

## Composition de Physique et Sciences de l'Ingénieur, Filière MP (X)

### Présentation du sujet

Le sujet proposé cette année comprend deux parties indépendantes. La première concerne l'étude d'un dispositif de protection contre les surintensités. La seconde est consacrée à l'étude du flambement, sous chargement extérieur, d'une membrane fine gonflée. Les deux parties consistent à faire étudier aux candidats des phénomènes d'instabilité à travers deux applications différentes.

La première partie propose l'analyse thermo-électrique d'une résistance dont la résistivité dépend de la température. On s'intéresse à décrire le couplage thermo-électrique puis à étudier les conditions de stabilité du point de fonctionnement d'un tel composant. On étudie enfin sa mise en œuvre dans une application en protection électrique.

La seconde partie porte sur l'étude d'une membrane fine gonflée, sur les conditions de flambement de cette membrane sous chargement extérieur et sur le contrôle commande permettant de maintenir un gonflement suffisant malgré un percement de la membrane. Une approche simplifiée consiste à modéliser la membrane à l'aide d'un ressort et à étudier ses positions d'équilibre. Ensuite, une analyse des propriétés de la membrane permet d'identifier les paramètres du modèle simplifié. Enfin, le contrôle-commande du gonflement de la membrane est abordé en considérant différents cas de percement de la membrane.

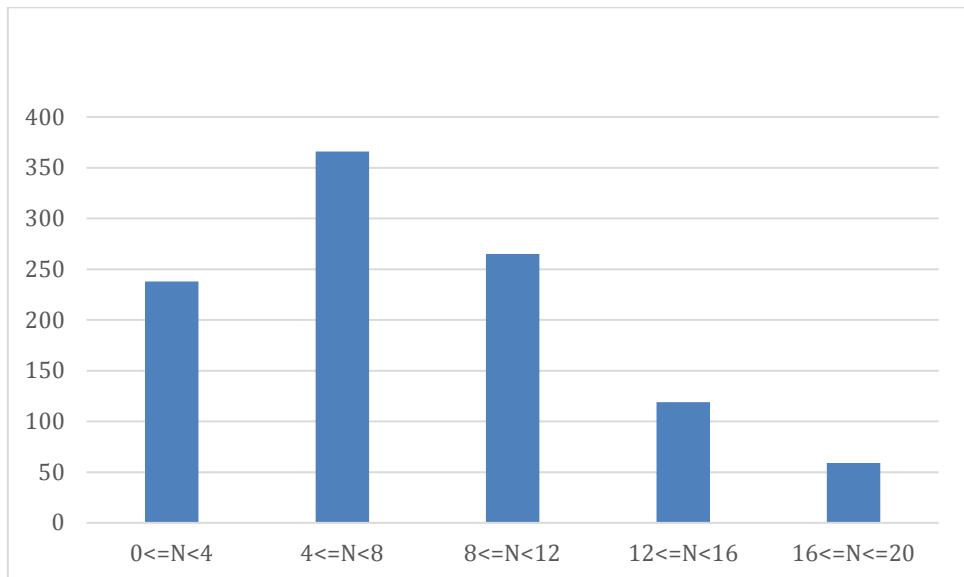
### Résultats des candidats

Le tableau ci-dessous présente la répartition des notes des candidats (1047 présents). La moyenne de l'épreuve s'établit à 6,93, avec un écart-type de 4,31.

$0 \leq N < 4$	238	23%
$4 \leq N < 8$	366	35%
$8 \leq N < 12$	265	25%
$12 \leq N < 16$	119	11%
$16 \leq N < 20$	59	6%
Total	1047	100%
Nombre de copies	1047	
Note moyenne	6,93	
Écart-type	4,31	

Le tableau ci-dessous présente la répartition des notes des candidats français (660 présents). La moyenne de l'épreuve s'établit à 7,98, avec un écart-type de 4,56.

