

SCIENCES INDUSTRIELLES II
(ETUDE D'UNE POMPE DE RELEVAGE SUBMERSIBLE)

Durée : 6 heures

PRESENTATION DU SUJET *Le lecteur se reportera au sujet disponible sur le même site.*

L'étude support de l'épreuve portait sur un groupe motopompe centrifuge à moteur électrique destiné à être immergé pour le relevage de l'eau claire ou chargée ayant envahi une cave, un sous-sol ou une cavité sur chantier : eau pluviale de ruissellement, eau d'infiltration ou eau de débordement fluvial, domestique ou industriel.

La mise en situation industrielle était proposée au candidat au travers d'un cahier des charges fonctionnel simplifié comportant :

- la présentation du produit à étudier et de son marché prévisionnel ;
- l'énoncé fonctionnel du besoin à satisfaire ;
- l'analyse du procédé de relevage ;
- l'analyse fonctionnelle du besoin, limitée à la seule situation de vie du fonctionnement opérationnel, comportant le graphe des interacteurs, les énoncés fonctionnels et la caractérisation de ces fonctions, critères et niveaux.

Par ailleurs, l'ensemble mécanique objet de l'étude était défini dans un dossier technique contenant :

- les informations nécessaires relatives au principe de la pompe, dont la connaissance n'était évidemment pas attendue du candidat, et à la description de ses pièces principales, rouet et volute, dont divers clichés pris sur un matériel existant similaire étaient fournis et dont les formes principales étaient directement mises en place sur le calque n° 1 ;
- la définition de l'architecture générale du groupe motopompe à l'aide d'un schéma d'architecture, commenté et accompagné d'une nomenclature des pièces principales ;
- la définition du principe du mécanisme de commande de cette pompe à mise en marche et arrêts automatiques pilotés par les variations du niveau de l'eau à relever, sous la forme de plusieurs schémas cinématiques minimaux, perspectifs et projectifs, commentés, accompagnés d'une nomenclature et déclinés pour différentes configurations en fonctionnement ;
- l'énoncé des spécifications relatives aux principales liaisons intervenant tant dans l'architecture d'ensemble que plus spécifiquement dans le mécanisme de commande avec, pour chacune d'entre elles, sa modélisation, les fonctions techniques qu'elle devait assurer et d'éventuelles indications pour sa réalisation.

Enfin, une documentation relative à des composants nécessaires, coussinets lisses de guidage en rotation et dispositif d'étanchéité, était fournie sous forme d'extraits de catalogues offrant une certaine étendue de choix dimensionnel. Il est à noter qu'était également fournie une définition interne partielle du moteur électrique à utiliser, sous forme d'un document minimal à calquer par le candidat ; il avait été retenu de laisser au candidat une latitude maximale dans sa conception, ce que n'aurait pas permis une impression de ces éléments directement sur le calque n° 1.

De par la spécificité même de l'épreuve, le travail demandé correspondait aux deux types habituels d'activités :

- la rédaction d'une notice justificative sur trois feuilles doubles pré imprimées fournies, avec espace de réponse défini et limité pour chaque question et, pour certaines questions, des fonds de figures directement imprimés ;
- le tracé de deux dessins de sous-ensembles, sur deux calques pré-imprimés fournis, sur lesquels le candidat trouvait la définition de la mise en page des vues attendues, ainsi que la définition graphique de tout ou partie de pièces spécifiques ou de composants sur lesquels il n'avait pas à intervenir directement.

Les questions de la notice justificative couvraient un large champ du programme :

- en mécanique, dans ses parties statique des solides, dynamique en rotation uniforme et mécanique des structures – analyse des sollicitations et description des états contraints élémentaires ;
- en construction mécanique, dans ses parties relatives : à la compréhension du fonctionnement d'un agencement mécanique fourni sous forme de schémas, aux matériaux, aux guidages en rotation par roulements – tant du point de vue des dispositions constructives que de celui de la durée – et à la fonction étanchéité, aussi bien statique que dynamique – ce qui était logique dans le contexte de cette étude ;
- en fabrication mécanique, à travers l'obtention de la préforme d'une pièce, définie par son dessin de définition, par le procédé de moulage en moule non permanent à modèle permanent.

Les tracés attendus sur les calques étaient relatifs à la conception de pièces à formes simples à partir des schémas fournis ou par aménagement des formes prédéfinies, de liaisons complètes et de guidages en rotation par roulements ou par coussinets lisses, de dispositifs d'étanchéité statique et dynamique, tous points au programme.

Il convient encore de préciser que pour cette épreuve, toutes les calculatrices étaient interdites, quel qu'en soit le type, ainsi que les agendas électroniques et les téléphones portables.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'ÉPREUVE

Le sujet de cette année était sans aucun doute le moins exigeant des trois dernières sessions en matière de connaissances et de complexité des concepts mis en oeuvre.

