

École navale

Session 2018

Filière PC – Physique 1



Le cadre et les premières secondes

L'épreuve de Physique 1 dure 30 minutes. Le candidat entre, signe la feuille de passage et découvre l'énoncé de l'exercice ; le passage au tableau est immédiat, sans temps de préparation. Il est conseillé au candidat de tenir prêt une pièce d'identité et un stylo.

Le candidat dispose de deux tableaux noirs et de craies blanches et de couleur, qu'il utilise à sa guise.

Les exercices proposés

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 orale de Physique 1 requiert une bonne connaissance du cours.

Certains énoncés sont longs et ne peuvent être terminés que par les candidats les plus véloces ; la notation en tient compte. Des questions additionnelles, de niveau de plus en plus élevé, sont ajoutées graduellement pour les meilleurs candidats terminant en avance ; ceux-ci ne doivent en aucun cas craindre de perdre des points, toutes les réponses sont écoutées avec bienveillance à de tels niveaux d'interrogation, elles ne peuvent qu'ajouter un bonus.

Lors de l'épreuve

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'examinateur, 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'examinateur lorsqu'il doit guider le candidat afin de ne pas le laisser bloqué. L'examinateur pose régulièrement des questions, pour préciser un point qui resterait obscur, mais aussi pour s'assurer de la bonne compréhension du cours. Toutefois, le candidat ne doit pas chercher l'assentiment de l'examinateur pour chaque réponse.

L'autonomie du candidat est valorisée. On attend de lui qu'il sache construire un raisonnement, sans que l'examinateur doivent le relancer à chaque étape par des « et donc ? », « qu'en déduisez-vous ? » systématiques. Un tel manque d'autonomie est évidemment pénalisé.

Les candidats sérieux développent de véritables raisonnements et n'oublient donc pas les résultats des questions précédentes.

L'examinateur eut le plaisir d'entendre des exposés bien menés, où le candidat ne perdait pas de temps à écrire ce qu'il énonçait à l'oral ou en explications redondantes ; où le tableau, reprenant les étapes essentielles des calculs, était bien tenu, rempli en colonnes et n'était pas masqué par la position du candidat.

La calculatrice

Les calculs d'ordre de grandeur sont la règle, donc sans calculatrice. Dans quelques rares cas, quand une application numérique précise est requise, le candidat l'effectue lors de son passage.

Les questions systématiques

La question posée régulièrement à chaque sujet est : *pourquoi ?*

Pourquoi utilisez-vous telle surface de Gauss et non pas telle autre ?

Pourquoi utilisez-vous ce contour d'Ampère ?

Pourquoi choisissez-vous ce système de coordonnées ?

Pourquoi projetez-vous sur tel axe ?

Pourquoi la vitesse d'une onde sonore à l'interface entre deux fluides est-elle continue ?

Pourquoi la pression dans un jet d'eau, en sortie d'un récipient qui se vide par un petit trou, vaut-elle la pression atmosphérique ?

Pourquoi pouvez-vous négliger les effets de bord ?

La liste est longue ; le candidat doit être capable de tout justifier et montrer ainsi qu'il a compris et maîtrisé son sujet.

Notes décernées

Les notes s'étalent de 6 à 20 avec une moyenne de 12,4. L'examinateur fut impressionné par la remarquable qualité de certaines prestations. Se perpétue ainsi une tradition du concours de l'École navale, de travail soutenu pendant les années de préparation, d'apprentissage réfléchi de la Physique, de motivation des candidats et de formation de haut niveau délivrée par les professeurs de CPGE.

Remarques disciplinaires

Quels sont les points qui permirent aux bons candidats de réussir leur épreuve ?

1) Remarques générales

Les candidats doivent veiller à l'**homogénéité** des formules, tant pour les unités qu'au niveau des écritures scalaire ou vectorielle.

