

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI A : PROTOTYPE DE ROBOT POUR LA CHIRURGIE ENDOSCOPIQUE**

Durée : 5 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet porte sur l'étude et la réalisation d'un prototype de robot pour la chirurgie endoscopique

Les auteurs du sujet remercient le Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes (LAAS) dépendant du CNRS de Toulouse pour son aide dans la conception de ce sujet.

La répartition de la notation a été faite approximativement de la manière suivante :

- Analyse fonctionnelle	7 %
- Cinématique	16 %
- Dynamique	12 %
- Asservissements	30 %
- Résistance des matériaux	16 %
- Graphe informationnel causal et Grafcet	18 %

**COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE**

Comme celui de l'an dernier, le sujet est structurellement long et couvre une large partie du programme. Les candidats qui se trouvent bloqués dans une partie peuvent s'exprimer dans celle qui suit. Une lecture complète du sujet est conseillée en début d'épreuve afin de s'imprégner du sujet. Il semble que la plupart des candidats répondent pourtant de façon linéaire aux questions.

L'analyse fonctionnelle a été abordée par la majorité des candidats. Il en est de même pour la cinématique.

La dynamique et les asservissements sont plus ou moins imbriquées et ont été traitées partiellement.

Seule la première partie de la résistance des matériaux a été abordée.

La description par graphe informationnel causal, placée vers la fin de l'épreuve a été très peu abordée mais cela était prévisible.

La description par GRAFCET constituait, pour la dernière partie, une question subsidiaire qui a été traitée par quelques candidats qui n'ont pas bien réussi dans les parties précédentes.

**ANALYSE PAR PARTIES**

**Analyse fonctionnelle :**

Elle permet la présentation ainsi que l'approche de l'étude d'une évolution du système.

Elle a été traitée à peu près convenablement.

Notons cependant qu'une fonction s'exprime par un verbe à l'infinitif, un moyen fait appel à un ou plusieurs objets.

### **Cinématique :**

Elle fait découvrir les problèmes liés au fonctionnement et à l'hyperstatisme du système.

On affirme trop souvent que le mécanisme comporte deux cycles indépendants sans aucune justification. La loi de composition des torseurs cinématiques n'est pas toujours explicitée mais les équations sont correctement écrites. On dit souvent que le rang du système est de trois alors qu'il y a au total douze équations. On ne se sert pas toujours du rang pour calculer la mobilité. Seuls quelques candidats ont justifié les modifications des liaisons à partir des équations de la cinématique. Pour ce qui concerne le CIR, on n'ose pas dire que c'est un point de vitesse nulle.

On n'a pas souvent vu que dans la position d'initialisation du robot, l'extrémité de l'instrument est confondue avec le centre du trocart. On s'attache trop souvent aux projections des vecteurs dans la base liée au repère fixe pour calculer les dérivées. On confond trop souvent diamètre et rayon pour faire le calcul d'une vitesse linéaire.

### **Dynamique et automatique :**

Elles permettent de vérifier les performances de l'axe de déplacement vertical : temps de réponse, précision et stabilité.

### **Energie puissance :**

Dans le bilan, les actions du moteur électrique apparaissent très rarement, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la frontière d'isolement. On oublie très souvent les actions de pesanteur, pourtant le sujet y faisait allusion. Le calcul de la puissance totale et de l'énergie cinétique est cependant abordé par beaucoup de candidats. Le théorème de l'énergie puissance est appliqué à peu près correctement.

### **Vérification de la tension du câble :**

Cette question a été escamotée par la majorité car la démarche est laissée à l'initiative du candidat et on n'aime pas cela !

### **Fonction de transfert du moto-réducteur et de sa charge :**

Le début de cette partie a été abordé par tous les candidats. On ne voit pas toujours que l'on définit deux fonctions de transfert, l'une à partir de la commande en tension, l'autre à partir de la perturbation. On ignore quelques fois la forme canonique. En analysant la courbe de réponse, on affirme presque toujours que le système est du premier ordre mais sans justifier. On confond trop souvent gain statique et valeur finale.

On a complètement oublié la condition fondamentale de stabilité d'un système : les pôles de la fonction de transfert (racines de l'équation caractéristique) à parties réelles négatives. Les diagrammes de Bode sont en général bien représentés et les marges de stabilité sont mises en évidence. Les candidats n'ont pas su remarquer que sur le diagramme de Black, l'influence de l'inductance se manifeste à des pulsations bien supérieures à la pulsation critique. Une diminution du gain entraîne une valeur en dB négative donc un rapport inférieur à 1.

L'étude de la précision est pratiquement escamotée, surtout vis à vis de la perturbation.

