

## Banque PC inter-Éns – Session 2022

### Rapport du jury relatif à l'épreuve orale de physique (PS-L)

- **Écoles partageant cette épreuve :**  
ÉNS PARIS-SACLAY et ÉNS DE LYON
- **Coefficients** (en pourcentage du total des coefficients, à l'admission, pour chaque concours et option) :
  - ÉNS PARIS-SACLAY :
    - \* Option Physique : 20,34 %
    - \* Option Chimie : 10,17 %
  - ÉNS DE LYON : 10,53 %
- **Membres du jury :**  
Angel ALASTUEY, Étienne BRION, Nicolas GARNIER, Hervé GAYVALLET, Charles GRENIER, Sylvain JOUBAUD, Arnaud LE DIFFON, Pierre LIDON, Sébastien PAULIN, Nicolas TABERLET, Pierre VILLAIN.

## 1 Organisation et déroulement de l'épreuve.

Les épreuves orales de la banque PC inter-ÉNS se sont tenues du lundi 20 juin au samedi 16 juillet 2022 (quatre semaines)<sup>1</sup>. L'épreuve de physique PS-L s'est déroulée, pour la deuxième année, sur le site de l'ÉNS PARIS-SACLAY (4 Avenue des Sciences, 91190 Gif sur Yvette).

5 L'épreuve comprend un travail de réflexion préparé, centré sur un thème dont le contour est bien délimité, suivi de l'étude d'un problème (non préparée). Pour un candidat, elle a une durée de deux heures et se déroule selon les trois étapes suivantes :

- Prise de connaissance du thème qui lui est remis à son arrivée (heure de convocation). Préparation, en salle d'étude, pendant laquelle le candidat peut consulter les ouvrages qui sont mis à sa disposition<sup>2</sup>.  
10 Au bout d'une heure, un surveillant l'accompagne en salle d'interrogation.
- Présentation, par le candidat, de sa réflexion sur le thème préparé (pendant une quinzaine de minutes) suivie d'échanges avec le jury (pendant une dizaine de minutes). Notons que, selon la forme de la présentation ou la nature du thème, des séquences de présentation et d'échange peuvent s'alterner<sup>3</sup>.  
15 Vingt-cinq minutes sont consacrées, globalement, à cette partie.
- Analyse, sans préparation préalable, d'un problème. Le candidat est libre d'organiser ses phases de réflexion personnelle et d'échange avec le jury comme bon lui semble. Trente-cinq minutes sont dédiées à cet exercice.

Des calculatrices sont disponibles en salle de préparation. Les objectifs et modalités de l'épreuve sont précisés sur une fiche collée sur chacune des tables de préparation. Deux jurys, en parallèle, interrogent les candidats.

20 Chaque jury est constitué de deux interrogateurs, chacun représentant l'une des deux écoles partenaires.

1. Nos partenaires, l'École polytechnique et l'ESPCI, avec qui nous avons en commun une grande partie des candidats (au moins inscrits), ont restreint, cette année, la période de leurs oraux à trois semaines (du lundi 20 juin au samedi 9 juillet 2022).

2. Autour d'une centaine d'ouvrages des grandes collections, de première et seconde années de CPGE, complétés d'ouvrages plus généraux.

3. C'est notamment le cas lorsque le jury demande des éclaircissements sur des points particuliers, lorsqu'il paraît préférable qu'ils soient donnés "à chaud".

## 2 Éléments statistiques.

Sur les 359 candidats admissibles de la banque PC inter-Éns, 358 étaient attendus à cette épreuve et 253 (soit 70,47 %) s'y sont présentés. Parmi les candidats présents, 24,90 % sont des femmes et 75,10 % des hommes. Les notes attribuées sont comprises entre 3/20 et 20/20, autour d'une moyenne de 12,32 (12,37 pour les femmes et 12,30 pour les hommes) et selon un écart-type de 3,77. La figure (1) représente leur répartition relative, en pourcentage, par tranche de quatre points.

