

## Banque MP inter-ENS – Session 2023

### Rapport relatif à l'épreuve orale de Physique - U

- **Écoles partageant cette épreuve** : ENS Ulm
- **Coefficients** (en pourcentage du total des points de chaque concours) : 23,1 %
- **Membres du jury** : Pierre Fleury, Sandrine Codis

### Présentation générale de l'épreuve

L'épreuve dure une heure sans préparation. L'énoncé, généralement succinct, est présenté à l'oral par le jury, constitué lors de l'épreuve d'une seule examinateur.ice. Le.a candidat.e présente ses raisonnements et effectue ses calculs au tableau devant le jury. L'épreuve prend essentiellement la forme d'un échange continu entre le jury et le.a candidat.e, durant laquelle des questions intermédiaires peuvent être posées en vue de guider le.a candidat.e dans ses raisonnements.

Le jury s'attend à ce que les différentes étapes du raisonnement soient clairement exposées et à ce que les résultats soient précisément analysés. Le.a candidat.e est invité.e à systématiquement expliquer ce qu'il est en train de faire. Le jury ne s'attend pas à ce que le.a candidat.e sache résoudre le problème aussitôt la question reçue. Un temps de réflexion est bien sûr permis ; se questionner, douter et réfléchir à voix haute permet de démarrer une discussion avec le jury. À tout moment, le.a candidat.e peut poser un calcul « au brouillon » sur le tableau afin de répondre à la question posée.

### Énoncés

Les énoncés portent sur l'ensemble du programme de physique des classes de MPSI et MP. Un même sujet peut nécessiter de recourir à plusieurs parties du programme.

Tous les sujets proposés par le jury sont originaux et n'ont, à sa connaissance, jamais été posés aux concours. Une expérience de pensée, un phénomène de la vie courante ou encore un fait expérimental, récent ou ancien, forme souvent le point de départ de l'énoncé. Ce dernier est rédigé de façon succincte et laisse au candidat le soin d'introduire le formalisme adéquat et d'en réaliser la modélisation mathématique et physique.

Une importance toute particulière est accordée à cette étape de modélisation : identifier des lois physiques pertinentes, notamment à l'aide d'ordres de grandeur, réaliser un schéma du système étudié et choisir des notations pour paramétrer le problème. Le jury encourage le.a candidat.e à commencer par une description simplifiée du problème avant de répondre à la question. Dans tous les cas, le jury guide le candidat s'il reste bloqué trop longtemps, le plus souvent par le biais de questions.

Certaines situations physiques font intervenir des concepts en dehors du cadre du programme de MPSI/MP. Le jury présente alors clairement ce que le.a candidat.e doit savoir pour répondre au problème. Le jury insiste toutefois sur le fait qu'aucune connaissance hors programme n'est nécessaire pour la compréhension et la résolution des problèmes donnés.

Dans certains cas, l'énoncé est complété par une figure, représentant par exemple un résultat expérimental. Ces documents sont introduits au moment où le.a candidat.e en a besoin pour ne pas interférer dans sa réflexion préalable. Aucune étude de documents n'est demandée au cours des épreuves.

Des exemples de sujets donnés lors de la session 2023 sont fournis à la fin de ce rapport.

## Évaluation

L'objectif de l'épreuve est d'évaluer la connaissance et la compréhension des concepts physiques au programme, la capacité à mobiliser de manière pertinente ces connaissances face à un problème nouveau, ainsi que les compétences techniques des candidat.e.s.

Les principales compétences évaluées sont :

- maîtriser le programme ;
- analyser une situation physique nouvelle avant tout calcul ;
- utiliser des ordres de grandeur pour identifier les phénomènes physiques pertinents ;
- construire une modélisation adaptée au problème ;
- avoir un regard critique sur le modèle proposé et sur les résultats obtenus ;
- présenter de façon claire ses hypothèses, raisonnements et résultats ;
- mener des calculs de façon rigoureuse tout en sachant introduire et utiliser des approximations physiques pertinentes ;
- effectuer des applications numériques au tableau en étant attentif aux unités ;
- entretenir une discussion physique avec le jury et savoir s'adapter aux indications données en cours d'épreuve.

Certains aspects de l'épreuve, dans sa forme ou au sujet de l'évaluation, sont détaillés par la suite.

**Maîtrise du cours.** L'oral est axé sur la résolution d'un problème et, en ce sens, les questions de cours ne sont pas au cœur de l'épreuve. Une connaissance parfaite du cours est toutefois indispensable à la résolution des problèmes posés. En particulier, le.a candidat.e doit être capable de préciser pour les résultats de cours qu'il invoque, ses conditions d'application, les hypothèses sous-jacentes et leur domaine de validité. Une courte démonstration ou le principe de la démonstration peuvent être demandés au candidat quand ils figurent au programme.