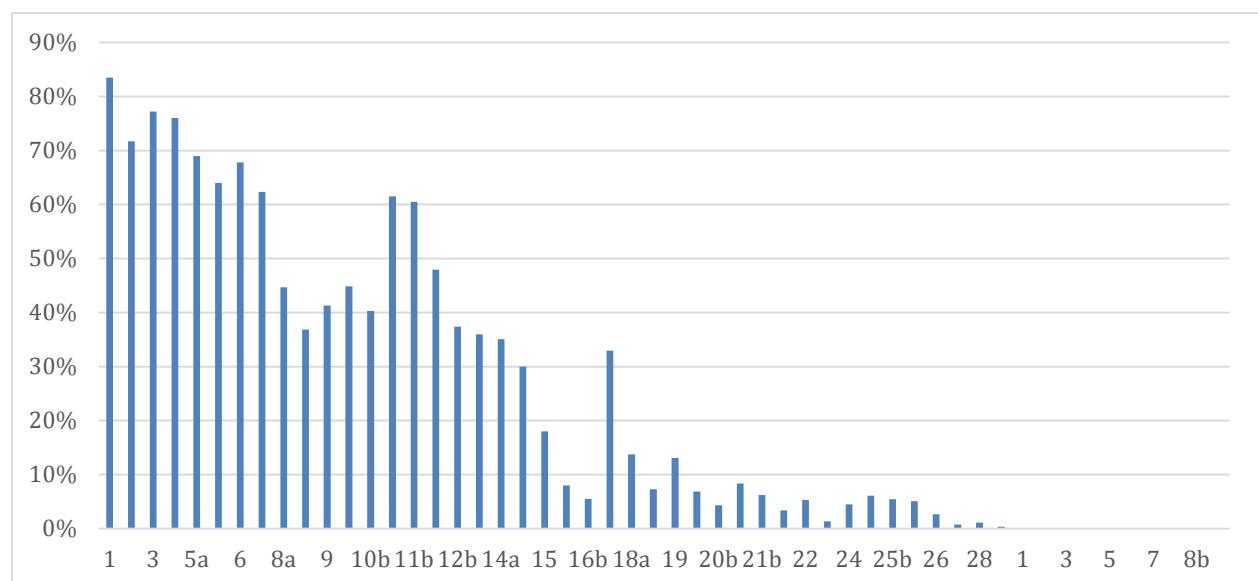
$0 \leq N < 4$	142	21,52%
$4 \leq N < 8$	231	35%
$8 \leq N < 12$	164	24,85%
$12 \leq N < 16$	77	11,67%
$16 \leq N < 20$	46	6,97%
Total :	660	100%
Nombre de copies :	660	
Note moyenne :	7,98	
Ecart-type :	4,56	



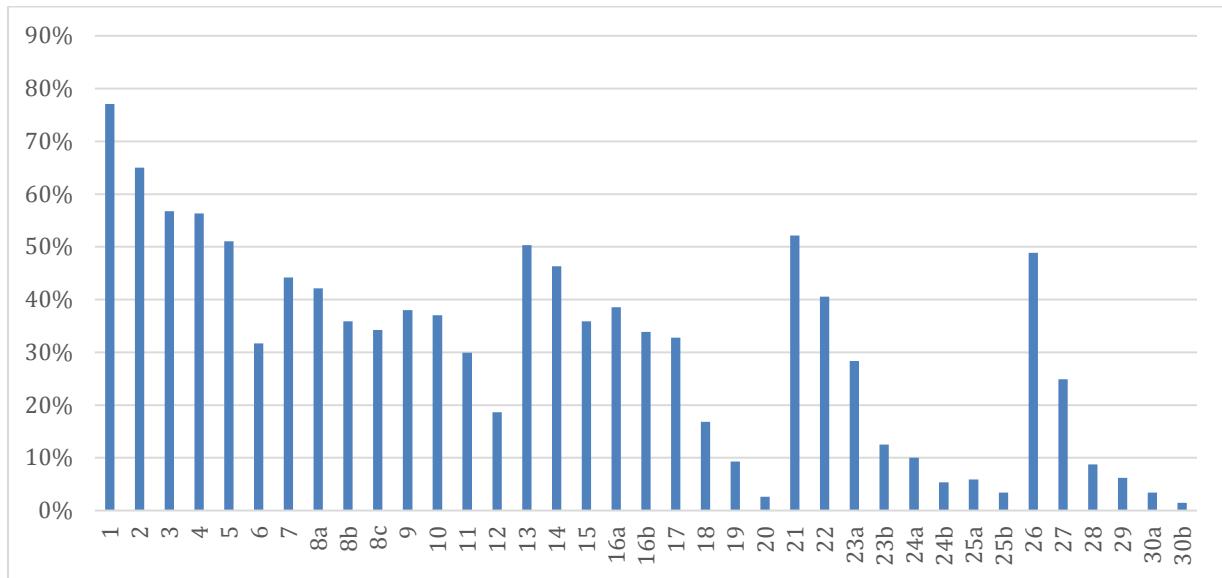
**Figure 1 : Statistique des résultats des candidats de l'épreuve par intervalle de notes**