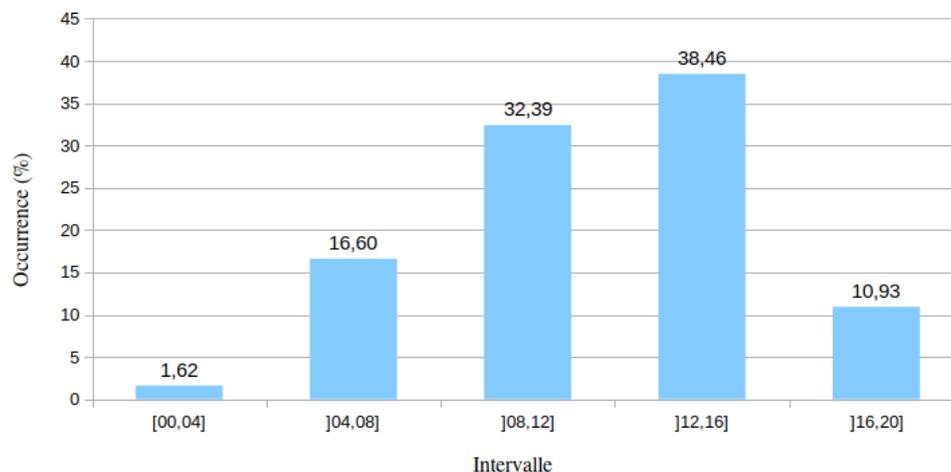


FIGURE 1 – Épreuve orale de physique du concours PC 2022 commune à l'ÉNS PARIS-SACLAY et l'ÉNS DE LYON : répartition relative, en pourcentage, des notes attribuées.

## 3 L'épreuve, les attentes et les critères d'évaluation du jury.

### 3.1 Le thème.

Le thème repose plus ou moins directement sur les programmes en vigueur des deux années de classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE). Le libellé de son sujet est généralement complété d'indications ou de questions orientant et délimitant son développement. Bien que les candidats disposent d'une base documentaire, il s'agit avant tout d'un travail de réflexion. Un exemple illustratif, même s'il est extrait de l'un des ouvrages proposés, doit être "digéré". Il est, en effet, difficile de tirer le meilleur parti d'un exemple mal compris. Enfin, une illustration ne devient véritablement éclairante que si elle est contextualisée et, dans la mesure du possible, étayée d'ordres de grandeur.

En conséquence, concernant les applications, il faut éviter de choisir des exemples trop compliqués ou ambitieux. Un exemple est bien choisi s'il permet de mettre tout l'éclairage sur le phénomène ou la propriété que l'on souhaite illustrer. Cela nécessite, naturellement, un peu de réflexion...

L'objectif de cette partie ne se limite donc pas à la collecte d'extraits d'ouvrages en vue de leur restitution "brute" lors de la présentation. Au contraire, il consiste à construire un développement rigoureux, répondant à la problématique sous-tendant le thème, guidé par la bibliographie disponible. Après avoir bien identifié cette problématique et considéré tous ses aspects, il convient d'en dégager les points essentiels. Ne pas omettre de répondre à chacune des questions posées et d'évoquer les éventuelles limites de la portée de l'étude présentée. Les exemples choisis et ordres de grandeur présentés doivent permettre d'en donner une illustration claire et convaincante.

Les libellés des sujets des thèmes précisent le nombre d'exemples à présenter. Il est limité à un ou à deux, sachant qu'un exemple bien choisi et exploité vaut mieux qu'une série d'exemples que l'on ne peut alors que survoler.

Dans certaines situations, les ordres de grandeur permettent d'établir une hiérarchie entre les différents phénomènes recensés comme étant susceptibles d'intervenir dans une étude (c'est le cas, par exemple, du rapport de REYNOLDS). Ils permettent également de délimiter le domaine de validité d'un modèle développé dans un cadre restreint. Dans tous les cas, il ne s'agit pas de donner quelques valeurs "en l'air", il est essentiel de les contextualiser et de commenter les conclusions auxquelles elles conduisent.

Lorsque la situation s'y prête, réfléchir aux aspects expérimentaux en relation avec l'étude à conduire<sup>4</sup> peut lui apporter un éclairage complémentaire. Cette réflexion guidée par des considérations concrètes permet de mieux cerner le cadre de l'étude.

Concernant l'organisation, il n'est pas indispensable de noter sur le tableau le plan de l'exposé. Le présenter oralement est suffisant (ce qui permet de gagner du temps). Toutefois, il est nécessaire d'avoir réfléchi préalablement au développement de sa présentation. Cela aide à structurer sa pensée et amène naturellement à se poser des questions et à identifier les points qui paraissent essentiels (le temps qui lui est consacré étant limité, l'exposé ne doit pas avoir de visée trop ambitieuse).