Les candidats ont des difficultés à conduire un raisonnement technologique :

- pour donner leur sens correct aux mots, leur attacher un concept ; ne pas confondre « objectifs », « principes de solutions » et « solutions », ou « cahier des charges » et « description d'une solution », ou encore « actions », « sollicitations » et « contraintes » ;
- ne pas confondre le réel et son modèle et raisonnent à contresens : « le roulement modélise une rotule » (phrase lue plusieurs centaines de fois) ;
- bien lire le texte : « la masse tournante globale est de 4 kg dont 3 kg pour le seul rotor » devient pour la majorité « la masse tournante totale est de 7 kg » ;

De manière plus détaillée :

En mécanique, la statique la plus élémentaire (**questions 1 et 2**) tient en échec 10 à 20% des candidats. Parmi les autres, les manques de rigueur sont très répandus dans la conduite de l'isolement d'un corps ou d'un système et dans l'expression d'un bilan d'actions. La **question 3**, qui n'appelait qu'un raisonnement qualitatif, a été mieux traitée.

Les réponses à la **question 4**, qui supposait la compréhension du fonctionnement du système et l'expression d'un raisonnement, sont restées insuffisantes. Sur l'ensemble des questions 3 et 4, les correcteurs ont relevé que plus de 20% des candidats ne parviennent pas à suivre le fil du raisonnement déroulé par l'enchaînement des questions, et que plus de 20% des candidats perdent toute capacité à tenir un raisonnement scientifique lorsque la question appelle une réponse rédactionnelle et non sous forme d'équations. Pour ce qui est de l'identification d'une analogie, 50 % des candidats ne s'y sont pas risqués, entre 35 et 40 % donnent des réponses loufoques (telles que « poussée d'Archimède », « marées », « chasse d'eau » ou « vases communicants »), et entre 10 et 15 % seulement parlent d'hystérésis ou évoquent une application directe de l'hystérésis.

Dans la **question 5-a**, L'évaluation correcte de la poussée d'Archimède n'a été fournie que par moins d'un quart des candidats.

Dans la **question 5-b**, à près de 50 % les candidats additionnent les intensités d'efforts de sens opposés s'exerçant sur le flotteur : poussée d'Archimède et poids.

Pour la **question 6**, la connaissance des contraintes associées aux sollicitations est souvent vague.

En construction mécanique, la question sur l'identification d'un matériau dont la désignation normalisée était fournie (**question 7**) a révélé des lacunes, même si une petite évolution favorable a pu être décelée.

A la **question 8**, 98% des candidats ont appliqué le « principe fondamental de la statique » à un solide en mouvement que le sujet annonçait comme étant doté d'un balourd.

Toujours pour la question 8, l'axe du rotor de pompe guidé par deux roulements était vertical. Pour plus de la moitié des candidats, le schéma mécanique correspondant a été tracé avec un axe horizontal mais, pour leur très grande majorité d'entre eux, la pesanteur est restée verticale.

La **question 9** : moins de 5% des candidats connaissent et appliquent correctement la règle d'affectation des tolérances des portées d'un roulement, résultat en nette diminution par rapport à la session 2002.

Les schémas tracés en réponse à la **question 10** ont été très rarement corrects. Malgré leur nombre, les immobilisations proposées n'assurent pas toujours l'immobilisation axiale de l'arbre.

A la **question 11**, rares sont ceux qui parlent des fonctions des bagues.

Questions 12 et 13 : Confusion entre étanchéité statique et dynamique.

En fabrication, il a été enregistré une nette diminution du nombre de copies vierges.

La justification du choix du procédé de moulage (**question 14**) a été la question la mieux traitée.

A la **question 15**, quelques candidats ont réussi à proposer une nuance d'alliage léger d'aluminium moulable, mais quelques dizaines seulement en ont fourni une désignation normalisée symbolique correcte.

Point 2- Forme du couvercle (2).

Les critères de notation étaient le calage angulaire pour permettre la coïncidence des orifices et le passage de l'eau.

Point 3- Forme du flasque (7).

Les critères de notation étaient le passage de l'eau et une forme correcte.

Point 4- Forme du corps (9).

Les critères de notation étaient la sortie de l'eau et une forme correcte.

Point 5- Forme du flasque (8).

Les critères de notation étaient une forme correcte avec les centrages adaptés.

Point 6- Liaisons.

Les critères de notation étaient les différents centrages mais nous avons veillé à ce qu'ils ne soient pas en surabondance.

Point 7- Liaison pivot du rotor du moteur.

Les critères de notation étaient un montage correct des roulements avec un nombre d'arrêts permettant le maintien axial du roulement ; une certaine tolérance a été admise pour des montages du type « en opposition » même si cela ne répondait pas aux consignes du sujet. La facilité du montage, avec les bagues extérieures serrées, a été appréciée.

Point 8- Etanchéité au niveau de l'arbre du moteur.

Les critères de notation étaient la bonne mise en place du système imposé en annexe.

Point 9- Liaison encastrement rouet – arbre moteur.

Les critères de notation étaient l'arrêt en rotation et en translation sur une forme de révolution.

Point 10- Forme du levier (28).

Les critères de notation étaient une forme de tige simple et la liaison de la tige et du moyeu.

Point 11- Liaison pivot du levier (28).

Les critères de notation étaient une liaison pivot avec ses arrêts axiaux.