**Analyse et modélisation du problème.** Les énoncés sont le plus souvent très concis. Qu'une question lui soit spécifiquement dédiée ou non, le début de l'épreuve doit donc commencer par une analyse du problème. Dans cette première phase exploratoire où le jury intervient peu, idéalement, il est attendu du ou de la candidat.e qu'iel décrive soigneusement la situation physique en identifiant les paramètres pertinents du problème. Un dessin clair et soigné est valorisé. Il est également du ressort du ou de la candidat.e qu'iel fasse un choix pertinent de notations pour les grandeurs introduites, et que ces notations restent cohérentes tout au long de l'épreuve.

Une analyse qualitative du problème est très appréciée : l'analyse de cas limites simples, l'évaluation d'ordres de grandeur estimant l'importance relative de différents phénomènes permettent le plus souvent une compréhension globale du problème et une simplification préalable à toute mise en équation. Ce temps d'analyse permet ainsi au ou à la candidat.e de faire preuve de recul sur la physique du problème mais aussi de mettre toutes les chances de son côté pour résoudre ensuite le problème. Les candidat.e.s sachant mener cette première phase sans calculs sont valorisés.

Le jury attend ensuite du ou de la candidat.e qu'iel propose une méthode de résolution du problème avec une mise en équation rigoureuse. À cette étape comme aux précédentes, le jury attend une certaine autonomie du ou de la candidat.e. En particulier, iel doit être capable d'avancer dans sa réflexion et dans la résolution du problème sans attendre la validation de chaque étape par le jury. Toutefois le jury ne laisse pas le ou la candidat.e s'avancer trop avant dans des raisonnements ou calculs sans issue. Il n'intervient pas immédiatement afin de laisser le temps au candidat de s'auto-corriger. Se rendre compte des faiblesses de son raisonnement initial puis se corriger est tout à fait valorisé.

**Discussions avec le jury.** Les sujets, tels qu'ils sont écrits, ne peuvent souvent pas être résolus sans l'intervention du jury. Idéalement, ce dernier n'intervient que pour guider un raisonnement par ailleurs autonome du ou de la candidat.e, ou pour introduire des hypothèses ou des précisions nécessaires à la résolution du problème.

Dans tous les cas, les interventions du jury sont bienveillantes. Le plus souvent, il intervient pour demander au candidat de préciser un résultat ou une affirmation qu'il a faite (indépendamment de sa véracité) ou pour donner des indications pour aider le ou la candidat.e à avancer s'iel reste bloqué.e trop longtemps.

Le jury insiste donc sur l'importance pour les candidats de rester attentifs à ses interventions tout au long de l'épreuve. Les candidats qui n'ont pas su écouter les indications du jury et se sont enfermés dans une voie trop simpliste, complexe, voire erronée, ont été pénalisés.

**Présentation des raisonnements et résultats.** Une importance toute particulière est donnée à la façon dont le ou la candidat.e présente la situation physique, ses raisonnements, approximations et résultats. De façon générale, cela passe par un dessin soigné représentant la situation physique et introduisant les grandeurs pertinentes. Des calculs menés sans justification claire ou avec des commentaires lapidaires sont sanctionnés, même si le résultat

final est correct. Le fait qu'un calcul semble « classique » au candidat ne justifie pas un manque de rigueur scientifique ou de brûler des étapes : le.a candidat.e doit être capable de convaincre par un argumentaire scientifique rigoureux qu'il maîtrise les calculs qu'il mène. En l'absence de justification suffisante, l'examineur l'interroge pour obtenir des précisions. Des réponses laconiques traduisant un refus de la discussion physique ont été pénalisées.

Plusieurs candidats ont ainsi voulu avancer trop vite dans l'énoncé au détriment de la clarté de leur présentation. Le jury insiste sur le fait que cette stratégie n'est jamais gagnante. De façon générale, la note finale n'est pas directement corrélée à l'avancée dans le sujet par le.a candidat.e. La précision de ses réponses et les interventions ou aides de l'examineur sont également prises en compte dans l'évaluation.

