

## EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A PT SI-A : ROBOT ASPIRATEUR AUTONOME

Durée : 5 heures

### PRESENTATION DU SUJET

Le sujet se composait :

- d'une présentation du robot étudié : 2 pages ;
- du travail demandé (parties A, B et C) : 16 pages ;
- du cahier réponses à rendre : 22 pages.

Cette étude était l'occasion de traiter trois parties indépendantes, elles-mêmes constituées de nombreuses questions qui pouvaient être traitées séparément :

- **Partie A** : CAPACITE GLOBALE, RAYON D'ACTION : Cette partie permettait de vérifier les données fournies par le constructeur du robot (autonomie, capacité de nettoyage...).
- **Partie B** : ANALYSE DE LA FONCTION *SUIVRE UN PROFIL* : Après la détermination du profil en mode *SPOT* du robot (vérification de la qualité de nettoyage, oublis de surface), le candidat était invité à déterminer une commande asservie du déplacement du robot. En fin de partie une étude cherche à montrer la possibilité de commande du robot en position en minimisant le nombre de capteurs à l'aide d'observateurs.
- **Partie C** : Analyse de la fonction *PERMETTRE UN RETOUR AUTOMATIQUE Á LA BORNE DE RECHARGE* : Après analyse des signaux fournis par le dock de recharge au robot pour se positionner par rapport à ce dernier, le candidat devait finaliser des éléments de grafjets traduisant l'algorithme de retour au Dock.

### COMMENTAIRES GENERAUX

Le sujet abordait au travers de la résolution de problèmes techniques, une large part des connaissances du programme de première et de deuxième année de C.P.G.E.

Les trois parties étaient indépendantes et dans chaque partie de nombreux résultats intermédiaires permettaient aux candidats de poursuivre leur épreuve.

Les copies sont, en générale, bien présentées (le formatage par cahier réponse aide en ce sens très certainement). On rappelle que les résultats finaux doivent être encadrés.

Attention aux tentatives d'escroqueries : De nombreux résultats intermédiaires étaient fournis dans le sujet : certains candidats ont simplement recopié ces résultats (le gain  $K_{pos}$  du capteur de position par exemple) dans les réponses aux questions les précédant ; le correcteur constate immédiatement cette tentative d'escroquerie (le cheminement sur les questions précédentes est non-linéaire). Toute indulgence envers de telles pratiques constituerait une injustice inexcusable.

On rappelle aux candidats qu'ils ne doivent répondre qu'à la question posée sans chercher à faire étalage de leurs connaissances et compétences (lorsque l'on demande une transmittance on ne demande pas l'extraction de celle-ci de coefficients d'amortissement, pulsations naturelles ou autres ...).

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

### Partie A : CAPACITE GLOBALE, RAYON D'ACTION

Dans cette partie, on demandait aux candidats de s'assurer des performances du robot en fonctionnement normal et sur une pente inclinée. Si le calcul de l'intensité consommée est souvent bien fait, celui de la capacité de la batterie d'accumulateurs est parfois fantaisiste, tout comme celui de la vitesse de rotation du moteur (286000 tr/min). La question de synthèse conduit parfois à une simple phrase sans aucune justification.

L'écriture du bilan des actions mécaniques extérieures est souvent entachée d'une mauvaise lecture du sujet où "la transmission parfaite du couple" est traduit par "sans frottement". De même, le fait que "la roue folle ni les brosses n'ont d'action significative **freinant le déplacement du robot**" a été compris par les candidats comme une hypothèse d'actions entièrement négligeables. Enfin le bilan des forces extérieures a souvent été suivi de (ou parfois remplacé par) l'application d'un Principe Fondamental de la Statique, injustifié ici.

Peu de candidats écrivent correctement l'équilibre dynamique du robot alors qu'un théorème de la résultante en projection suivant la direction de déplacement suffisait au calcul du couple à la roue. Certains candidats sont quand même capables de poser les bonnes hypothèses et de mener les calculs avec rigueur. On regrettera le manque d'esprit critique de certains face aux valeurs gigantesques de couple à la roue annoncées pour un robot autonome alimenté par une batterie d'accumulateurs, ainsi qu'une fâcheuse tendance à mélanger très rapidement notation analytique et application numérique. Cette dernière manie a souvent conduit à rendre le résultat complètement faux, alors que la formule était peut-être juste.