Les figures 2a et 2b illustrent la fraction de candidats ayant abordé chaque question, respectivement pour les parties Physique et Sciences de l'Ingénieur. Ces deux parties ont été abordées de manière équilibrée. Nous regrettons toutefois que les questions nécessitant des qualités d'analyse aient été significativement moins abordées que celles plus strictement calculatoires. Lorsque qu'elles ont été abordées, elles ont été assez mal traitées. Les dernières questions des sous-parties ont permis de départager les meilleurs candidats mais ont été très peu abordées par les candidats.

La partie I.3 de la partie S.I. n'a quasiment pas été abordée, elle était pourtant aisément accessible à des élèves issus de la filière MP.

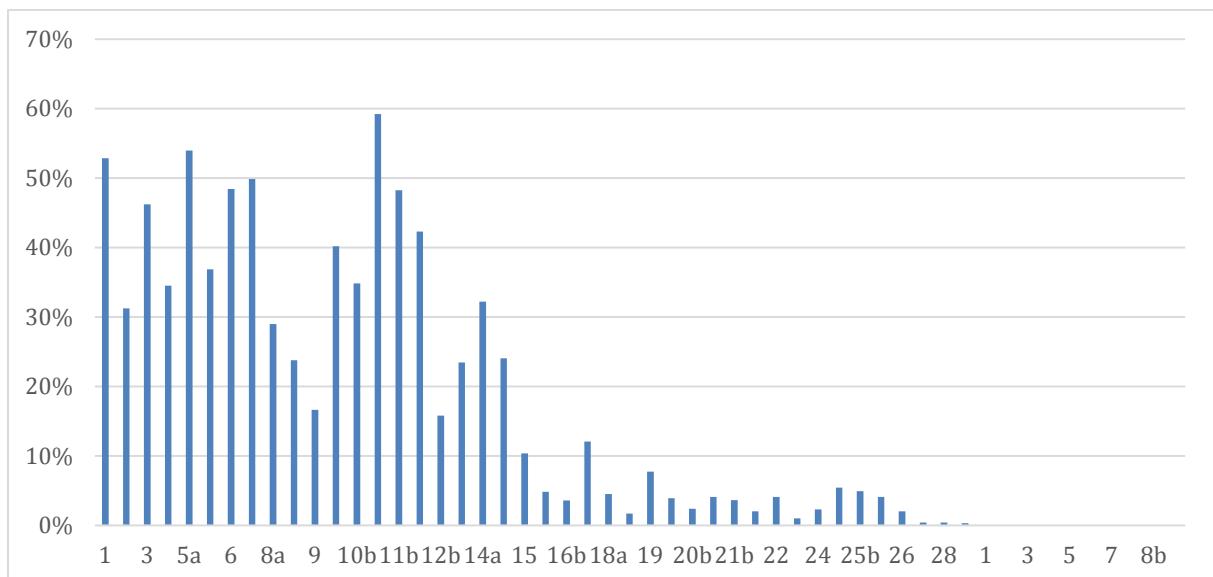


**Figure 2a : Fraction des candidats ayant abordé chaque question – Partie Physique**

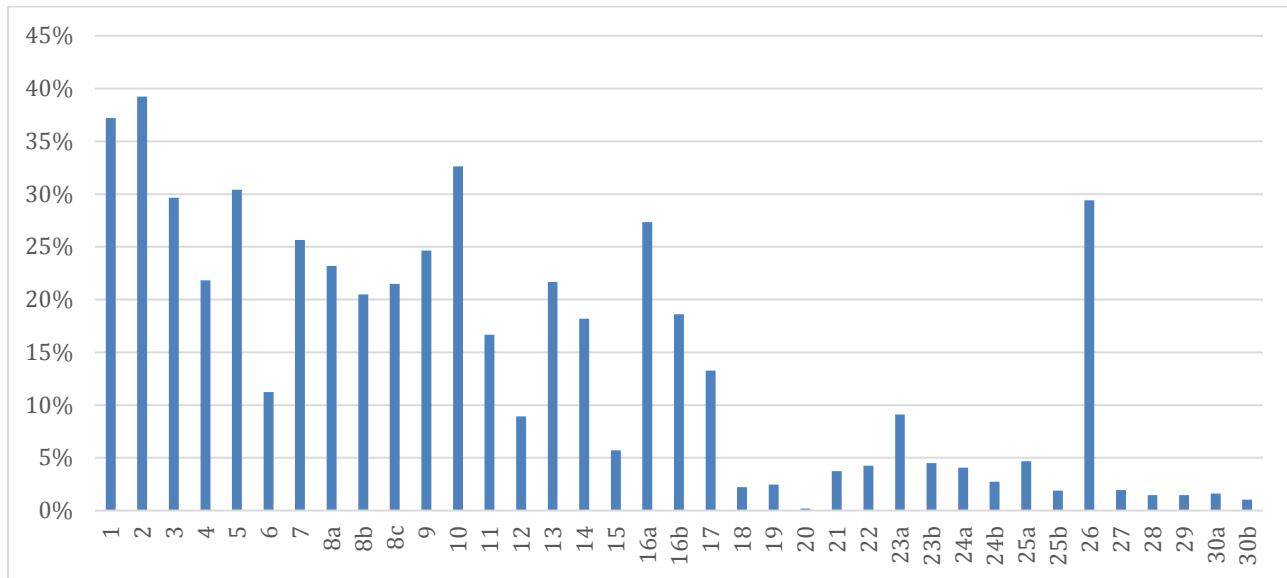


**Figure 2b : Fraction des candidats ayant abordé chaque question – Partie S.I.**

Les figures 3a et 3b indiquent le taux de réussite des candidats à chaque question, respectivement pour les parties Physique et Sciences de l'Ingénieur. Une question est considérée comme réussie lorsque qu'il lui a été attribué au moins la moitié des points. Certaines questions ont été réussies par une grande partie des candidats, mais elles n'ont pas véritablement fait la différence sur la notation finale, notamment à propos de la partie III de la partie S.I.