**Calculs.** Tous les problèmes aboutissent à un moment à une étape de formalisation suivie de la résolution des équations. Si les compétences techniques des candidat.e.s, déjà largement testées lors des épreuves écrites, ne sont pas au cœur de l'évaluation lors de cet oral, il est attendu que le ou la candidat.e sache mener rigoureusement un calcul. Les calculs demandés sont habituellement relativement courts et peuvent être effectués sur un seul tableau. Le jury tient à rappeler qu'il ne s'agit pas d'une épreuve de mathématiques ou de calculs, mais bien de physique. Néanmoins ne pas savoir mener un calcul simple ou une résolution d'équation "classique" (solutions d'un oscillateur harmonique par exemple) est lourdement sanctionné. Dans tous les cas, la clarté de la présentation, une bonne tenue du tableau avec des calculs clairs, des approximations bien posées et physiquement justifiées, et des notations cohérentes et bien choisies, autrement dit un souci de pédagogie, sont fortement valorisées.

**Analyse des résultats.** La réponse à un problème physique s'arrête rarement à la donnée d'une formule. Il est attendu du ou de la candidat.e qu'il analyse et interprète ses résultats. Cela peut notamment passer par un test de l'homogénéité de la solution, l'évaluation d'ordres de grandeur ou le test de cas limites. Les candidat.e.s sachant mener ces analyses de façon autonome sont valorisé.e.s.

Le jury tient toutefois à insister sur le fait que, si l'outil mathématique est indispensable à la résolution des problèmes physiques, l'interprétation des résultats ne peut se limiter à une étude purement mathématique. Le ou la candidat.e doit être capable de donner un sens physique aux solutions données ou aux équations posées. Comme écrit précédemment, le sens physique du ou de la candidat.e est un élément central de l'évaluation, au-delà de son analyse mathématique du problème.

## Rapport sur la session 2023

120 candidat.e.s ont passé l'épreuve de physique, pour une moyenne de 12,5 et un écart-type de 3,7. Le jury tient à insister sur le très bon niveau général des candidat.e.s auditionné.e.s, avec quelques candidat.e.s excellent.e.s. Par conséquent, la note reçue ne doit pas être interprétée de façon absolue, elle ne reflète que le classement du ou de la candidat.e et l'interclassement de l'épreuve orale de physique par rapport aux autres épreuves. Sauf

exceptions, la performance des candidat.e.s en fin de classement reste tout à fait honorable malgré la faiblesse des notes indiquées.

Le jury insiste sur le fait qu'une vérification régulière de l'homogénéité de ses expressions devrait davantage être un réflexe chez les candidat.e.s. De nombreuses étourderies dans les calculs auraient ainsi pu être évitées.

En mécanique, le jury a été surpris de constater que la conservation de la quantité de mouvement ne va pas toujours de soi chez les candidat.e.s. Cette faiblesse s'est principalement manifestée dans des problèmes faisant intervenir un bilan de quantité de mouvement. A toutes fins utiles, le jury se permet également de rappeler que le principe fondamental de la dynamique n'est pas  $F = ma$ , mais bien  $F = dp/dt$ , ce qui est différent lorsque la masse varie. La quantité de mouvement d'un photon  $p = hc/\lambda$  n'était pas toujours connue des candidat.e.s. Enfin, le jury a constaté un certain manque de recul sur les forces d'inertie en référentiel non-inertiel, notamment une confusion entre les forces d'inertie d'entraînement et de Coriolis.

En physique des plasmas, de nombreux candidats étaient mal à l'aise avec les notations complexes et leur généralisation. Il serait sans doute judicieux d'établir, en cours, l'équation de propagation des ondes électromagnétiques avant de passer en notations complexes.

Une tendance, chez certain.e.s candidat.e.s, d'énoncer ou d'écrire au tableau des propos au hasard, sans réflexion préalable a malheureusement été observée. Le jury rappelle que prendre le temps de la réflexion n'est jamais sanctionné ; au contraire, la capacité des candidat.e.s à construire un discours logique et cohérent est valorisée.

Enfin, le jury note que plusieurs candidat.e.s sont venu.e.s accompagné.e.s par des proches en tant qu'auditeurs. Souvent, cette situation s'est avérée déstabilisante et perturbante pour les candidat.e.s. Le jury recommande donc la plus grande réserve à ce sujet.

