



TSI

**CONCOURS COMMUN INP
RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE
SCIENCES INDUSTRIELLES
Session 2025**

1/PRÉSENTATION DU SUJET

IMPRIMANTE NAZCA DE HUMMINK

Le support retenu pour ce sujet est une imprimante 3D de dépôt nanométrique.

Les différentes parties abordées sont les suivantes :

- Partie I - Mise en vibration du diapason avec une amplitude et une fréquence d'oscillation contrôlées.
- Partie II - Vérification des dimensionnements en vitesse et en effort des moteurs de mise en translation.
- Partie III - Modélisation de l'asservissement en vitesse de la micropipette.

Le sujet, bien que relativement long, ne présentait pas de difficultés particulières pour un candidat ayant suivi les enseignements de sciences industrielles de l'ingénieur en classe préparatoire TSI.

2/REMARQUES GÉNÉRALES

Erreurs les plus fréquentes

- Le torseur des efforts intérieur à plusieurs tronçons n'est pas connu.
- Lorsqu'un résultat est donné, il convient d'en préciser les unités (lorsqu'il en comporte).
- L'informatique n'est généralement pas ou peu traitée.
- La distinction entre la raison d'un train épicycloïdal et son rapport de réduction doit être clairement faite.
- Le schéma-bloc d'un moteur (MCC) n'est pas un asservissement, il est nécessaire d'y ajouter un capteur et de comparer la grandeur mesurée à la grandeur consigne.
- Le réglage d'un correcteur PI fait partie des connaissances attendues.
- On évoque une résonance et non une « raisonance », « résonence », « raisonence », ...
- La lecture et l'exploitation d'une matrice de confusion font partie intégrante du programme de SII.
- Il est essentiel de lire attentivement les questions avant de commencer à les résoudre : trop de candidats se sont mis en difficulté en négligeant les hypothèses simplificatrices, alors même que cela aide à conclure sur les écarts entre résultats obtenus et résultats attendus.

- Il est recommandé d'être attentif aux résultats intermédiaires fournis par le sujet, qui servent de repères pour poursuivre le raisonnement.
- Les principes qui régissent les modulateurs de puissance ainsi que leurs stratégies de commande sont mal maîtrisés par une grande majorité des candidats.

Remarques sur le sujet, le texte et sa compréhension

La Q6. a pu prêter à confusion : il s'agissait de conclure sur la possibilité d'implanter un actionneur piézo-électrique sur la poutre afin d'obtenir une flèche de 10 nm.

Par ailleurs, un oubli de valeur a été relevé en Q50., il manquait la masse m5.

Problèmes ou difficultés rencontrés lors de la correction

Les candidats répondent bien souvent de manière partielle et omettent fréquemment de conclure. Lorsque l'énoncé utilise la formulation « montrer que », il est attendu que toutes les étapes nécessaires à la construction de l'expression demandée apparaissent clairement dans la copie. Or, trop de candidats abrègent leurs démonstrations, ce qui limite la valorisation de leur travail. La modulation du niveau d'atteinte de la réponse est prise en compte dans la notation. Certains, allant même jusqu'à rédiger « CQFD » après seulement quelques lignes erronées, ce qui témoigne d'un manque de probité intellectuelle. Les correcteurs apprécient que le candidat ne cherche pas à les « embrouiller » dans l'espoir d'obtenir quelques points supplémentaires.

Il est à noter également que de nombreuses valeurs sont fournies au fil du questionnement, ce qui permet d'initialiser le processus d'évaluation. Ainsi, même un candidat n'ayant pas traité les questions précédentes pouvait s'en emparer pour poursuivre le raisonnement.