Pour identifier un système du second ordre à partir de sa réponse indicielle, on affirme souvent les résultats sans aucune explication, on confond pulsation propre et pseudo-pulsation des oscillations amorties, gain statique et valeur finale.

La notion de bande passante est mal perçue.

L'étude des mouvements autour de la position d'équilibre a été à peu près bien menée mais la recherche de la raideur du ressort n'a pas été faite.

Le choix du filtre a été fait par quelques candidats.

**Résistance des matériaux :**

La partie dynamique et asservissement a montré le manque de rigidité de la structure.

La résistance des matériaux propose une évolution pour rigidifier cette structure.

La première partie a été abordée à peu près correctement. Les caractéristiques de l'acier ne sont pas toujours bien connues. L'effort se répartit souvent sur une seule barre et on confond les moments quadratiques pour le calcul des contraintes.

La deuxième partie a été très peu abordée par les candidats et on trouve souvent des résultats aberrants.

**Grphe informationnel causal :**

Il permet d'amorcer une étude de l'évolution du robot prenant en compte les mouvements naturels des organes qui sont des parasites pour le chirurgien.

Cette partie se présente sous forme de questions de cours et seulement quelques candidats ont répondu.

**Grafcet :**

Parmi les rares candidats qui ont traité cette question, très peu ont compris le fonctionnement d'un détecteur de proximité, avec ses deux seuils : action et relâchement.

Fallait-il supprimer cette question ?

**CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Le sujet de Sciences industrielles A- a la particularité de devoir proposer "une étude inédite d'un objet industriel récent". Il exige un esprit large et polyvalent, mais aussi rapide et efficace compte tenu de la courte durée de l'épreuve.

Une lecture complète et approfondie du sujet est fortement conseillée aux candidats pour s'appropriier le contexte de l'étude. De plus, une lecture attentive des questions doit permettre aux candidats d'éviter des hors sujets. Enfin, pour éviter des erreurs, nous conseillons aux candidats de justifier rapidement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé.

Il ne faut pas affirmer des résultats sans donner des explications, il faut vérifier l'ordre de grandeur et préciser les unités lorsque le résultat est numérique, vérifier l'homogénéité des relations établies, il faut conclure quant à la validité du résultat.

Il faut apporter suffisamment de soin dans la présentation. Une copie illisible, pleine de ratures, une suite de calculs sans la moindre rédaction, conduisent à une mauvaise disposition du correcteur.

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B**  
**PT SI B : ÉTUDE D'UNE BARRIÈRE AUTOMATIQUE**

Durée : 6 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet porte sur l'étude d'une barrière automatique

Les auteurs du sujet remercient la Société acces-system pour leur aide dans la conception de ce sujet.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Notice justificative 40 %
- Dessin d'étude de construction mécanique 60 %

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

- |  |      |
|--|------|
| - Analyse cinématique Q1 à Q5, Q19 , Q20   | 10 % |
| - Résistance des Matériaux Q6, Q7 Q12, Q22 | 9 %  |
| - Statique Q8                              | 3 %  |
| - Technologie Q9, Q10, Q11, Q13 Q18        | 7 %  |
| - Étude de fabrication Q14 à Q16           | 6 %  |
| - Modeleur volumique Q17                   | 5 %  |

**COMMENTAIRE GENERAL 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.

Toutes les questions posées sont au niveau des candidats (à chaque question, plusieurs candidats obtiennent le maximum des points)

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

Une grande majorité des candidats a traité ou entamé chaque partie.

Une majorité des candidats ont rencontré des difficultés à extraire, de leurs connaissances technologiques, celles associées au mécanisme (questions 9, 10.1, 10.2, montage des roulements,...)

**ANALYSE PAR PARTIE**

**Remarques sur la Partie notice justificative**

**Remarques générales :**

Les candidats ont su profiter des parties indépendantes et ne sont que rarement restés bloqués. Le vocabulaire technique utilisé est souvent approximatif (notamment mis en évidence de R18.1 à R18.8). Trop rares sont les candidats qui ont traité correctement les questions de RdM pourtant simples et sans gros calculs.

Pour une première apparition, la partie modeleur volumique a été bien traitée par les candidats ayant abordé ces notions pendant leur formation.

Les premières questions destinées à faire découvrir le mécanisme ont été bien traitées par la grande majorité des candidats.

La partie concernant la fabrication a été souvent mal traitée : méconnaissance du cycle de fabrication, et dans la mise en position, les six degrés de liberté sont rarement supprimés (montages hypostatiques ou hyperstatiques) ; le serrage est généralement absent.

