

### Parties III et IV -

La sous-partie III.A revenait à des questions générales ne nécessitant pas la notion d'espace hyperbolique et dans l'ensemble très faciles. Il s'agissait de généraliser les premiers résultats relatifs au groupe orthogonal, bien connus des étudiants dans le contexte euclidien. Malgré la longueur du sujet, des candidats en nombre conséquent ont traité une part substantielle de cette sous-partie. En revanche, III.B, qui ne posait pas de problème sérieux, a été peu abordé faute de temps. C'est encore plus vrai pour la partie IV, qui nécessitait de comprendre l'ensemble du sujet.

### Conseils aux candidats

#### Sur le fond

Seul un travail réfléchi, allant au fond des choses et ne faisant aucune impasse sur le programme des deux années peut amener à un niveau véritablement satisfaisant. Il est ainsi recommandé de privilégier la compréhension en profondeur du cours à un bachotage à court terme sur des exercices corrigés.

#### Sur la forme

Cette année encore, des candidats en nombre significatif rendent des copies peu lisibles, mal présentées et/ou mal rédigées, parfois affligées d'une orthographe déplorable. Ces défauts ont tous été sévèrement sanctionnés. Rappelons qu'il est demandé de rédiger précisément et avec concision, de mettre en évidence les résultats obtenus et de ne pas trop maltraiter la langue. Ces exigences fondamentales sont particulièrement sensibles dans un concours.

## Sciences physiques

### Physique

#### Présentation du sujet

Ce problème est consacré au projet MOSE de fermeture de la lagune de Venise par des barrages flottants. La mise en place d'une digue amovible est réalisée par injection d'air dans des caissons mobiles autour d'un axe fixe. Cette étude requiert des connaissances en statique des fluides, en mécanique du solide, en thermodynamique et plus accessoirement en mécanique du point matériel et en physique des ondes.

La première partie aborde l'étude des mouvements des caissons mobiles en fonction de la proportion eau/air.

La seconde partie porte sur le dimensionnement des compresseurs via une étude thermodynamique de l'injection d'air comprimé dans un élément de la digue.

La dernière partie, indépendante des deux autres, est consacrée au phénomène des marées à l'origine de la submersion partielle de Venise lors des marées exceptionnelles.

#### Analyse globale des résultats

Pour mener à bien cette étude originale, il était nécessaire de savoir adapter ses connaissances, en mobilisant des qualités de réflexion et d'analyse essentielles au métier d'ingénieur. En effet, ce sujet est resté très proche de la réalité technique de ce projet encore en cours de finalisation. De ce fait, une lecture très attentive de sa description s'imposait pour en cerner la complexité, mais aussi les hypothèses simplificatrices proposées pour l'étude. Cette densité très significative dans les deux premières parties a fortement rebuté un bon nombre de candidats moyens, qui se sont reportés sur la fin du problème où les questions étaient plus qualitatives.

Il n'est donc pas surprenant que les résultats d'ensemble aient été à la fois globalement médiocres et fortement étalés. La moyenne des 25 % meilleures copies est nettement supérieure au double de la moyenne des autres candidats.

En moyenne, 50 % des points des candidats ont été obtenus dans la partie I, qui représentait 45 % des points du barème.

21 % ont été obtenus dans la partie II (36 % des points du barème).

29 % ont été obtenus dans la partie III (19 % des points du barème).

L'effort de présentation, déjà signalé les années antérieures, est manifeste dans un très grand nombre de copies. Néanmoins le jury déplore que l'orthographe reste souvent fantaisiste. La qualité de l'expression fait aussi partie de ce que l'on est en droit d'attendre d'un futur ingénieur. Dans ce contexte, il n'est pas inutile de rappeler que le jury sanctionne les copies rédigées en style télégraphique. Un minimum d'explications s'impose !