À travers cet exercice le jury tente d'évaluer le niveau d'assimilation des concepts, de compréhension des modèles et méthodes, de maîtrise des techniques de calcul, abordés en CPGE. Soulignons encore que le jury demeure davantage sensible à une démarche construite sur une argumentation physique que sur un pur développement technique.

### 3.2 L'analyse de problème.

Après avoir soumis le problème au candidat, le jury lui laisse quelques minutes de réflexion. Il l'invite ensuite à lui faire part de ses premières idées puis à lui présenter la démarche qu'il envisage de suivre. Cette étape permet au jury de s'assurer que le candidat a compris le problème qui lui est soumis et qu'il l'aborde sur des bases exploitables. Naturellement, les candidats ne doivent pas hésiter à demander des précisions si des points leur semblent encore obscurs.

L'exercice proposé n'est généralement pas d'un abord immédiat. Il s'agit donc d'abord d'identifier et de recenser les phénomènes susceptibles d'être mis en jeu. Une étude qualitative, éventuellement accompagnée d'une estimation d'ordres de grandeur, est parfois nécessaire pour délimiter ce recensement et identifier les phénomènes déterminants. Cette étape d'analyse permet de définir le cadre (ou un cadre, si des options sont envisageables) de l'étude. Elle est fondamentale et est d'ailleurs déjà l'occasion d'échanges avec le jury.

Les discussions portant sur les hypothèses, la modélisation, les situations limites et les ordres de grandeur sont toujours encouragées. Elles constituent autant de repères permettant de cadrer une étude.

Lorsque cela devient nécessaire, le jury donne quelques indications (plus ou moins directes) aux candidats afin de leur permettre de surmonter une difficulté, de les aider à aborder une nouvelle étape ou à reconsidérer leur approche. La nature et la précision de ces indications dépendent, au cas par cas, de la situation et de la réactivité du candidat concerné.

L'évaluation des candidats porte sur leur esprit d'analyse, leur sens physique, leur rigueur et leur réactivité. Le jury les encourage donc toujours à faire preuve d'initiative et à "se lancer", même si les étapes suivantes ne sont encore qu'entrevues. Retenons qu'une erreur peut devenir féconde si elle conduit à envisager un changement de cap. Elle devient ainsi une étape du processus de construction de la démarche scientifique. Au contraire, une attitude trop frileuse, voire trop "muette", en attente systématique des indications du jury pour oser un nouveau pas, ne correspond pas du tout à l'esprit de cette épreuve. À l'autre extrême, lancer des idées (voire même seulement évoquer quelques mots-clefs) sans réelle base de réflexion, en guettant une éventuelle réaction approuvative du jury, n'est pas davantage dans le ton.

Soulignons que les études proposées ne permettent généralement pas d'obtenir un résultat totalement abouti, tout au moins dans le temps imparti. L'accès au résultat ne doit donc pas être considéré, ici, comme une fin en soi.

---

4. Par exemple, dans l'étude de la réponse d'un système ou d'une évolution thermodynamique, on est amené naturellement à s'interroger sur les grandeurs qui sont contrôlées, de quelle façon elles peuvent l'être, et quelles sont celles qui sont libres et constituent la "réponse" du système.

