

Préface

Une épreuve écrite permet d'évaluer, en temps limité, votre capacité à restituer les connaissances et mettre en pratique les compétences que vous avez acquises au cours des deux années de CPGE, dans des situations plus ou moins guidées. Outre l'évidente nécessité, d'une part, de connaître les formules et démonstrations au programme et, d'autre part, de maîtriser certains outils mathématiques essentiels, il est tout aussi important que vous soyez capable de rédiger vos réponses avec clarté, en utilisant un vocabulaire adapté. On ne saurait trop insister sur ce dernier point car il a une influence notable sur l'évaluation (il permet notamment de classer des copies de niveau scientifique égal) mais plus encore, il constitue une compétence fondamentale pour le scientifique, amené à communiquer régulièrement sur l'avancement de ses travaux, à l'oral comme à l'écrit.

La préparation aux écrits des concours d'entrée aux écoles d'ingénieurs est un travail de longue haleine, qui commence dès l'entrée en première année. Vous avez sans doute été surpris de constater qu'en classes préparatoires, on peut très bien connaître son cours et buter malgré tout sur un exercice dit « classique ». L'apprentissage du cours est une étape nécessaire mais non suffisante à votre succès aux évaluations. En travaux dirigés, vous avez appris à mettre en œuvre des méthodes de résolution qui complètent les connaissances du cours et sont une étape essentielle dans votre progression. Les devoirs « maison », en vous libérant de la contrainte du temps, vous ont permis d'explorer en profondeur des problèmes extraits des concours, ou proches, quitte à y passer un temps conséquent. Contrairement à une épreuve en temps limité où, face à une difficulté, il peut être tentant de changer de partie, quitte à faire du « grappillage », ce type d'entraînement a sollicité votre persévérance. Vous avez ainsi pu lever certains blocages et acquérir des automatismes de calcul. Les devoirs en classe vous ont permis non seulement de vous évaluer à une date t sur votre progression mais également d'améliorer votre efficacité à l'écrit. En plus de la rigueur dont on a parlé plus haut, la rapidité est une qualité décisive pour faire la différence avec des candidats d'un niveau proche du vôtre. Cette rapidité ne peut s'acquérir qu'avec un entraînement régulier et la répétition d'exercices de niveaux variés.

En fin de compte, il n'y a sans doute pas de manière plus efficace pour progresser à l'écrit que de s'entraîner avec de véritables sujets de concours. Cet ouvrage en rassemble 26, de physique, chimie et modélisation, issus des concours Mines-Ponts, Centrale-Supélec, CCINP et e3a. Selon vos objectifs, vous pourrez vous tester sur des problèmes très proches du cours, sur des résolutions de problème demandant plus d'initiative ou encore sur des épreuves d'un niveau plus élevé et qui requièrent une certaine capacité d'adaptation ainsi que des aptitudes en calcul plus poussées. Pour vous aider à choisir les sujets qui vous conviendront le mieux, une présentation rapide de chacun d'entre eux vous permettra de cibler les thèmes abordés, le niveau de difficulté, les points que le jury a particulièrement retenus (pour les épreuves 2018 et 2019). Vous trouverez également des indications spécifiques à chaque épreuve pour vous lancer sereinement.

Un corrigé détaillé est proposé pour chaque épreuve. Il est conforme aux attentes des jurys, tant sur le fond que sur la forme ; aussi vous pourrez vous en inspirer pour, à votre tour, proposer un modèle, formuler des hypothèses, mettre en œuvre les lois et théorèmes abordés en cours, organiser une démonstration. Des commentaires accompagnent le corrigé pour vous donner un conseil, approfondir une notion du cours, citer un rapport de jury, donner du sens à un calcul, mettre en relation différentes parties d'une épreuve, etc...

Bien entendu, ces corrigés ne sont pas représentatifs de la production des candidats le jour du concours. Ils ne sont pas non plus parfaits mais constituent l'interprétation la plus juste, la plus rigoureuse et la plus honnête possible des auteurs. Pour mettre en lumière les qualités d'une bonne copie et exposer les détails, positifs comme négatifs, auxquels les correcteurs sont attentifs, plusieurs véritables compositions d'étudiants de CPGE sont présentées et commentées. Celles-ci sont d'un bon niveau, sans être nécessairement excellentes.