**Figure 3a : Fraction des candidats ayant réussi chaque question – Partie Physique**



**Figure 3b : Fraction des candidats ayant réussi chaque question – Partie S.I.**

Les taux de réussite bas des questions nécessitant une explication physique des phénomènes s'illustrent par la difficulté à clarifier leur réflexion scientifique par écrit. On observe bien souvent des réponses confuses ne répondant que partiellement à l'ensemble des questions posées.

Nous attirons l'attention des futurs candidats sur l'importance des applications numériques en Physique et en Sciences de l'ingénieur. Celles-ci étaient assez simples pour être effectuées sans calculatrice. Elles ont toutefois fait perdre des points à une bonne partie des candidats. Il est rappelé qu'une valeur numérique d'une grandeur physique doit être obligatoirement suivie d'une unité, sans quoi le résultat est considéré comme faux.

Rappelons que chaque sous-question d'une question numérotée est évaluée séparément. Bon nombre de candidats ne répondent pas à l'intégralité des items mentionnés dans une question. Enfin, nous attirons l'attention des futurs candidats sur l'importance d'essayer de traiter les dernières questions de chacune des parties qui sont souvent des ouvertures et ne nécessitent donc pas d'avoir traité intégralement les parties précédentes. Elles font bien souvent la différence parmi les candidats.

Retenant les termes des rapports des années précédentes, nous souhaitons insister à nouveau sur l'importance de la qualité de la rédaction (précision, concision et propreté) dans l'appréciation d'une copie. Un raisonnement clair, concis et bien exprimé a bénéficié d'une évaluation plus favorable que la simple écriture du résultat, même juste.