Les candidats doivent savoir résoudre une **équation différentielle** linéaire à coefficients constants du 1^{er} ou du 2^{ème} ordre, même avec second membre, et connaître quels termes représentent mathématiquement les régimes transitoire ou permanent. Il leur est vivement conseillé de savoir normaliser une équation différentielle et d'en connaître les paramètres caractéristiques, par exemple pour un second ordre sous la forme (qui n'est pas unique) :

$$\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2s}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{ds}{dt} + s = 0.$$

Le jury attend, pour un système du 2^{ème} ordre soumis à une entrée constante, que le candidat extraie de lui-même les valeurs de ω_0 , ξ (ou du facteur de qualité $Q = 1/2\xi$), sache tracer sans calcul l'allure de la sortie en fonction de ξ .

L'utilisation des **opérateurs** doit être aisée en cartésiennes, comme le développement de $(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \vec{v}$ ou de

$\Delta \vec{E}$. Remarquons qu'une tentative de calculer $\text{rot } \vec{E}$ en coordonnées cylindrique ou sphérique, *via* $\vec{\nabla} \wedge \vec{E}$, ne mène pas au bon résultat car les vecteurs de base dépendent des coordonnées d'espace.

Aucune grandeur n'est intrinsèquement négligeable, elle n'est **négligeable** que devant une autre, qui lui est homogène.

2) Mécanique des fluides

Les bons candidats valident systématiquement à l'oral les hypothèses de validité du **théorème de Bernoulli** et dessinent un schéma clair où figure la ligne de courant étudiée.

Ils n'emploient l'équation de **Navier-Stokes** que dans le cas d'un écoulement laminaire, car d'emploi simple.

3) Électromagnétisme

Dans les bonnes prestations en **induction**, une analyse physique de la situation, finissant avec la loi de Lenz, expose le plan de mise en équation du problème. Un schéma clair, compréhensible, correctement utilisé, montre quelles sont les orientations, qui ne doivent pas être contradictoires à chaque étape, comment sont placés les vecteurs, en particulier \vec{dl} ou $i \vec{dl} \wedge \vec{B}$. Les meilleurs candidats savent détecter une erreur de signe sur le résultat final, en particulier s'ils obtiennent une équation différentielle caractéristique d'un système instable, et remontent pour corriger leurs calculs.

Rappelons qu'il est souvent beaucoup plus simple de calculer le moment des forces de Laplace qui s'exercent sur un circuit filiforme fermé par $\vec{\Gamma} = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$.

Lors des calculs de champs, les **symétries** et les **invariants** doivent être systématiquement étudiées, quelles que soient la source du champ et l'équation de Maxwell dont la forme intégrée doit être connue, comme le théorème d'Ampère complet (ou généralisé) :

$$\oint_{\mathcal{C}} \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I_{\text{enlacé}} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt} \iint_{\mathcal{S}|\mathcal{C}} \vec{E} \cdot \vec{dS},$$

ainsi que la loi de Faraday :

$$\oint_{\mathcal{C}} \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{d}{dt} \iint_{\mathcal{S}|\mathcal{C}} \vec{B} \cdot \vec{dS}.$$

Cette dernière équation sert à calculer le **champ électrique créé par un champ magnétique variable dans le temps**, phénomène trop souvent ignoré des candidats. Dans le cas d'un champ électrique créé par un champ magnétique, lui-même créé par un courant d'intensité variable, les symétries du courant se retrouvent *in fine* dans celles du champ électrique.

De plus, les bons candidats connaissent le cours : ils savent rapidement établir le champ magnétique créé par un fil infini ou le champ électrique créé par un plan uniformément chargé en surface ; il mettent en évidence les analogies formelles entre les champs électrique et de gravitation.

4) Diffusion thermique

Les bons étudiants savent établir l'équation de la diffusion thermique *via* un bilan d'énergie interne en géométrie cartésienne. Ils utilisent à bon escient la continuité du flux thermique à travers une interface. Lorsque l'énoncé modélise le transfert thermique à une interface par $\delta Q = hS(T_1 - T_2) dt$, on s'attend à ce que le candidat en tienne compte et sache expliquer pourquoi il manipule $T_1 - T_2$ et non $T_2 - T_1$.

