

Banque MP inter-ENS 2024
Rapport relatif à l'épreuve orale de physique

• **Écoles partageant cette épreuve** : ENS PARIS-SACLAY, ENS RENNES, ENS DE LYON

• **Coefficients** (en pourcentage du total des points, à l'admission, de chacun des concours) :

★ ENS PARIS-SACLAY	Concours MP Option MP : 11,5 %
	Concours MP Option MPI : 11,5 %
★ ENS RENNES	Concours MP Option MP : 11,5 %
	Concours MP Option MPI : 11,5 %
★ ENS LYON	Concours MP Option MP : 10,8 %

• **Membres du jury** : J. BERNARD, M. CASTELNOVO, J. ERRAMI, C. WINISDOERFFER

Note : Dans un souci d'alléger le texte, et sans aucune discrimination de genre, l'emploi du genre masculin est utilisé à titre épïcène.

1 Présentation générale de l'épreuve.

• **Objectif de l'épreuve** : le but de cet oral de physique est de sélectionner les candidats susceptibles de suivre les enseignements dispensés dans les différents parcours de sciences fondamentales des Écoles Normales Supérieures. L'expérience montre que ces candidats sont ceux qui réunissent les compétences suivantes :

- une excellente connaissance du contenu disciplinaire développé pendant le cursus de CPGE, dans les limites du programme, en particulier des énoncés des “principes fondamentaux”, des résultats dérivés, mais également des domaines de validité;
- une capacité de modélisation, avec l'identification des éléments clefs, d'une situation réelle;
- une stratégie de résolution, s'appuyant sur les propriétés physiques de la modélisation envisagée;
- une analyse critique des résultats obtenus, que ce soit (bien évidemment) ceux concernant les aspects dimensionnels, mais également leur pertinence dans le contexte considéré.

À titre d'illustration, un exemple concret est donné dans le paragraphe suivant.

• **Format** : le format de l'épreuve est un oral de 45 minutes sans préparation. Après avoir pris le temps de s'imprégner de son sujet, le candidat expose sa démarche en direct devant le jury. Il est important de souligner qu'il s'agit d'une épreuve orale, et que le candidat en est l'acteur principal. C'est donc à travers la discussion qui s'établit entre lui et l'examineur qu'il peut développer son raisonnement, et éventuellement le modifier en suivant les suggestions qui pourront lui être données. Le fait de ne pas aboutir à la résolution complète de l'exercice au terme des 45 minutes imparties n'empêche en rien l'examineur d'évaluer les compétences qui auront été mobilisées par le candidat.

• **Jeu du concours** : le jury est parfaitement conscient du caractère déstabilisant que peut avoir cette épreuve, comparée à d'autres oraux beaucoup plus standardisés, et être la source d'une certaine acrimonie de la part de certains candidats, déçus de leur prestation. Il tient donc à souligner encore une fois que les interrogateurs, contrairement à certaines rumeurs, connaissent les programmes, et évaluent les compétences de chaque candidat sur cette base. En outre, il est rappelé que cette épreuve se déroule dans le cadre d'un *concours*, et que l'objectif est donc *in fine* de classer des candidats.

2 Exemple.

Afin d'illustrer le propos précédent, nous allons considérer un exemple concret de sujet proposé cette année, et qui a soulevé beaucoup d'enthousiasme sur certains forums de discussion. Le sujet consistait en la simple question suivante : "justifier à quelle(s) condition(s), lorsque l'on frappe avec une queue une boule de billard, on peut obtenir un effet rétro".

C'est un exercice qui en cache en fait trois, un premier de modélisation (qui n'a posé aucune difficulté à aucun candidat), un second correspondant au mouvement de la boule, et un troisième associé à la discussion des conditions initiales à considérer. Concernant l'équation différentielle à laquelle obéit le mouvement, elle s'obtient sans peine à l'aide du théorème du moment cinétique dans le référentiel approprié. Comme les interrogateurs le savent, seule la situation d'un "solide en rotation autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen" est une capacité exigible. Et c'est là que l'épreuve trouve son sens, en permettant de distinguer entre le candidat qui applique le théorème du moment cinétique sans préciser l'axe considéré ni discuter le caractère inertiel ou non du référentiel attaché ("par pur réflexe") et celui qui identifie la difficulté. Et dans la deuxième catégorie, celui qui connaît les conditions d'application généralisées (tout comme il connaît la loi de Biot et Savart, hors programme...) et celui qui comprend que la clef consiste à être capable de donner les points d'application des (pseudo) forces d'inertie, ou qui est prêt à repartir de la définition du moment cinétique et à voir ce que devient sa dérivée temporelle dans le cas d'un axe animé d'un mouvement de translation accéléré... En d'autres termes, de distinguer les candidats qui reproduisent des exercices rencontrés (ou qu'ils pensent avoir rencontrés) pendant l'année de ceux qui ont compris et assimilé certains concepts et peuvent les exploiter dans de nouvelles situations. L'examinateur est là pour encourager le candidat sur une piste qu'il se propose d'explorer, ou à l'inverse pour l'empêcher de se fourvoyer dans des voies sans issue, ce qui souligne encore une fois l'importance de la discussion qui doit s'établir dans cette épreuve, à l'initiative du candidat. L'expression de la force de frottement à partir de l'utilisation des lois de Coulomb (alors qu'il ne s'agit pas d'un mouvement de translation) n'a perturbé aucun candidat, et ne constitue, au demeurant, pas le véritable intérêt de l'exercice. Malgré tout, cela a permis de constater que certains candidats n'avaient jamais songé au rôle que jouent les frottements lorsqu'ils sont à vélo par exemple, ce qui effectivement sort du cadre strict du programme mais ne semble pas être, aux yeux des examinateurs, quelque chose d'ésotérique pour des candidats admissibles non seulement aux ENS mais très probablement à d'autres écoles d'ingénieurs...

