

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES A**  
**PT SI-A : SYSTÈME D'INSPECTION POUR TUBES DE GUIDAGE ou SYSTÈME**  
**ÉCLIPSE**

Durée : 5 heures

## **PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet se composait :

- d'une présentation du système étudié : 5 pages ;
- du travail demandé (parties A, B, C, D et E) : 17 pages ;
- des annexes : 8 pages ;
- du cahier réponses à rendre avec la copie : 8 pages.

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

- **la Partie A** (durée conseillée 30 min) proposait de décrire la structure topo-fonctionnelle du système en mettant en œuvre des outils d'analyse et de communication (diagrammes SADT et FAST). Cette description permettait d'appréhender les interactions entre les différents éléments constitutifs du système ;
- **la Partie B** (durée conseillée 45 min) s'appuyait sur une description du modèle de commande du système en logique séquentielle, spécifié en langage GRAFCET. Le candidat était invité à étudier cette description afin d'en déduire les durées des phases de l'inspection et de vérifier la fonction particulière "stop-reprise" ;
- **la Partie C** (durée conseillée 1h 15) abordait la validation du système d'accrochage de l'outil d'inspection à la perche de commande au travers de deux critères d'appréciation. Cette validation s'appuyait sur les outils d'analyse globale des mécanismes et ceux de la mécanique des mécanismes ;
- **la Partie D** (durée conseillée 1h), s'intéressait au système de régulation mécanique de la tension de la gaine flexible fixée à l'outil d'inspection. Elle nécessitait la mise en œuvre des outils de la mécanique des mécanismes et notamment ceux de la dynamique ;
- **la Partie E** (durée conseillée 1h 15), traitait, quand à elle, du choix et du réglage d'un régulateur d'une commande asservie en vitesse du déplacement de l'outil d'inspection par l'intermédiaire de la perche entraînée par le palan.

## **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 classe préparatoire. Certaines parties comportaient des questions plus ouvertes permettant aux candidats de mettre en œuvre les compétences développées en Sciences industrielles pour l'ingénieur.

La progressivité des difficultés de chaque partie et quelques résultats intermédiaires devaient permettre à tous les candidats d'aborder les différentes problématiques proposées. Cependant, les copies montrent pour un grand nombre, que certaines parties sont pas du tout abordées (en particulier les parties A et B), soit par désintérêt, soit par méconnaissance des outils et/ou des concepts mis en jeu.

La qualité « graphique » des copies qui semblait globalement en amélioration les sessions précédentes s'est dégradée cette année. Il est donc important de rappeler qu'il est attendu, non seulement une écriture lisible et l'indication des questions traitées, mais aussi que les candidats utilisent les notations proposées et les symboles normalisés à l'exclusion de toute

autre notation personnelle qu'ils sont seuls à comprendre. Faut-il parler de l'orthographe ? ... Certains candidats persistent encore à ne pas traiter les différentes parties sur des copies séparées et à ne pas détailler et encadrer leurs résultats. Rappelons également qu'un résultat numérique sans unité explicite n'a ni sens ni valeur.

## **COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE**

### **Partie A – Analyse fonctionnelle et structurelle du système**

**Diagramme SADT** : Cette question est statistiquement peu traitée vis-à-vis des compétences attendues dans ce domaine. Pour les candidats qui l'ont abordée, c'est tout ou rien, le formalisme est connu ou pas. Au total, 36% des candidats n'ont pas obtenu de points sur cette question ! L'attention des correcteurs s'est portée sur la notion de circulation de flux au sein du diagramme et notamment sur le fait que la matière d'œuvre qui sort d'un bloc est bien cohérente avec celle qui entre, ainsi que sur la correspondance des niveaux A0 et A-0. Certains candidats ont éprouvé des difficultés à distinguer les tâches de commande des tâches opératives.

**Diagramme FAST** : Cette question a été traitée par la majorité des candidats (93%) et globalement de manière satisfaisante, ce qui montre que la lecture du diagramme et la compréhension de la structure du système ont été correctes.

### **Partie B – Analyse de la commande séquentielle du processus d'inspection**

#### **Estimation de la durée d'inspection d'un tube en mode automatique**

Un grand nombre de candidats ne possède pas le concept d'encapsulation (34% des copies). Pour les autres la notion d'évolution fugace ne semble pas maîtrisée et a conduit à de nombreuses erreurs.

Peu de candidats ont intégré le fait qu'un cycle d'inspection d'un tube comportait quatre passages et trois rotations de l'outil.

#### **Validation de la description du modèle de commande**

Cette partie nécessitait une bonne connaissance du langage GRAFCET. Peu de candidat ont montré cette compétence.

### **Partie C – Validation du système d'accrochage de la perche sur l'outil**

#### **Etude préliminaire d'un modèle simplifié**

Les liaisons proposées sont souvent nommées sans en préciser les caractéristiques géométriques, ou alors de manière incomplète. Le symbole de la liaison glissière a été trop souvent confondu avec celui d'une liaison pivot glissant. Quant à la notion de rang d'un système d'équations, il est ignoré par plus d'un candidat sur deux. On peut s'étonner d'une telle situation alors que le calcul du degré de mobilité d'un mécanisme est issu de ce concept.