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

### Partie I - Étude du projet

#### I.A - Équilibre en dehors des marées

Pour étudier les positions d'équilibre d'un caisson en rotation autour d'un axe, il était nécessaire de déterminer au préalable les moments du poids et des forces de pression. L'évaluation des actions mécaniques des forces de pression est ici délicate, car le caisson peut être totalement ou partiellement immergé. La méthode proposée par l'énoncé a très rarement été mise en œuvre de manière rigoureuse. Les candidats sont souvent partis d'emblée sur de mauvaises bases en considérant à la fois la poussée d'Archimède et les résultantes des forces de pression. Au delà de cette erreur manifeste, il ne suffisait pas de remplacer la résultante des forces de pression par les poussées d'Archimède associées aux deux fluides. La question est plus subtile car on ne connaît pas les forces s'exerçant à l'interface des deux fluides. De rares copies ont abordé de manière rigoureuse les bilans mécaniques demandés qui permettaient de contourner la difficulté.

Le calcul du moment des forces de pression était direct si on considérait le centre de poussée suggéré à la question I.A.3 et le bras de levier correspondant. Les erreurs ont été particulièrement nombreuses dans le cas du caisson partiellement émergé, suite à une erreur élémentaire de trigonométrie.

Dans un assez grand nombre de copies, la condition d'équilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe n'est pas associée à une relation portant sur la somme des moments, mais par la nullité de la somme des forces.

La discussion de la stabilité pouvait se faire par une étude directe de la somme des moments des diverses actions mécaniques au voisinage de chaque position d'équilibre. Il était inutile d'introduire une fonction énergie potentielle pour aborder cette étude.

#### I.B - Étude du régime transitoire

L'équation différentielle qu'il s'agissait d'établir découlait directement du théorème du moment cinétique. Pour le calcul explicite du moment cinétique du caisson par rapport à son axe de rotation, aucun calcul d'intégrale n'était nécessaire. Il suffisait d'adapter la relation donnée pour le moment d'inertie d'une plaque au cas d'un caisson associant la structure métallique à l'eau qui le remplit partiellement. Une vérification d'homogénéité aurait aisément permis aux étudiants de détecter leurs erreurs. Ce réflexe n'est visiblement pas naturel chez la majorité des candidats.

La détermination du temps caractéristique de remontée du caisson n'a été que rarement abordée. La démarche proposée qui consistait à éviter un calcul complexe en se contentant de rechercher un ordre de grandeur a dérouté nombre d'étudiants.

#### I.C - Équilibre en présence des marées

L'énoncé demandait de déterminer les positions d'équilibre à partir d'une exploitation de courbes simulant le comportement du caisson en cas de marée haute. Bien que les questions aient été qualitatives et très guidées, les réponses correctes n'ont été données que par une minorité de candidats.

### Partie II - Étude de la compression et de l'injection de l'air dans le caisson

La densité de l'énoncé dans cette partie demandait une lecture extrêmement attentive pour débiter avec les bonnes hypothèses de travail. Une très forte proportion de candidats n'a fait qu'effleurer cette partie du problème.

#### II.A - Compression de l'air dans le caisson

La prise en compte de  $N$  compresseurs demandait une définition précise du système thermodynamique. Ceci a rarement été le cas, ce qui a généré de nombreuses erreurs en cascade. De manière assez surprenante, le calcul du travail des forces de pression dans une compression quasi statique isotherme a posé des difficultés insurmontables à bon nombre de candidats.

Le calcul du travail de transvasement dans le caisson a bloqué l'immense majorité des candidats. En revanche, la relation de récurrence liant les pressions au cours des va-et-vient des pistons a eu plus de succès, sans forcément déboucher sur une interprétation physiquement satisfaisante.

Les dernières questions de cette partie ont permis aux meilleurs candidats de développer leurs qualités de réflexion.

#### II.B - Évacuation de l'eau du caisson

Cette partie n'a été abordée avec succès que par les très bons candidats.

### Partie III - Le phénomène des marées

Cette dernière partie de moindre difficulté a été largement traitée dans les copies.