3/REMARQUES SPÉCIFIQUES

Partie I - Mise en vibration du diapason avec une amplitude et une fréquence d'oscillation contrôlées

- Q1.** De nombreuses erreurs de calcul ont été relevées.
- Q2.** Les candidats n'indiquent pas de base d'expression des vecteurs.
- Q3.** Le calcul portant sur deux tronçons est jugé long, ce qui explique que la plupart des candidats n'aille pas jusqu'au bout.
- Q4.** De fréquentes erreurs d'unité sont constatées.
- Q5.** La méthode de dichotomie est soit parfaitement connue et correctement réalisée, soit totalement absente des copies.
- Q6.** La conclusion attendue a été mal comprise par la plupart des candidats.
- Q7.** Les différents types de conversions sont mal maîtrisés. Les candidats essaient souvent des réponses au hasard. Le sujet proposait les sigles DC et AC avec leurs significations. Les candidats auraient pu se poser la question : quels sont les éléments technologiques qui sont alimentés ? Par exemple, pour l'actionneur nécessitant une tension sinusoïdale, la sortie du convertisseur qui l'alimente ne pouvait être qu'alternative.
- Q8.** Cette question a été bien traitée dans l'ensemble. Les impédances de base sont connues ainsi que le calcul de leurs associations en série.
- Q9.** L'association en parallèle n'a pas posé de difficultés particulières. Cependant, la formule étant à démontrer, de nombreux candidats ont rencontré des difficultés à aboutir à la forme demandée. Les correcteurs notent un manque de rigueur dans la notation des complexes.

Q10. Cette question s'appuyait sur l'expression de l'impédance consignée dans la question précédente. De nombreux candidats n'ont pas su interpréter correctement les définitions données dans l'énoncé pour la résonance et l'anti-résonance, ni les traduire en équations à résoudre. Pour ceux qui ont pu établir ces équations, la résolution pour la résonance a été généralement aisée. En revanche, la non-prise en compte de l'hypothèse de la résistance nulle par certains candidats a conduit à des réponses laborieuses et fastidieuses, n'aboutissant pas.

Le risque de surtension ou de surintensité en fonction de la manière d'alimenter l'actionneur a été très peu évoqué, tout comme la conclusion sur la nécessité de choisir une fréquence d'onduleur éloignée de ses fréquences de résonance et d'anti-résonance.

Q11. La lecture des valeurs du diagramme n'a pas posé de difficultés particulières. La correspondance pour les fréquences est la principale caractéristique analysée. En revanche, la valeur de $100 \text{ m}\Omega$ a été très peu justifiée.

L'exploitation de la lecture a révélé des difficultés à passer de la valeur du gain en dB, soit d'un Log X, à la valeur de X. Certains candidats ont même effectué une lecture en valeur sans utiliser la fonction Log.

Q12. Le positionnement des croix a été juste pour la majorité des candidats en s'appuyant sur les règles d'interconnexion des sources. En revanche, la déduction des potentiels et des différences de potentiels était erronée dans la majorité des cas.

Q13. Cette question a été assez bien traitée.

Q14. L'extraction de l'expression de la valeur efficace a été traitée par une très grande majorité des candidats. Une petite minorité ne connaît pas la valeur efficace d'une tension sinusoïdale.

Q15. Il s'agissait de comparer le rapport de la valeur efficace de l'harmonique de rang 3 et celle du fondamental. La comparaison pouvait aussi être faite à partir des amplitudes. La connaissance de la formule de la valeur efficace n'était donc pas bloquante. La conclusion attendue sur la qualité de l'onde fournie par l'onduleur a été rarement abordée par les candidats.

Q16. L'établissement de la fonction de transfert n'a pas posé de difficulté particulière. En revanche, l'exigence d'une atténuation d'au moins 40 dB a souvent été mal interprétée dans l'équation à résoudre. Trop de candidats ne saisissent pas que le gain en dB provient de la fonction log et très peu ont exploité le module afin de montrer la relation (inéquation) demandée pour L.

Q17. Question réussie par une très grande majorité des candidats.

Q18. Cette question a été peu abordée. Comme elle demandait de montrer une relation, certaines tentatives incorrectes ont été conclues par « CQFD ». La valeur moyenne a cependant été correctement définie par de nombreux candidats.

Q19. Pour ceux qui ont traité cette question, les réponses étaient correctes dans la grande majorité des cas.