Pour conclure ce préambule, voici quelques conseils très généraux que vous pourrez mettre en pratique dans votre préparation :

De bons réflexes à adopter dès maintenant

- Votre travail d'entraînement doit être **personnel**. Vous ne progresserez vraiment que si vous vous confrontez seul à un sujet et que vous cherchez par vous-même à surmonter les difficultés. L'aide d'un camarade, d'un professeur ou l'utilisation du corrigé ne doit venir qu'en dernier recours. Dites-vous que les erreurs que vous commettrez, les échecs que vous rencontrerez seront autant d'expériences qui vous feront progresser, à la condition que vous compreniez ces erreurs et la méthode qu'il aurait fallu employer. C'est la finalité du corrigé.
- Avant de vous lancer dans un sujet, n'hésitez pas à relire les parties du cours qui correspondent aux thèmes abordés (voir la « présentation des épreuves ») si vous ne pensez pas les maîtriser suffisamment. Connaître **parfaitement** son cours (théorèmes et démonstrations) est un prérequis indispensable pour aborder sereinement une épreuve de concours.
- À la fin d'un calcul, vérifiez l'homogénéité de votre résultat si possible. Cela prend généralement peu de temps quand on y est habitué et peut vous permettre de détecter une erreur de calcul. Vous pouvez également tester la cohérence de votre résultat en prenant un cas limite.

Exemple : J'étudie un filtre passe-bas. La fonction de transfert H que j'ai calculée est-elle cohérente ? Cela peut se vérifier rapidement en étudiant le comportement asymptotique, c'est-à-dire en faisant tendre la pulsation ω vers zéro puis l'infini.

- Manipulez au maximum des expressions littérales (c'est-à-dire avec des symboles et éventuellement des nombres sans dimension). Veillez à ne pas remplacer une grandeur par sa valeur numérique au milieu du calcul. Si vous devez réutiliser les résultats d'une question intermédiaire, reprenez l'expression littérale, et si cela n'est pas possible, faites attention aux chiffres significatifs.

- Prenez un soin particulier à réaliser vos applications numériques, ce sont des points faciles à gagner. Veillez à accompagner chaque valeur numérique d'une **unité** adéquate. Si vous avez un doute sur l'unité, rappelez-vous que si, dans votre calcul, toutes les grandeurs sont exprimées en unités du système international, alors le résultat le sera aussi. Revoquez ces unités si vous avez un doute (*radian* pour les angles, *mètre cube* pour les volumes, *pascal* pour les pressions, *kelvin* pour les températures par exemple). Portez un regard critique sur vos résultats (une vitesse de déplacement supérieure à celle de la lumière dans le vide doit vous alerter...).
- Soyez sûr de maîtriser les outils mathématiques de base, dont voici une liste non exhaustive : analyse dimensionnelle, fonctions sinusoidales et trigonométrie, intégration d'une équation différentielle (ne pas oublier la méthode de séparation des variables), projection d'un vecteur dans une base orthonormée, calculs en complexes (module et argument notamment), calcul vectoriel (produit scalaire, produit vectoriel, action des opérateurs gradient, divergence, rotationnel, laplacien scalaire et vectoriel en coordonnées cartésiennes).

Le jour du concours

- Avant toute chose, lisez le sujet en entier. Il y a généralement plusieurs parties indépendantes, ce qui vous permet de commencer par une partie du programme avec laquelle vous êtes plus à l'aise.
- Si vous butez sur une question, ne changez pas de partie avant d'avoir lu attentivement les questions qui suivent. Parfois, des résultats intermédiaires sont donnés et vous permettent d'avancer malgré tout. Il arrive également qu'une question de cours posée un peu plus loin vous permette de « reprendre pied ». Pensez que le barème valorise généralement l'effort d'avoir avancé aussi loin que possible dans une partie.
- Dans votre rédaction, évitez toute abréviation, notamment lorsque vous citez un théorème du cours.

Exemple : évitez : « D'après le TEC : ... » mais préférez : « Par application du théorème de l'énergie cinétique au système {...} dans le référentiel terrestre supposé galiléen : ... »

- Veillez à rédiger des phrases complètes. Évitez en particulier les phrases qui commencent par « Car... » ou bien « Oui, car... ».