Beaucoup de candidats pensent que le rang du système d'équations issues des relations de fermeture cinématique est égal au degré de mobilité. Citons également tous les candidats qui pensent sans doute que le degré de mobilité ne se calcule pas mais se devine ou encore est toujours égal à un. Le degré d'hyperstatisme est ensuite calculé sans toujours faire explicitement référence au degré de mobilité, quand on ne trouve pas, dans certaines copies, qu'un mécanisme dont on suppose les liaisons parfaites est isostatique.

#### **Etude du modèle associé à la commande d'un griffe**

Il est extrêmement difficile aux candidats qui "devinent" le degré de mobilité, d'imaginer que celui-ci puisse être nul et encore moins que le modèle du mécanisme soit alors isostatique.

La détermination de la liaison équivalente, dans le cas simple proposé, a donné lieu dans 70% des copies à des réponses erronées comme une liaison pivot, rotule ou encore linéaire rectiligne (réponse souvent donnée sans calcul) ou encore une nouvelle liaison "la linéaire annulaire à doigt".

Quant à ceux qui ont trouvé la réponse correcte, le schéma de la sphère-cylindre dans un plan perpendiculaire à l'axe n'est connu que de 10% de ces candidats.

### **Validation de la transmission de l'effort de commande**

Cette question ouverte, qui faisait appel aux compétences du candidat sur la notion d'arc-boutement, n'a été abordée que dans 5% des copies mais, quand elle l'était, était traitée correctement sauf pour les candidats qui pensent que le phénomène d'arc-boutement ne peut se produire que dans une liaison glissière.

### **Validation du temps d'accrochage**

Une question également ouverte qui, comme la question précédente, a été peu traitée (10%) mais qui, quand elle l'était, était traitée correctement ou au minimum donnait lieu à une démarche cohérente.

## **Partie D – Validation du système de maintien en tension de la gaine flexible**

### **Caractéristiques d'inertie**

Il était demandé aux candidats de restituer des connaissances de base sur les caractéristiques d'inertie de solides homogènes usuels. Les réponses obtenues sont très étonnantes. En effet on trouve des opérateurs d'inertie dont la matrice comportant un seul terme non nul et quand elle était diagonale, que le solide ait deux plans de symétrie ou soit de révolution, la forme de la matrice était identique. De même le moment d'inertie d'un cylindre autour de son axe est inconnu de 65% des candidats, alors que l'on pourrait penser que c'est un résultat "classique" et très souvent utilisé. On trouve également un nombre non négligeable de candidats qui confondent le moment d'inertie d'un solide avec le moment quadratique d'une section plane, sans parler de ceux qui donne l'image du vecteur rotation par l'opérateur à la place de l'opérateur lui-même.

### **Loi de comportement du ressort et de la gaine**

Cette partie, elle aussi élémentaire, a été globalement traitée correctement.

### **Analyse du point d'équilibre**

Cette étude, nécessitant la mise en œuvre des outils de la statique, est trop souvent, quand elle l'est, traitée sans aucune rigueur méthodologique, le système isolé n'est pas précisé, les actions mécaniques extérieures ne font pas l'objet d'un bilan rigoureux, le principe utilisé n'est pas énoncé. On retrouve dans la moitié des copies ayant abordé cette partie l'idée trop souvent répandue que le principe fondamental se réduit au théorème de la résultante qui, pour cette étude, ne permettait pas d'obtenir un résultat exploitable sauf à oublier des actions mécaniques extérieures "gênantes" comme certains candidats l'ont fait. Lorsque la démarche est valide, le résultat présente dans une immense majorité des cas des erreurs de signes ou des distances non conformes.

### **Recherche du comportement dynamique du basculeur**

Cette partie est peu abordée. Mettre en œuvre les outils de la dynamique des solides effraie visiblement les candidats d'une filière qui devraient pourtant maîtriser ces outils. Seul le quart des candidats a essayé de traiter cette partie et ceux là l'ont fait avec le même manque de rigueur que pour la partie précédente. On trouve cependant, quelques bonnes copies qui montrent les compétences manifestes acquises par ces candidats qui, non seulement utilisent le théorème du moment dynamique, mais justifient son utilisation et détaillent avec rigueur le calcul du moment dynamique.

Citons quelques candidats qui ont traités uniquement la question 35, montrant ainsi leurs connaissances dans le domaine de la résolution d'équations différentielles alors que la notion de rang d'un système linéaire leur était inconnue.

### **Validation du critère de tension maximale**

Cette partie permettait de conclure sur la validité du système en proposant une résolution à partir de résultats graphiques fournis. Les rares candidats qui sont parvenus à cette question l'ont traitée correctement.

### **Partie E – Réglage et validation du correcteur de la commande asservie du déplacement de l'outil par le palan**

#### **Recherche de la fonction de transfert de la boucle de courant et du moteur**

Cette partie a été traitée correctement par la majorité des candidats (75%). Le quart restant a bien souvent fourni des résultats numériques sans unité.

