



## **1/ CONSIGNES GÉNÉRALES :**

L'étude portait sur l'analyse d'une bouée houlomotrice de type « Powerbuoy » permettant de transformer l'énergie des vagues en énergie électrique.

Dans la première partie, on demandait aux candidats de valider l'équilibre de la bouée en configuration remorquage (configuration horizontale) et ensuite la capacité des ballasts pour maintenir le lest partiellement émergé en configuration production d'énergie (configuration verticale).

La deuxième partie consistait, au travers d'une modélisation multiphysique, à étudier la conversion de l'énergie houlomotrice en énergie hydraulique puis électrique. Après une analyse des caractéristiques de la houle à capter, les candidats devaient modéliser le flotteur du point de vue hydrodynamique, puis le système de conversion d'énergie afin de mettre en évidence la nécessité d'asservir en vitesse le moteur hydraulique à cylindrée variable et la génératrice asynchrone. Cet asservissement faisait ensuite l'objet d'une correction, ce qui permettait de valider la cylindrée du moteur hydraulique. Enfin, les paramètres de production d'énergie ont fait l'objet d'une optimisation.

Au cours de la troisième partie de synthèse, une simulation multiphysique en conditions réelles de houle permettait de valider la stratégie de commande comprenant à la fois l'asservissement en vitesse du moteur hydraulique et le réglage optimal permis par la génératrice asynchrone. Pour ce faire, on demandait aux candidats d'analyser différentes puissances ainsi que l'effort de charge au niveau du moteur hydraulique et enfin valider le respect des exigences du système simulé.

## **2/ REMARQUES SPÉCIFIQUES :**

Au vu des questions traitées par les candidats, la longueur du sujet, composé de 34 questions réparties en différentes parties largement indépendantes, est en adéquation avec la durée de composition (4h). Les copies étaient globalement correctement rédigées et les résultats entourés, comme cela était demandé. Le sujet qui couvrait une grande partie du programme de SII a permis de classer les candidats correctement.

Les copies les plus faibles ont fait apparaître même sur les questions élémentaires des réponses surprenantes pour des candidats ayant suivi pendant deux ans une formation en sciences industrielles pour l'ingénieur. A l'opposé, les très bonnes copies ont néanmoins été régulièrement pénalisées au niveau des dernières questions, qui nécessitaient un peu de recul et d'esprit de synthèse.

Dans l'ensemble, les correcteurs ont relevé un manque récurrent de rigueur quant aux justifications des réponses et aux théorèmes utilisés et de précision dans les réponses proposées (validation d'une exigence sans préciser les valeurs attendues, calculées ou simulées...).

De plus, les consignes ou indications de l'énoncé n'ont pas toujours été suivies alors que celles-ci doivent aider et guider les candidats. Il est donc conseillé de mieux lire énoncés et questions. Des progrès sont également à réaliser au niveau des applications numériques et des unités.

## 2/ DANS LE DÉTAIL :

Q1 : Des erreurs rencontrées dans l'expression de la poussée d'Archimède, la bouée n'étant qu'à moitié immergée. Le déplacement des torseurs au point demandé n'est pas toujours maîtrisé.

Q2 : La vérification uniquement du théorème de la résultante n'est pas suffisante. Seule une analyse numérique critique des résultantes et des moments permettait de valider de façon rigoureuse l'équilibre.

Q3 : Le lest supérieur étant partiellement émergé, il ne fallait pas prendre en compte tout le volume de ce dernier mais uniquement la partie immergée.

Q4 : Le bilan des actions mécaniques extérieures s'appliquant sur le lest, pour les candidats qui en ont proposé un, est souvent incorrect vis-à-vis des masses et volumes à considérer pour les poids et poussées d'Archimède, voire incomplet (oubli de la liaison glissière, pourtant citée dans l'énoncé).

Q5 : Rien à signaler

Q6 : Beaucoup de candidats omettent de préciser le système isolé ou confondent principe fondamental de la dynamique et théorème de la résultante dynamique.

Q7 : La fonction de transfert devait être exprimée en fonction des coefficients  $a_i$  et non pas en fonction des données du tableau 2. Les candidats s'étant trompés à la question Q6 et n'ayant pas suivi cette consigne n'ont donc pas abouti à une réponse correcte alors que la question ne présentait pas de difficulté.

Q8 : Certains candidats ont rencontré des problèmes de conversion d'unités pour les applications numériques ( $m+A$  donné en tonnes dans la tableau 2). Les applications numériques ont souvent fait l'objet d'oubli d'unité, notamment pour le gain statique  $K$ , ici en  $m/N$ .