Pour finir et discuter le "troisième exercice", le candidat dispose normalement, à ce stade de l'épreuve, de l'équation différentielle à laquelle obéit le mouvement. Il est donc amené à s'interroger sur les conditions initiales à considérer, une étape souvent négligée car elles sont très généralement "données" dans les énoncés (des exercices classiques de mécanique tout du moins). En mettant le candidat dans cette situation inhabituelle, où il lui revient de 1.- dénombrer le nombre de conditions initiales à considérer, 2.- modéliser la situation correspondante, 3.- les évaluer, le jury a la possibilité à nouveau de faire la distinction entre les candidats qui proposent une démarche, plus ou moins aboutie peut-être mais fruit de *leur* réflexion, et ceux qui se retrouvent en grande difficulté lorsque la situation s'écarte de ce qu'ils ont pu voir au cours de leur formation scolaire.

Pour conclure, cet exemple concret permet d'illustrer les objectifs de l'épreuve : permettre au candidat de montrer, à travers la discussion qui se sera établie avec son examinateur, sa compréhension de la physique du problème plutôt que son habileté à reproduire quelque chose de déjà-vu. Dit autrement, ce n'est essentiellement pas la restitution des "capacités exigibles" (plus ou moins étendues en fonction des établissements d'origine des candidats) qui est évaluée, mais bien la maîtrise des "notions et contenus", tels qu'ils apparaissent dans les programmes, qui est valorisée, en permettant à chaque candidat de développer sa propre réflexion.

3 Remarques particulières.

Sont rassemblées ci-dessous des remarques relevées de manière récurrente par les différents interrogateurs :

- aussi stupéfiant que cela puisse sembler, la définition du référentiel considéré et la discussion de son caractère inertiel (ou non) dans les problèmes de mécanique ne constituent pas, pour un nombre important de candidats, l'étape 0 de leur raisonnement ; bien évidemment, de grossières erreurs s'en suivent ;
- dans un problème de mécanique qui se ramène à l'étude d'un mouvement à un seul degré de liberté effectif, les conséquences en terme de trajectoire de la courbe $E_{\text{pot}}^{\text{eff}} = E_{\text{pot}}^{\text{eff}}(r)$ laissent souvent à désirer, tout particulièrement lorsque le potentiel considéré n'est pas coulombien / newtonien ;
- même, s'il peut être intéressant de connaître l'équation de diffusion, il faut surtout être capable de faire un bilan thermique associé au premier principe, notamment lorsque d'autres transferts thermiques apparaissent dans le problème : transfert conducto-convectif, effet Joule, système ouvert...
- un compresseur en régime permanent ne s'étudie pas comme un piston en système fermé. Le travail utile massique w_u ne s'obtient pas à l'aide de $-\int Pdv$ mais par $\int vdP$ (pour un fonctionnement supposé réversible, où l'on néglige les variations d'énergies cinétique et potentielle) ;
- sans même aborder son domaine de validité, le théorème d'équipartition de l'énergie est très rarement énoncé convenablement, ce qui conduit rapidement les candidats à des impasses (comment traiter la situation avec un terme de la forme $ax^2 + bx$ ou de la forme $ax \equiv ay^2$ en posant $y = \sqrt{x}...$) ;
- il ne suffit pas de connaître les théorèmes et résultats du cours, encore faut-il pouvoir énoncer et comprendre les hypothèses d'application de ceux-ci ; un exemple flagrant rencontré cette année est le théorème d'Ampère ;
- il est essentiel d'étudier les symétries d'un système avant de proposer une résolution de l'exercice ;
- en optique, il est illusoire d'espérer trouver systématiquement son salut dans un calcul de différence de marche, en particulier lorsqu'il s'agit d'un problème d'optique géométrique. Dit autrement, estimer des longueurs à l'aide du théorème de Pythagore ne permet pas de cacher une incompréhension de la physique mise en jeu ;
- la distinction entre systèmes à division du front d'onde et à division d'amplitude n'est pas suffisamment maîtrisée. Plutôt que de s'aventurer à des calculs laborieux de différence de marche, il peut être judicieux de se ramener à des systèmes équivalents (type trous d'Young, lame d'air, ...) ;
- le calcul de la différence de marche dans un système type Michelson en lame d'air reste encore trop difficile pour certains candidats, et le théorème de Malus est souvent mal énoncé ;
- les notions de cohérence spatiale et temporelle des sources lumineuses ne sont pas assimilées par une partie des candidats.

* *
*