## 4 Quelques remarques et conseils.

95 Nous reprenons et complétons les éléments déjà exposés dans les précédents rapports et qui restent d'actualité.

### 4.1 Remarques générales.

- 100 • Il faut garder à l'esprit que cet exercice (thème et problème) n'est pas une épreuve de vitesse mais de réflexion. L'objectif n'est donc pas de "placer" une série de résultats connus mais plutôt de progresser dans sa réflexion avec méthode, rigueur et esprit critique. Il faut prendre le temps de bien définir les tenants et aboutissants de l'étude et d'identifier ses particularités.
- Le raisonnement physique doit toujours précéder tout développement mathématique. Un calcul ne devient envisageable qu'après avoir défini son cadre.
- 105 • Lorsque l'on s'appuie sur une relation ou un résultat "connu", il faut s'assurer que son champ d'application est compatible avec celui de l'étude conduite. Par exemple, l'expression de la force électromotrice auto-induite  $L di/dt$ , dont on peut faire appel en électrocinétique, provient de l'équation de MAXWELL-FARADAY, mais dans le cadre restreint d'un circuit (filiforme) "indéformable".
- 110 • Un schéma permet de transcrire de façon synthétique un énoncé. Il aide à paramétrer convenablement un problème (variables, repères, interactions avec l'environnement,...). Il constitue souvent la toute première étape. Notons encore que, pour tirer le meilleur parti d'un schéma, ce dernier doit rester clair. On évitera donc les dessins en perspective lorsque cela ne s'impose pas et l'on choisira la vue qui rend compte au mieux de la situation à illustrer. Ce dernier point présuppose donc déjà une réflexion sur les propriétés de symétrie du système étudié.
- 115 • Le paramétrage d'un problème est parfois maladroit car, le plus souvent, non appuyé sur les particularités du système étudié. Cette étape est pourtant importante, d'elle dépend la plus ou moins grande facilité avec laquelle les calculs ultérieurs pourront être conduits.
- L'illustration graphique de la dépendance d'une grandeur par rapport à une autre permet de mettre en relief ses caractéristiques et facilite ainsi son interprétation. Cet outil n'est pourtant que rarement utilisé spontanément par les candidats.
- 120 • Lorsque l'étude fait intervenir un champ scalaire ou vectoriel, les candidats ont généralement le bon réflexe d'étudier ses symétries et ses invariances. Par contre, peu tirent profit de ces propriétés pour accéder à ce champ par une équation intégrale plutôt que par une équation locale.
- 125 • L'esquisse des lignes de champ ou des lignes isopotential du champ électrique, lorsque l'on sort des géométries de système très élémentaires, est devenu, pour certains candidats, un problème à part entière. Il est difficile d'analyser dans de bonnes conditions un problème d'électrostatique (en particulier) si l'on n'a pas en tête ces cartographies.
- Dans la phase préliminaire de paramétrage et de modélisation, un bilan des inconnues et des équations qui les lient, peut s'avérer utile. Il incite notamment à s'interroger sur les équations dont on dispose et sur leur statut (équation fondamentale, équation d'évolution, relation phénoménologique,...) et leur propriétés mathématiques (linéarité ou non, ordre(s) des équations différentielles,...), et donc implicitement sur le cadre d'hypothèses que l'on fixe. Il est exceptionnel qu'un candidat ait ce réflexe.
- 130 • Il est indispensable de définir le système sur lequel on va appliquer un théorème général et de caractériser, puis de modéliser, ses interactions avec son environnement, et/ou ses conditions d'évolution. Il peut d'ailleurs s'avérer utile de réfléchir à ces dernières d'un point de vue pratique (par exemple, corde de MELDE soumise à un effort de tension *constant*, évolution thermodynamique *réversible*,...).
- 135 Cela permet, en particulier, de situer le cadre de la modélisation adopté par rapport à la situation réelle qu'elle veut décrire.
- En particulier, en mécanique, prendre le temps de réfléchir au choix du système à considérer et aux théorèmes généraux à mettre en œuvre, au vu de l'objectif à atteindre, peut éviter bien des errements.
- 140 • Ne pas perdre de vue que le domaine de validité d'un résultat est limité par l'ensemble des hypothèses sur lequel la modélisation a été édifiée. Ce résultat ne doit donc être analysé dans le cadre restreint correspondant.

- Les ordres de grandeur et les applications numériques donnent un sens concret à un résultat et permettent de le situer par rapport à la réalité. Notons toutefois que beaucoup d'ordres de grandeur ne revêtent aucun caractère universel et que certains peuvent varier sur une très large gamme (c'est notamment le cas de la viscosité). Il est alors indispensable de préciser dans quel contexte l'illustration numérique est proposée et de choisir alors avec discernement les valeurs adoptées.
- Une bonne maîtrise des outils mathématiques élémentaires est indispensable pour conduire sereinement la résolution d'un problème. Certains candidats sont visiblement handicapés par leur manque d'aisance en mathématiques, notamment lors du tracé de fonctions, voire même lors de la manipulation de relations trigonométriques ou de calculs de dérivation.
- Même lorsque le contexte s'y prête, quelquefois de façon assez évidente, les approches énergétiques, ou intégrales, ne sont que rarement envisagées spontanément par les candidats.
- Enfin, nous avons noté que les connaissances de beaucoup de candidats dans les domaines de l'optique ondulatoire et de la thermodynamique sont devenues fragiles. Apparemment, ces connaissances ne bénéficient plus d'un appui suffisant sur des considérations physiques (on se situe plutôt sur le registre de la recette). C'est également le cas de l'induction qui soulève parfois de grandes difficultés à la fois sur le plan de l'analyse physique que sur celui de l'approche technique. C'est sans doute une inévitable conséquence retardée des programmes 2013 et 2014. Nous ne pouvons toutefois que regretter cette perte de compétence dans ces domaines couvrant des champs d'application étendus.