### Partie B : ANALYSE DE LA FONCTION *SUIVRE UN PROFIL*

#### Partie B1 : Trajectoire pour le mode *SPOT* : vitesses d'avances des roues motrices

Dans cette partie, on demandait aux candidats de dessiner les positions successives du robot, de déterminer la position des CIR, de calculer les vitesses des roues et de vérifier la nature de la surface nettoyée.

Une indication d'échelle erronée sur le cahier réponse a peu troublé les candidats. Les plus avisés ont relevé cette incohérence mais ont su, soit l'ignorer, soit composer avec. Dans tous les cas, les correcteurs ont accepté les réponses données si elles étaient justifiées et cohérentes. De la même façon, la zone à hachurer représentant la surface nettoyée et pouvant être interprétée de différentes façons, a été évaluée juste à partir du moment où les conclusions qui en ont été tirées étaient cohérentes. Ceci n'a pas toujours été le cas, surtout quand "on voit distinctement l'absence de trous" ! La notion de CIR est parfois inconnue de certains ce qui, bizarrement, ne les empêchent pas de déterminer les bonnes vitesses ... (?)

#### Partie B2 : Modélisation de la commande en boucle fermée de vitesse d'une roue

#### & Partie B3 : Commande en position d'une roue

Ces parties faisaient appel aux notions d'automatique dans le cas d'un système bouclé simple. La modélisation de la fonction de transfert du processus se réalisait à l'aide d'une analyse harmonique. La majorité des candidats ne connaît pas  $20\log(10)=20\text{dB}$  et  $20\log(2)=6\text{dB}$  permettant de retrouver  $46\text{dB}=20\text{dB}+20\text{dB}+6\text{dB}$ . La constante de temps n'a pas posé de problèmes. La recherche de l'original d'une fonction d'un 1<sup>er</sup> ordre précédée d'un échelon unitaire n'est pas maîtrisée. Le gain d'un capteur 3tops/tour a posé problèmes.

L'obtention de transmittances à partir de schéma-blocs est bien maîtrisée.

L'extraction de racines d'une équation polynomiale d'ordre 2 donne parfois des résultats étonnants de même que l'identification paramétrique.

Il est dommage qu'une question ne nécessitant que la lecture d'une courbe (question 25 et question 37) ne soit pas traitée par tous les candidats (on rappelle qu'une lecture complète du sujet est nécessaire).

La seconde partie de la partie B3 demandait aux candidats une synthèse de correcteur par compensation de pôle (simplification mathématique par le zéro du correcteur du pôle compensable du processus). Cette partie, contre toute attente, a été mal réalisée.

#### **Partie B4 : Optimisation du coût**

Cette partie, très détaillée, amenait les candidats à développer un formalisme matriciel (forme modèle interne du système). Les candidats, qui ont répondu à cette partie, ont, en général, fourni de bons résultats (une bonne moitié ce qui est supérieur à la partie B3). Ils ont compris, semble t'il, où le sujet cherchait à les emmener (conclusion réfléchie quant à l'apport de cette structure).

On demandait aux candidats de montrer leur capacité à utiliser les outils de mathématique de base pour les futurs ingénieurs qu'ils seront (calcul de valeurs propres...).

#### **Partie C : ANALYSE DE LA FONCTION PERMETTRE UN RETOUR AUTOMATIQUE Á LA BORNE DE RECHARGE**

La première partie traitait de problèmes de numération. Elle n'a pas posé de problèmes à partir du moment où les candidats ont répondu à la question (base de numération demandée notamment).

