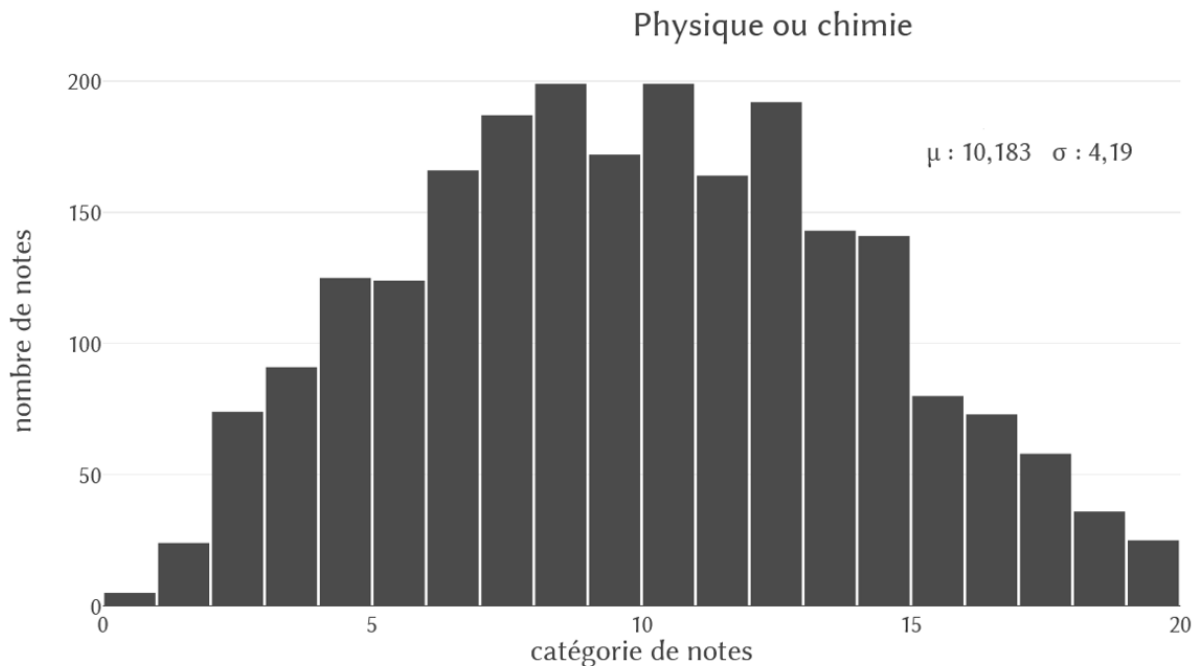


RAPPORT DE L'ÉPREUVE ORALE PHYSIQUE



Ce rapport, rédigé à partir du rapport de l'année dernière, apporte des précisions supplémentaires et modifie certains points.

**Modalités, déroulement de l'épreuve**

L'épreuve consiste à répondre à deux questions

- une question dite « simple » pouvant être une question de cours (par exemple, établir la relation fondamentale de la statique des fluides) ou une application directe du cours (par exemple, établir l'équation de la trajectoire en coordonnées cartésiennes d'un solide en chute libre). Afin d'aider les étudiants durant leur préparation, la question simple était davantage guidée que les années précédentes ;
- une question ouverte, assortie d'un nombre limité de documents (par exemple, des photos, une loi de force...), et pour laquelle la question simple constitue une base de réflexion pour le candidat.

Les candidats disposent de 30 minutes dans une salle dédiée à la préparation (mouvement entre les salles inclus), suivies de 30 minutes dans une salle de présentation avec l'examineur (entrée, émargement, effaçage du tableau et sortie inclus).

Il est rappelé, sur les sujets, que la question simple doit être exposée en moins de 10 minutes, puis le candidat doit exposer ses pistes de réflexion pour répondre à la question ouverte. S'engage ensuite le dialogue avec l'examineur incitant le candidat à poursuivre dans la voie proposée, à l'infléchir ou encore à s'orienter dans une direction non envisagée.