Q20. La réponse à cette question réinvestissait la relation donnée en Q19. et l'expression de la modulante. Malheureusement, certains candidats ont proposé une valeur moyenne nulle, alors que la question portait sur l'évolution de la valeur moyenne instantanée, et non la valeur moyenne à l'échelle d'une période de la modulante. Le calcul de la tension a été globalement réussi par les candidats ayant traité la question.

Q21. Les candidats connaissent globalement les intérêts de la MLI même si leurs formulations manquent de précision, malgré l'indication donnée par l'énoncé concernant un filtre passe bas d'ordre 2.

Q22. La première partie de la question a été traitée par une grande majorité de candidats. Pour la seconde partie, les réponses se sont limitées à une lecture des amplitudes autour de 40 kHz, la citation après filtrage n'ayant pas été comprise.

Q23. Cette question n'a pas été comprise, malgré l'orientation fournie par l'énoncé sur le dimensionnement de la source de tension et du filtrage.

- Q24.** Une très grande majorité des candidats a traité cette question avec efficacité.
- Q25.** La réponse a été correcte pour les candidats ayant abordé cette question. Quelques rares copies commençaient le calcul mais ne le poursuivaient pas, en raison de difficulté dans le calcul d'une intégrale. Les réponses restaient donc partielles alors qu'il fallait calculer E et m.
- Q26.** Le comportement asymptotique est compris, mais certains candidats, bien que déterminant correctement le bon comportement aux limites, parviennent à une conclusion erronée. La mise en place d'un schéma équivalent du circuit aurait permis d'éviter ces erreurs.
- Q27.** Dans cette modélisation, l'actionneur est assimilé à un condensateur. Beaucoup de candidats se sont limités à l'analyse de la courbe du gain, omettant de justifier leurs conclusions à partir de la courbe de phase et de la nature purement imaginaire de l'admittance.
- Q28.** De nombreux candidats ont directement exprimé l'équation dans le domaine de Laplace (pont diviseur de tension) sans passer par l'équation différentielle. La démarche attendue consistait à établir l'équation différentielle par la loi des mailles et les équations des composants $u = f(i)$ ou $i = f(u)$, puis de les transposer dans l'espace de Laplace dans les conditions d'Heaviside.
- Q29.** Certains candidats ont répondu au hasard parmi les propositions de l'énoncé. Les correcteurs attendent une justification, même si elle n'est pas explicitement demandée.
- Q30.** La fonction de transfert étant un réel dit à saut de phase (passage d'une valeur positive à une valeur négative à la limite de la pulsation naturelle), le module est assimilé à la valeur absolue. Certains candidats ont été gênés par cette notion, d'autres ont bien calculé le module mais sans poursuivre avec le calcul de la tension. Il est dommage pour ceux qui ont réussi les calculs de la tension de ne pas conclure, car le sujet demandait explicitement de conclure sur la nécessité de réguler la tension.
- Q31.** Les correcteurs s'attendaient à l'utilisation du théorème de la valeur finale. Lorsque la question a été traitée, elle l'a été correctement. Toutefois, certains candidats ont mis directement $p = 0$ dans la fonction de transfert, obtenant le gain statique (cas particulier car l'excitation est de type échelon), sans l'appliquer à l'amplitude de l'échelon.
- Q32.** La fonction de transfert en BF a été trouvée par une très grande majorité de candidats. En revanche, peu ont traité l'efficacité d'une telle correction en mode asservissement.
- Q33.** Cette question a été très peu traitée. Certains ne l'ont pas lue correctement et ont tenté le diagramme de Bode (gain + phase). La présentation en pulsation réduite a perturbé les candidats. Le risque d'instabilité n'est pas évoqué par les quelques rares candidats ayant réussi, alors qu'il constituait l'enjeu de la question suivante.
- Q34.** La fonction de transfert a été bien traitée mais plusieurs réponses sont restées partielles, avec un oubli fréquent du calcul de Kint.
- Q35.** Il était attendu une analyse qualitative de l'évolution de la valeur efficace pour un suivi en asservissement et en régulation. L'énoncé orientait les candidats sur les caractéristiques de la signature temporelle à analyser et trop de candidats se sont livrés à une description de la courbe (la courbe augmente, elle diminue, etc.). Les correcteurs s'attendaient à ce que la description soit argumentée et justifiée. Par exemple, la valeur finale en régime permanent montre une erreur nulle, en effet le correcteur étant de type PI, l'action intégrale est bien effective.
- Q36.** Nombreuses erreurs sur la dérivée des fonctions trigonométriques. Les candidats n'ont souvent répondu qu'à une partie de la question.
- Q37.** Question peu traitée avec des erreurs liées au type de la valeur renvoyée.
- Q38.** Peu abordée également, les mêmes problèmes apparaissent concernant le type de la valeur renvoyée.
- Q39.** Question peu traitée par les candidats.