La seconde partie demandait une traduction en grafcet du cahier des charges. Les correcteurs ont été sensibles à la syntaxe de ce langage. On rappelle que la syntaxe lors de la spécification dans un langage doit être parfaite (en cas d'erreur de syntaxe l'outil d'intégration ne permettra de pouvoir debugger de manière efficiente le code). La définition d'une temporisation a, par exemple, été mal écrite (il suffisait de lire les éléments de grafcet fournis, la réponse se trouvait dans le cahier réponse).

#### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

On conseillera encore une fois aux candidats de prendre le temps de lire la totalité du sujet pour assimiler sa structure (sans tronquer les questions) et de repérer les parties qui leur semblent plus accessibles en fonction de leurs compétences propres.

Il est important d'aborder toutes les parties du sujet, quitte à ne pas les faire complètement. Par contre, les correcteurs sont sensibles aux candidats qui traitent une partie dans sa continuité montrant ainsi des compétences manifestes plutôt que des connaissances parcellaires en traitant une question par ci par là. Il ne faut pas oublier également que la gestion du temps reste essentielle dans une épreuve de concours.

On rappelle que le sujet peut proposer des études utilisant des compétences acquises au cours des 2 années de C.P.G.E. (y compris dans des matières transversales : les mathématiques).

Même si la qualité de la rédaction n'entre pas explicitement dans la notation, elle est très appréciée des correcteurs et joue un rôle non négligeable dans l'évaluation. Il est en effet impensable qu'un candidat qui souhaite montrer ses capacités ne le fasse pas dans les meilleures conditions, tout comme il chercherait à se présenter avantageusement lors d'un entretien d'embauche. Il est également important de bien poser les expressions littérales avant de passer à l'application numérique : la recherche d'une éventuelle erreur s'en trouve facilitée.

**ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B**  
**ÉTUDE DU ROTOR ARRIÈRE D'UN HÉLIROPTÈRE DAUPHIN**

Durée : 6 heures

**PRÉSENTATION DU SUJET**

Le sujet porte sur l'étude de la boîte de transmission arrière d'un hélicoptère Dauphin, conçu et commercialisé par la société Eurocopter.

Le produit comporte deux chaînes fonctionnelles indépendantes. La première permet de transmettre la puissance de l'arbre de transmission arrière au rotor arrière. La seconde permet à l'arbre de commande de modifier l'angle de pas des pales et ainsi d'adapter le moment aérodynamique du rotor arrière dont le but est contrer celui du rotor principal. Le sujet propose d'étudier ces deux chaînes, en particulier de déterminer la course du levier de commande de pas nécessaire, d'établir des critères de dimensionnement pour les faisceaux en pied de pale ainsi que de valider les choix réalisés pour le guidage en rotation de l'arbre d'entrée. Il permet également de mettre en œuvre les solutions constructives pour le guidage en rotation de l'arbre d'entrée, avec le réglage de sa position axiale ainsi que des liaisons complètes entre l'axe de commande et le plateau de commande et entre le pied de la pale et le faisceau.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- |  |      |
|--|------|
| - Notice justificative                     | 48 % |
| - Dessin d'étude de construction mécanique | 52 % |

Thématiquement, sur la notice justificative, la répartition de la notation a été faite de la manière suivante :

- |  |       |
|--|-------|
| - Etude de la commande de l'angle de pas Q1 à Q3                   | 5,1 % |
| - Etude des efforts subis par les pales Q4 à Q16                   | 14 %  |
| - Etude de la résistance du faisceau en traction Q17 à Q21         | 4,5 % |
| - Etude de la résistance du faisceau en torsion Q22 à Q27          | 6,4 % |
| - Etude des efforts dans la liaison pivot Q28 à Q31                | 5,1 % |
| - Calcul de la durée de vie des roulements Q32 à Q34               | 6,4 % |
| - Etude de la cotation et de la fabrication du couvercle Q35 à Q37 | 4,5 % |

**COMMENTAIRE GÉNÉRAL DE L'ÉPREUVE**

Le sujet est structurellement long, les candidats peuvent ainsi s'exprimer sur l'ensemble de leurs compétences et montrer leur capacité à aborder un problème dans sa globalité. Une lecture complète du sujet est conseillée en début d'épreuve afin de s'imprégner du sujet.