L'évaluation des candidats porte sur 4 axes de compétences évalués :

- Analyser et s'appropriier le problème
- Concevoir une démarche, Réaliser un calcul
- Interpréter des résultats, Valider un modèle, Critiquer un modèle
- Interagir et communiquer
- Faire preuve d'autonomie

Tout comme en chimie, environ  $\frac{1}{4}$  des sujets présentent des capacités numériques mises au service de la résolution de questions ouvertes. Tous les codes proposés dans les sujets sont commentés de manière détaillée. Il s'agit alors d'expliquer une méthode algorithmique utilisée, de compléter des lignes de code (la notice des fonctions étant fournie) ou de comprendre le code afin d'en extraire l'information utile.

Une partie des sujets nécessite l'utilisation des capacités expérimentales afin d'exploiter les informations des documents : mesure de longueur à partir d'une photo, évaluation d'incertitude de type B (relation fournie), préciser la perturbation induite par un voltmètre sur un montage...

Les questions ouvertes peuvent souvent être abordées de plusieurs manières et font souvent intervenir différents domaines de la physique. L'évaluation repose sur des points précis du programme de BCPST.

Le jury est constitué d'une douzaine d'examineurs, enseignants en CPGE.

Comme les années précédentes, la préparation et le déroulement de cette épreuve ont demandé une concertation de l'ensemble des examinateurs. Les sujets sont conçus en obéissant à des consignes précises et de sorte à pouvoir constituer le support d'une évaluation par compétences. Lors de la session d'oral, une séance d'harmonisation fait suite à l'évaluation d'un même sujet en parallèle par plusieurs examinateurs. Il s'agit de comparer au plus juste les prestations des candidats, et de tenir compte des éventuels écarts de difficulté entre les sujets.

### Remarques générales

Le jury a apprécié le sérieux et la courtoisie de la grande majorité des étudiants de la filière BCPST interrogés.

Tout comme les années précédentes, le jury recommande aux futurs candidats d'anticiper les éventuelles difficultés de transport pouvant survenir dans leurs déplacements jusqu'au centre des épreuves afin d'éviter d'être en retard. Le nombre de retards a encore diminué, ce qui est une très bonne chose.

Le jury est toujours aussi agréablement satisfait par la qualité scientifique des excellents candidats, bien que leur nombre ait diminué.

Les parties numériques ont été moins bien traitées cette année, souvent en raison d'une lecture trop rapide du code au lieu d'une lecture attentive. Il faut continuer à encourager les candidats à réserver du temps pour aborder ce type de question en préparation.

Les membres du jury ont constaté que la proportion de candidats ne maîtrisant pas les notions élémentaires de leur cours de physique a encore augmenté. La question simple détaillée, souvent assimilable à une question de cours, a été un fort révélateur de ce constat. Ils ont aussi constaté des difficultés accrues sur des calculs élémentaires ou la signification des grandeurs.

Durant la préparation, les candidats disposent de temps pour analyser la question ouverte et préparer la question simple. Ce temps n'a pas été mis à profit de manière satisfaisante par un

certain nombre de candidats, souvent en raison d'un problème de connaissance ou d'un problème de lecture (« donner » ne veut pas dire « démontrer » et réciproquement). Nous conseillons aux futurs candidats d'utiliser ce temps pour bien lire la question simple et la question ouverte, ainsi que pour lire les indications écrites en italique en fin de sujet, donnant souvent des renseignements utiles sur la manière d'aborder la question ouverte.

Pour rappel, la question simple constitue une **base de réflexion** pour la question ouverte. La question simple peut être directement le point de départ de la question ouverte mais aussi, parfois, une étape intermédiaire, c'est-à-dire un modèle exploitable lorsqu'une autre grandeur aura été déterminée. Ainsi, déterminer cette grandeur constitue alors le point de départ de la question ouverte.