#### **Recherche de la fonction de transfert du mécanisme d'entraînement**

Dans cette partie, abordée par plus de la moitié des candidats, la question 43 réclamait l'application du théorème de l'énergie puissance. Bien que son énoncé soit connu, son application donne lieu à des réponses non justifiées et souvent erronées. En particulier la notion de rendement semble complètement déconnectée du calcul de la puissance développée par les interactions au sein d'un ensemble de solides. Au final, seul un candidat sur dix a correctement traité cette question.

Les calculs un peu longs de la question 46 ont visiblement découragés rapidement bon nombre de candidats.

#### **Modélisation du système**

Cette question qui cherchait à vérifier des connaissances élémentaires a donné lieu à 75% de réponses erronées. Que l'homogénéité des grandeurs physiques comparées soit nécessaire semble méconnue et que la dynamique d'un capteur doit être négligeable devant celle du processus commandé, parfaitement ignoré, alors que l'on retrouve cette notion dans les concepts de temps interne et externe du langage GRAFCET.

#### **Recherche des performances du système**

Beaucoup trop de candidats se sont contentés de ne vérifier que la précision. Rares sont les copies où la stabilité et la rapidité ont été vérifiées et encore moins la résistance aux perturbations.

#### **Recherche et validation d'un correcteur**

Cette partie montre que la majorité des candidats ont des connaissances éparses sur la correction des systèmes asservis, mais ont de grandes difficultés à utiliser ces connaissances pour s'inscrire dans une démarche cohérente. On constate que le diagramme de Black est très méconnu voire ignoré de très nombreux candidats.

Il est étonnant de constater que très souvent, un correcteur à action intégrale diminue le temps de réponse voire stabilise le système. Le correcteur à avance de phase a souvent été pris pour un correcteur à retard de phase ou un correcteur PID.

### **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Il est conseillé aux candidats de prendre le temps de lire la totalité du sujet pour assimiler sa structure et 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 le faire complètement. Par contre, les correcteurs seront 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.

Il est également conseillé aux candidats de s'appropriier les outils d'analyse fonctionnelle et de communication. Le poids et l'impact sur la compréhension du sujet, de la partie consacrée à l'analyse du système est loin d'être négligeable.

La recherche du comportement dynamique des mécanismes est globalement décevante. Les candidats issus de la filière PT ne peuvent en aucun cas faire l'impasse sur les aspects mécaniques (cinématique, cinétique, dynamique...). Il semble en effet que nombre d'entre eux n'ont pas acquis les compétences nécessaires pour commencer sereinement des études supérieures dans ce domaine.

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.

**EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B**  
PT SI-B : ETUDE D'UN DISPOSITIF DE TRANSLATION VERTICALE D'UN SITE  
D'EXPERIENCE DE NANOTOMOGRAPHIE

Durée : 6 heures

### PRESENTATION DU SUJET

Le sujet porte sur l'étude d'un site d'expérience de nanotomographie mis en place au synchrotron de Grenoble (ESRF).

Les auteurs du sujet tiennent à remercier particulièrement M. Yves Dabin, chef du département « service technique » à l'ESRF, pour les très nombreuses informations qu'il a transmises sur cette expérimentation, rendant ainsi possible l'écriture de ce sujet.

Cette expérience de nanotomographie met en œuvre différents dispositifs optiques et un échantillon qui sont positionnés sur un marbre. Pour les besoins des différentes recherches menées, ces appareillages doivent pouvoir occuper précisément deux positions distinctes, séparées d'une distance donnée.

Le sujet porte plus particulièrement sur le dispositif permettant d'effectuer le déplacement entre ces deux positions. Il utilise conjointement des cales pentées permettant principalement d'imposer le déplacement (leurs jeux internes, compte tenu de la précision nécessaire, ne permettent pas dans ce contexte d'expérimentation d'assurer le guidage), et un ensemble de 3 bielles permettant de guider le marbre sur lequel est posée l'instrumentation.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Notice justificative 42 %
- Dessin d'étude de construction mécanique 58 %

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

- |  |       |
|--|-------|
| - Analyse des mouvements du marbre Q1 à Q6 | 8,5 % |
| - Analyse des cales pentées Q7 à Q9        | 4,5 % |
| - Analyse statique Q10 à Q15               | 10 %  |
| - Vérification du moteur Q16 à Q20         | 5,5 % |
| - Résistance des matériaux Q21 et Q25      | 6,5 % |
| - Tolérancement Q26                        | 3,5 % |
| - Joints d'accouplement Q27                | 2,5 % |
| - Matériaux Q28                            | 1 %   |

### COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

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.

Le sujet était difficile à aborder ; c'est pourquoi l'introduction était particulièrement longue. Chaque partie avait pour but d'étudier une sous-partie du système afin de progressivement mieux appréhender ses spécificités. Au final, chaque sous-partie permettait de se focaliser sur un sous-système beaucoup plus accessible du point de vue de sa compréhension.

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 maîtrise pas.

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

Les candidats ont à peu près respecté les consignes indiquées concernant le temps à consacrer à chacune des parties puisqu'ils obtiennent en moyenne 47 % de leurs points sur la notice et 53 % 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 et ne sont que rarement restés bloqués.

La première partie est la mieux traitée du sujet. Elle permettait de comprendre quel est le rôle des bielles dans le guidage du dispositif de déplacement.