Les calculatrices sont interdites. Certaines applications numériques étaient délicates et demandaient donc une aptitude à effectuer des approximations pour pouvoir atteindre le résultat. Lors de l'évaluation des copies, une tolérance a été appliquée sur la précision des résultats obtenus.

Le sujet ne posait pas de difficulté particulière de compréhension. Chacune des phases d'utilisation du produit était détaillée.

Toutes les questions posées sont au niveau des candidats (à chaque question, plusieurs candidats obtiennent le maximum des points, et, pour 75 % des questions, au moins 10 % des candidats obtiennent le maximum des points).

Dans toutes les parties du sujet, des connaissances de base sont évaluées. Bon nombre de candidats ne les maîtrisent pas.

Une grande majorité des candidats a traité ou entamé chaque partie, avec une préférence pour les parties calculatoires (résistance des matériaux en traction, statique dans la liaison pivot). Les candidats ont fréquemment abandonné la notice justificative pour se consacrer au dessin : ils obtiennent en moyenne 45 % de leurs points sur la notice et 55 % sur le dessin d'étude de construction mécanique.

## **ANALYSE PAR PARTIE**

### **Remarques sur la partie notice justificative**

#### **Remarque générale**

Les candidats ont su profiter des parties indépendantes. Certaines parties sont intégralement non traitées par certains candidats.

#### **Étude de la commande de l'angle de pas**

Cette partie, portant sur la cinématique de la commande de pas, a été abordée par 93% des candidats. Un quart de ceux-ci n'obtient aucun point et moins de la moitié obtiennent le maximum de points.

La première question permet de paramétrer dans le plan pertinent la cinématique de la commande de pas, le schéma cinématique étant donné. Seuls 55 % des candidats placent correctement les angles et les distances demandés. Par la suite, la moitié des candidats parviennent à établir la loi entrée-sortie du mécanisme et moins de 40% à en déduire la course du levier de commande. Pour l'application numérique on demandait de lire les valeurs des fonctions trigonométriques sur une courbe dont la légende pouvait, suite à une coquille, être ambiguë. Le jury a considéré que les candidats devaient être capables de distinguer les fonctions usuelles cosinus et tangente l'une de l'autre.

#### **Étude des efforts subis par les pales**

La première question demandait de commenter les hypothèses faites sur la modélisation de deux liaisons et a été traitée par 92% des candidats. De très rares candidats font une réponse complète c'est-à-dire justifient le choix des liaisons retenues à partir des surfaces de contact entre pièces et l'hypothèse d'absence de frottement et de jeu (liaison parfaites) par la présence de bagues de guidage. Certains candidats ne font pas le lien avec la technologie réelle et pensent que les liaisons sphère-cylindre sont obligatoirement réalisées par des roulements. Était ensuite demandée la forme des torseurs des différentes actions mécaniques appliquées à la pale, les modèles étant fournis dans l'énoncé ; moins de la moitié des candidats obtiennent le maximum des points à cette question. Afin de préparer l'étude dynamique, la question suivante demandait le torseur cinématique de la pale par rapport au bâti en son centre de gravité ; cette question de base n'a été correctement traitée que par un candidat sur cinq. Les questions suivantes conduisaient à calculer successivement les torseurs cinétique puis dynamique de la pale dans son mouvement par rapport au bâti puis d'appliquer le principe fondamental de la dynamique à la pale pour en déduire les actions mécaniques dans les différentes liaisons : la moitié des candidats seulement traitent cette partie, et moins de 10% d'entre eux la résolvent avec succès.

#### **Étude de la résistance du faisceau en traction**

88% des candidats abordent cette partie. A la première question, portant sur les théorèmes à utiliser pour déterminer les sollicitations dans la poutre, moins de 2% des candidats pensent au théorème des actions réciproques, beaucoup se contentant de répondre « le principe fondamental de la dynamique » sans plus de précision sur les projections utiles pour résoudre la question.

Les questions suivantes sont globalement bien traitées par les trois quarts des candidats, excepté pour l'application numérique, résolue correctement par seulement 30% des candidats.