## 4.2 Remarques portant sur des points particuliers.

- À propos de l'équation de d'ALEMBERT : On ne peut décider, *a priori*, si sa solution est de nature propagative ou stationnaire. La relation de dispersion, quadratique, indique qu'à la pulsation  $\omega$  (considérée comme grandeur d'entrée) correspond  $\pm k(\omega) = \pm \omega/c$  (en situation unidimensionnelle). La solution générale correspondant à la pulsation  $\omega$  imposée est ainsi la superposition de deux ondes ( $A^+; +k(\omega)$ ) et ( $A^-; -k(\omega)$ ). C'est l'interaction entre le champ et les frontières (dont la source) du milieu propagatif qui sélectionne la solution<sup>5</sup> et fixe le taux de stationnarité. Les conditions aux limites (et initiales, pour certaines situations, en particulier pour l'étude du régime transitoire) doivent donc être systématiquement associées à l'équation de d'ALEMBERT.
- En ce qui concerne les approximations acoustiques, si les candidats ne manquent pas d'évoquer la condition d'adiabaticité de l'évolution induite par la perturbation, peu savent décrire comment les éventuels échanges de chaleur s'établissent. Très souvent, l'approximation est appuyée sur des grandeurs caractéristiques mais sans avoir préalablement précisé pourquoi, ni comment, elles intervenaient. La manipulation des grandeurs caractéristiques n'est envisageable qu'à l'issue d'une analyse physique détaillée. Ce n'est en aucun cas un moyen d'obtenir un résultat en s'affranchissant de toute réflexion.
- Toujours dans le domaine de l'acoustique, le passage des équations générales aux équations linéarisées est généralement mal maîtrisé. Chacune des approximations acoustiques fixant le cadre de validité de la linéarisation doit être justifiée, à partir des équations générales. Annoncer d'emblée que  $X = X_0 + x$  où  $X = P, \rho, \dots$  et  $|x| \ll |X_0|$  n'est donc pas le bon point de départ. En particulier, si le terme convectif est négligé devant le terme instationnaire, dans l'équation d'EULER, ce n'est pas parce que "c'est un ordre deux" mais parce que l'on se place dans le cas où le module de la vitesse de la perturbation est très inférieur à la vitesse du son dans le milieu.
- Encore dans le domaine de l'acoustique, dans la grande majorité des cas les candidats se "débarrassent" indûment de la force volumique de pesanteur intervenant dans l'équation d'EULER. Si l'on procède avec rigueur, dans le cadre de l'approximations acoustique, on obtient l'équation suivante :

$$\frac{\partial^2 \rho'}{\partial t^2} - c_s^2 \Delta \rho' + \vec{g} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} \rho' = 0 \quad (1)$$

où  $\rho' = \rho'(\vec{r}, t)$  représente la composante acoustique de la masse volumique du milieu propagatif (supposé immobile).

5. En situation unidimensionnelle, les conditions aux limites en  $x = 0$  et  $x = L$  permettent de déterminer les amplitudes complexes  $A^+$  et  $A^-$  de chacune des ondes.

Elle conduit à l'équation de dispersion suivante :

$$\omega^2 = c_s^2 k^2 - i\vec{g} \cdot \vec{k} \quad (2)$$

On retrouve l'équation de D'ALEMBERT dans le cas où l'onde se propage selon une direction horizontale. Dans le cas d'une onde se propageant selon la direction verticale, on s'en approche dans la limite suivante :

$$|k| \gg g/c_s^2 \quad (3)$$

185 C'est-à-dire, dans l'air "standard", pour des longueurs d'onde très inférieures à la dizaine de kilomètres. On peut donc, en pratique, "simplement" ne pas tenir compte de  $\vec{g}$ , mais pas pour les raisons généralement avancées...