Les candidats maîtrisent le plus souvent l'utilisation du torseur cinématique et savent avec méthode déterminer une liaison équivalente par l'utilisation des torseurs cinématiques (70 % des candidats obtiennent la forme correcte du torseur cinématique associé aux deux liaisons rotules en série, mais seulement 25 % pour l'association des deux liaisons ponctuelles en parallèle). Les candidats ne sachant pas mener les calculs savent le plus souvent faire preuve de bon sens pour trouver intuitivement la liaison équivalente.

Les candidats oublient cependant le plus souvent que pour identifier une liaison mécanique, il faut donner le nom de cette liaison, mais aussi les caractéristiques géométriques qui lui sont associées (ils reconnaissent souvent par exemple une liaison ponctuelle, mais beaucoup moins souvent la normale qui lui est associée ; 37 % des candidats fournissent une réponse complète).

On demandait ensuite de déterminer le déplacement transverse imposé par les deux bielles disposées parallèlement. 70 % des candidats parviennent à déterminer la valeur de ce déplacement, mais lorsqu'on demande de conclure sur cette valeur, la plupart fait référence à la précision indiquée dans le cahier des charges, et n'a donc visiblement pas compris que la trajectoire entre les deux positions d'expérimentation importait peu, et qu'il s'agissait ici simplement de comparer ce déplacement transverse au déplacement admissible par les cales pentées.

L'analyse de l'inclinaison à partir d'une courbe a posé en revanche beaucoup de difficultés aux candidats. Les erreurs les plus fréquentes sont deux tracés avec des angles d'inclinaison opposés alors qu'ils étaient identiques sur la courbe fournie, ou une inclinaison dans le mauvais sens : les candidats n'ont pas été vigilants sur l'orientation du repère d'étude. Au final, seuls 15 % des candidats obtiennent un tracé correct.

La deuxième partie, concernant principalement l'étude statique des cales pentées, a mis en évidence des lacunes beaucoup plus inquiétantes.

Le calcul du degré d'hyperstatisme d'une cale pentée est souvent abordé (32 % de bonnes réponses), mais lorsqu'on sort de la simple application d'une formule de cours et qu'on demande aux candidats de faire des propositions d'évolution de modèle pour tendre vers un modèle isostatique, le bon sens mécanique des candidats semble faire défaut. Les solutions proposées donnent souvent des modèles comportant beaucoup plus de mobilités que le modèle initial. Les candidats ne pensent pas à des solutions simples telles que remplacer des guidages longs par des guidages courts.

La mise en place des tolérances demandée dans le sujet montre des difficultés d'utilisation d'un langage normalisé.

Pour aider les candidats dans le traitement de l'étude statique, il était demandé aux candidats de représenter dans un premier temps des actions de contact se faisant avec frottement. Le traitement de cette partie est satisfaisant (64 % de bonnes réponses) ; c'est la suite qui est beaucoup plus inquiétante. Si le modèle de Coulomb est bien maîtrisé, la résolution d'un problème de statique met les candidats beaucoup plus mal à l'aise. La plupart des candidats a du mal à dégager les équations utiles à la résolution du problème posé (seules deux équations issues de deux applications du PFS étaient nécessaires), et, beaucoup plus grave, les candidats ont de grandes difficultés à faire un bilan d'actions qui soit correct : le poids du marbre supérieur s'est ainsi très souvent retrouvé appliqué au coin des cales pentées. Les candidats s'en sortent alors par une pirouette pour résoudre le problème en invoquant une (fausse) symétrie par rapport à un plan horizontal.

Les membres du jury rappellent donc aux candidats les deux points suivants :

- Un problème de statique, aussi simple soit-il, ne peut être résolu correctement que si chaque étape de la démarche suivante est correctement appliquée : choix des solides à isoler – bilan des actions mécaniques extérieures – application des équations utiles issues du PFS ;
- Un problème de statique est symétrique s'il y a symétrie d'un point de vue géométrique mais aussi du point de vue des actions mécaniques.

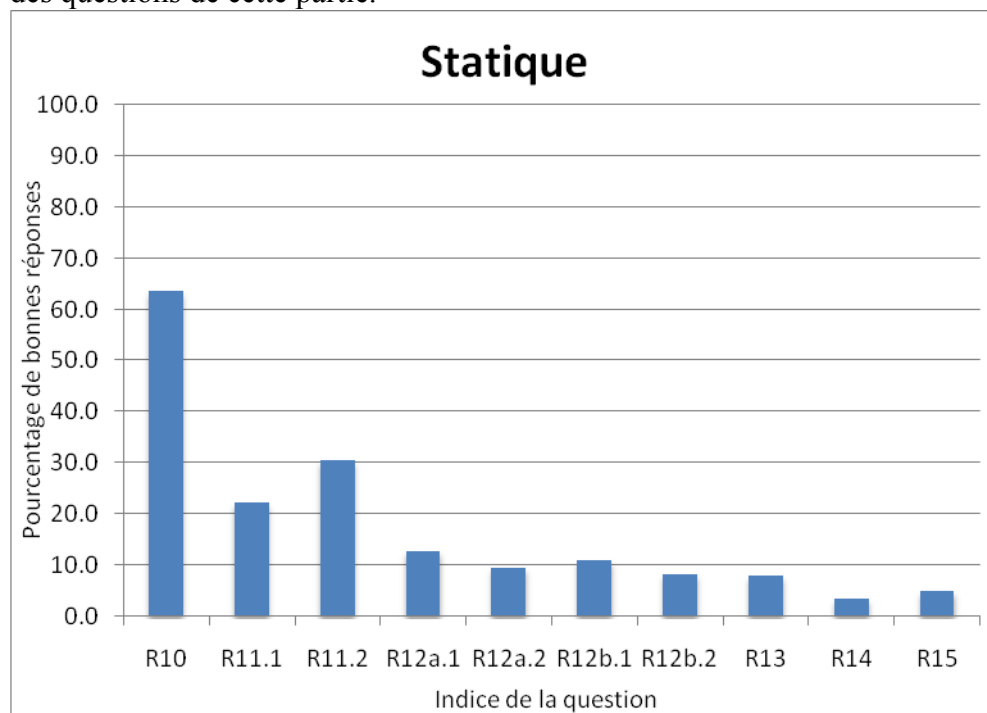
Pour finir, un nombre important de candidats propose d'isoler le marbre inférieur qui représente ici le bâti du mécanisme...