### **Étude de la résistance du faisceau en torsion**

La torsion semble bien moins connue des candidats que la traction. 70% des candidats abordent cette partie. Si le moment quadratique et le torseur de cohésion sont bien connus des candidats (environ trois quarts des candidats répondent correctement) il n'en est pas de même des relations entre moment de torsion et angle et moment de torsion et contrainte, résolues dans seulement moins d'un cinquième des copies. Au final, l'application numérique n'aboutit que dans 3% des copies.

### **Étude des efforts dans la liaison pivot**

Cette partie a été globalement bien traitée, 80% des candidats l'ont abordée. Il s'agissait de trouver les relations entre le couple sur l'arbre d'entrée et les efforts sur le pignon conique, compte tenu de la géométrie de ce dernier. Deux tiers des candidats obtiennent le maximum de points tant qu'il s'agit de donner les relations sous forme analytique. Par contre, l'application numérique n'est juste que pour 6% d'entre eux, souvent pour des erreurs de signe, les candidats n'ayant manifestement pas pris garde au fait que les valeurs algébriques (et non absolues) étaient demandées. Peu de candidats ont pris garde que des valeurs approchées (et arrondies par commodité) étaient données dans la suite et vérifié ainsi la cohérence de leurs résultats.

### **Calcul de la durée de vie des roulements**

Afin de rendre cette partie indépendante de la précédente, le résultat de l'étude statique de l'arbre d'entrée était fournie aux candidats sous la forme des torseurs d'actions mécaniques au centre des liaisons sphériques modélisant les roulements. Dans la première question il s'agissait de déterminer les efforts radial et axial dans l'un des deux roulements en appliquant la démarche constructeur pour un montage en « O » hyperstatique et d'en déduire la charge équivalente sur ce même roulement. Seuls 3% des candidats ont traité correctement cette question alors que près de 71% ont abordé la partie, beaucoup ayant fait des erreurs dans les applications numériques. La seconde question demandait de calculer la durée de vie en millions de tours puis en années et de commenter. Il reste alors 2% de bonnes réponses. Compte tenu, d'une part de la difficulté de l'application numérique (exposant 10/3) et d'autre part, d'une confusion de notation dans le document ressource entre charge statique de base et charge dynamique de base, une grande tolérance a été appliquée par les correcteurs au niveau des valeurs numériques admissibles. Par ailleurs, l'effet d'une précontrainte axiale sur la durée de vie de ce type de montage est connu et bien justifié par 30% des candidats seulement.

### **Étude de la cotation et de la fabrication du couvercle**

Dans cette partie, complètement indépendante du reste du sujet, des éléments concernant la désignation et le choix des matériaux, la fabrication par moulage au sable puis usinage et enfin la cotation pour un couvercle de carter étaient demandés. Elle a été abordée par près de 80% des candidats, tant pour les aspects matériaux et fabrication que pour les aspects cotation. Dans la première question sur les matériaux, on demandait de lire une désignation normalisée d'alliage d'aluminium et de conclure sur la possibilité de choisir ce matériau pour le couvercle, puis de choisir un autre matériau possible en donnant sa désignation normalisée. Environ 10% des candidats obtiennent le maximum de points à cette question. Beaucoup d'erreurs sont dues à une confusion entre un alliage d'aluminium et une fonte, et beaucoup de candidats ne s'étonnent pas de parler d'un alliage d'aluminium avec 12% d'aluminium. La seconde question portait sur le moulage au sable d'une pièce. Il était demandé d'ajouter sur le dessin de définition du couvercle la position du plan de joint ainsi que les surépaisseurs d'usinage et les dépouilles éventuelles. 15% des candidats répondent correctement à la question. Enfin, dans la dernière question, il s'agissait d'assurer une contrainte de planéité et une contrainte de perpendicularité (l'étendue de la zone de tolérance n'étant pas demandée. Seulement un tiers des candidats écrivent correctement la planéité, et un dixième la perpendicularité. La syntaxe de cotation est globalement bien maîtrisée,

par contre l'élément tolérancé ou l'élément de référence ne sont souvent pas bien reconnus sur le dessin de définition, on trouve parfois des cotations de planéité sur un cylindre !

