

## Épreuves orales de Physique, Filières MP, PC et PSI

Le concours de l'École polytechnique de l'année 2020 s'est déroulé dans des conditions très particulières du fait de la situation sanitaire en Juin et Juillet 2020. Ce rapport a pour vocation de dresser un bilan des épreuves orales de physique. Nous espérons que les concours à venir se dérouleront dans des conditions moins contraintes et donc une partie des éléments de ce rapport pourraient ne valoir que pour 2020.

### L'organisation des oraux

L'École polytechnique a annoncé le 21 avril 2020 le calendrier de son concours avec des épreuves orales prévues dans les deux dernières semaines du mois de Juillet, sous réserve des conditions sanitaires à cette période. Il était prévu que chaque candidat soit convoqué sur une journée pour passer un oral de mathématique, un oral de physique et la visite médicale. C'est ce qui s'est passé.

Pour éviter au maximum les déplacements des candidats, la direction du concours a ouvert sept centres d'interrogation en province (en général des lycées) dans lesquels les épreuves se déroulaient. Les candidats, suivant leurs lieux de résidence aux dates des oraux MP/PC, avaient la liberté de s'inscrire dans l'un des différents centres de leur choix. Il y avait bien évidemment toujours la possibilité de passer les oraux à l'École polytechnique à Palaiseau. Les centres en province se situaient à Lyon, Marseille, Nantes, Bordeaux, Strasbourg, Douai et Toulouse. Il y avait aussi un dernier centre ouvert au Maroc. Ce sont donc les examinateurs qui se sont déplacés vers les candidats. Pour la filière PSI, il n'y avait pas suffisamment d'élèves en province et les oraux se sont déroulés à Palaiseau la dernière semaine de Juillet, sauf pour les candidats marocains qui ont été interrogés au Maroc.

Le faible nombre d'épreuves orales a conduit la direction à rapidement converger sur une modification de la structure de ces épreuves par rapport aux années précédentes. Ainsi, chaque épreuve de physique s'est déroulée sur 60 minutes, conduite par deux examinateurs, et composée de deux exercices de 30 minutes sur deux parties du programme. Le fait d'avoir deux exercices indépendants, plus courts que ceux des années précédentes, a permis sur une seule épreuve de donner une chance aux élèves de montrer leur maîtrise sur un exercice, même si l'autre exercice était moins bien traité. Nous y revenons plus loin dans ce rapport. Le fait d'avoir deux examinateurs permettaient d'avoir deux regards, toujours en faveur du candidat, sur les idées proposées par ce dernier.

Au total, il y a eu quinze jurys de physique, donc quinze binômes, qui ont conduit les interrogations, à Palaiseau, dans les sept centres en province et dans le centre au Maroc. Nous avons coordonné les interrogations de telle manière que, pour les interrogations qui se déroulaient à la même heure, que

ce soit à Palaiseau ou en Province ou au Maroc, les exercices étaient mutualisés par filière. Donc tous les candidats d'une filière étaient interrogés sur les mêmes exercices pour un créneau donné quel que soit leur lieu de passage. Un autre intérêt de cette coordination était que les exercices proposés étaient revus et « cobayés » préalablement par tous les examinateurs, afin de s'assurer de la conformité aux programmes et aux conditions de l'oral, c'est-à-dire que l'exercice devait être largement abordable en 30 minutes. Nous avons été extrêmement stricts sur la qualification des exercices lors de la préparation de ces derniers et un grand nombre d'exercices n'ont pas passé les filtres de relecture. En pratique pour chaque horaire, nous avons prévu trois exercices, ayant passé tous les filtres de validation, deux exercices devant impérativement être posés sur deux parties différentes du programme plus un troisième exercice le cas échéant si les deux premiers étaient faits.

D'autre part, avec quinze jurys et des exercices mutualisés, nous nous sommes assurés d'un bon accord dans l'évaluation des candidats avec des réunions quotidiennes le soir avec tous les jurys. Avec les mêmes exercices posés, nous pouvions nous mettre d'accord sur les résultats observés, nos attendus, ce qui était important ou non, et donc sur l'évaluation en général. En l'absence de commission pour cette année, nous avons ainsi visé à une notation la plus uniforme possible.

Pour conclure sur l'organisation des épreuves orales, un protocole sanitaire strict avait été défini par l'École polytechnique pour les interrogations avec mise à disposition de gel hydroalcoolique, élargement sur tablette nettoyée, présentation des sujets sous pochette plastique nettoyée. Le port du masque était imposé dans les espaces communs, les candidats étant invités à l'enlever lors de l'épreuve, les examinateurs étant à plus de deux mètres. Et si un examinateur avait besoin de donner une indication au tableau, le candidat et l'examinateur remettaient leurs masques lors de cet échange.