#### III.A - Le potentiel gravitationnel

Le jury a pu déplorer des erreurs dans l'application du théorème de Gauss au cas gravitationnel, déjà largement commenté dans les rapports des années précédentes. Le fort pourcentage de mauvaises réponses, récurrent année après année, souligne à l'évidence tout l'intérêt de la lecture des rapports d'épreuve dans le cadre d'une préparation efficace.

**III.B - Marées océaniques**

Le phénomène des marées était introduit sur la base d'arguments de mécanique du point conformes au programme. Pourtant, les définitions des référentiels de Copernic et géocentrique sont très souvent incomplètes voire totalement erronées. On peut noter une confusion quasi systématique entre le référentiel de Copernic et le référentiel héliocentrique.

L'expression de l'accélération d'entraînement dans le référentiel géocentrique ne posait pas de difficulté particulière. Elle n'est pourtant présente que dans de trop rares copies. Le référentiel d'étude n'est pratiquement jamais explicité. En conséquence, la relation fondamentale de la dynamique était très rarement écrite de manière rigoureuse afin de dégager le terme différentiel pertinent suggéré par l'énoncé.

Aucun calcul du terme de marée n'était demandé par l'énoncé. Il suffisait de placer correctement les vecteurs correspondants sur une figure. La forme du bourrelet océanique en découlait directement. Les questions suivantes, purement qualitatives, sont celles qui ont le plus de succès.

**III.C - Onde de marée**

Aucune difficulté particulière n'est à signaler dans ces quelques questions abordées dans une large majorité de copies.

**Conseils aux candidats**

Dans ce sujet dense et touffu, les conseils habituels prennent tout leur sens :

- une lecture complète et attentive de l'énoncé est nécessaire pour rechercher à la fois les hypothèses de travail et les valeurs numériques pertinentes ;
- le résultat final doit passer au crible d'un contrôle d'homogénéité dimensionnelle ;
- une définition du système thermodynamique et du référentiel d'étude en mécanique sont absolument nécessaires ;
- la falsification manifeste d'un résultat demandé par l'énoncé peut jeter le discrédit sur l'ensemble de la copie.

## Physique-Chimie

**Présentation du sujet**

Le sujet s'articule en quatre parties indépendantes comportant elles mêmes des sous parties indépendantes.

Partie I : le mouvement rectiligne de la sonde Pioneer.

Partie II : méthode de mesure de son accélération par effet Doppler introduit par l'énoncé et analyse du signal.

Partie III : recherche de l'anomalie de l'accélération de la sonde mesurée balayant la propagation dans un plasma, sa déflexion magnétique liée à sa charge électrique calculée, ainsi que le rayonnement qu'elle émet.

Partie IV : études des particularités de l'eau des ses origines structures aux conséquences macroscopiques telles que sa masse volumique, ses températures de changement d'état ainsi que quelques propriétés de solvant.

**Analyse globale des résultats**

L'ensemble des parties a été abordé de manière inhomogène avec une réussite moyenne d'environ 28% en physique et 20% en chimie. La faiblesse de la réussite en chimie s'explique par le manque de précision dans les réponses et de lourdes fautes concernant la géométrie, pourtant simple. La rédaction souhaitée par le jury n'est pas nécessairement très détaillée mais doit être précise et les résultats toujours justifiés sur la bases des mots clefs et théorèmes au programme. Comme les années passées les commentaires précis ne sont validés que si les applications numériques sont correctes et basées sur des démonstrations exactes des relations. Ainsi les candidats qui traitent complètement de manière pertinente une partie sont grandement récompensés, s'ils font preuve de qualités techniques initiales jusqu'à la rigueur dans les interprétations. Compte tenu de la grande diversité des thèmes abordés, une très bonne note signe une bonne compréhension et maîtrise de l'ensemble des points abordés et une bonne maîtrise des techniques mathématiques utiles à la résolution complète de chaque sous partie.

**Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats****Physique****Partie I - Mouvement de la sonde**

Bien réussie, l'expression de l'énergie potentielle devait être déduite et non simplement posée. Les applications numériques ici délicates ont été valorisées.