

Concours Centrale-Supélec 2017

Épreuves d'admission à l'École navale

Filière PC

Table des matières

Table des matières	1
Résultats par épreuve	2
Physique 1	6
Physique 2	11
Mathématiques	12
Anglais	14

Résultats par épreuve

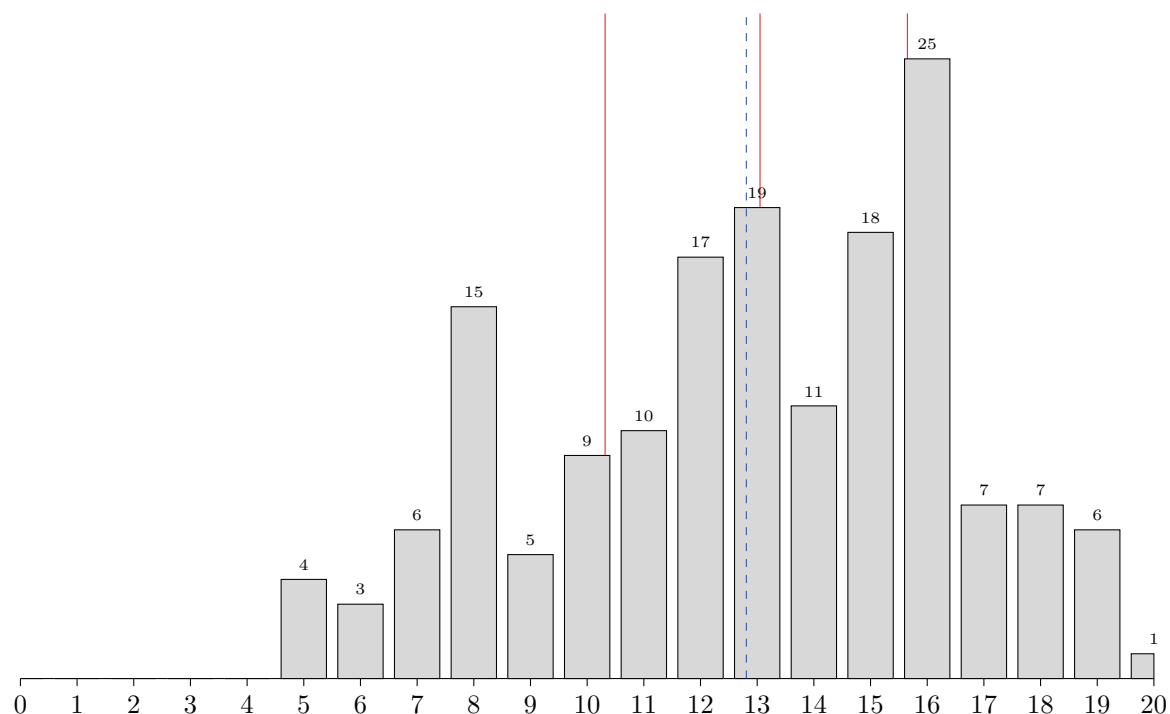
Le tableau ci-dessous donne, pour chaque épreuve, les paramètres statistiques calculés sur les notes sur 20 des candidats présents. Les colonnes ont la signification suivante :

M **ET** **Q1** **Q2** **Q3** **EI**
 moyenne écart-type premier quartile médiane troisième quartile écart interquartile

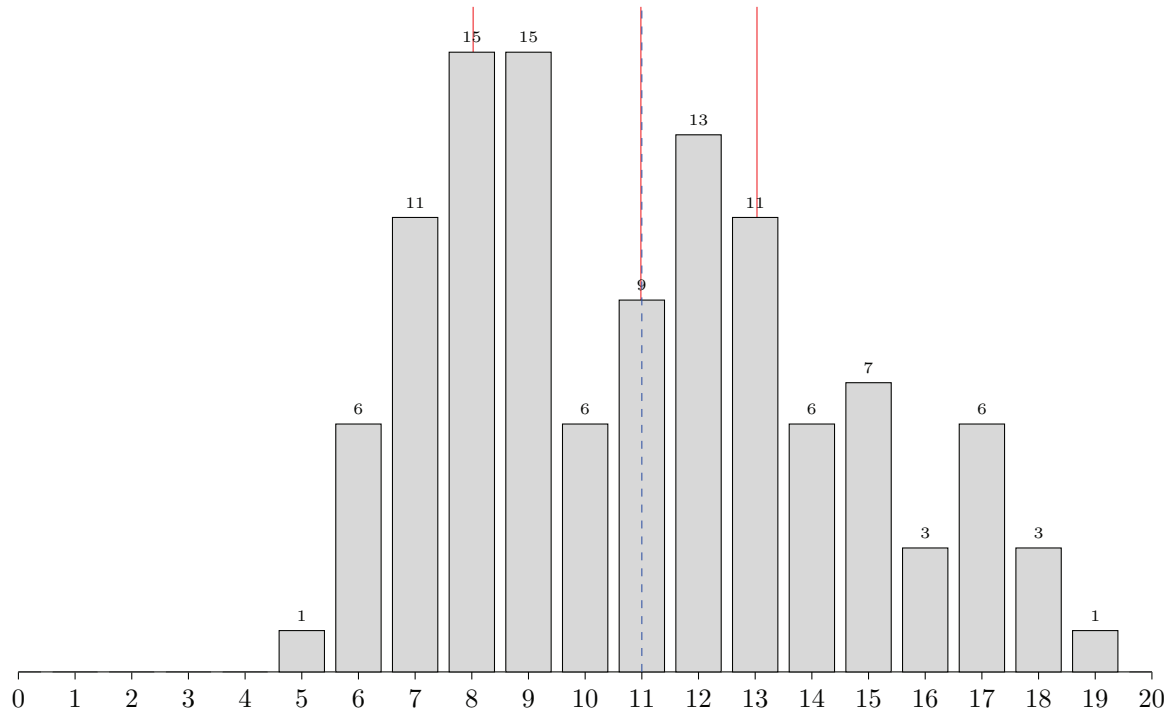
Épreuve	Admissibles	Absents	Présents	M	ET	Q1	Q2	Q3	EI
TIPE	165	1,2%	163	12,81	3,61	10,32	13,05	15,65	5,33
Anglais	165	31,5%	113	11,00	3,38	8,02	10,98	13,03	5,01
Sport	165	36,4%	105	13,56	2,77	11,55	13,70	15,50	3,95
Mathématiques	165	31,5%	113	11,65	3,44	8,99	12,04	14,96	5,97
Physique 1	165	31,5%	113	12,48	3,47	10,02	12,99	15,00	4,99
Physique 2	165	31,5%	113	11,21	3,70	9,01	11,04	13,97	4,96