Exemple : À la question : « Justifier que le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétostatique est uniforme lorsque l'on néglige son poids », évitez de répondre : « Car la force magnétique ne travaille pas » mais préférez : « Plongée dans un champ magnétostatique uniforme, si l'on néglige le poids, la particule n'est soumise qu'à la force de Lorentz magnétique $\vec{F}_{mag} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$. Cette dernière ne travaille pas puisqu'elle est à tout instant orthogonale au mouvement. Par conséquent, en vertu du théorème de l'énergie cinétique appliqué à la particule dans le référentiel d'étude supposé galiléen, on peut en conclure que son énergie cinétique se conserve au cours du mouvement, donc que ce dernier est uniforme ».

- Encadrez ou soulignez vos résultats. Le correcteur doit les voir du premier coup d'œil. De manière générale, évitez tout ce qui peut l'agacer : fautes d'orthographe à répétition, écriture illisible, schémas incompréhensibles, graphiques sans indication sur les axes, résultats non justifiés (« *On sait que...* » ou bien « *D'après le cours,...* »), etc...
- Définissez clairement par une phrase ou à l'aide d'un schéma toute grandeur qui intervient dans vos calculs et qui n'est pas déjà définie dans le sujet. Un correcteur qui doit déchiffrer votre copie risque fort de perdre patience, surtout s'il en a déjà vu passer trois cents avant... De même, n'utilisez que les notations de l'énoncé.

En suivant ces conseils et en travaillant régulièrement sur ces annales en parallèle de votre cours, nous ne doutons pas que vous vous sentirez progresser au fil des semaines. Nous vous souhaitons bon courage et la meilleure réussite possible aux concours.

Les auteurs.

Table des matières

I Mines Ponts	1
1 Physique 1 - 2018	3
Énoncé	7
Corrigé	17
2 Physique 2 - 2018	37
Énoncé	41
Corrigé	51
3 Chimie - 2018	71
Énoncé	75
Corrigé	81
4 Physique 1 - 2019	97
Énoncé	101
Corrigé	109
Copie d'élève	131
5 Physique 2 - 2019	149
Énoncé	153
Corrigé	161

6 Chimie - 2019	181
Énoncé	185
Corrigé	191
7 Physique 1 - 2020	203
Énoncé	207
Corrigé	219
8 Physique 2 - 2020	233
Énoncé	237
Corrigé	243
9 Chimie - 2020	259
Énoncé	263
Corrigé	271
II Centrale	281
10 Physique-Chimie 1 - 2018	283
Énoncé	287
Corrigé	295
11 Physique-Chimie 2 - 2018	313
Énoncé	317
Corrigé	327
12 Physique-Chimie 1 - 2019	351
Énoncé	355
Corrigé	367

13 Physique-Chimie 2 - 2019	389
Énoncé	393
Corrigé	405
14 Physique-Chimie 1 - 2020	435
Énoncé	439
Corrigé	453
15 Physique-Chimie 2 - 2020	475
Énoncé	479
Corrigé	491
 III CCINP	 513
 16 Physique-Chimie - 2018	 515
Énoncé	519
Corrigé	531
17 Modélisation et ingénierie numérique - 2018	547
Énoncé	551
Corrigé	573
18 Physique-Chimie - 2019	589
Énoncé	593
Corrigé	603
19 Modélisation et ingénierie numérique - 2019	621
Énoncé	625
Corrigé	651
Copie d'élève	667

20 Physique-Chimie - 2020	681
Énoncé	685
Corrigé	699
21 Modélisation et ingénierie numérique (épreuve commune avec e3a) - 2020	719
Énoncé	723
Corrigé	745
IV e3a	761
22 Physique-Chimie - 2018	763
Énoncé	767
Corrigé	785
23 Physique-Modélisation - 2018	811
Énoncé	815
Corrigé	827
24 Physique-Chimie - 2019	849
Énoncé	853
Corrigé	871
25 Physique-Modélisation - 2019	893
Énoncé	897
Corrigé	915
26 Physique-Chimie - 2020	935
Énoncé	939
Corrigé	955