photo ? Faire un schéma. Peut-on voir la personne en entier sur la photo, en utilisant une pellicule 24×36 mm ?

On suppose désormais que l'appareil est conçu de sorte que $d = f'$.

3°) Déterminer le rayon r de la tâche lumineuse formée dans le plan de la pellicule par le faisceau de rayons lumineux issus d'un objet ponctuel A situé sur l'axe optique à une distance l de l'objectif. Commenter le résultat.

4°) Dans une revue photographique, on peut lire : « Une pellicule 24×36 mm contient environ 2 millions de grains d'argent ». Quelle est la position de l'objet le plus proche vu net sur la pellicule ? Est-ce satisfaisant pour les applications usuelles ?

5°). Comment pourrait-on envisager d'améliorer le dispositif en augmentant légèrement la distance d ? Applications numériques et commentaires.

6°) On considère de nouveau le réglage $d=f'$ et on réalise le portrait d'une personne située à 5 m de l'appareil photo. Le portrait est développé et le tirage est réalisé sur un format 10×15 cm. Évaluer le pouvoir séparateur θ_{min} de l'œil humain. Peut-on se rendre compte que le portrait est légèrement flou en l'observant à une distance de 30 cm ? Conclusion ?

Données :

La relation de conjugaison d'une lentille mince de distance focale f' , utilisée dans les conditions de Gauss est (on note A' le point image conjugué du point objet A) : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.

Rép : 1°)... 2°)... 3°) $\Rightarrow r = \frac{Df'}{2l}$ 4°) $l > l_{min} = \sqrt{\frac{\pi D^2 f'^2}{4 S_{grain}}} = 17m$ 5°) Il faut augmenter d 6°) $\theta > \theta_{min}$, le portrait est flou.