Les histogrammes suivants donnent la répartition des notes des candidats présents. Les traits continus (rouge) matérialisent les quartiles et le trait pointillé (bleu), la moyenne. Dans les graphes de corrélation, la surface du disque est proportionnelle au nombre de candidats ayant reçu le couple de notes correspondant.

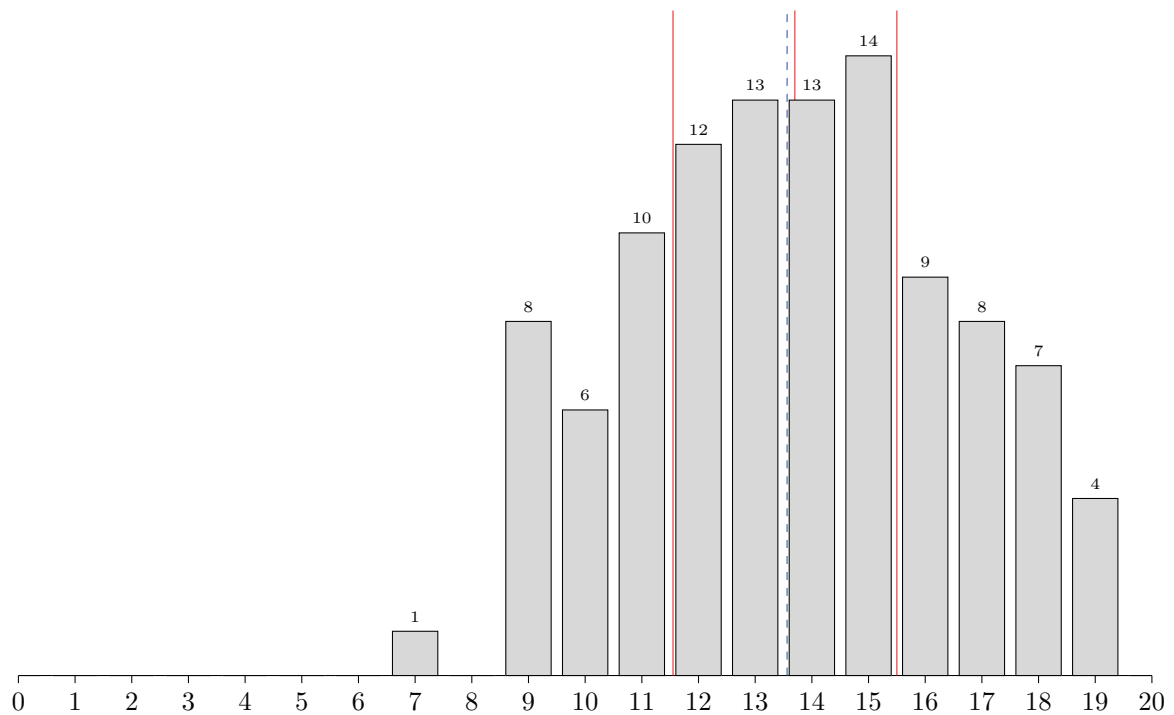
TIPE



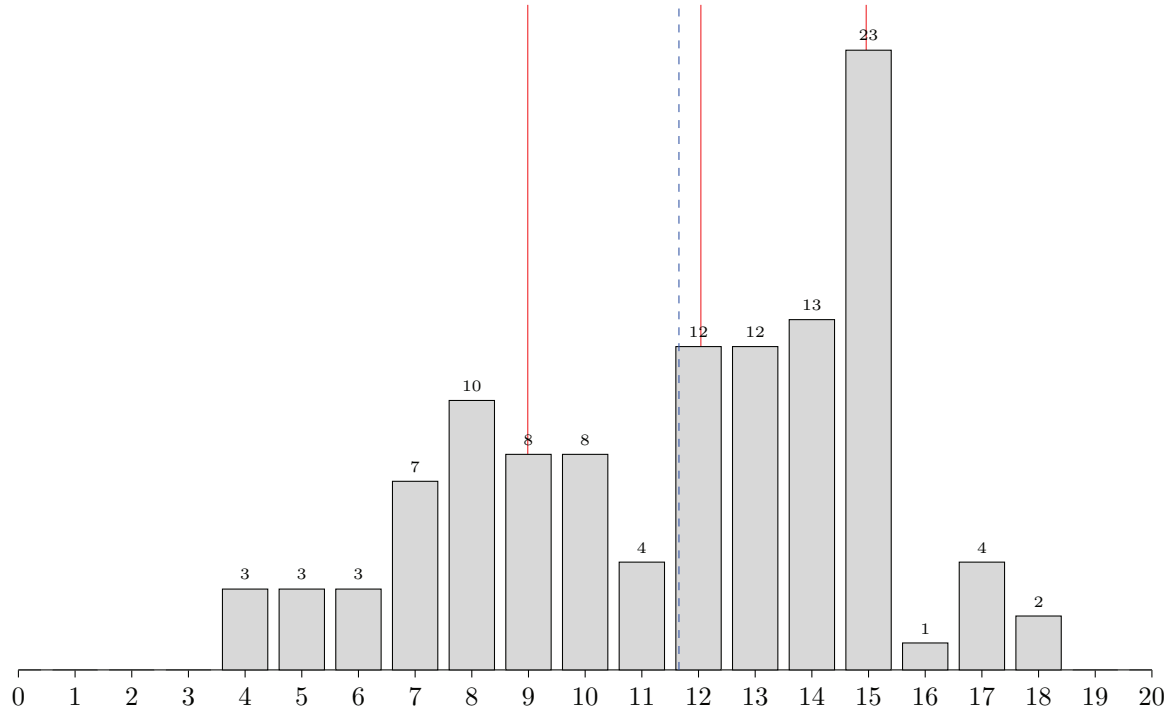
Anglais



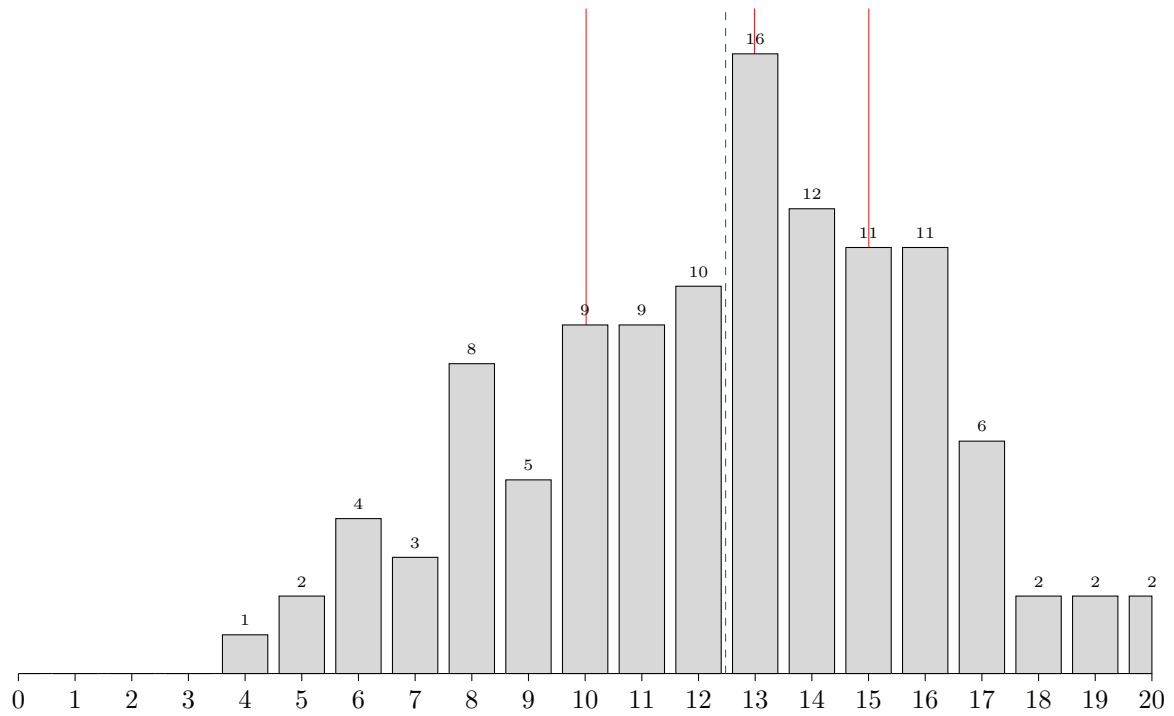
Sport



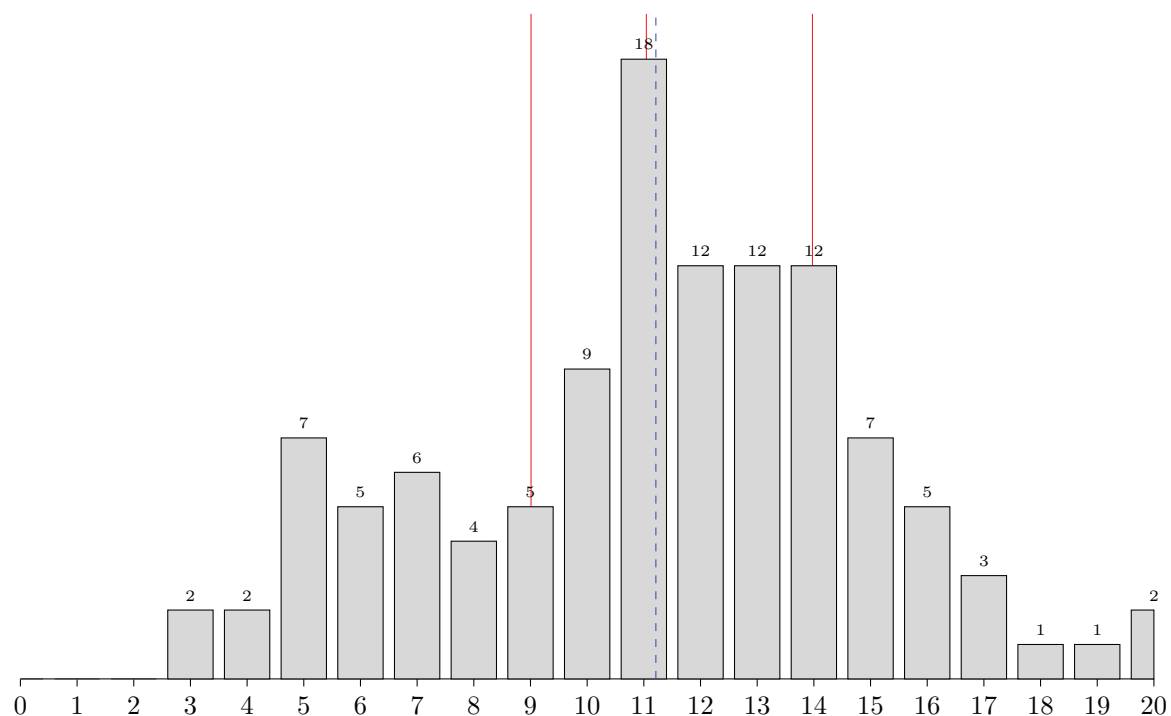
Mathématiques



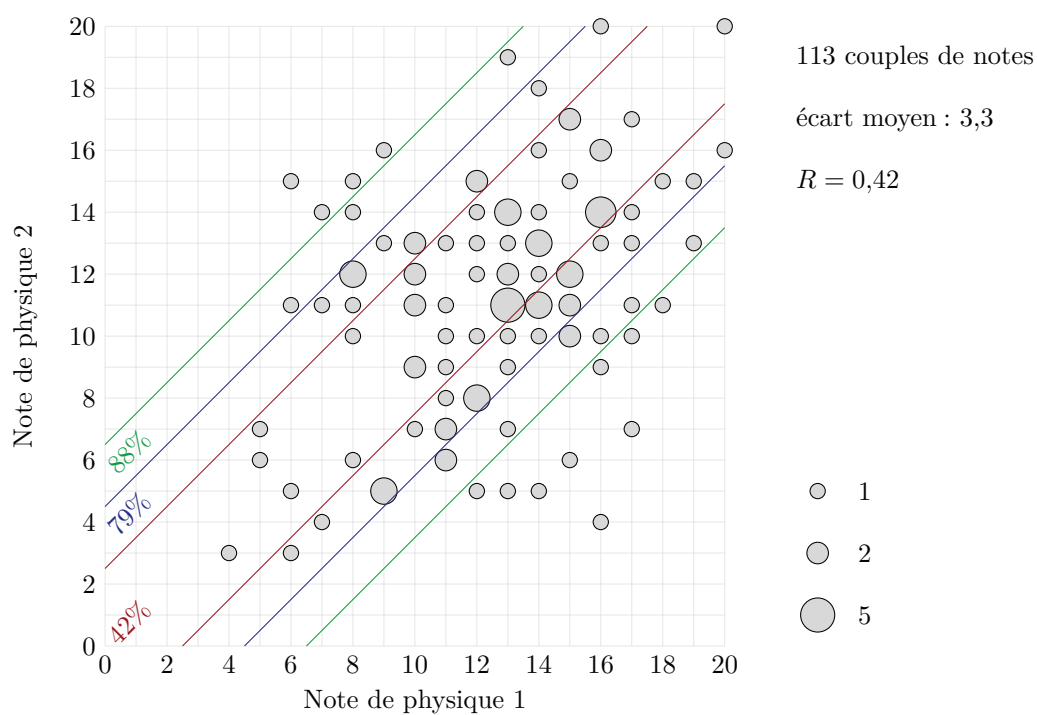
Physique 1



Physique 2



Corrélation entre physique 1 et physique 2



Physique 1

Le cadre et les premières secondes

L'épreuve de physique 1 dure 30 minutes. Le candidat entre, signe la feuille de passage et découvre l'énoncé de l'exercice ; le passage au tableau est immédiat, sans temps de préparation. Il est conseillé au candidat de tenir prêt une pièce d'identité et un stylo.