La partie concernant les liaisons complètes fait apparaître des lacunes de vocabulaire technique, et des surprises : dans le cas du boulonnage, pour la grande majorité des candidats, la transmission du couple se fait par obstacle ! Et la surface prépondérante est souvent cylindrique !

Même si les questions 22 sont situées à la fin de la notice, les candidats confondent trop souvent un hexagone et un octogone : sidérant ! De même pour le vocabulaire : la cote sur plats est mal connue.

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

#### **Remarques générales :**

Dès que l'on demande de dessiner autre chose qu'une liaison encastrement classique, le niveau global des candidats est relativement faible. Certains candidats dessinent des formes de pièces connues sans aucune capacité de « visualisation » spatiale de leur représentation. Le second calque a révélé parfois des idées folles...

**Calque 1 :** Peu de candidats ont inversé les pas de vis, alors que le schéma cinématique a été réalisé par 96% des candidats avec la note maximum pour 80% d'entre eux. Pour ceux qui y ont pensé, le dégagement d'outil est très mal traité : il faut concevoir des pièces fabricables. Cela implique de mieux connaître les procédés.

**Calque 2 :** Peu de candidats ont indiqué les ajustement sur leur conception, information capitale pour la conformité des solutions au cahier des charges. Beaucoup de candidats, par contre, cotent les roulements !

30% des candidats ne savent absolument pas représenter des vis de fixation. Seulement la moitié obtient le maximum des points. Très peu de candidats ont vu que les roulements ne devaient pas être positionnés axialement sur l'arbre. Beaucoup de montage de roulements immontables.

**Calque 3 :** Peu de candidats ont traité cette partie, la majorité des candidats qui ont pris du temps pour la traiter obtiennent un bon résultat global. Les candidats confondent souvent croquis et schéma. Beaucoup de dispositifs proposés donnent une proposition pour le guidage, mais pas de solution pour assister l'utilisateur afin d'exercer l'effort de tension des ressorts. Egalement, bon nombre de dispositifs ne permettent qu'un réglage discret de cet effort.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Ne pas négliger la partie « dessin d'étude de construction mécanique ».

Dans cette partie, ne pas oublier de dessiner correctement les éléments simples, et indiquer les jeux fonctionnels ainsi que les ajustements.

Ne pas appliquer systématiquement des solutions types (ex arrêts axiaux par obstacle sur les roulements) mais prendre le temps d'analyser les spécificités du système étudié.

Connaître et maîtriser les connaissances de base : torseur de cohésion, torseur statique, critères de choix d'un roulement, désignation des matériaux, réalisation d'une liaison encastrement, représentation de la visserie.

Accentuer les activités d'analyse de plans en liaison avec des modèles volumiques et les systèmes réels afin de développer le sens de l'observation et la facilité de passage du réel au modèle géométrique 2D et 3D.

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES C**  
**PTSI C : Tramway sur pneu à guidage par rail central**

Durée : 6 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet porte sur l'étude et la réalisation d'un ensemble du guidage d'un tramway sur pneu, par un système de galets et d'un rail central.

Les auteurs du sujet remercient les Sociétés Bombardier et C.G.F.T.E. pour leur aide dans la conception de ce sujet.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Partie 1	5 %
- Partie 2	15 %
- Partie 3	15 %
- Partie 4	20 %
- Partie 5	20 %
- Partie 6	25 %

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

- Résistance des Matériaux	3 %
- Étude Cinématique	15 %
- Étude Statique	20 %
- Analyse de spécifications	5 %
- Grafcet	5 %
- Étude de fabrication	16 %
- Conception	25 %
- Technologie	11 %

**COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE**

La partie I du sujet a été abordée par 98 % des candidats ; 61 % ont bien compris et bien traité la partie Grafcet, mais de nombreux candidats font encore des erreurs de syntaxe.

La partie II a été abordée par 97 % des candidats ; seulement 23 % l'ont traitée correctement. Il s'agissait pourtant d'une étude statique relativement classique.

La partie III a été abordée par 98 % des candidats. C'est de loin la partie la mieux traitée ; 63 % des candidats ont bien compris cette partie. C'était une étude cinématique graphique.

La partie IV a été abordée par 78 % des candidats. Seulement 2 % ont réussi à la traiter correctement. Elle se décomposait en une partie de statique, qui a été très mal traitée et une autre partie où les candidats devaient identifier un risque de déraillement et proposer une solution pour l'éviter.

La partie V a été abordée par 99 % des candidats. 9 % d'entre eux l'ont traitée correctement. Elle portait sur l'analyse de spécification (mal traitée), une désignation de matériau, un procédé d'obtention de brut, de l'isostatisme d'une pièce, un procédé de fabrication d'une pièce ainsi que d'un montage d'usinage.