Un nombre conséquent de candidats attendent systématiquement l'approbation ou non du jury : nous rappelons que ce n'est pas au jury de mener l'oral, mais bien au candidat. Ce phénomène s'est accru cette année, phénomène que nous mettons en lien avec une maîtrise pas assez approfondie du cours. Par contre, le jury sera enclin à répondre à une question ciblée comme par exemple « Je sais que je dois utiliser le théorème X mais je ne me souviens plus de son énoncé ». L'épreuve consiste en un échange entre le jury et le candidat, et il est donc recommandé de ne pas rester tourné vers le tableau en permanence ou plongé dans ses feuilles de brouillons.

Nous invitons aussi le candidat à modifier directement ses équations écrites au tableau plutôt qu'à vouloir réécrire toute la ligne pour effectuer une opération simple (addition, multiplication, puissance, simplification...). Les membres du jury sont surpris de ce manque d'efficacité dans la gestion de l'oral.

Nous rappelons aussi que les candidats doivent venir avec leur calculatrice personnelle ainsi qu'avec une règle graduée.

### **Conseils pour les futurs candidats**

Nous invitons fortement les futurs candidats à améliorer leur vitesse d'exécution des calculs usuels (isoler une inconnue, résoudre une équation différentielle du premier ordre, manipuler un logarithme...) car souvent, ces opérations prennent trop de temps et sont trop rarement justes. Cela ne peut se faire que par un travail régulier durant les deux années de classe préparatoire.

La gestion du tableau s'est globalement améliorée durant cette session et un nombre plus important de candidats demande aux membres du Jury ce qu'ils peuvent effacer une fois le tableau rempli. Cela permet de conserver les relations importantes. Nous invitons donc les candidats à poursuivre ainsi. L'utilisation de différentes couleurs a permis à certains candidats de gagner en clarté durant l'exposé (par exemple : distinction entre le dioptre et la normale au dioptre, vecteurs forces d'une couleur et vecteurs cinématiques d'une autre...).

Tout comme les années précédentes, le vocabulaire scientifique n'est pas toujours maîtrisé ce qui amène à quelques confusions et gêne la discussion avec l'examineur. Donner le nom exact de la loi, du théorème ou de la définition permet de faciliter l'échange avec l'examineur. Toutes les relations écrites au tableau ne peuvent porter le nom de « LA formule ». De plus, il est indispensable de connaître les hypothèses de ces lois pour les appliquer correctement.

Le jury conseille aux candidats d'être actifs dans leur démarche. Il ne faut pas se contenter de dire ce qu'on souhaite faire et d'attendre l'approbation de l'examineur mais bel et bien le faire en le commentant. Le dynamisme et la réactivité face aux indications données par l'examineur sont valorisés.

Beaucoup de candidats semblent perturbés quand le jury leur demande de vérifier que l'influence des paramètres dans une relation écrite au tableau est cohérente avec l'expérience commune. Cela ne veut pas dire que ce qui est écrit est faux et qu'il faut l'effacer, ni d'ailleurs que la relation est juste, mais cela signifie que le jury attend un raisonnement. Par exemple, il peut être pertinent de vérifier que la résistance thermique augmente lorsque l'épaisseur de la paroi augmente.

L'analyse dimensionnelle (en dimension ou avec les unités) est souvent problématique, les unités des grandeurs usuelles n'étant pas connues (puissance, énergie, flux thermique, intensité de la pesanteur,...)

Nous invitons aussi les candidats à vérifier qu'ils n'écrivent pas qu'un scalaire est égal à un vecteur.

Il est inutile de lire les documents au jury qui en a une copie.

Il est possible de répondre à une question de l'examineur par « Je ne sais pas ». Cela évite de perdre du temps et permet d'avancer vers des thématiques potentiellement mieux maîtrisées par le candidat.