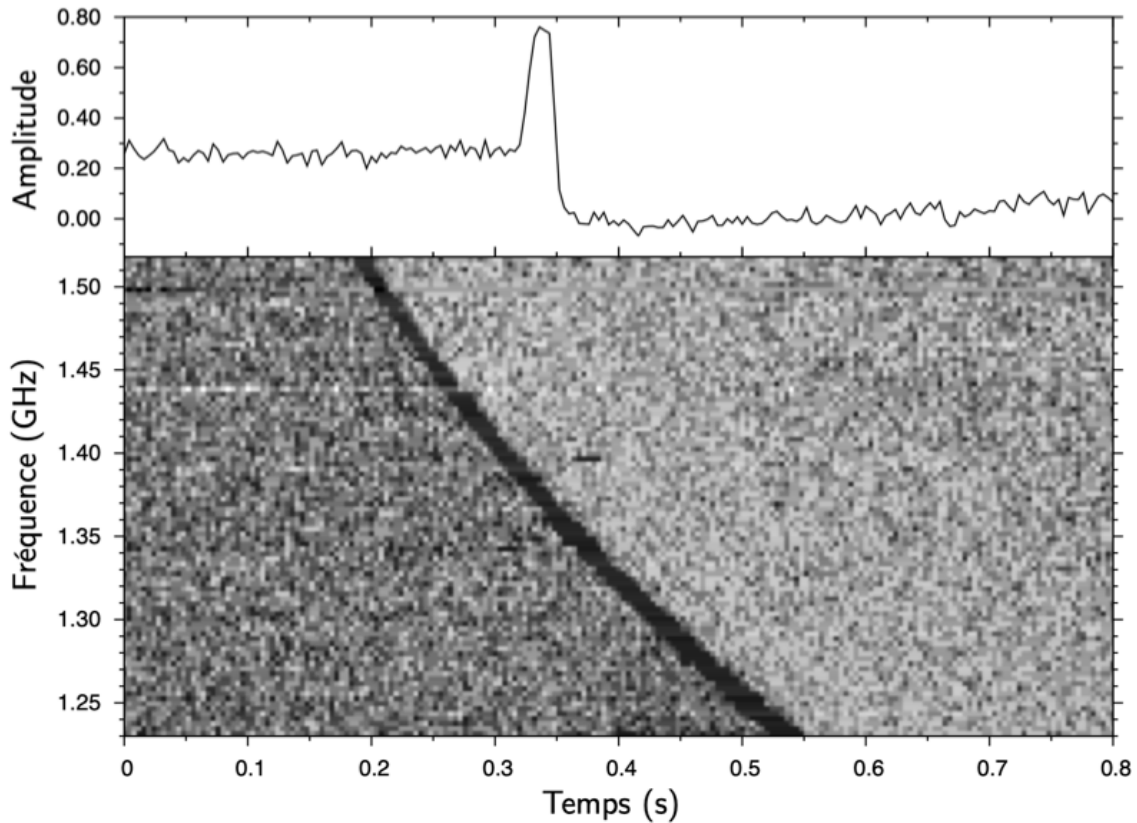
## Exemples de sujets

Nous donnons ici des exemples de sujets posés lors de cette session du concours. Le jury tient à rappeler qu'une grande importance est accordée à la discussion du ou de la candidat.e avec le jury. Ces exemples ne doivent pas être interprétés comme s'il s'agissait d'une épreuve écrite tant l'intervention du jury est indissociable de l'énoncé.

**Énoncé 1.** Vous êtes un ou une navigatrice du XVII<sup>e</sup> siècle. Comment faites-vous pour mesurer votre latitude et votre longitude en pleine mer ?

*Dans cet énoncé, la difficulté majeure est celle de la mesure de la longitude. Une discussion préliminaire visait à mener le.a candidat.e à comprendre que celle-ci repose nécessairement sur une mesure de temps. La seconde partie de l'exercice consistait alors à déterminer la perte de précision d'une pendule embarquée dans un navire, et éventuellement d'en discuter certaines solutions.*

**Enoncé 2.** Le graphique suivant représente l'observation d'un "sursaut radio rapide" ; il s'agit d'un signal électromagnétique de quelques dixièmes de seconde observé par radiotélescope. Le signal en question, apparaissant en noir dans la partie inférieure du graphique, est représenté dans l'espace temps-fréquence. Sachant que la densité moyenne d'électrons libres dans l'univers est d'environ 0,2 électrons par mètre cube, déterminer la distance qui nous sépare de la source de ce signal.



**Enoncé 3.** Milieu granulaire soumis à des vibrations

Lorsqu'un milieu granulaire comme du sable est soumis à des vibrations, des phénomènes surprenants peuvent se produire comme l'apparition de motifs géométriques (carrés, lignes, hexagones, etc). Avez-vous une idée de l'origine de ce phénomène? Pouvez-vous proposer une modélisation du mouvement vertical des grains.

**Enoncé 4.** Avalanche

Proposer une estimation de la quantité de neige mobilisée par une avalanche. On pourra supposer qu'un bloc parallélépipédique de taille  $abc$  se détache soudainement après le passage d'un individu par exemple.