Partie II - Vérification des dimensionnements en vitesse et en effort des moteurs de mise en translation

- Q40. Les trains épicycloïdaux ne sont globalement pas maîtrisés.
- Q41. Le filet à droite a perturbé les candidats, le résultat précédent étant nécessaire pour répondre à cette question.
- Q42. La réponse dépendait également du résultat précédent.
- Q43. Question bien traitée dans l'ensemble.
- Q44. Globalement bien traitée.
- Q45. Assez bien traitée dans l'ensemble.
- Q46. Assez bien traitée dans l'ensemble.
- Q47. Très peu de bonnes réponses à cette question.
- Q48. Bien traitée dans l'ensemble.
- Q49. Réponses globalement satisfaisantes.
- Q50. Question peu abordée.

Partie III - Modélisation de l'asservissement en vitesse de la micropipette

- Q51. Question très mal comprise : un asservissement suppose une consigne, un capteur et un comparateur.
- Q52. La moitié des réponses se limite à transformer le temporel dans le domaine de Laplace.
- Q53. Le théorème de la valeur finale a été écrit par environ la moitié des candidats.
- Q54. Question bien traitée dans l'ensemble.
- Q55. La conclusion a été souvent mal comprise.
- Q56. Bien traitée dans l'ensemble.
- Q57. Bien traitée dans l'ensemble.
- Q58. Bien traitée dans l'ensemble.
- Q59. Bien traitée dans l'ensemble.
- Q60. Question plutôt bien réussie.
- Q61. Peu de candidats ont répondu à cette question.
- Q62. Peu de candidats ont répondu à cette question.
- Q63. Réponses généralement aléatoires et sans justification.
- Q64. Les calculs ont été donnés bruts, sans explications.
- Q65. De nombreux candidats ont tenté cette question finale, souvent de manière approximative.

4/ CONCLUSION

Les conseils déjà formulés dans les rapports des années précédentes restent d'actualité.

Il est indispensable que les calculs littéraux soient menés jusqu'à leur terme avant de réaliser un calcul numérique. Une valeur numérique fautive, sans l'expression littérale permettant de réaliser le

calcul, ne rapporte pas de points. En début de calcul, les candidats ne doivent, en aucun cas, remplacer systématiquement les paramètres par leur valeur numérique.

Même si le calcul n'est pas une fin en soi, en Sciences Industrielles de l'Ingénieur, il convient pour un futur ingénieur de maîtriser les calculs élémentaires : calcul de fractions, résolution d'équations et de systèmes d'équations simples.

De même, les ordres de grandeurs et l'homogénéité des relations obtenues doivent être vérifiés. Trop de relations sont incohérentes ou non homogènes avec les grandeurs recherchées. Il convient également de lire les questions dans leur intégralité afin de ne pas oublier une partie de la réponse.

Les correcteurs regrettent une certaine confusion dans les unités utilisées qui doivent être choisies avec rigueur. De même, un scalaire ne peut pas être égal à un vecteur.

Enfin, les correcteurs rappellent que les Sciences Industrielles de l'Ingénieur doivent être abordées dans leur globalité et que le questionnement peut varier en fonction du support d'étude. Les questions relatives à l'informatique ont été peu traitées alors qu'elles font partie intégrante du programme.