Les candidats doivent savoir modéliser une situation avec le formalisme des **résistances thermiques** dont l'expression cartésienne ($\mathcal{R}_{th} = \ell/\lambda S$) est connue. La connaissance des lois élémentaires sur les circuits électriques (loi des mailles, diviseur de tension) est indispensable pour profiter des résistances thermiques.

5) Optique physique

Dans l'étude des **interférences**, les bons candidats exposent sans hésitation les raisons de la cohérence ou de l'incohérence des sources.

La formule des interférences à deux ondes est connue et d'utilisation immédiate, tout comme les expressions classiques des différences de chemin optique entre deux sources avec leur hypothèses d'application. Un tracé rigoureux des rayons lumineux est attendu dans le cas d'une lentille de projection. Le jury attend un exposé essentiellement qualitatif sur la diffraction, afin d'expliquer la forme des franges d'interférences.

Dans des cas plus compliqués avec des différences de marche avant et après les trous d'Young, les bons candidats proposent des expressions des différences de marche dont les signes sont cohérents.

6) Mécanique

Une étude physique est souvent la bienvenue, afin de ne pas se lancer dans d'inextricables calculs pour des forces qui n'ont aucune influence sur le mouvement (dont le moment par rapport à l'axe de rotation est évidemment nul par exemple). Le bon sens est plus important que les gros calculs.

Lorsque le contact entre un mobile et un support est étudié, il convient d'utiliser une base où la réaction du support s'élimine sur une des composantes. De plus, le contact disparaît dès que la réaction s'annule.

Le jury attend des candidats qu'ils prennent l'initiative d'un schéma, avec le sens et la direction des **forces d'inertie** clairement indiqués *a priori*, afin de grandement simplifier la mise en équation ultérieure.

Rappelons que si la force résultante développée sur un solide est nulle, cela n'implique pas que son moment le soit aussi.

Le jury apprécie lorsque les candidats modélisent correctement les **ressorts**, sans mélanger la longueur à vide avec celle à l'équilibre, et qu'ils pensent à écrire l'équation mécanique à l'équilibre afin de simplifier son expression générale, sans qu'une telle démarche soit toutefois obligatoire. Les candidats sérieux peuvent vérifier, sur des cas limites, le signe de la force de rappel élastique.

7) Physique des ondes

On s'attend à ce que les candidats maîtrisent le cours, c'est-à-dire qu'ils sachent démontrer l'équation de d'Alembert sur une corde vibrante, pour une onde sonore, pour une onde électromagnétique dans le vide, en précisant les hypothèses et le cadre de l'étude.

D'un point de vue mathématique, $\frac{\partial}{\partial t}$ et $\overrightarrow{\text{grad}}$ ne deviennent en notation complexe $j\omega$ et $-j\vec{k}$ que si l'onde étudiée est plane progressive et harmonique ; ce passage aux complexes est faux dans le cas d'une onde stationnaire par exemple.

Lors de l'étude de la **réflexion** et de la **transmission** d'une onde, sur une interface immobile, on s'attend à une justification physique simple de l'égalité des pulsations des ondes incidente, réfléchie et transmise.

La direction de polarisation d'une **onde électromagnétique** ne doit pas être confondu avec celle de propagation.

Sur le chapitre sur les **ondes sonores**, les bons candidats savent écrire directement les équations linéarisées ; lors de l'étude de la réflexion et de la transmission d'ondes sonores planes entre deux milieux, ils justifient que les conditions aux limites soient écrites, dans l'approximation acoustique, en $x = 0$ (position de repos de l'interface), alors que l'interface bouge sinusoïdalement.

La notion d'**impédance acoustique** simplifie grandement les calculs, à condition d'utiliser le bon signe entre le champ des vitesses et le champ de surpression de l'onde réfléchie.