Comme ces questions ont le plus souvent été mal traitées, seuls 10 % des candidats parviennent à obtenir les bonnes valeurs numériques permettant de connaître les efforts moteurs à la montée et à la descente.

Les candidats pensent spontanément au système vis-écrou comme dispositif permettant d'obtenir l'irréversibilité.

Le cycle à hystérésis est visiblement peu connu. En revanche, les candidats font preuve de beaucoup d'imagination lorsqu'il s'agit de donner un nom : cycle nœud papillon, cycle trapèze, cycle de Carnot, cycle Beau de Rochas, cycle Diesel, cycle conservatif, cycle fermé, cycle expérimental, cycle 4 temps...

L'histogramme ci-dessous résume le pourcentage de réponses correctes apportées à chacune des questions de cette partie.





La troisième partie avait pour but de valider le choix du moteur vis-à-vis du cahier des charges, d'abord du point de vue de la résolution, ensuite du point de vue du couple.

On demandait d'abord de trouver la loi entrée-sortie du mécanisme. L'erreur la plus fréquente a été l'oubli du fait que les Airloc superposent deux cales pentées.

45 % des candidats parviennent à définir les bons sens de rotation pour les différents arbres en sortie des boîtiers de renvoi conique, et seuls 12 % donnent le bon sens d'hélice pour les systèmes vis-écrou des Airloc. Ceci est peut-être dû au fait que les candidats manquent de manipulation sur des systèmes réels.

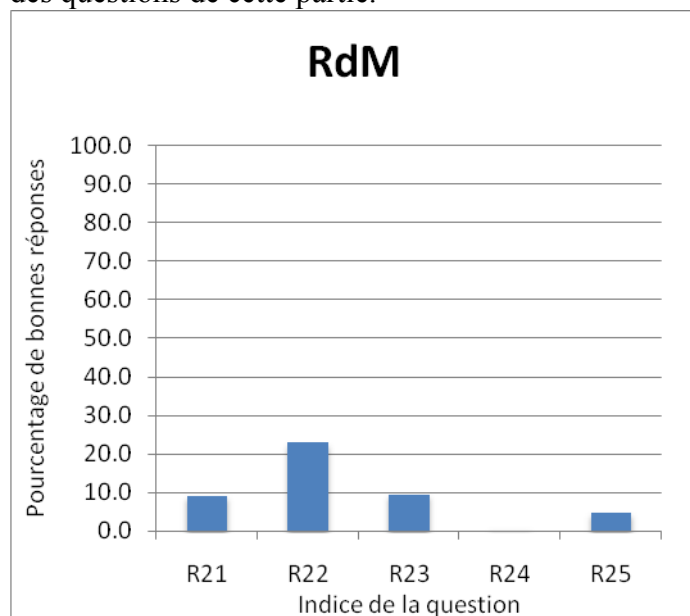
Le calcul du couple moteur est de loin la partie la moins traitée du sujet : les candidats ne pensent quasiment pas à appliquer le théorème de l'énergie puissance qui s'imposait pourtant ici naturellement. Leurs difficultés remontent déjà probablement au fait qu'ils ont le plus souvent du mal à déterminer la loi entrée- sortie : il n'était pourtant plus ici nécessaire d'avoir bien appréhendé le comportement des cales pentées, puisque dans cette question, seuls intervenaient les boîtiers de renvoi conique et les systèmes vis-écrou. Sur cette partie, moins de 1 % des candidats apportent une réponse correcte.

La quatrième partie portait sur l'influence des déformations des bielles et de l'arbre reliant les boîtiers de renvoi conique sur la précision du mécanisme.

Les bielles sont liées à leurs pièces voisines par deux liaisons rotules. Sous les hypothèses énoncées dans le sujet, on se situe donc dans un cas assez classique de traction-compression (solide en équilibre sous l'action de deux glisseurs). Et pourtant, seuls 9 % des candidats expriment la bonne forme de torseur de cohésion.