## **Remarques sur la partie « dessin d'étude de construction mécanique »**

### **Remarques générales**

Le dessin était constitué de trois zones, dans lesquelles devaient être représentées :

- Une liaison pivot utilisant des roulements à rouleaux coniques montés en « O » ;
- Une liaison encastrement par emmanchement conique ;
- Une liaison complète entre le pied de la pale et le faisceau.

Les candidats semblent ne pas avoir eu de difficulté à appréhender l'environnement.

Les solutions utilisées sur le système commercialisé sont d'une très grande simplicité et comportent peu de pièces : les solutions proposées par les candidats relèvent trop souvent de « l'usine à gaz ».

Les dessins sont globalement d'une qualité satisfaisante, laissant peu d'ambiguïté sur les solutions techniques proposées par les candidats.

### **Zone 1 : montage de roulements à rouleaux coniques en « O »**

Presque tous les candidats (93%) donnent des éléments de solution pour ce montage de roulement. Quelques rares candidats (13%) ne réalisent pas un montage en « O » mais un montage en « X », ou même un montage avec deux roulements montés dans le même sens. D'autres n'utilisent pas les géométries des roulements fournies, qu'il suffit pourtant de décalquer puisqu'elles sont dessinées à l'échelle du calque dans les documents ressources ! Les arrêts axiaux ainsi que les ajustements doivent être compatibles avec le type de montage et permettre de régler la précharge du montage : si les arrêts axiaux sont le plus souvent justes (deux candidats sur trois obtiennent le maximum de points), les ajustements sont plus fantaisistes et ne sont pas compatibles avec le réglage du jeu envisagé (moins de 10% des candidats obtiennent le maximum de points). La montabilité est assurée par moins d'un candidat sur deux. Environ un candidat sur quatre propose une solution valable pour le réglage de la position axiale du pignon conique bien que celle-ci soit explicitement demandée. Par ailleurs, seulement un candidat sur dix est capable de proposer des solutions valides pour l'étanchéité statique et dynamique. L'encastrement entre la bride ébauchée et l'arbre d'entrée est correctement réalisée dans moins d'un tiers des copie, quelques candidats la relie malheureusement au carter. Le critère de minimisation de la masse, tant pour le carter que pour l'arbre a été très peu pris en compte dans les tracés.

Pour gagner du temps, quelques candidats ne représentent que la moitié de la solution, avec un symbole pour indiquer la symétrie du tracé. Or bien souvent, et c'était le cas ici, le bâti n'est pas symétrique ce qui fait que toutes les informations ne peuvent pas être représentées et évaluées. Nous incitons donc les candidats à éviter cette technique.

### **Zone 2 : liaison encastrement par emmanchement conique**

Cette partie a été globalement moins traitée que la précédente (85% des candidats). La solution par emmanchement conique semble méconnue (environ un candidat sur trois), avec parfois des conicités importantes voire carrément inversées donc non montables. Quelques candidats proposent d'autres types d'encastrement, parfois justes mais qui ne correspondent pas à ce qui était spécifiquement demandé. D'autres candidats, plus rarement, voyant le mot conique, représentent une liaison pivot à rouleaux coniques ou des pignons coniques... Le réglage de la position axiale ne pouvait se faire qu'en ajoutant un dispositif de réglage autre que le cône et a été bien traité par seulement un candidat sur dix, les autres ne proposant le plus souvent aucune solution ou des solutions fantaisistes. Par contre, presque un candidat sur deux propose une solution tenant compte de l'exigence de minimisation de la masse embarquée.

### **Zone 3 : liaison complète entre le pied de la pale et le faisceau**

Il s'agissait ici de s'inspirer fortement de la liaison entre le faisceau et l'axe rotor ; 88% des candidats traitent cette dernière question. Dans beaucoup de solutions proposées, l'assemblage boulonné ne permet pas de garantir un effort presseur entre le pied de la pale et le faisceau (un tiers de réponses correctes). Par ailleurs, les représentations des filetages et écrous sont parfois assez loin des normes et les contraintes imposées (pas de filetages dans le matériau composite) non respectées. Au final, un tiers des candidats obtiennent le maximum de point sur ces critères.