Les notes des candidats français se répartissent de la manière suivante :

**Filière MP**

$0 \leq N < 4$	4	0,96%
$4 \leq N < 8$	56	13,43%
$8 \leq N < 12$	144	34,53%
$12 \leq N < 16$	148	35,49%
$16 \leq N \leq 20$	65	15,59%
Total	417	100%
Moyenne	11,68	
Ecart-type	3,64	

**Filière PC**

$0 \leq N < 4$	2	0,63%
$4 \leq N < 8$	48	15,24%
$8 \leq N < 12$	108	34,29%
$12 \leq N < 16$	100	31,75%
$16 \leq N \leq 20$	57	18,10%
Total	315	100%
Moyenne	11,71	
Ecart-type	3,77	

**Filière PSI**

$0 \leq N < 4$	0	-
$4 \leq N < 8$	13	11,61%
$8 \leq N < 12$	34	30,36%
$12 \leq N < 16$	51	45,54%
$16 \leq N \leq 20$	14	12,50%
Total	112	100%
Moyenne	12,06	
Ecart-type	3,46	

Nous allons maintenant rentrer dans le détail du déroulement des oraux de physique.

### **Déroulement de l'épreuve et attitude attendue de la part du candidat**

Comme nous l'avons expliqué plus haut, cette année, l'épreuve orale durait 60 minutes avec au moins deux exercices et la présence de deux examinateurs. Il était convenu que le format de l'épreuve serait rappelé au candidat par les examinateurs pour éviter toute déstabilisation du candidat, notamment lors de la transition d'un exercice au suivant.

Lorsque le candidat rentre dans la salle, il se voit proposer un exercice par un examinateur. C'est cet examinateur qui va plutôt conduire la résolution de cet exercice. Ensuite, quelle que soit la qualité de résolution de cet exercice, après environ 30 minutes, un deuxième exercice est proposé par le deuxième examinateur sur une partie différente du programme, pour une durée de 30 minutes à nouveau. Les deux examinateurs peuvent intervenir de manière équivalente sur chacun des exercices. L'objectif de chaque intervention est toujours d'aider le candidat, de faire préciser une idée intéressante qui va dans le sens de la résolution. Et pour cela, le fait d'avoir deux regards différents a été très positif pour les candidats.

De plus, concernant l'évaluation, chaque exercice n'est pas sur 10 points chacun. C'est une appréciation globale que l'on cherche à obtenir. Les examinateurs cherchent à évaluer les connaissances et les capacités de raisonnement en physique des candidats. Une bonne maîtrise des notions du cours est donc indispensable, ainsi qu'une faculté de réflexion et la capacité à utiliser ces notions pour résoudre des problèmes de physique. Les candidats doivent avoir une vision claire des principes propres à chaque domaine du cours et les appliquer au-delà des exercices faits en cours. Ceci étant, cette année, nous avons bien évidemment pris en compte les conditions très particulières dans lesquelles les cours se sont déroulés lors d'une partie de l'année. Ainsi, lorsque de toute évidence, l'exercice nécessitait des connaissances abordées lors d'un cours dispensé à distance et que ce cours était moins bien assimilé, nous avons guidé plus avant le candidat lors de l'épreuve sans aucune pénalité et donc pris en compte les circonstances d'enseignement lors de l'évaluation. Il ne s'est jamais produit que les deux exercices tombent tous les deux sur des parties du programme abordées à partir de mi-mars.

Chaque exercice étant sans préparation, les élèves mènent leurs réflexions et leurs calculs en utilisant le tableau et en exposant oralement ce qu'ils font et veulent faire. Il est donc utile et tout à fait normal de prendre quelques minutes de réflexion avant de commencer la résolution, même pour un exercice de 30 minutes. Comme toujours, les meilleurs oraux sont souvent ceux où les candidats cheminent lentement, mais sûrement, en maîtrisant leurs éventuelles approximations et en gardant un regard critique sur leur solution. Il est très important que l'attitude du candidat soit le plus possible une attitude active, avec une volonté claire de se confronter à l'exercice, en utilisant le cours ou bien des similitudes avec des idées vues dans d'autres exercices. Si le principe de la résolution vient rapidement, tant mieux, mais sinon, il faut avancer des idées. C'est à ce moment que les examinateurs peuvent intervenir pour indiquer une voie plutôt qu'une autre, donner une indication pour débloquer une situation d'impasse.

## Sur ce que nous avons observé

De manière générale, nous avons observé que les candidats étaient parfaitement préparés à la structure de cette épreuve orale de physique et il n'y a jamais eu de difficulté lors de la transition d'un exercice à un autre. De plus, le niveau de préparation des élèves était tout à fait conforme à celui des années précédentes, ce que les statistiques de réussite au concours ont corroboré. Et même sur des notions de cours abordées après la mi-mars en classe, nous avons obtenu des performances tout à fait remarquables.