La partie VI a été abordée par 88 % des candidats, c'est mieux que les années précédentes. Seulement 8 % d'entre eux ont traité cette partie correctement. Il y a eu de très bonnes copies (malheureusement trop rare). Beaucoup de candidats se contentent d'esquisses en guise de réponses.

Le jury regrette un certain laisser-aller sur la présentation des copies, de nombreuses fautes d'orthographe et une écriture parfois illisible à la limite du corrigeable.

## **ANALYSE PAR PARTIE**

### **Remarques sur la Partie I :**

Beaucoup d'erreurs de syntaxe (divergences en ET, divergences en OU, variables de sorties dans les équations des réceptivités, actions à gauche des étapes), et de comportement (la tempo manque souvent, graficets bloqués).

### **Remarques sur la Partie II :**

Là encore beaucoup d'erreurs : équiprojectivité, 4 forces concourantes, problème de sens des forces.

Manque de méthode pour certains.

### **Remarque sur la Partie III :**

Globalement bien traitée.

Quelques problèmes avec les CIR alignés.

### **Remarques sur la Partie IV :**

Ou très bien ou très mauvais (plutôt très mauvais dans l'ensemble), la question 4.1 en a déstabilisé plus d'un.

Les candidats n'ont pas su mettre en place la démarche pour arriver au résultat. Certains ont bien vu le problème du déraillement et propose un grand rayon de courbure.

Diminuer la vitesse du tramway dans les courbes ou installer une commande d'assistance de direction n'a que très rarement été évoqué.

### **Remarque sur la Partie V :**

Très déçu par la partie analyse des spécifications, en particuliers la notion de bi-points associé à la cote dimensionnelle : il y a du relâchement.

Fonderie moyen, trop peu de candidats ont proposé un plan de joint non plan ou en association avec des noyaux permettant de démouler la pièce.

De nombreuses erreurs d'interprétation de la désignation du matériau, erreur entre magnésium et manganèse.

L'isostatisme est à revoir complètement : il y a rarement 6 points (cela varie entre 4 et 11 avec une moyenne à 5...) avec des normales en vis à vis.

Pour ceux qui se sont penchés sur la fabrication, il y a de bonnes copies (la rotation du plateau B a été vue pour l'accessibilité outil). Par contre quasiment aucun candidat n'a la notion de la dimension du perçage associé à un trou taraudé (on perce, voir on alèse à Ø14 pour un M14).

Les opérations élémentaires d'usinage ne sont absolument pas connues (perçage, pointage, alésage, surfaçage, contournage, ...).

De même la notion de phase ou d'opération est très mal maîtrisée. Les candidats se bornent trop souvent à donner une liste d'outils plutôt que de donner une liste ordonnée d'opérations associées aux surfaces fabriquées avec les outils correspondants.

La conception de l'équerre n'a été que très peu traitée. Les principales erreurs sont de plier de la tôle de 40mm ou d'utiliser une découpe laser. Des candidats proposent même de couler cette équerre en fonte, alors que le sujet demandait explicitement une construction mécano-soudée en acier.



**Remarque sur la Partie VI :**

Plus de candidats que d'habitude ont essayé de dessiner. Certains ont bien compris l'ensemble et ont proposé de bonnes solutions. D'autres se contentent toujours d'ébaucher des solutions sur toutes les vues sans rien finaliser : Ils n'ont donc pas (ou peu) de points.

Il vaut mieux finir complètement une partie que de tout commencer et ne rien finir.

**CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Le sujet est généralement long, le candidat a donc intérêt à lire le sujet entièrement, pour prendre connaissance du problème dans sa globalité et repérer les parties qui lui semblent les plus abordables. Au vue de l'éventail des questions posées, le candidat doit avoir un esprit large et polyvalent, mais aussi, doit être rapide et efficace compte tenu de la courte durée de l'épreuve.

Un effort pourra être fait en fabrication, en particulier sur l'isostatisme, la connaissance des opérations élémentaires d'usinage et de la cinématique des machines outils permettant l'accessibilité des surfaces à usiner.

Enfin, nous conseillons fortement aux candidats de justifier brièvement les démarches et les solutions proposées pour répondre au cahier des charges imposé. Il est également fortement conseillé aux candidats de soigner leur écriture, d'utiliser des couleurs en particuliers pour mettre en valeur les constructions graphiques, ainsi que de faire ressortir les résultats. Certaines copies étaient à la limite du lisible.

On le répétera toujours, lire soigneusement les questions du sujet et répondre aux questions posées.