Pour résumer, quelques candidats proposent des solutions globalement satisfaisantes fonctionnellement, mais aussi du point de vue des formes des pièces. Pour la majorité, ils ont oublié qu'une conception est d'autant meilleure qu'elle est simple, et que cela va également dans le sens de la diminution des coûts.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Regarder l'ensemble du sujet afin d'aller chercher les parties dans lesquelles ils se sentent le plus à l'aise.

Dans la partie « dessin d'étude de construction mécanique », privilégier les solutions qui soient les plus simples possibles. Penser à indiquer les jeux fonctionnels ainsi que les ajustements.

Ne pas appliquer systématiquement des solutions types (par exemple lorsqu'un encastrement par emmanchement conique est demandé, ne pas réaliser une solution par clavette+vis) mais prendre le temps d'analyser les spécificités du système étudié.

Connaître et maîtriser les connaissances de base : torseur de cohésion, formules de résistance de matériaux, application du PFS, du PFD, du théorème de l'énergie cinétique, écriture de tolérances au sens de la norme, désignation des matériaux, réalisation des liaisons élémentaires (encastrement, pivot, méthode pour la réalisation d'un montage de roulements)...

Effectuer les applications numériques en dépit de l'interdiction des calculatrices et prendre du recul sur les résultats numériques obtenus en se posant la question élémentaire : le résultat est-il plausible vis-à-vis du produit étudié ?

Développer leur culture technologique afin de proposer des solutions réalistes, par exemple en multipliant les activités d'analyse sur des systèmes réels.

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C**  
**PT SI-C : PLANEUR SOUS-MARIN**

Durée : 6 heures.

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet portait sur des planeurs sous-marins qui réalisent des mesures du milieu océanique. Bien qu'ils y en aient de différents types, ils assurent tous deux grandes fonctions :

- 1) se déplacer et se positionner (par GPS),
- 2) recueillir les données et les communiquer.

L'objet de l'étude était la première fonction et plus particulièrement la sous fonction "se déplacer" qui nécessite un contrôle précis du roulis et du tangage du planeur.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Partie 1 : initialisation du planeur	10 %
- Partie 2 : Déplacement dans le plan vertical	40 %
- Partie 3 : Performance hydrodynamique	20 %
- Partie 4 : Analyse du dispositif d'orientation et d'équilibrage	30 %

**COMMENTAIRES GENERAUX**

Les candidats ont, pour la plupart, abordé l'ensemble des 4 parties. Le début de la partie 2 a cependant été le moins bien traité.

Du point de vue classement, le sujet a correctement fait son office en répartissant bien les candidats. Le niveau global est toutefois faible avec des lacunes parfois étonnantes.

Le jury insiste sur cette faiblesse du niveau moyen des copies et alerte les candidats sur l'indispensable culture technologique et scientifique de base que l'on est en mesure d'attendre d'un élève en classe préparatoire PT. Une pointe de réflexion et de recul ne nuit pas non plus à la réussite de cette épreuve.

Le jury s'interroge aussi sur les copies de bonne qualité qui font l'impasse totale sur les questions relatives aux procédés de fabrication : stratégie de concours ou désintérêt pour cette partie du programme ?

**COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'EPREUVE**

**Remarques sur la Partie 1**

Cette première partie était courte et focalisée sur l'initialisation du système. Les connaissances sur la technologie des codeurs et leur mode de fonctionnement existent mais restent approximatives. Certains candidats paraphrasent le texte des questions sans donner d'éléments nouveaux (Un codeur incrémental s'incrémente, la phase d'initialisation permet d'initialiser le système,...).

Le grafctet est souvent bien écrit mais les deux cas possibles ont été plus rarement pris en compte dans les propositions. Le jury note toutefois avec surprise que certains candidats méconnaissent complètement l'outil grafctet et son mode d'écriture.