On s'intéressait ensuite à deux calculs : l'un en traction-compression, l'autre en torsion. Ces deux parties ont mis en évidence la plus grande confusion qui règne dans l'esprit des candidats : calcul en traction en utilisant le moment quadratique, calcul en torsion en utilisant le moment quadratique par rapport à un axe, calcul de la déformation angulaire unitaire au lieu de la déformation totale... La plupart des candidats maîtrise donc mal les formules issues de la résistance des matériaux, ainsi que leur domaine d'emploi.

L'histogramme ci-dessous résume le pourcentage de réponses correctes apportées à chacune des questions de cette partie.



La fin du sujet balayait ensuite plusieurs thématiques du programme qui étaient un peu plus déconnectées de l'étude du système, et de la validation du respect du cahier des charges. Ces

questions s'apparentaient donc plus à des questions de cours même si elles étaient remises dans le contexte du dispositif étudié. Les candidats ont curieusement mieux traité ces questions.

Les spécifications géométriques sont dans leur ensemble bien traitées. L'analyse des éléments réels et des éléments idéaux est le plus souvent bien faite. L'erreur la plus fréquente était l'oubli du fait que la tolérance portait sur les quatre axes de cylindres. En conséquence, l'ensemble des cotes encadrées indiquées n'était pas toujours pris en compte.

En revanche, la signification de spécifications dimensionnelles est très mal maîtrisée (7 % de réponses correctes). On rappelle aux futurs candidats qu'une spécification dimensionnelle porte uniquement sur les dimensions locales (distance entre deux points).

L'analyse des désignations de matériaux est correctement traitée par 50 % des candidats. Le nom exact des matériaux est cependant souvent fantaisiste : le molybdène est donc devenu mobdiline, mobildène, mobtène, mobylène, molebdum, moltène, molybdeline...

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

#### **Remarques générales :**

Les solutions constructives devant être représentées étant des solutions classiques (montages de roulements, liaisons encastrement), les candidats semblent avoir pu exprimer au mieux leurs compétences en dessin de construction mécanique. Dès qu'il est nécessaire d'avoir des pièces d'adaptation ayant des formes moins classiques, les candidats ont alors plus de mal à proposer des solutions satisfaisantes.

#### **Calque 1 :**

Il y avait principalement trois zones à compléter.

- Guidage en rotation des arbres du boîtier de renvoi conique

Il s'agissait de réaliser le guidage en rotation de deux pignons coniques arbrés en utilisant des roulements à rouleaux coniques. Compte tenu de l'implantation imposée des roulements, un montage en « X » pour l'arbre d'entrée et un montage en « O » pour l'arbre de sortie s'imposaient, ce qui a bien été appréhendé par les candidats. On trouve le plus souvent l'existence d'un dispositif de réglage même si la mise en œuvre de celui-ci n'est pas toujours des plus simples. Quelques rares candidats dessinent des paliers lisses au lieu ou en plus des roulements, voire même parfois des surfaces de guidage par contact direct. Heureusement, ces copies sont assez rares. Trop de candidats omettent de préciser les ajustements, qui sont pourtant une donnée essentielle pour assurer le bon fonctionnement.

La notion de réglage du sommet des cônes primitifs des pignons a par contre posé beaucoup plus de difficultés. Les candidats ayant opté pour une solution utilisant un montage en boîtier ont représenté des solutions tout à fait satisfaisantes. Pour les autres, dans le meilleur des cas, il existe un dispositif de réglage, mais couplé avec le dispositif de réglage de précharge dans les roulements. Dans le pire des cas (75 % des candidats), il n'y a pas de dispositif de réglage du tout.

Pour le dessin du carter du boîtier, il fallait proposer des formes adaptées à la réalisation d'une pièce de fonderie. Il a donc été tenu compte du respect de règles tels que des épaisseurs adaptées pour le moulage, les plus constantes possibles, des formes facilement moulables. Le tracé devait également permettre de faire apparaître distinctement les surfaces brutes et les surfaces usinées.

Pour l'étanchéité, la plupart des candidats a bien proposé l'utilisation de joints à lèvres. Ici, la lubrification se faisant à la graisse, il fallait penser à orienter les lèvres des joints vers l'extérieur du boîtier (17 % des candidats ont proposé la bonne orientation).

- Accouplement rigide par plateaux avec l'arbre intermédiaire

La représentation de la solution proposée est souvent trop approximative : des boulons dont le diamètre nominal est identique au diamètre des trous de passage dans lesquels ils sont implantés, des rainures de clavette dans un alésage non débouchantes, l'utilisation de pions de centrage alors que le centrage est déjà réalisé par un centrage court, des formes laissant apparaître deux appuis-plans distincts... Les candidats doivent être plus vigilants à appliquer des règles de tracé montrant qu'ils ont bien conscience de la manière dont seront fabriquées les pièces qu'ils proposent, et que l'ensemble sera bien montable.

- Accouplement par frette conique

Les candidats sont moins habitués à représenter ce type de solutions que la précédente. On trouve alors beaucoup plus de solutions aberrantes : des frettes coniques montées dans le vide, des frettes coniques montées dans le manchon d'entrée du joint de cardan, alors que la rainure existant dans celui-ci suggérerait largement l'utilisation d'une pièce intermédiaire pour laquelle l'entraînement en rotation se fait par une clavette.