Q9 : La graduation logarithmique des pulsations n'est pas toujours bien maîtrisée.

Q10 : Une grande majorité des candidats se contentent de tracer un trait horizontal à  $-6dB$  pour définir la bande passante.

Q11 : Rien à signaler

Q12 : Il a été noté un manque de rigueur dans l'énoncé du théorème de l'énergie cinétique. Très peu de candidats ont fait le choix d'isoler les rotors (génératrice + moteur) ou même l'ensemble génératrice + moteur. Du coup l'identification des puissances intérieures et extérieures, lorsqu'elle est faite, est souvent fautive.

Q13 : Les réponses dénotent souvent un manque de recul : pas mal de candidats ont résolu l'équation différentielle avant d'étudier le régime établi alors que ce dernier pouvait être étudié directement. Quelques erreurs sur les applications numériques, à nouveau. Des vitesses différentes de la vitesse nominale exigée entraînent souvent, malgré cela, la validation de l'exigence.

Q14 : Une fermeture géométrique ou une analyse géométrique directe étaient possibles.

Q15 : La conclusion est parfois oubliée même si le coefficient est correctement calculé.

Q16 : Plusieurs solutions étaient possibles. Les signes du comparateur sont parfois oubliés.

Q17 : Quelques candidats ouvrent également la boucle interne et non pas uniquement la boucle d'asservissement. La plupart des candidats aboutissent à une expression correcte de la FTBO, même certains qui ont proposé un schéma-bloc erroné à la question Q16. La forme canonique la plus souvent proposée est celle développée alors que la forme factorisée est obtenue directement et que celle-ci est en général plus intéressante à exploiter.

Q18 : De nombreuses confusions entre FTBO et FTBF pour l'étude de l'écart statique.

Q19 : Un certain nombre de candidats ont été bloqués pour l'étude de la marge de gain alors qu'il s'agissait d'un second-ordre dont le déphasage n'atteint pas  $-180^\circ$ , donc présentant une marge de gain infinie.

Q20 : Rien à signaler

Q21 : La graduation logarithmique des pulsations et la notion de décade ne sont pas toujours bien maîtrisées.

Q22 : Le sens de la translation de la courbe de gain (vers le bas ici) a été la source de la plupart des erreurs à cette question.

Q23 : Très peu de candidats ont noté que  $x_m$  devait normalement être compris entre 0.1 et 1 et que par conséquent il fallait ajouter une saturation dans la modélisation.

Q24 : De même, peu de candidats ont pensé à valider que  $x_m$  était bien compris entre 0.1 et 1 en régime établi.

Q25 : Au lieu de simplement appliquer le théorème de la dérivée pour obtenir la vitesse à partir de la position, quelques candidats ont cherché à appliquer une formule de dérivation (temporelle ?) du produit (dans le domaine de Laplace) entre fonction de transfert du flotteur et force d'excitation.

Q26 : Il fallait considérer, comme cela était indiqué dans l'énoncé, que la puissance captée était fonction du coefficient C dont on cherche la valeur optimale.

Q27 : Il s'agissait de la question la plus calculatoire du sujet, même si celle-ci ne présente pas de difficultés particulières. Sans doute pour cette raison, peu de candidats l'ont traitée et ont abouti au résultat recherché.

Q28 : La conclusion proposée est parfois en contradiction avec la valeur de l'effort calculée.

Q29 : Même remarque.

Q30 : Beaucoup de candidats ont simplement considéré les sollicitations extérieures comme sources de non-linéarité alors qu'il convenait, en restant dans le cadre de la théorie des vagues linéaires, de citer des composants du système présentant un comportement non linéaire. Les sources de pertes énergétiques proposées manquent de précision voire de pertinence quant aux systèmes concernés (pertes électriques dans le moteur hydraulique par exemple).

Q31 : La stratégie la plus adaptée est la plupart du temps correctement identifiée mais souvent justifiée uniquement par les rendements alors que c'est la puissance transmise en sortie qui importe. Très peu de candidats ont justifié correctement le fait que la puissance transmise pouvait dans certains cas être nulle.

Q32 : Les allures sont la plupart du temps bien comparées mais très peu de candidats ont fait le lien entre le comportement lissé de la puissance générée et le système d'accumulateurs de pressions en plus de la régulation en vitesse et en effort. De nombreux candidats ont cité des composants électroniques qui ne sont pas utilisés dans ce système !

Q33 : Rien à signaler

Q34 : Tous les candidats ne précisent pas valeurs attendues et simulées pour valider les exigences voire ne précisent même pas l'exigence validée !