## Remarques sur la Partie 2

La première question a été (heureusement) traitée par l'ensemble des candidats. La suite (jusqu'à la question 14) a été beaucoup moins bien réussie. Ces questions faisaient pourtant appel à des notions simples et a priori maîtrisées par le « candidat moyen ».

La question 15 a montré que la valeur de  $\sin(30^\circ)$  est inconnue de plus de 50% des candidats...

Les questions suivantes amenaient à estimer le nombre d'accumulateurs utiles au fonctionnement du système. Ces questions ont été (très) bien traitées par 30% des candidats, un autre tiers obtient des résultats farfelus (jusqu'à  $10^{10}$  accumulateurs) sans s'en émouvoir plus que cela.

La partie graphique se décomposait en deux études. La première a été plutôt bien réussie, bien que le montage de la vis à bille ne soit pas toujours très académique.

La deuxième étude a été beaucoup plus laborieuse : souvent pas de butée à billes (ou très mal montée, dans le « vide » ou sans appui), des montages/ démontages impossibles, centrage du moteur mal effectué. Les correcteurs ont toutefois remarqué des conceptions de qualité qui ont été valorisées.

## Remarques sur la Partie 3

Pour la grande majorité des candidats, les compétences au programme concernant les matériaux et les procédés ne sont pas acquises. La culture technologique est également très pauvre ce qui pose de réelles questions quant à la pertinence de ces enseignements si ils ne sont pas abordés avec rigueur durant la formation.

La composition de l'alliage n'est exacte que pour 50% des candidats ...

La représentation de la courbe de traction est approximative : 5% des candidats ont eu la note maxi, pour le reste, inversion des abscisses et des ordonnées, valeurs caractéristiques mal positionnées, etc ...

La question 23 montre une méconnaissance totale de ce procédé pour quelques candidats et des approximations peu scientifiques pour d'autres. 20% des candidats exposent clairement le procédé.

La notion de bipoint pour une cote bilimite est majoritairement inconnue.

Les tolérances géométriques sont traitées avec insuffisamment de rigueur mais la philosophie semble comprise pour beaucoup de candidats.

Le sujet proposait, cette année encore, une question d'écriture de spécifications. La question qui devait amener à une proposition de tolérance de localisation n'a pas été bien traitée, beaucoup de candidats ont en effet proposé une cotation dimensionnelle.

On note que des séries de copies consécutives comportent les mêmes erreurs de définition dans l'association d'éléments théoriques parfaits comme un plan par exemple (critères des moindres carrés, minimisation de la moyenne des écarts ou de la somme des écarts) alors que la norme est très explicite à ce sujet.

La fin de cette partie proposait une étude de fabrication et de trajectoires d'usinage. Le jury regrette le manque d'enthousiasme des candidats à traiter ces questions. Il y a eu toutefois de belles copies qui, la aussi, ont été valorisées.

## Remarques sur la Partie 4

Les questions 35 et 36 ont été relativement bien traitées, ce n'est pas le cas du calcul du degré d'hyperstatisme qui n'a été correct que dans 30% des cas.

La question 37 n'a pas posé de problème particulier et l'ensemble des candidats a bien répondu.

Les dernières questions n'ont été que très peu abordées ... quelques candidats s'y sont toutefois attelés avec de bons résultats.

## **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est encore une fois conseillé aux futurs candidats de faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité. Il pourra alors, dans la mesure où beaucoup de parties sont indépendantes, débiter par les parties qui lui semblent les plus évidentes et avoir en mémoire les documents ressources qui lui sont proposés.

Bien que certaines questions soient culturelles, c'est aussi le raisonnement qui est pris en considération.

Enfin, il est fortement conseillé aux candidats de justifier brièvement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé. Les écritures soignées, l'utilisation de couleurs en particulier pour mettre en valeur les constructions graphiques et faire ressortir les résultats, sont très appréciées. A contrario, les explications confuses, contradictoires ainsi que l'excès de fautes d'orthographe et de grammaire sont pénalisés.