Les exercices proposés

Les exercices restent proches du cours. Cette épreuve valide donc un travail de fond, une maîtrise du cours et de sa compréhension. On insistera donc.

**La réussite à l'épreuve de Physique 1 requiert
une bonne connaissance du cours.**

Certains énoncés sont longs et ne peuvent être terminés que par les candidats les plus véloces ; la notation en tient compte. Des questions additionnelles, de niveau de plus en plus élevé, sont ajoutées graduellement pour les meilleurs candidats terminant en avance ; ceux-ci ne doivent en aucun cas craindre de perdre des points, toutes les réponses sont écoutées avec bienveillance à de tels niveaux d'interrogation, elles ne peuvent qu'ajouter un bonus.

Lors de l'épreuve

Attendu que l'exercice est à traiter sans préparation, on attend que le candidat commence par s'approprier et analyser le sujet qui lui est soumis. S'engage alors une véritable discussion avec l'examineur, pour proposer une stratégie de résolution, un modèle... La compétence « communiquer » est ici primordiale, pour présenter sa pensée, mais aussi écouter et dialoguer avec l'examineur lorsqu'il doit guider le candidat afin de ne pas le laisser bloqué. L'examineur pose régulièrement des questions, pour préciser un point qui resterait obscur, mais aussi pour s'assurer de la bonne compréhension du cours. Toutefois, le candidat ne doit pas chercher l'assentiment de l'examineur pour chaque réponse.

L'autonomie du candidat est valorisée. On attend de lui qu'il sache construire un raisonnement, sans que l'examineur doit le relancer à chaque étape par des « et donc ? », « qu'en déduisez-vous ? » systématiques. Un tel manque d'autonomie est évidemment pénalisé.

L'examineur eut le plaisir d'entendre des exposés bien menés, où le candidat ne perdait pas de temps à écrire ce qu'il énonçait à l'oral ou en explications redondantes ; où le tableau, reprenant les étapes essentielles des calculs, était bien tenu, rempli en colonnes et n'était pas masqué par la position du candidat.

La calculatrice

Les calculs d'ordre de grandeur sont la règle, donc sans calculatrice. Dans quelques rares cas, quand une application numérique précise est requise, le candidat l'effectue lors de son passage.

Notes décernées

Les notes s'étalent de 4 à 20 avec une moyenne de 12,5. L'examineur fut impressionné par la remarquable qualité de certaines prestations. Se perpétue ainsi une tradition du concours de l'École navale, de travail soutenu pendant les années de préparation, de motivation des candidats et de formation de haut niveau délivrée par les professeurs de CPGE.

Remarques disciplinaires

Quels sont les points qui permirent aux bons candidats de réussir leur épreuve ?

Remarques générales

Les candidats doivent veiller à l'*homogénéité* des formules, tant pour les unités qu'au niveau des écritures scalaire ou vectorielle.

Les candidats doivent savoir résoudre une *équation différentielle* linéaire à coefficients constants du premier ou du deuxième ordre, même avec second membre, et connaître quels termes représentent mathématiquement les régimes transitoire ou permanent. Il leur est vivement conseillé de savoir normaliser une équation différentielle et d'en connaître les paramètres caractéristiques, par exemple pour un second ordre sous la forme (qui n'est pas unique) :

$$\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2s}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{ds}{dt} + s = 0$$

Le jury attend, pour un système du deuxième ordre soumis à une entrée constante, que le candidat extraie de lui-même les valeurs de ω_0 , ξ (ou du facteur de qualité $Q = 1/2\xi$), sache tracer sans calcul l'allure de la sortie en fonction de ξ .

Les *notations intégrales* ne doivent pas être mélangées. Ainsi :

$$\iint \vec{B} \cdot d\vec{S} \neq \oiint \vec{B} \cdot d\vec{S}_{\text{ext}}$$

L'utilisation des *opérateurs* doit être aisée en cartésiennes, comme le développement de $(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}})\vec{v}$ ou de $\Delta\vec{E}$. Remarquons qu'une tentative de calculer $\text{rot}\vec{E}$ en coordonnées cylindrique ou sphérique, via $\nabla \wedge \vec{E}$, ne mène pas au bon résultat car les vecteurs de base dépendent des coordonnées d'espace.

Aucune grandeur n'est intrinsèquement négligeable, elle n'est *négligeable* que devant une autre, qui lui est homogène.

Mécanique des fluides

Les hypothèses de validité du *théorème de Bernoulli* doivent être systématiquement vérifiées.

L'équation de *Navier-Stokes* n'est utile que dans le cas d'un écoulement laminaire, car d'emploi simple.

Le jury a constaté que la méthode des bilans macroscopique de quantité de mouvement ou d'énergie était dans l'ensemble bien maîtrisé.

Électromagnétisme

Dans les bonnes prestations en *induction*, une analyse physique de la situation, finissant avec la loi de Lenz, expose le plan de mise en équation du problème. Un schéma clair, compréhensible,

correctement utilisé, montre quelles sont les orientations, qui ne doivent pas être contradictoires à chaque étape, comment sont placés les vecteurs, en particulier $d\vec{\ell}$ ou $i d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$. Les meilleurs candidats savent détecter une erreur de signe sur le résultat final, en particulier s'ils obtiennent une équation différentielle caractéristique d'un système instable, et remontent pour corriger leurs calculs.