## Mécanique

Les exercices de mécanique du point ou sur les forces centrales sont en général bien compris et les débuts de résolution sont souvent satisfaisants. Pour exemple, donnons quelques exercices de mécanique qui ont été posés :

1. On considère deux cylindres creux infinis, de masses linéiques  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , et de rayons  $R_1$  et  $R_2$ . Leurs axes sont parallèles, mais non confondus. Le cylindre 1 est à l'intérieur du cylindre 2. *Quelle est la force gravitationnelle exercée par le cylindre intérieur 1 sur le cylindre extérieur 2 ?*
2. Une chaîne est suspendue verticalement, son extrémité inférieure touchant une balance. La chaîne est libérée et tombe sur la balance. *Quelle est la lecture de la balance lorsqu'une longueur  $x$  de la chaîne est tombée ?*
3. Un tronc d'arbre se trouve dans un champ horizontal. Une sauterelle paresseuse veut sauter par-dessus le tronc. *Quelle est la vitesse minimale de décollage de la sauterelle qui suffira à franchir le tronc ?*

Pour l'exercice noté 1 ci-dessus, peu de candidats ont vu que le théorème de Gauss permettait de conclure assez rapidement. Ceci étant, nous avons eu de bonnes discussions soit par le calcul, soit en modifiant un peu le problème, en remplaçant le cylindre intérieur par un fil. Pour l'exercice noté 2, la difficulté était de voir qu'il était nécessaire d'exprimer la variation de quantité de mouvement de la chaîne par unité de temps lors de la collision avec la balance. C'était finalement assez proche d'un exercice de mécanique des fluides probablement traité en classe. Quelques candidats y sont parvenus. Finalement, l'exercice noté 3 ne présente aucune difficulté conceptuelle, mais il reste un exercice qui nécessite de la précision. Nous avons eu quelques solutions intéressantes mais la plupart des élèves ont été trop brouillons pour extraire une solution.

Des observations du même type valent pour les exercices de thermodynamique et de mécanique des fluides. Ils sont bien compris et initiés par les candidats. Comme toujours, les meilleures planches en mécanique sont celles où les candidats prennent un temps de réflexion préalable notamment pour dénombrer le nombre d'inconnues du problème et les moyens à mettre en œuvre de manière pertinente pour la mise en équations.

## Électromagnétisme et optique

On peut noter que les équations de Maxwell sont bien assimilées et très souvent bien posées pour un problème donné. C'est très bien. Les exercices d'optique sont aussi en général bien compris. Ce qui reste compliqué, c'est d'aller au bout de la résolution d'un exercice non standard. Nous donnons quelques exemples d'exercices posés :

1. On considère un cylindre métallique plongé dans un champ magnétique  $B_0$  constant (et uniforme) parallèle à son axe de symétrie. De plus, ce cylindre tourne à une vitesse angulaire constante autour de son axe de symétrie. *Montrer qu'il existe alors une distribution de charge non nulle dans le cylindre.*
2. On considère un condensateur plan constitué de plaques métalliques rectangulaires de longueur  $L$  et largeur  $l$ . Puis on incline légèrement une des plaques afin de former un coin. *Quelle est sa capacité ?*
3. On considère un interféromètre de Michelson dont un des miroirs est sphérique, de rayon de courbure grand devant le diamètre du miroir. Le centre du miroir est au contact optique avec le miroir plan. Le dispositif est éclairé par une source étendue de lumière monochromatique. *Décrire les franges d'interférence et comment les observer. Quelle est la valeur mesurable maximale du rayon de courbure ?*

Pour l'exercice 1, peu de candidats sont parvenus au résultat mais nous avons observé des discussions intéressantes qui ont permis d'obtenir l'équation donnant le champ électrique dans le cylindre. L'exercice 2 n'a pas été résolu mais par contre, il a en général été bien posé de différentes manières. L'exercice 3 (d'optique) a en général été correctement traité.

## Mécanique quantique et autres parties du programme

Rappelons que nous avons interrogé sur l'ensemble du programme, en particulier sur la mécanique quantique (au programme de PC). C'est un domaine pour lequel les examinateurs ont été attentifs au fait que cette partie du cours avait probablement été faite à distance. C'est avec plaisir que nous avons observé des performances tout à fait remarquables. Dans ce domaine les progrès ont été sensibles depuis qu'il est au programme, comme les examinateurs ont eu le loisir de le constater.

Les interrogations portant sur la thermodynamique donnent toujours des résultats plus aléatoires, les principes étant sans conteste bien connus, mais les conditions d'application toujours assez délicates. Les parties spécifiques à certaines filières, telles que la mécanique des fluides ou l'électronique des systèmes, ont donné lieu à des planches généralement bien menées.

## **Conclusion**

Le format des épreuves orales a été profondément modifié cette année 2020, sous la contrainte des circonstances extérieures. Ceci étant, nous avons pu évaluer tous les candidats avec le plus de d'équité possible. Et parmi toutes les prestations, certaines ont été remarquables avec trois exercices résolus. En général, nous avons été agréablement surpris par la préparation des candidats malgré les circonstances. L'ensemble des interrogateurs est unanime sur l'importance des épreuves orales dans l'évaluation globale des candidats. Une adaptation du format est toujours possible, même dans des circonstances exceptionnelles, et il est d'ailleurs possible que certains éléments mis en place cette année soient pérennisés dans les années qui viennent, même si les conditions sanitaires redeviennent normales.