Nous rappelons aux futurs candidats que, sauf indication contraire dans l'énoncé, les parties sont indépendantes. La partie II Physique et la partie I.3 Sciences de l'Ingénieur ont, dans l'ensemble, été peu abordées. Cela est dommageable étant donné qu'un certain équilibre en termes de points est recherché entre les parties.

## Partie Physique – Étude d'un dispositif de protection contre les surintensités

### Partie I : Équations de fonctionnement :

Cette partie a été abordée par la majorité des candidats. La première question a été dans l'ensemble bien traitée. Néanmoins, certains candidats ont pu perdre des points en proposant trop de réponses dont certaines n'étaient pas cohérentes avec le dispositif étudié. Les questions 2 et 3 ont été, dans l'ensemble, mal traitées. L'indépendance du courant suivant  $x$  a donné lieu à des réponses souvent partielles qui ne précisait pas le cadre d'analyse ARQS. L'étude des

symétries faite par les candidats étaient souvent redondantes avec les hypothèses données dans l'énoncé (champs électrique indépendant de  $y$  et  $z$ ) alors que la question visait à apporter des compléments d'analyse sur les symétries en fonction de  $x$ .

La question 4 a été abordée par la majorité des candidats. Les erreurs de signe dans la diffusion et le terme source liée à la résistivité du milieu ont été courantes. La question 5 a été bien abordée. Certains candidats ont trop rapidement calculé l'intégrale, négligeant la dépendance de la résistivité en  $x$ . Les questions 6 et 7 découlent des questions précédentes.

## **Partie II : Études du régime stationnaire :**

Les candidats ont souvent traité la moitié de la question 8 qui supposait de donner dans un premier temps les expressions d'énergie (ou de puissance) des équations thermique et électrique et dans un deuxième temps d'expliciter la conversion d'énergie électrique en chaleur cédée au milieu extérieur. La question 9 a étrangement déstabilisé les candidats qui n'ont pour la plupart pas su vérifier l'adimensionnalité du rapport  $K$  et, *a fortiori*, l'identifier comme un rapport d'énergie.

Les questions 10, 11, 12 et 13, à caractère calculatoire, ont été bien traitées par la majorité des candidats. On a cependant noté que certains candidats essayent de « camoufler » des étapes manquantes dans le calcul par des justifications fantaisques ou des transitions pompeuses. Ces erreurs, voire pour certains, ces manques d'honnêteté, sont rédhibitoires. Pour la question 14, tous les candidats ayant compris les conditions de réalisation des sources idéales de courant et de tension ont bien répondu à cette question. Le faible taux de réponses montre une incompréhension de ce qui fait une source idéale de tension ou de courant.

La question 15 a été très rarement bien traitée. Les esquisses de schéma ont été notées avec clémence par les correcteurs. La question 16 a été traitée par un sous-ensemble des candidats ayant répondu correctement à la question 14. Ceux qui l'ont traité ont dans l'ensemble apporté des réponses satisfaisantes même si l'analyse physique des résultats reste quasi-absente.

## **Partie III : Analyse de la stabilité du point de fonctionnement :**

La prise en compte du flux thermique dans l'équation de la question 4 a déstabilisé de nombreux candidats malgré la simplification de l'équation proposée dans l'énoncé permettant aux candidats n'ayant pas traité correctement la question 4 de pouvoir répondre. Si l'équilibre a été trouvé par les candidats ayant traité cette question, l'équation dynamique a souvent comporté des erreurs.

Les questions 19 et 20, portant sur une interprétation physique des équations et des phénomènes ont souvent déstabilisé les candidats. Les rares réponses ont souvent été pertinentes. Les questions 21 et 22 ont été abordés par un faible nombre de candidats bien que ne nécessitant pas de résultats des questions précédentes.

Les questions 23, 24, 25 et 26 portaient sur une analyse graphique des phénomènes de couplage thermique et électrique. Une bonne analyse du fonctionnement de ce repère à quatre cadrans a permis aux candidats ayant bien répondu de gagner un bon nombre de points.

Les questions 27, 28 et 29 n'ont pratiquement pas été abordées par les candidats.

