

Sciences physiques

Physique

Dynamique des fluides

Partie I. Caractérisation d'un écoulement

IA Ordres de grandeurs

IA 1

- Parfois confusion : viscosité cinématique, viscosité dynamique
- L'ordre de grandeur de la viscosité cinématique est peu connu.
- Le jury a apprécié que le candidat établisse l'expression de la force volumique de viscosité comme l'impose le programme. Il s'est cependant contenté d'un contrôle dimensionnel accompagné d'une interprétation en terme de diffusion de quantité de mouvement.

IA 2

- Le nombre de Reynolds est bien connu.

IA 3

- Indiquer une unité ne consiste pas à proposer une combinaison plus ou moins complexe d'unités SI, mais à préciser l'unité usuelle du SI. Ex : la compressibilité est en Pa^{-1} .
- L'ordre de grandeur de la compressibilité d'un liquide est peu connu.
- La détermination de la compressibilité isentropique du gaz parfait est souvent décevante.
- Les candidats savent que les gaz sont plus compressibles que les liquides.
- La vitesse du son est souvent identifiée et le non-dimensionnement du nombre de Mach aussi. Mais ce nom est assez peu connu.
- L'intérêt du nombre de Mach comme critère d'incompressibilité de l'écoulement est quasiment inconnu bien qu'il figure explicitement dans l'énoncé (préambule de la partie III). Les candidats doivent apprendre à exploiter tout le document que constitue l'énoncé.

IA 4

- L'analyse dimensionnelle est souvent exacte même si parfois les nombres de Reynolds et de Mach ne sont pas reconnus.

IB Dynamique d'un écoulement

IB 1 a

- L'équation de Navier et Stokes (dans le cadre du programme) est généralement connue.
- Certains candidats ont remarqué que le champ des vitesses imposé par l'énoncé $V(y)u_x$ conduit à $DV/Dt=0$ ce qui simplifie grandement la suite.

IB 1 b

- Le temps réduit est généralement correct.

IB 1 c

- La pression réduite est en général identifiée comme telle.

IB 1 d

- Trop de candidats conservent des variables exclues par l'énoncé : ils savent donc que leur résultat est faux, mais le conservent quand même ! Ils ont en général oublié de prendre en compte le caractère dimensionnant des opérateurs différentiels.

IB 2

- La réponse est immédiate si la question précédente est correctement traitée.

IB 3

- Le terme gravitationnel n'est pas toujours introduit dans l'équation de Navier avec le bon signe.

- L'introduction de F conduit aux mêmes remarques que celles de M et IR .

IB 4 a

- La vitesse de la maquette est généralement trouvée mais son caractère réaliste n'est pas toujours reconnu.

IB 4 b

- La relation entre les viscosités est le plus souvent trouvée mais la difficulté d'adapter celle de la maquette peu reconnue.

IB 4 c

- La valeur de IR est assez souvent correcte mais la différence entre IR et IR surprend le candidat. Seuls quelques-uns concluent au même type d'écoulement malgré la différence de IR et IR : le régime est toujours turbulent.

IB 4 d

- Peu de candidats constatent que $M=M$ impose des vitesses de propagation des ondes sonores très différentes pour un milieu qui reste liquide.
- Si les candidats constatent souvent l'impossibilité de réaliser $M=M$, ils sont peu nombreux à remarquer que les 2 écoulements restent incompressibles dans le cas des navires.

IB 4 e

- Très peu de candidats sont capables de définir a priori une pression caractéristique de l'écoulement.
- Encore moins de la retrouver après réécriture de l'équation de Navier sous forme réduite.

IB 5 a

- Peu de candidats qualifient ces ondes d'ondes de gravité. Pourtant la lecture attentive des questions du *IB 5 b* montre que g est le paramètre caractéristique de ce phénomène : l'énoncé donne souvent la réponse à qui sait la lire !

IB 5 b

- L'analyse dimensionnelle est généralement correcte, mais les candidats oublient souvent qu'une telle analyse ne peut donner le résultat qu'à une constante multiplicative près.

IB 5 c

- Là encore, le rôle spécifique de g est trop peu souvent mis en évidence.
- Les grandeurs caractéristiques des ondes de sillage ne sont pas mises en évidence.

Au total, une partie assez bien traitée.

Partie II*II A 1*

- L'existence d'une composante tangentielle liée à la viscosité n'est pas systématiquement reconnue.