Point 12- Came (26).

Les critères de notation étaient

- réalisation du pivot : une liaison pivot avec ses arrêts axiaux ;
- butées came/levier : la mise en place des butées entre le levier et la came ;
- butées fixes : la mise en place des butées fixes du levier et de la came.

Point 13- Forme du carter (10).

Les critères de notation étaient une forme correcte du carter sur les deux calques.

Point 14- Liaison du corps du contacteur sur le carter.

Les critères de notation étaient une liaison respectant les formes données pour le contacteur, sans le traverser par des perçages, en utilisant le filetage défini sur le calque pré imprimé.

Point 15- Conditions fonctionnelles.

Les critères de notation étaient les ajustements du montage de roulement sur le calque 1 et l'ensemble des conditions fonctionnelles utiles sur les deux calques.

Les résultats sont convenables pour **les points 1 à 5**, mais moins bons pour **les points 6 à 9**, et pour **les points 10 à 15**.

Les constatations ci-dessus résultent probablement de la mauvaise gestion du temps des candidats, du sentiment qu'il suffit de reproduire des solutions déjà vues sans réfléchir et du manque de raisonnement devant un mécanisme nouveau.

Attention à la qualité de vos calques.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Les conseils qui suivent n'ont rien de très original et ne doivent guère différer de ce que les enseignants des classes préparatoires (et des classes antérieures très probablement) ont dû vous dire et répéter tout au long des années.

Si les consignes les interdisent, ne laisser aucun appareil électronique (calculatrice, agenda ou autre) sur votre table : ce serait automatiquement interprété comme une tentative de fraude, avec les conséquences légales correspondantes.

Lire attentivement (et relire si nécessaire) le sujet, les consignes de travail, les questions, dont il convient de bien peser le sens des mots.

Repérer et mémoriser ou mettre en relief (par exemple par surlignage) les données identifiées comme utiles par rapport aux questions posées.

Répondre à la question posée et non à une autre ou à une interprétation personnelle incertaine. Evitez de plaquer sans réfléchir une solution d'un autre problème étudié en cours d'année : elle sera très probablement inadaptée et évidemment jugée nulle.

De manière plus générale, si vous ne savez pas répondre à la question posée, ne répondez pas à côté en imaginant que le jury appréciera vos autres connaissances éventuelles.

Analyser et comprendre la logique de l'enchaînement des questions, à moins que le sujet n'annonce clairement une indépendance des questions.

Ne rédiger la réponse à une question que quand la pensée est suffisamment claire, la réponse mûrie, construite et cohérente. Le jury cherche à vérifier votre aptitude au raisonnement scientifique et technique.

S'il vous est demandé de commenter une solution proposée, il vous faut dire ce que vous pensez de la valeur de cette solution par rapport à un ou des critères qu'il vous appartient de poser clairement.

S'il vous est demandé de justifier la mise en place d'une solution, d'une disposition technique, il vous faut argumenter sur son existence, son placement, toujours en vous référant à des critères que vous énoncerez au préalable.

Si c'est la nature de la solution qu'il est demandé de justifier, il vous faudra argumenter, toujours en référence à des critères à définir, sur le choix proposé comparativement à d'autres principes de solutions ou solutions qui auraient pu assurer le même service.

Dans ces trois cas, c'est une discussion qui est attendue par le jury, avec production de jugements, d'arguments étayés, se référant à des critères d'appréciation.

Ecrire lisiblement, en évitant les ratures.

En cas d'utilisation (fortement déconseillée) d'effaceurs ou de correcteurs liquides, ne pas oublier d'écrire le texte définitif sur l'emplacement libéré.

Relisez la question et votre réponse pour vérifier sa complétude, sa clarté, sa cohérence, sa syntaxe et son orthographe. Ne jamais perdre de vue qu'une réponse griffonnée, difficile à lire, rédigée en un français approximatif et dysorthographié, sera fortement dévaluée, quelle qu'en soit la valeur sur le fond. Le métier de l'ingénieur est pour une part non négligeable un métier de communication et il est attendu que vous fassiez la preuve, lors du concours, d'aptitudes dans ce domaine.

Vérifier l'homogénéité des formules utilisées, des expressions établies ; les expressions non homogènes attestent crûment d'un manque de rigueur scientifique très défavorablement jugé.

Soignez la qualité graphique (clarté, lisibilité, fidélité au réel) des schémas et des croquis demandés. Quand un espace vous est alloué, utilisez-le complètement au lieu de tasser quelques timides graffitis dans un coin.

L'effort assidu de leur mise en œuvre tout au long de l'année permet d'acquérir des automatismes libérateurs grâce auxquels, le jour de l'épreuve, l'effort peut être concentré sur le fond.

La technologie n'est pas affaire de mémoire, mais de réflexion, de compréhension, de logique, rien qui vous soit inaccessible.

Un dernier conseil suggéré par l'Analyse des résultats des pages précédentes : **compte tenu des forts coefficients des épreuves écrites et orales, travailler intelligemment les Sciences industrielles est un excellent moyen de faire la différence et d'intégrer une grande école. Pensez-y !**