### Remarques en lien avec la question simple

Comme l'indique la notice, la question simple doit être présentée en moins de 10 minutes. Encore cette année, un nombre conséquent de candidats n'a pas respecté cette consigne. La question simple plus guidée a clairement permis d'identifier que cela est lié à des difficultés dans la maîtrise des notions du cours de physique. **Nous rappelons aussi que le candidat est responsable de son temps.** Il arrive que l'examineur donne l'indication du temps des 10 minutes lorsque l'exposé de la question simple traîne en longueur, ou encore qu'il oriente le candidat vers la question ouverte lorsque cela est possible et que cela semble bénéfique au candidat.

**Il n'est pas nécessaire de reproduire tous les calculs réalisés en préparation au tableau.** Si le point de départ du calcul est correctement donné au jury, nous invitons les candidats à indiquer le résultat de leur préparation par souci d'efficacité. Si le jury veut plus de détails, il les demandera.

Par contre, il est clairement illusoire, par exemple, de vouloir passer à la question ouverte qui consiste à étudier la chute d'un objet avec frottement alors que, malgré le temps de préparation et les 10 minutes de passage sur la question simple, les équations horaires d'une chute libre sans frottement ne sont toujours pas établies. Dans ce cas, l'examineur continuera de questionner le candidat afin de répondre à la question simple, point de départ de la question ouverte sur cet exemple.

Pour présenter la question simple en moins de 10 minutes de manière complète et exhaustive, il faut **connaître le cours et utiliser correctement le temps de préparation.**

### Remarques en lien avec la question ouverte

Le jury invite les candidats à bien exposer clairement les différentes pistes explorées durant la préparation afin de faciliter la discussion avec l'examineur. Exposer une piste ne consiste pas à l'évoquer succinctement à l'oral mais à présenter au tableau ce qui a été fait, pourquoi cela a été fait et ce qui a empêché de conclure ou de poursuivre. Il ne s'agit pas d'exposer des connaissances en vrac mais bel et bien d'exposer un raisonnement en lien avec la question ouverte, qu'il soit concluant ou non.

Certains candidats ont été surpris par leur note finale, car, ayant eu un échange fluide et ininterrompu pendant 30 minutes, ils n'ont pas perçu les faiblesses de leur prestation. Si les sujets abordés durant l'oral restent limités aux questions de cours, cela affecte négativement la note finale. De plus, si le jury doit guider les candidats sur ces questions, cela empiète sur le temps consacré aux notions plus complexes, ce qui pénalise également la note. **Il est donc conseillé de traiter rapidement les notions simples (surtout si elles ont été préparées) pour se concentrer sur les notions plus difficiles.** Toutefois, aller vite ne signifie pas bâcler la présentation, car cela nuirait aussi à la note.

Pour illustrer ce point, un nombre croissant de candidats passent 2 minutes à expliquer qu'ils vont simplifier l'équation par « 2 » (par exemple), alors que cela ne prendrait que 5 secondes en barrant simplement les 2. Ces deux minutes seraient mieux utilisées pour vérifier les hypothèses du

théorème appliqué.

La lenteur de certains candidats dans la réalisation des éléments de la question ouverte proches du cours est souvent perçue par les membres du jury comme un indice d'un cours mal connu.

## Remarques par thématique

Nous mettons ici davantage l'accent sur les principales erreurs et maladresses rencontrées que sur les aspects convenablement traités par les candidats, l'objectif étant d'avertir les futurs candidats sur les écueils à éviter afin qu'ils se préparent correctement.