II A 2 et 3

- Les candidats ne comprennent pas qu'il s'agit de mettre en oeuvre dans la question *II A 2* le raisonnement du programme concernant les bilans en dynamique des fluides, sans doute à cause de l'introduction du concept de dynalpie, totalement nouveau pour eux.
- Par contre, ils reconnaissent la situation de la question *II A 3* : c'est le schéma familier des bilans en mécanique des fluides. Certains se débarrassent alors de la notion de dynalpie et appliquent leur raisonnement habituel : ce n'est pas la question posée. Les candidats doivent s'imposer de suivre la démarche d'un énoncé lorsque celle-ci est explicite : «A partir des propriétés de la dynalpie, nous chercherons à établir...».

II A 4 et 5

- Beaucoup de candidats ont compris que loin des contacts fluides-solide (c'est-à-dire en dehors de la couche limite), les écoulements peuvent en général être considérés comme parfaits.
- Une lecture attentive de l'énoncé (la description des notations étant évidemment très lourde pour le système considéré) a permis à la plupart des candidats d'obtenir la relation demandée en *II A 4*, d'autant plus que celle attendue en *II A 5* (fournie par l'énoncé) s'en déduit sans vraie difficulté.

II B 2

- Le vecteur surface d'une surface fermée est nul. Beaucoup de candidats le savent. Les autres croient qu'il est nécessaire que la surface fermée soit suffisamment symétrique pour que la résultante des forces pressantes soit nulle dans un champ de pression uniforme.

- La lecture de l'énoncé aurait dû conduire immédiatement à déduire du résultat précédent la relation demandée (fournie par l'énoncé).

II C 1

- Même remarque que précédemment sur la non difficulté d'obtention de la relation souhaitée.
- Certains candidats ont cru qu'il s'agissait de justifier le qualificatif de traînée, ce qui est bien délicat : il ne suffit pas de l'affirmer, les sens des 2 forces sont peu évidents. Il s'agissait de distinguer l'influence dans l'écoulement de la captation et de la carène.

II C 2

- Il s'agissait de déduire de la question précédente une relation simple familière aux candidats. Certains d'entre eux s'y refusent et reviennent à la démarche de leur cours pour obtenir cette relation. Une fois encore, il faut suivre l'énoncé.
- Les candidats ne remarquent pas que la conservation du débit massique est liée à toutes les approximations de l'énoncé et en particulier à celle consistant à négliger les résidus de combustion du carburant.

II C 3

- Quelques candidats montrent qu'ils ont compris l'ensemble de cette partie de l'épreuve.

Partie III**III A**

- Quasiment aucun candidat n'est capable de mettre en oeuvre le raisonnement du programme concernant les bilans en dynamique dans la présente situation. La difficulté première réside dans la définition du système fermé auquel le programme demande de se ramener : il faut compléter le cylindre de la figure 7 de l'énoncé par deux cylindres obliques dirigés suivant α_1 dans la région 1 et suivant α_2 dans la région 2. Cette identification constitue la base du raisonnement, son absence rend nul tout développement ultérieur même lorsqu'il conduit aux bons résultats.

III B

- Le jury n'a pas voulu sanctionner une deuxième fois dans cette question l'incohérence des réponses à la question précédente. Il a donc fait comme si le système fermé usuel (celui du cours α_1 et α_2 ont même direction !) était acceptable. Malgré cette indulgence, peu de réponses satisfaisantes.
- Le candidat «martyrise» le bilan thermodynamique jusqu'à ce qu'il obtienne la relation fournie par l'énoncé.
- Le jury a bien sûr accepté la référence au premier principe de la thermodynamique des fluides en écoulement lorsque le travail intervenant dans cet énoncé a clairement été identifié comme le travail utile, c'est-à-dire débarrassé du travail de transvasement. On obtient alors immédiatement la relation proposée.
- La détermination de la variation d'enthalpie est rarement obtenue, mais il s'agit de la fin du problème...

III C

- Cette question, n'est pas abordée par les candidats, sans doute faute de temps car certains possèdent les équations de départ même si le raisonnement mis en oeuvre pour les obtenir en III A n'a pas été accepté.

III D

- Le jury a exigé une affirmation très claire du calcul de $s_2 - s_1$ comme un calcul de variation de fonction d'état.

III E

- L'augmentation de l'entropie doit être évoquée comme conséquence d'une transformation à la fois adiabatique et irréversible.
- Cette augmentation de l'entropie entraîne certes l'augmentation de la pression mais il ne suffit pas de l'affirmer.
- La diminution de la vitesse s'en déduit plus facilement lorsque toutes les équations ont été identifiées

III F

- On en déduit alors de façon évidente le caractère supersonique de l'écoulement.

Cette partie est apparue trop difficile pour les candidats. Ils n'ont pas su prendre en compte la complexité géométrique de l'écoulement.