

Banque PSI inter-ENS – Session 2022

Rapport du jury relatif à l'épreuve orale de physique

L'épreuve de physique dure 55 minutes. Un phénomène physique est présenté au candidat sous forme assez succincte (description brève d'une observation expérimentale, courte séquence vidéo, photos ou graphe de données expérimentales). Le but est de construire un modèle pour décrire au mieux le phénomène présenté... Il est rappelé en début d'épreuve que la prise d'initiative est indispensable ; c'est au candidat de préciser ses hypothèses de travail, le sujet étant volontairement ouvert. La démarche est proche de celle des « résolutions de problèmes ». Cette démarche est au cœur du quotidien du métier de chercheur qui est un des débouchés naturels de l'ENS.

Après une période de réflexion individuelle (typiquement 5-10 minutes), l'épreuve évolue progressivement vers un dialogue entre l'examineur et le(a) candidat(e). Celui(elle)-ci est amené(e) à affiner ses hypothèses de travail. Le sujet est volontairement bref et ouvert. Par ses remarques ou, le plus souvent, ses questions, le jury cherche à aider le candidat à progresser s'il est dans la bonne direction ou au contraire lui fera part de ses doutes s'il s'engage dans ce qui semble être une impasse. Il ne faut pas hésiter à solliciter le jury pour faire avancer la discussion. Un écueil à éviter à tout prix est de rester silencieux trop longtemps sans expliquer au jury le cours de sa réflexion.

Une première approche du problème consiste généralement en une discussion qualitative du phénomène avec le jury, qui peut apporter à cette occasion des précisions supplémentaires sur les contours du sujet. A ce stade, les raisonnements par analogie avec des situations connues, par ordres de grandeur voire par analyse dimensionnelle sont bienvenues pour « entrer dans le sujet ».

Passée cette première étape, le jury attend que le candidat soit capable de proposer un chemin vers une description plus formalisée du phénomène. Beaucoup de sujets peuvent être abordés de plusieurs façons, et il n'existe pas une seule bonne réponse. Le jury laisse le candidat libre de poursuivre la piste qu'il a choisie, sauf si celle-ci devient visiblement sans issue. Il est souvent judicieux de prendre le temps nécessaire pour préciser par un schéma la géométrie et les notations retenues. Dans la plupart des cas, les sujets ne nécessitent pas de longs développements calculatoires, mais le jury apprécie que le candidat fasse preuve de méthode et de soin dans la définition de ses variables et dans la réalisation des schémas. Rappelons que la vérification de l'homogénéité des expressions et des ordres de grandeur en fin d'analyse est indispensable.

Le jury constate avec satisfaction la présence de très bons candidats dans la filière PSI qui ont eu une bonne compréhension et intuition physique sur les problèmes posés, que ces sujets aient une coloration appliquée ou plus fondamentales. Il encourage les étudiants de cette filière à ne pas s'auto-censurer pour le concours ENS.

La quasi-totalité des exercices proposés faisaient appel à plusieurs domaines de la physique. La connaissance des valeurs numériques des constantes fondamentales (au moins en ordre de grandeur) et d'autres grandeurs physique est appréciée.

Exemples de sujets proposés pour la session 2022 :

Exemple 1 : Une centrifugeuse pour l'espace.

On montre aux candidats la photo d'un système de propulsion de satellites développé par une start-up californienne, vue récemment dans l'actualité. Dans ce système l'objet à propulser dans l'espace est accéléré par une centrifugeuse géante. On demande aux candidats d'examiner la faisabilité de ce concept et son coût énergétique et de le comparer avec l'approche traditionnelle de propulsion par fusée d'une masse utile de 100 kg.

Éléments de réponse:

Dans un premier temps, on attend des candidats qu'ils rappellent brièvement l'approche traditionnelle de satellisation, avec une estimation de la masse du carburant nécessaire par rapport la masse utile. On attends aussi une connaissance de la notion de vitesse de satellisation. On réalisé rapidement que cette vitesse est beaucoup trop importante pour une lancement à partir du sol, à cause des forces des frottement fluide. Une approche optimisée hybride pourra être proposée.

Exemple 2 : Magnétisme artificiel

On considère un ensemble de cylindres métallique fins et très longs. Les cylindres, de rayon r , sont disposés sur un réseau de maille carré de période $a > 2r$. Un champ magnétique alternatif est appliqué le long de l'axe des cylindres. Donner la réponse magnétique du système global.

Éléments de réponse:

Il s'agit d'un problème inspiré d'un article du physicien anglais John Pendry, qui a introduit la notion de méta-matériaux électromagnétiques. Cette notion peut être abordée avec les outils du programme de prépas. Il s'agit d'analyser le système avec l'aide de la loi de l'induction. Une subtilité est de pouvoir déterminer le champ magnétique local vu par un cylindre en tenant comptes tous les autres éléments du réseau. Cet effet peut être déterminé simplement en utilisant la conservation du nombre des lignes de champ magnétique et la périodicité du système. Ensuite, on peut déterminer l'aimantation due au champ externe et donc la susceptibilité magnétique. Pour la suite de l'exercice, on peut rendre les cylindres résonnants à une fréquence donnée par l'introduction d'une coupure capacitive et mettre en évidence l'exaltation des effets magnétiques...