- Généralités
  - **Les calculs doivent être menés de manière littérale.** Il faut donc que chaque grandeur se voie attribuer une lettre ou un symbole. Une fois l'expression littérale obtenue, l'application numérique peut être réalisée, à la calculatrice si besoin.
  - **Des schémas sont attendus** : ils clarifient la géométrie choisie et ils permettent souvent d'introduire les paramètres géométriques de façon rapide et concise.
  - Les aires et volumes des géométries simples posent problème.
  - Beaucoup de candidats perdent énormément de temps à résoudre les équations différentielles du premier ordre par séparation de variables, notamment lorsqu'il y a un second membre. Il est plus rapide de déterminer la solution de ces équations en passant par la solution de l'équation homogène et la solution particulière.
  - Les équations différentielles du premier et du second ordre ne sont pas systématiquement mises sous forme canonique. Or cela permet pourtant d'identifier rapidement un temps caractéristique (ou une longueur caractéristique) pour les équations du premier ordre ou encore une pulsation propre et un facteur de qualité pour celles du second ordre. Ces grandeurs caractéristiques sont souvent pertinentes pour la question ouverte.
  - **Les ordres de grandeur ainsi que les unités des grandeurs à connaître d'après le programme ne sont que rarement connus. Exemples : viscosité dynamique de l'eau et de l'air ; conductivité thermique de l'air, de l'eau et d'un métal, à température et pression ambiantes...**
  - Il ne faut pas se précipiter dans l'utilisation des courbes fournies par l'énoncé sans avoir clairement identifié ce à quoi elles correspondent.
  - La différence entre grandeurs finies et élémentaires est souvent confondue, notamment pour l'application des principes de la thermodynamique. La différence entre différentielle, transfert infinitésimal, variation macroscopique d'une fonction d'état... est à acquérir. Cela gêne le dialogue avec l'examineur.
  - Il ne faut pas confondre « condition initiale » et « condition limite ».
  - La différence entre régime stationnaire et quasi-stationnaire n'est pas assez bien comprise.
  - Pour des calculs simples (comme par exemple des puissances de 10), des candidats veulent utiliser la calculatrice (et ils donnent un résultat erroné !). Un calcul de tête est souvent plus rapide et juste.
  - L'évaluation directe des incertitudes de mesure à partir d'une photo et d'une échelle aboutit malheureusement trop rarement.
- Thermodynamique

- Il est impératif de commencer par préciser le système thermodynamique étudié.
- Imaginer un chemin fictif afin de déterminer la variation d'enthalpie au cours d'une transformation est en lien avec le caractère « fonction d'état » de l'enthalpie, et non pas avec l'extensivité.
- L'algébrisation des transferts thermiques s'est améliorée mais les efforts restent à poursuivre car cela induit encore des erreurs de signe.
- Certains candidats parlent de bilan de flux au lieu du premier principe de la thermodynamique.
- Pour une machine thermique, le système décrivant des cycles est bien le fluide caloporteur de la machine et non « la machine » dans son intégralité. Cela a son importance pour certains sujets.
- Il y a eu des confusions entre l'expression de la résistance thermique d'un milieu d'épaisseur  $e$  et de surface  $S$  et la définition de la résistance thermique.
- La notion de résistance thermique s'applique en régime stationnaire, mais peut également être utilisée en régime quasi-stationnaire.
- Optique
  - L'optique est globalement mal traitée en raison d'un cours non maîtrisé. Nous invitons les candidats à progresser sur cette thématique.
  - Lors de l'énoncé des lois de Descartes, la notion de plan d'incidence n'est que rarement évoquée et encore moins souvent bien définie. Un schéma est nécessaire, au moins pour définir les grandeurs.
  - Un schéma clair et suffisamment lisible (grand) est indispensable pour échanger avec l'examineur sur des questions d'optique.
  - Il faut bien identifier où est le dioptre et où est la normale au dioptre ainsi que l'angle d'incidence et l'angle de réfraction.
- Mécanique
  - L'hétérogénéité du niveau est très importante pour les sujets de mécanique et conduit souvent à un écart type important dans les notes des candidats. Par exemple, l'étude d'une chute parabolique a été très révélatrice de cette hétérogénéité. Le jury rappelle qu'il s'agit d'un exercice de base qui doit être maîtrisé.
  - Le système et le référentiel doivent être clairement indiqués. L'amélioration de l'année dernière s'est poursuivie mais avec l'apparition d'expressions non maîtrisées. Nous rappelons qu'« un système galiléen » ne veut pas dire grand-chose et que le référentiel terrestre n'est pas galiléen par définition : il pourrait être non galiléen.
  - La manipulation des vecteurs pose encore des difficultés, notamment leurs projections sur des axes. Nous rappelons, tout comme l'année dernière, que projeter un vecteur ne consiste pas « à retirer la flèche » comme les membres du jury l'ont souvent entendu. La notion de vecteur semble poser des difficultés, comme l'a montré l'étude des mouvements en deux dimensions. Nous rappelons qu'on ne peut pas diviser par un vecteur.
  - Il y a beaucoup de confusion entre norme et projections des vecteurs.
  - Les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie potentielle élastique sont mieux connues, même si cela reste difficile. C'est encourageant et les efforts sont à poursuivre. Lorsqu'elles sont connues, la paramétrisation de la longueur du ressort en fonction du système de coordonnées choisi par le candidat a posé