Au final, quelques candidats proposent une solution globalement tout à fait satisfaisante fonctionnellement, mais aussi du point de vue des formes des pièces, ce qui est très appréciable compte tenu de la densité du sujet tant dans la partie notice que dans la partie de dessin de construction.

## **Calque 2 :**

Cette partie située tout à fait en fin de sujet a été naturellement moins abordée. Un nombre non négligeable de candidats propose cependant des solutions intéressantes. C'est la liaison de la bielle avec la rotule qui a posé le plus de difficultés puisqu'elle nécessitait l'emploi d'une ou plusieurs pièces d'adaptation pour tenir compte de l'importante différence de diamètre. Les solutions proposées ont été souvent assez peu réalistes.

En revanche, la liaison de la rotule avec les paliers a été plutôt bien traitée. Le plus souvent, les candidats ont bien fait attention à centrer les différents composants et à annuler le jeu axial. Ils n'ont par contre une fois de plus pas le réflexe d'indiquer les ajustements pour préciser les jeux radiaux.

La liaison du palier avec le marbre devait se faire simplement par un appui-plan. Effectivement, le positionnement dans la direction de la bielle n'a pas d'intérêt puisque la bielle est de longueur réglable. Un positionnement dans la direction transverse est même gênant puisqu'il complique alors la liaison palier/rotule obligeant alors à avoir un dispositif de réglage du jeu axial.

## **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 (roulements, joints à lèvres, éléments de visserie...), et indiquer les jeux fonctionnels ainsi que les ajustements.

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

Ne pas appliquer systématiquement des solutions types (par exemple lorsqu'un encastrement par appui-plan est demandé, ne pas immédiatement proposer une solution de type appui-plan + pieds de centrage) 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, application du théorème de l'énergie puissance, interprétation de tolérances au sens de la norme, désignation des matériaux, réalisation des liaisons élémentaires (encastrement, pivot), représentation de la visserie...

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 : ÉTUDE D'UN TRAIN D'ATTERISSAGE AVANT**

Durée : 6 heures

**PRESENTATION DU SUJET**

Le sujet porte sur l'étude et la réalisation d'un train d'atterrissage avant d'aéronef. Les auteurs du sujet remercient la société Messier Dowty pour son aide dans la conception de ce sujet.

Les poids relatifs de différentes parties du sujet sont :

- Partie 1 : Etude des cycles de rentrée et de sortie du train	13 %
- Partie 2 : Etude du système	15 %
- Partie 3 : Etude de fabrication du caisson	35 %
- Partie 4 : Etude du pivotement de l'axe des roues	12 %
- Partie 5 : Etude de la conception du compas	25 %

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

- Automatismes et Grafset	13 %
- Étude Cinématique graphique	7 %
- Étude Mécanique et Statique	10 %
- Théorie des mécanismes	13 %
- Analyse de spécifications	8 %
- Étude de fabrication	18 %
- Matériaux et procédés	8 %
- Conception	23 %

**COMMENTAIRES GENERAUX**

Le sujet a été conçu de manière à ce que les candidats puissent répondre à l'ensemble des parties avec un niveau de difficulté abordable. Beaucoup de candidats ne s'aventurent pas au delà de la première question quand ils éprouvent des difficultés alors que les questions suivantes peuvent être relativement simples et abordables. Le jury rappelle donc qu'il est préférable de lire le sujet en entier avant de commencer.

De même, Les candidats fuient devant une difficulté apparente ou des questions originales comme celles proposées au sujet de l'utilisation du torseur des petits déplacements pourtant accessibles.

Il faut noter que de nombreux candidats ne répondent pas toujours précisément aux questions posées et proposent des réponses, certes intéressantes, mais sans rapport avec la problématique du sujet. Ce genre de comportement ne rapporte malheureusement aucun point et leur fait perdre un temps précieux. Dans un même esprit, les explications sont parfois très floues et alambiquées et montre un manque de maîtrise technique et scientifique de la part du candidat. Le jury attend donc des réponses précises, concises et illustrées aux questions de culture scientifique et technique.

Malgré les mises en garde du jury sur la présentation des copies, il reste encore de très nombreuses fautes d'orthographe et certaines copies ont une écriture parfois illisible à la limite du corrigé. Savoir s'exprimer clairement par écrit, utiliser un vocabulaire technique et précis est un acte essentiel pour leur future vie professionnelle.

## COMMENTAIRES SUR CHAQUE PARTIE DE L'ÉPREUVE

### Remarques sur la Partie 1 :

La présentation des phases de rentrée et de sortie du train d'atterrissage comportait une erreur. En effet, le texte indiquait que la sortie du train correspondait à la sortie du vérin de déploiement au lieu de sa rentrée.

Malgré cela, la partie a été globalement bien traitée en ce qui concerne les comportements. Par contre beaucoup de confusions sur les divergences en OU et en ET. Peu de candidats connaissent la syntaxe d'une temporisation.