- Dans le domaine des interférences en optique où il apparaît des valeurs moyennes (sur le temps), peu de candidats pensent à préciser, d'abord qu'il s'agit d'une moyenne temporelle et ensuite que cette opération traduit une contrainte d'ordre pratique. L'indication de la base de temps à considérer n'est que très rarement donnée (fondamentalement, ce n'est pas la période temporelle du signal optique mais le temps de réponse du détecteur...). Ce point ne relève pourtant pas du détail, il se situe dans le champ direct de l'analyse physique de l'interaction du phénomène ondulatoire avec le système de détection. Remarquons qu'en acoustique, où l'on se trouve ici techniquement en mesure de suivre le signal temporel (et où, par ailleurs, le problème de cohérence ne se pose pas), la problématique revêt des aspects différents, bien que l'on reste dans le domaine des ondes.
- Le rôle de la lame compensatrice d'un interféromètre de MICHELSON est mal connu. Elle permet que chacun des deux chemins optiques subisse le même effet de dispersion chromatique (en particulier, dans le cas d'une source non monochromatique).
- 200 • Lorsque l'on représente les forces agissant sur un solide, il faut veiller à placer correctement la droite d'action portant chacune d'elles (ou de préciser leur "point d'application"). Cette donnée est indispensable pour être en mesure d'exprimer leur moment résultant. L'exemple d'un parallélogramme reposant sur un plan horizontal, à l'équilibre sous l'action de son poids, de la force qu'exerce sur lui le plan et d'une force horizontale imposée (dont on connaît donc le module et le point d'application) illustre cette remarque. C'est la condition d'équilibre en rotation du parallélogramme qui fixe la situation de la droite d'action de la force qu'exerce sur lui le plan. La fermeture du polygone des forces n'est pas une condition suffisante d'équilibre. Dans le cas d'un système soumis à trois forces, leurs droites d'action doivent être concourantes en un même point.
- Concernant l'équation de NAVIER-STOKES, son écriture adimensionnée et l'apparition du rapport de REYNOLDS : l'étape la plus importante est l'association, de façon pertinente, d'une grandeur caractéristique à certaines variables intervenant dans l'équation de NAVIER-STOKES. Elle ne peut être conduite dans l'absolu et doit se rapporter à une situation précise qu'il s'agit préalablement de caractériser (description du système, propriétés du fluide, celles de l'écoulement,...). Rappelons encore que la détermination des grandeurs caractéristiques découle d'une analyse physique, d'ailleurs pas toujours simple<sup>6</sup>, et ne se limite pas à trouver des paramètres ayant la bonne dimension. Par exemple, on notera que la longueur caractéristique de variation de la vitesse, pour un écoulement de POISEUILLE, est le rayon du tube alors que celle de la pression est sa longueur. Reconnaissons que ce n'est pas évident de prime abord.

220 Le terme  $\rho \partial \vec{v} / \partial t$  est un terme d'inertie, il n'est donc pas question de le représenter par la grandeur  $\rho U / (L/U)$  (en supposant que  $U$  représente la norme de la vitesse de l'écoulement loin en amont d'un objet de taille caractéristique  $L$ ), comme cela est proposé dans certains ouvrages. L'inertie est une caractéristique à part entière de l'écoulement. Elle peut avoir pour origine un forçage (écoulement pulsé contrôlé par l'extérieur, par exemple, comme ce serait le cas dans un rhéomètre à écoulement oscillant) ou résulter de la dynamique propre de l'écoulement (vidange d'un réservoir ou

---

6. Dans le cas général, le problème est tridimensionnel, on doit donc rechercher, ou construire, trois vitesses et trois longueurs caractéristiques...

225 oscillation d'un fluide dans un tube en U). Elle peut encore être induite par la turbulence (analogie avec un oscillateur qui fixe alors son temps propre). Quoi qu'il en soit, elle sera caractérisée par un temps  $\tau$  qui permettra de construire la grandeur  $\rho U/\tau$ . Par exemple, dans le cas de la vidange d'un réservoir à travers un orifice, le temps  $\tau$  serait le temps de vidange (connu d'ailleurs qu'à l'issue du calcul, ou de l'expérience...). Naturellement, il apparaîtra deux rapports sans dimension permettant, 230 chacun, de comparer les conséquences dynamiques relatives de deux phénomènes : convection/diffusion et instationnarité/diffusion.