Rappelons qu'il est souvent beaucoup plus simple de calculer le moment des forces de Laplace qui s'exercent sur un circuit filiforme fermé par $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}$.

Lors des calculs de champs, les *symétries* et les *invariances* doivent être systématiquement étudiées, quelles que soient la source du champ et l'équation de Maxwell dont la forme intégrée doit être connue, comme le théorème d'Ampère complet (ou généralisé)

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I_{\text{enlacé}} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt} \iint_{s/c} \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

ainsi que la loi de Faraday

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt} \iint_{s/c} \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Cette dernière équation sert à calculer le *champ électrique créé par un champ magnétique variable dans le temps*, phénomène trop souvent ignoré des candidats. Dans le cas d'un champ électrique créé par un champ magnétique, lui-même créé par un courant d'intensité variable, les symétries du courant se retrouvent *in fine* dans celles du champ électrique.

Diffusion thermique

Les bons étudiants savent établir l'équation de la diffusion thermique *via* un bilan d'énergie interne en géométrie cartésienne. Ils utilisent à bon escient la continuité du flux thermique à travers une interface. Lorsque l'énoncé modélise le transfert thermique à une interface par $\delta Q = hS(T_1 - T_2) dt$, on s'attend à ce que le candidat sache expliquer pourquoi il manipule $T_1 - T_2$ et non $T_2 - T_1$. De plus, un système n'est modélisé que par une seule équation différentielle, et non deux, suivant que la température du système est supérieure ou inférieure à celle de l'extérieur.

Les candidats doivent savoir modéliser une situation avec le formalisme des *résistances thermiques* dont l'expression cartésienne ($R_{th} = \ell/\lambda S$) est connue. La connaissance des lois élémentaires sur les circuits électriques (loi des mailles, diviseur de tension) est indispensable pour profiter des résistances thermiques.

Les unités du flux thermique et des capacités thermiques massiques doivent être connues.

On rappelle que l'effet Joule ne refroidit pas un matériau parcouru par un courant électrique ! Le mot « pertes » dans l'expression « pertes Joule » ne s'applique pas au matériau.

Optique physique

Dans l'étude des *interférences*, les bons candidats exposent sans hésitation les raisons de la cohérence ou de l'incohérence des sources.

La formule des interférences à deux ondes est connue et d'utilisation immédiate, tout comme les expressions classiques des différences de chemin optique entre deux sources avec leur hypothèses d'application. Un tracé rigoureux des rayons lumineux est attendu dans le cas d'une lentille de

projection. Le jury attend un exposé essentiellement qualitatif sur la diffraction, afin d'expliquer la forme des franges d'interférences.

Dans des cas plus compliqués avec des différences de marche avant et après les trous d'Young, les bons candidats proposent des expressions des δ dont les signes sont cohérente.

Mécanique

Une étude physique est souvent la bienvenue, afin de ne pas se lancer dans d'inextricables calculs pour des forces qui n'ont aucune influence sur le mouvement (dont le moment par rapport à l'axe de rotation est évidemment nul par exemple). Le bon sens est plus important que les gros calculs.

Lorsque le contact entre un mobile et un support est étudié, il convient d'utiliser une base où la réaction du support \vec{R} s'élimine sur une des composantes. De plus, le contact disparaît dès que $\vec{R} = \vec{0}$.

Le jury attend des candidats qu'ils prennent l'initiative d'un schéma, avec le sens et la direction des *forces d'inertie* clairement indiqués *a priori*, afin de grandement simplifier la mise en équation ultérieure. On rappelle que lors d'un mouvement de rotation, la force d'inertie est axifuge. De plus, les candidats doivent savoir ce que représente le vecteur rotation dans l'expression de la force d'inertie de Coriolis.

Rappelons que si la force résultante développée sur un solide est nulle, cela n'implique pas que son moment le soit aussi.

Le jury apprécie lorsque les candidats modélisent correctement les *ressorts*, sans mélanger la longueur à vide avec celle à l'équilibre, et qu'ils pensent à écrire l'équation mécanique à l'équilibre afin de simplifier son expression générale, sans qu'une telle démarche soit toutefois obligatoire.

Les candidats doivent conclure immédiatement quant à stabilité d'un système modélisé par une équation différentielle en $\tau \frac{df}{dt}(t) + \varepsilon f(t) = 0$, suivant le signe de ε .

Physique des ondes

Le jury s'attend à ce que les candidats maîtrisent le cours, c'est-à-dire qu'ils sachent démontrer l'équation de d'Alembert sur une corde vibrante, pour une onde sonore, pour une onde électromagnétique dans le vide, en précisant les hypothèses et le cadre de l'étude.

Lors de l'étude de la *réflexion* et de la *transmission* d'une onde, sur une interface immobile, il est attendu une justification physique simple de l'égalité des pulsations des ondes incidente, réfléchie et transmise.

La direction de polarisation d'une *onde électromagnétique* ne doit pas être confondu avec celle de propagation.

Sur le chapitre sur les *ondes sonores*, les bons candidats savent écrire directement les équations linéarisées ; lors de l'étude de la réflexion et de la transmission d'ondes sonores planes entre deux milieux, ils justifient que les conditions aux limites soient écrites, dans l'approximation acoustique, en $x = 0$ (position de repos de l'interface), alors que l'interface bouge sinusoidalement.