problème. La représentation graphique de l'énergie potentielle élastique n'est que rarement bien faite.

- L'étude des graphiques d'énergie potentielle a posé de sérieuses difficultés aux candidats, notamment pour expliquer les raisonnements à partir des graphiques (stabilités des positions d'équilibre, nature des mouvements...).
- Le calcul du travail d'une force a posé des difficultés, souvent car la définition du travail n'est pas sue. Lorsque la définition est connue, la signification des termes écrits pose problème.
- La réaction du support ne compense pas le poids de manière systématique. De plus, cela est **une conséquence** de la seconde loi de Newton et non pas une hypothèse.
- Même si les forces ne travaillent pas, elles doivent être présentes dans le bilan des forces.
- La solution de l'équation décrivant l'évolution d'un oscillateur amorti (ou harmonique) est souvent mal maîtrisée.
- Les candidats doivent savoir justifier l'utilisation d'une force de frottement fluide linéaire ou quadratique.
- La vitesse intervenant dans les forces de frottement fluide est la vitesse relative du solide par rapport au fluide : un écoulement peut mettre en mouvement un objet initialement immobile.
- La manipulation des lois de Coulomb (fournies) a montré des maladresses. Il ne faut pas écrire directement  $\vec{N} = \|\vec{N}\| \vec{e}_z$  et  $\vec{T} = -\|\vec{T}\| \vec{e}_x$  car  $\vec{N}$  et  $\vec{T}$  sont potentiellement des inconnues du problème que les lois de Coulomb et la seconde loi de Newton permettent de déterminer.
- Electrocinétique
  - Le choix des notations pour l'étude des circuits est souvent maladroit. Chaque tension et chaque intensité doivent avoir des noms différents. Nous invitons les candidats à réfléchir aux notations et à ne pas appeler  $i_1$  l'intensité circulant dans la résistance  $R_2$  car cela a souvent conduit à des erreurs.
  - Avant de vouloir déterminer une résistance équivalente d'une association de résistances, il faut s'assurer qu'elles sont bien en série ou en parallèle.
  - Pour des circuits à deux mailles, l'application de la loi des mailles pose des difficultés à de nombreux étudiants.
  - La lecture graphique du temps caractéristique de charge ou de décharge d'un condensateur dans un circuit RC est à savoir réaliser.
  - La puissance électrique dissipée par effet Joule est à connaître.
- Mécanique des fluides
  - Considérer ou non la viscosité du fluide permet déjà de restreindre les théorèmes applicables.
  - La masse volumique intervenant dans la poussée d'Archimède est bien celle du fluide déplacé et non pas du système. Le volume intervenant dans la poussée d'Archimède doit être identifié.
  - La démonstration de la poussée d'Archimède et son origine physique ne sont pas toujours suffisamment bien menées ou expliquées.
  - Il faut savoir établir rapidement la loi de Poiseuille pour laquelle le système et la force

de cisaillement sont fournis. Il reste à déterminer les forces de pression en amont et en aval, puis à justifier que la somme des forces est nulle.

- Diffusion de particule
  - La différence entre convection et diffusion n'est pas toujours très bien comprise par les candidats.
  - L'utilisation de la loi de Fick a posé plus de difficultés que celle de la loi de Fourier. Pourtant, les deux relations sont similaires.