Il est souvent préférable de ne pas adimensionnaliser *a priori* la pression. Cette dernière peut être considérée comme la réponse du système au champ de vitesse (si l'on fait abstraction de sa composante statique qui, elle, elle la réponse du milieu au champ gravitationnel). Ainsi, selon que l'on se situe dans 235 les domaines contrôlés par la viscosité ou par l'inertie, la pression apparaîtra naturellement mise à l'échelle de  $\rho U^2$  ou de  $\eta U/L$  (cette dernière conduisant à la force de STOKES caractéristique).

Cette dernière remarque offre l'occasion de souligner que si le coefficient de traînée ( $C_x$ ) diverge dans la limite  $\mathcal{R}_e \rightarrow 0$  ce n'est en rien révélateur d'un comportement hydrodynamique singulier mais plutôt l'indication que la mise à l'échelle de la force de traînée par la grandeur  $\rho L^2 U^2$  n'est plus adaptée. Dans cette limite, la grandeur d'échelle appropriée devient  $\eta U/L \times L^2 = \eta L U$ . On construit ainsi la grandeur caractéristique associée à la force de STOKES (cadre de l'approximation linéaire de l'équation de NAVIER-STOKES  $\rightarrow$  force dépendant linéairement de  $U$ ). 240

- Dans le cas de l'écoulement de POISEUILLE, le choix très particulier de la forme du champ de vitesse (laminaire)  $\vec{v} = v(r) \vec{e}_x$  est sans doute l'hypothèse la plus forte adoptée dans cette étude. Cette forme est choisie *a priori* et n'est aucunement la conséquence d'une symétrie particulière du système (contrairement à ce qu'annoncent de nombreux candidats). Avec ce champ de vitesse, la valeur du rapport de REYNOLDS, construit comme le rapport des grandeurs caractéristiques représentant les termes de convection et de diffusion, est rigoureusement nulle. On fait alors intervenir un autre rapport  $(UD/\nu)^7$ , que l'on appelle souvent également rapport de REYNOLDS mais qui n'a pas la même signification que précédemment (conserver la même appellation entraîne visiblement des confusions chez les candidats). Si la valeur de ce rapport est inférieure à (environ) 2000, le champ de vitesse adopté *a priori* est effectivement stable (constatation expérimentale) et le choix de la forme adoptée du champ de vitesse devient susceptible de représenter le véritable champ de vitesse. 245
- Enfin, ne pas confondre une "grandeur caractéristique", qui est une grandeur physique construite à partir de variables et de paramètres, et un "ordre de grandeur", qui est un nombre (affecté d'une unité). 250

---

7.  $D$  représente la diamètre du tube,  $U$  la vitesse caractéristique de l'écoulement,  $\nu$  la viscosité cinématique du fluide.

## 5 Conclusion.

260 Comme lors des sessions d'oral précédentes, nous avons apprécié le climat dans lequel les échanges entre les candidats et les interrogateurs se sont établis. Nous avons eu le plaisir de constater que quelques candidats ont déjà acquis une maturité remarquable en physique. Dans leur grande majorité, les candidats ont été, et se sont très bien préparés pour réussir cette épreuve (en particulier).

Nous restons très préoccupés par le faible taux de présence des candidats à cette épreuve. Il a encore diminué cette année, passant de 83,72 % en 2019, à 74,62 % en 2021 puis à 70,67 % en 2022. Devons-nous déceler ici les prémices d'une véritable crise du recrutement ?

## 265 6 Perspectives pour la session 2023.

Cette épreuve orale conservera, la session prochaine, la même forme que celle décrite dans la partie introductive (1) de ce rapport. Elle comprendra donc encore les deux parties suivantes :

- Une présentation d'un thème, pendant une durée de vingt-cinq minutes ;
- Une analyse de problème, pendant une durée de trente-cinq minutes.

270 Les attentes et les critères d'évaluation du jury demeureront ceux exposés dans ce présent rapport.

\* \*  
\*