La notion d'*impédance acoustique* simplifie grandement les calculs, à condition d'utiliser le bon signe entre le champ des vitesses et le champ de surpression de l'onde réfléchie.

Électrocinétique

Les candidats doivent savoir extraire des informations d'un diagramme de Bode. Dans le cas d'un système linéaire alimenté par une entrée sinusoïdale à la pulsation ω , la sortie est, elle aussi, à la pulsation ω en régime permanent.

Physique 2

Déroulement de l'épreuve

L'épreuve de physique 2 de la filière PC dure 30 minutes, sans préparation.

L'exercice est en général plus ouvert que celui de physique 1. L'examineur propose au candidat une résolution de problème permettant d'évaluer la qualité de la démarche scientifique mise en œuvre. Concrètement, l'énoncé peut consister en une brève description d'une situation physique, ou bien encore d'une expérience, suivie le plus souvent d'une ou deux questions.

Le candidat doit, en s'appuyant sur sa maîtrise des notions du programme de physique (de PCSI et de PC), proposer une modélisation simple, dont il justifiera la pertinence, afin de répondre à la question posée. Le candidat doit discuter les limites du modèle et les approximations effectuées. Il doit également être capable de mener un calcul d'ordre de grandeur en proposant des valeurs crédibles des différents paramètres mis en jeu et doit commenter les valeurs obtenues.

Les compétences du programme susceptibles d'être évaluées sont : s'approprier, analyser, être autonome, réaliser, valider, communiquer. Des compétences « spécifiques » à l'École navale sont également évaluées : pugnacité, réactivité, capacité d'adaptation et résistance au stress. C'est dans l'interaction avec le candidat, tout au long de l'épreuve, que le jury évalue le degré de maîtrise de ces compétences.

Remarques sur la session 2017

Les notes se sont étalées de 3 à 20 avec une moyenne de 11,2 et un écart-type de 3,7.

Le jury est pleinement satisfait du niveau médian des candidats. La majorité des candidats a su appréhender avec perspicacité le problème proposé et mener une discussion de qualité. Le jury apprécie toujours les candidats dynamiques, ouverts au dialogue, capables de prendre des initiatives et de discuter précisément de la pertinence des résultats obtenus.

Mathématiques

Les oraux du concours d'entrée à l'École navale se sont déroulés du 20 juin au 13 juillet 2017 au Lycée Louis-le-Grand. En section PC, 113 candidats ont été interrogés, pour une moyenne de 11,65 et un écart-type de 3,44. Chaque oral durait environ une demi-heure, sans préparation.

Soulignons la bonne qualité de ce cru 2017. La médiane est de 12 et 43 candidats ont une note supérieure ou égale à 14. Le cours est le plus souvent connu, appliqué et exprimé intelligemment.

Le programme impose aux candidats des compétences scientifiques qu'il est inutile de rappeler ici. Celles-ci sont, en général, plutôt bien représentées. Les capacités de calcul semblent notamment en très légère amélioration. Attention toutefois à ne pas se laisser déstabiliser lorsque la stratégie envisagée s'avère infructueuse. C'est là qu'un dialogue constructif entre le candidat et l'examinateur est peut-être le plus vital afin, notamment, de tirer profit des indications données.

Par ailleurs, le concours de l'École navale, concours rappelons-le de recrutement dans une école militaire, exige des capacités supplémentaires : combativité, pugnacité, résistance à un stress modéré. Il est essentiel, pour un scientifique et un futur marin, de ne pas baisser les bras face à un problème dont la solution est jugée à tort inaccessible. Par ailleurs ces qualités humaines impliquent bien entendu une honnêteté intellectuelle dont l'absence, heureusement extrêmement rare, est rédhibitoire !

Attention aux définitions et résultats hors programme donnés par certains candidats, tout particulièrement en algèbre linéaire. Le programme est la base fondamentale de l'épreuve, la règle du jeu, gage d'équité, égale pour tous. Tous les sujets le respectent scrupuleusement ; le candidat doit faire de même pour les résoudre.

Presque tous les candidats continuent à introduire les hypothèses des théorèmes par ce pénible *il faut*. On rappelle que « il faut » introduit une condition *nécessaire*, sans laquelle on n'a pas la conclusion. Non, il n'est pas vrai que pour qu'une fonction s'annule entre deux points où ses valeurs sont de signes opposés, *il faut* qu'elle soit continue. Mais sous l'hypothèse de continuité, certes, ça marche. Dans l'implication $A \Rightarrow B$, il ne faut pas A pour avoir B mais B pour avoir A !

Les candidats qui ne cèdent pas à ce travers sont récompensés !