### Remarques sur la Partie 2 :

En ce qui concerne l'analyse du système, une très grande majorité sait construire un graphe des liaisons. Les formules de calcul de l'hyperstatisme sont connues (ou stockées dans les calculatrices), mais beaucoup d'erreurs d'applications conduisent à des erreurs, notamment à cause du nombre de mobilités bien que celles-ci soient indiquées sur le document ressource. Les propositions des modifications du schéma conduisent trop souvent à des mécanismes qui ne transmettent plus correctement les mouvements du système.

Pour la cinématique graphique, seules 10% des copies sont satisfaisantes. Une grande partie des candidats a eu du mal à commencer et n'a rien fait ou a proposé une vitesse du point I dans l'axe du vérin. Quelques confusions avec de la statique graphique ont été constatées. Visiblement certains candidats ont fait de la cinématique graphique durant la préparation au concours et d'autres non.

### Remarques sur la Partie 3 :

Très peu de candidats (< 3%) donnent une définition correcte d'une spécification dimensionnelle. En ce qui concerne les spécifications géométriques, la philosophie semble comprise pour beaucoup de candidats. Par contre le vocabulaire associé l'est beaucoup moins. On note une nette diminution de l'utilisation du critère des moindres carrés pour associer un élément théorique mais toujours très peu de critères « minimax ». La tolérance de symétrie n'a été que très peu traitée.

La définition du matériau mène à tout et n'importe quoi : acier allié, alliage à 6% d'aluminium, fonte, étain, titane, zamak ... La notion de couple matériaux/procédés est loin d'être acquise. Trop de candidats mélangent fonderie et forge, et ceux qui ne se trompent pas avec la fonderie décrivent le procédé de forgeage d'une pièce aéronautique de moyenne série avec un marteau et une enclume. Pour la grande majorité, les candidats proposent tout ce qu'ils savent en dehors du contexte proposé par le sujet et laisse le soin aux correcteurs de faire le tri, ce qui ne rapporte pas de point.

Les fonctions de service à assurer par le porte pièce sont plutôt bien connues. La modélisation des liaisons donne très souvent un résultat hyperstatique, les candidats ne savent pas ce qu'est un montage isostatique et pourquoi il doit l'être.

La partie sur les petits déplacements n'a quasiment pas été traitée. Pourtant, celle-ci ne présentait pas de difficultés et ceux qui s'y sont essayé ont récupéré des points. La confusion sur cette question provient du fait que les candidats pensent que le déplacement tangentiel dans une liaison ponctuelle, linéaire rectiligne ou plane est problématique.

La partie fabrication par usinage est en grande majorité mal traitée. Sur cette partie procédé, les connaissances sont absentes, le vocabulaire employé n'est ni technique ni scientifique, les dessins d'outil montrent qu'ils n'en ont jamais vu et les ordres de grandeurs des conditions de coupe sont très souvent faux.

#### **Remarques sur la Partie 4 :**

Cette partie comportait une erreur sur le point d'application du torseur des actions extérieures sur le compas supérieur et beaucoup de candidats ont relevé à juste titre l'erreur du sujet. Certains candidats ont fait de bonnes choses mais l'erreur dans le sujet a du décourager un grand nombre de candidats. La première question de statique a été plutôt bien traitée mais la deuxième beaucoup moins. Certains candidats n'ont aucun scrupule à proposer des résultats dont l'ordre de grandeur est complètement aberrant. Il est dommage que beaucoup de candidats n'aient pas traité les questions 3 et 4, qui étaient découplées du début et qui abordaient des notions relativement simples. La question sur les liaisons entre le piston de gauche et de droite avec la crémaillère est rarement bien traitée, elle a donné lieu à des réponses évasives sur un degré d'hyperstatisme à réduire, voir à des justifications très farfelues.

#### **Remarques sur la Partie 5 :**

La connaissance et la justification de l'utilisation des paliers lisses sont loin d'être connus par les candidats. Malgré le choix imposé de paliers lisses, certains candidats dessinent des roulements. Pratiquement tous les candidats (90%) ont dessiné quelque chose.

Mais cette partie pose un réel problème de conception. Sans se focaliser sur le réglage de jeu, la lubrification, ..., la plupart des liaisons n'étaient pas viables !

Voici les points les plus choquants car vus de multiples fois :

- des liaisons non montables,
- des liaisons où les coussinets a priori serrés dans l'alésage se font pincer par des écrous qui les bloquent sur l'arbre,
- l'arbre se réduit parfois à une grosse vis à tête hexagonale dont la partie filetée participe en plus au guidage des paliers,
- des coussinets sans collerette où l'on voit mal comment supporter les charges axiales.

Les liaisons pivot et rotule sont souvent des liaisons pivots glissants et linéaires annulaires. La contrainte de démontage rapide pour la liaison compas inférieur / compas supérieur n'a pratiquement jamais été prise en compte.

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

Le sujet est généralement long, le candidat a donc intérêt à faire une première lecture rapide du sujet pour prendre connaissance du problème dans sa globalité et repérer les parties qui lui semblent les plus abordables. Au vu de l'éventail des questions posées, le candidat doit avoir un esprit large et polyvalent, et doit être capable d'adapter ses connaissances au système étudié, mais aussi, doit être rapide et efficace compte tenu de la durée de l'épreuve.

Un effort particulier devra être fait sur la rédaction, la concision et la clarté des explications. Ne pas hésiter à encadrer les résultats et faire un schéma.

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.