## **Partie Sciences de l'Ingénieur – Étude du flambement, sous chargement extérieur, d'une membrane fine gonflée :**

### **Partie I.1 Première approche du flambement : déplacement du sommet de la coque mince modélisée par un système à 1 degré de liberté**

L'analyse du modèle linéarisé à 1 degré de liberté (questions 1, 2, 3) a étrangement posé certaines difficultés aux candidats. Certains n'ont pas su utiliser les notations de l'énoncé et ont préféré introduire des angles. Ceux-ci n'ont pas répondu juste aux questions. Les candidats ont ensuite eu du mal à identifier la possibilité du système à avoir des positions d'équilibre avec une position algébrique négative. Cette position étant fondamentale pour l'étude du flambement, son absence dans la réponse des candidats n'a pas donné de points aux questions 2 et 3. La question 4 s'obtient aisément.

Les candidats ont souvent mélangé les schémas de la figure 3 et de la figure 4. Certains ont pris un effort  $2F$  de la figure 3 en considérant l'énergie d'un seul ressort (figure 4). Seuls les candidats ayant saisis le sens physique de la grandeur à tracer et le comportement du système ont su tracer correctement la figure demandée à la question 6.

Les questions 7, 8, 9 et 10 ont dans l'ensemble été bien traitées par les candidats. Les candidats n'ayant tracé la courbe de la question 10 que pour les abscisses positives n'ont pas eu les points de cette question car cela ne permettait pas d'analyser le phénomène de flambement objet du sujet. La question 11, bien que n'étant qu'une mise en application simple des questions 10 et 11 a bloqué certains candidats qui n'ont pas su appréhender le sens physique des courbes et des axes des abscisses et des ordonnées.

La question 12 a été dans l'ensemble peu et mal traitée par les candidats. Les réponses les plus pertinentes ont bien souvent été graphiques.

### **Partie I.2 Détermination des paramètres du modèle élastique**

La question 13 n'a pas été traitée correctement par la majorité des candidats. Il s'agissait pourtant d'un problème classique avec l'écriture des équilibres projetés sur 2 axes.

L'approche géométrique de la question 14 a été souvent abordée trop rapidement par les candidats qui ont trop souvent assimilé le cercle à un segment droit. Les développements limités de la question 15 n'ont qu'exceptionnellement donné lieu à de bonnes réponses.

L'équilibre d'un tronçon de membrane (question 16) correspond au problème classique de la corde pesante. Peu de candidats y ont répondu. Cependant ceux qui l'ont fait ont bien souvent obtenu la totalité des points. La question 17 a été bien traitée par ceux qui ont répondu correctement à la question précédente. Il est intéressant de noter que certains candidats ont trouvé la bonne valeur de la tension  $T_0$  à cette question alors qu'ils avaient trouvé une autre valeur à la question 13.

Les questions 18 et 19 sur les déplacements ont été très peu abordées avec un faible taux de réponses justes. La question 20 n'a pas été traitée par les candidats.

### **Partie I.3 Analyse du système du contrôle-commande du gonflement du coussin ETFE**

La question 21 a étonnamment posé des problèmes. La majorité des candidats a oublié d'inclure le terme de perturbation  $D_2$  dans l'équation d'équilibre. La question 22, découlant des résultats de la question précédente, n'a conduit qu'à un faible nombre de réponses correctes. Les

questions 23, 24 et 25 ont été traités par un nombre très faible de candidats avec un faible taux de bonnes réponses. Cette situation est déplorée par les correcteurs s'agissant d'un sujet de Physique - Science de l'ingénieur. Il s'agissait de questions simples avec un nombre important de points à la clé.

La question 26 présentait la particularité d'avoir un gain négatif qui a déstabilisé les candidats. Les correcteurs ont noté la justesse des équations et favorablement les éléments d'analyse (rares) apportés par les candidats.

Les dernières questions de la partie automatisme ont été traitées par un faible nombre de candidats et avec une quantité infinitésimale de bonnes réponses. Il y a eu une dizaine d'analyses physiques recevables de la question 30.

Les correcteurs ont constaté que le niveau en automatisme des candidats est plutôt faible. Les deux parties étant de même poids, la différence entre les candidats s'est beaucoup jouée sur la partie SI.