Terminons par quelques remarques plus spécifiques :

- le théorème de Rolle est souvent confondu avec le théorème des valeurs intermédiaires. L'inégalité des accroissements finis est mal connue et n'est jamais évoquée spontanément ;
- même si les différents types de convergence des suites et séries de fonctions sont connus, la convergence simple souffre d'une confusion assez répandue entre « f_n » et « $f_n(x)$ ». Dire que pour tout x la suite $(f_n(x))$ converge simplement est une erreur à proscrire ;
- la notation O n'est pas maîtrisée et parfois confondue avec l'équivalence ;
- la vérification de l'intégrabilité d'une fonction ne doit pas se réduire à une étude aux bornes, surtout quand une étude spécifique est inutile ;
- il y a souvent confusion, notamment quand il faut exprimer qu'un endomorphisme est diagonalisable, entre la notion d'espaces (propres) supplémentaires et en somme directe ;
- certains candidats s'interdisent de dire que le vecteur nul est un vecteur propre (on comprend que cela leur permet de se souvenir qu'une valeur propre doit impérativement être associée à un

vecteur propre non nul). Attention toutefois : un espace propre est, comme son nom l'indique, un espace vectoriel et à ce titre, il contient le vecteur nul !

Anglais

Les remarques concernant les épreuves d'admission en anglais sont les mêmes que les années précédentes. Les candidats ont pour la plupart pris connaissance des rapports de jury.

Des progrès ont été effectués depuis quelques années dans la compréhension orale et dans l'expression. Nombreux sont les candidats qui font preuve d'aisance et de fluidité lors de leur prestation orale.

Le niveau de certains d'entre eux témoigne d'un entraînement régulier qui ne peut se limiter aux interrogations orales en classe préparatoire.

Rappel des modalités de l'épreuve

L'ensemble de l'épreuve se déroule en anglais. Le candidat dispose de quarante minutes de préparation pour l'étude des deux supports proposés : 20 minutes maximum pour l'écoute de l'enregistrement d'une durée de trois minutes environ dont il devra effectuer le résumé, 20 minutes pour préparer le compte-rendu et le commentaire de l'article de presse.

Lors de la passation de l'épreuve, le candidat commence par le compte-rendu de l'enregistrement, il passe ensuite à l'étude de l'article de presse : résumé et commentaire qui donne lieu à un échange avec l'examinateur. Il peut être ensuite demandé au candidat de lire un court passage de l'article et de le traduire.

Attentes du jury

Compréhension de l'enregistrement

La restitution du document sonore doit être le compte-rendu aussi précis, détaillé et exhaustif que possible du contenu de l'enregistrement. Il n'est pas attendu de commentaire de celui-ci.

Les candidats peuvent procéder à autant d'écoutes qu'ils le souhaitent, effectuer des pauses, retours. Une mauvaise gestion du temps, avec notamment une restitution du contenu de l'enregistrement beaucoup trop lente, n'a laissé à certains candidats que trop peu de temps pour le compte-rendu de l'article et son commentaire.

Une liste décousue de détails s'avère fastidieuse, chronophage et ne témoigne pas de la compréhension de l'enregistrement.

Article de presse

Le *résumé* de l'article consiste en un compte-rendu organisé et non une paraphrase. Il s'agit de hiérarchiser les idées de l'article, non de les énumérer et encore moins de citer le texte pour étayer son propos.

Le *commentaire* doit permettre au candidat de partir de la problématique du texte pour ensuite s'en détacher, prendre une distance critique et élargir sa réflexion. Il met en avant ses capacités de synthèse, d'argumentation et de réflexion personnelle, sa connaissance de l'actualité et sa culture des pays anglophones.

Certains rares candidats n'ont pas spontanément commenté l'article et ont attendu que l'examineur les interroge, se contentant alors de réponses trop brèves.

D'autres semblent avoir plaqué un plan appris en cours, ne témoignant pas d'une véritable réflexion personnelle.

L'*entretien* permet d'évaluer la prise de parole en interaction, la réactivité des candidats, leur capacité à se dégager de leurs notes, à rebondir et à ne pas se limiter à une réponse laconique.

Il peut être demandé au candidat de procéder à la lecture d'un court passage de l'article puis d'en faire la traduction improvisée. Celle-ci permet de vérifier que le candidat n'a pas fait de contre-sens.

Maitrise de la langue

Il est attendu des candidats une maîtrise de la langue satisfaisante : fluidité, richesse lexicale, correction grammaticale.

Les meilleures prestations ont été celles de candidats parvenant à se détacher de leurs notes, s'exprimant avec enthousiasme et conviction et témoignant d'une réelle personnalité, faisant preuve d'une grande réactivité lors de l'entretien.

Conseils de préparation aux futurs candidats

Le choix des articles extraits de la presse anglophone (*The Times*, *The Guardian*, *The Telegraph*, *The Economist*...) portait sur des sujets d'actualité : santé, politique d'immigration, nouvelles technologies, environnement...

Lire la presse en langue anglaise est indispensable pour se tenir au courant de l'actualité et acquérir du lexique.

Les journaux cités sont, pour la plupart, accessibles en ligne gratuitement.

Écouter des enregistrements anglais authentiques le plus souvent possible permet d'améliorer la compréhension, la fluidité du discours et la qualité phonétique de la langue. BBC Radio 4, Today, par exemple. De même les journaux télévisés de BBC World News, Sky News constituent un excellent entraînement à la compréhension en offrant, de plus, un support visuel.

Conseils pratiques

Il est utile de prévoir des bouchons d'oreilles, la préparation de l'épreuve s'effectuant dans la même salle que l'interrogation du candidat précédent.

Toute annotation sur l'article de presse étant interdite, les candidats peuvent utiliser des plastiques transparents et des surligneurs.