

## Composition de Physique, Filière MP (XULCR)

Le sujet portait sur l'étude des dispositifs de propulsion des engins spatiaux : thermodynamique des tuyères de Laval et optimisation des ergols dans les propulseurs d'appoint. Le sujet faisait appel à des notions de thermodynamique et mécanique. Il comportait 41 questions. Un nombre non négligeable de candidat.e.s a pu aborder la dernière partie du problème mais rarement de façon satisfaisante.

La répartition des notes pour les candidats français est la suivante :

$0 \leq N < 4$	55	3,79%
$4 \leq N < 8$	238	16,41%
$8 \leq N < 12$	720	49,66%
$12 \leq N < 16$	363	25,03%
$16 \leq N \leq 20$	74	5,10%
Total :	1450	100%
Nombre de copies :	1450	
Note moyenne :	10,32	
Ecart-type :	3,36	

### Remarques Générales

- Il est demandé aux candidats d'apporter le plus grand soin à la présentation de leurs copies ; des résultats lisibles, soulignés ou encadrés sont appréciés, à l'inverse, une présentation peu soignée et difficile à déchiffrer n'incite pas à l'indulgence.
- Le manque de soin dans l'écriture énerve le correcteur et est une source d'erreurs : un grand nombre de facteurs 2 ont disparu au cours des calculs.
- Certaines copies sont mal présentées, griffonnées d'une écriture presque illisible, avec des lettres (et des chiffres) de taille quasi-microscopique que les correcteurs peinent à décoder.

Concernant les applications numériques :

- Trop de résultats d'application numérique ne mentionnent pas l'unité.
- Les correcteurs sont particulièrement attentifs à la justesse des calculs dans les questions où la réponse est donnée. Les applications numériques dans lesquelles les résultats sont laissés sous forme de fraction ne sont pas admissibles.

À propos des graphiques :

- Quand une allure de courbe est demandée, un tableau de variation de fonction ne répond pas à la question.
- Même si seule une allure de courbe est demandée, les axes doivent être correctement nommés.
- Les questions qualitatives impliquent une réponse rédigée. Une paraphrase de l'énoncé ne constitue pas une réponse valable lorsqu'il est demandé d'expliquer ou de justifier un résultat.

### À propos du problème dans son ensemble:

- Une confusion chez certain.e.s candidat.e.s à propos du caractère négligeable de la gravité pour l'étude de la tuyère a été observée.
- Quelques intégrations trop rapides, supposant que  $M$  est uniforme dans la tuyère, ont été effectuées, ce qui rendait le traitement du reste du problème (à l'exception de la partie 6) problématique
- Les rares tentatives pour redémontrer les lois de Laplace échouent le plus souvent.
- La notation différentielle n'est pas toujours maîtrisée, malgré les définitions données dans l'énoncé.

### Remarques spécifiques

- Q1: manifestement, certains candidats ont vu les systèmes ouverts en cours, mais tous ne maîtrisent pas la démonstration qui n'était pas demandée et omettent de préciser le référentiel et le système considérés. D'autres pensent que la poussée est une force de frottement visqueux. Le système a régulièrement été qualifié d'isolé. Dire que la fusée décolle en s'appuyant sur la Terre (vu de multiples fois) n'est pas admissible à ce niveau.
- Q2 : Les réponses sont parfois données de façon trop succincte, sans réelle démonstration.
- Q3 : De trop nombreuses copies « oublient » d'exprimer le résultat en fonction de l'aire et de la pression, comme pourtant demandé dans l'énoncé.
- Q4: Des ordres de grandeurs absurdes ont été vus :  $5.7E-25$  N
- Q5: La notation différentielle ne doit pas masquer la réalité mathématique derrière, en particulier, la nature de la variable gardée constante lors de la dérivation. Certain.e.s candidat.e.s connaissent la valeur par cœur ou la trouvent juste par homogénéité en mettant le facteur  $\gamma$  au hasard. Des manipulations grossières faisant apparaître  $\gamma$  dans la loi des GP:  $PV=n\gamma RT$  ! ou  $PV=nRT'$  ont malheureusement été tentées.
- Q6: Une grande variété d'ordres de grandeurs observée (0.6 m/s à  $1E6$ m/s)
- Q7: "M<1" ne constitue pas une réponse à la question "calculer le nombre de Mach"
- Q8: beaucoup de confusion entre le caractère unidimensionnel du problème et la constance du débit massique

- Q9: beaucoup de calculs faux arrivant au bon résultat.
- Q10: même si cela n'est pas explicitement demandé dans la question, il est utile de justifier sa réponse.
- Q11: beaucoup de candidat.e.s n'ont pas pris la peine de tracer des graphiques et ainsi perdu des points.
- Q12: un commentaire physique était attendu. Une longueur (courte) de la tuyère a été régulièrement évoquée. Plusieurs: "ce genre de tuyère permet de ralentir" ont été lus.
- Q14: un facteur  $\gamma$  surnuméraire s'est retrouvé dans beaucoup de copies.
- Q16: des approches compliquées (notamment avec des complexes) ont été menées pour ce calcul pourtant trivial.
- Q17: le facteur M pour C3 a souvent été oublié
- Q18: il n'était pas indispensable de dériver. Par ailleurs, lorsqu'elle a été calculée, la dérivée était souvent fautive
- Q20: dans quelques copies, le gaz fait demi-tour !
- Q23: souvent la puissance 2 du M02 au dénominateur disparaît à partir de cette question
- Q26: étonnement, quelques erreurs de signe pour une formule pourtant donnée ont été observées. Des lois de conservation sont inventées (conservation de la température ou conservation de l'entropie) !
- Q29: C'est P0 qui doit intervenir dans la formule finale ; la formule approchée a rarement été obtenue.
- Q32: des vitesses relativistes ont été données dans certaines copies !
- Q35: le caractère unidimensionnel a souvent été évoqué comme étant la principale approximation ; la combustion est aussi souvent mentionnée alors qu'elle est antérieure au phénomène d'écoulement qui est celui qui est étudié.
- Q37: dans beaucoup de copies, le facteur 2 dans le périmètre d'un cercle a été oublié.