

## 5 - EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES

### 5.1 - Épreuves écrites - filières MP et PSI

#### I) REMARQUES GENERALES

##### Support

L'appareil présenté comme support de ce sujet équipe un porte-avions expérimental.

Ce système récent et exclusif a été testé avec succès, et jusqu'à cette date, il n'a pas présenté de défaut majeur.

Son originalité garantit l'aspect inédit des questions proposées pour un sujet de concours, et sa nouveauté caractérise l'aspect science de pointe de l'enseignement des Sciences Industrielles dans les programmes des nouvelles filières.

Comme tous les sujets proposés ces dernières années, les questions forment un ensemble cohérent qui répond à une série progressive de problèmes concrets que l'application simple des lois de la mécanique et de l'automatique résout peu à peu.

##### Sujet

Articulé autour de 3 problèmes principaux, l'énoncé du sujet aborde presque tous les chapitres du programme des nouvelles filières de S.I.

##### a) Etude du comportement du navire

L'étude système répartit entre trois opérateurs trois mouvements du navire

(safran  $\Rightarrow$  lacet, ailerons  $\Rightarrow$  roulis, trains  $\Rightarrow$  gîte)

Un calcul de cinématique détermine l'influence relative des composantes angulaires de ces mouvements sur la mesure du vent réel, et par une construction graphique, le candidat pouvait apprécier la valeur relative du vent apparent.

La statique et l'hydrostatique déterminent l'influence du module de stabilité transversal.

La dynamique quantifie l'angle de gîte lors des manœuvres et détermine le déplacement des trains pour maintenir la plate-forme en position horizontale.

##### b) Etude du système de commande et de calcul

Une étude séparée de la chaîne fonctionnelle trains et ailerons facilite le calcul, ainsi le comportement des éléments constitutifs de chaque chaîne se calcule par les lois des asservissements.

Cette distinction se justifie ensuite par leur complémentarité fonctionnelle et la position distincte des plages de fonctionnement de chacune.

##### c) Etude de la partie mécanique de COGITE

Après identification des éléments concrets constitutifs de la partie opérative de cette chaîne, l'énergétique permet de comparer leur influence relative sur l'inertie totale, et elle détermine la puissance nécessaire au déplacement d'un train.

La logique combinatoire donne les expressions booléennes nécessaires au câblage des capteurs de contrôle de la position des trains.

##### d) Recherche de solutions (pour la filière PSI uniquement)

L'énergétique justifie le choix entre les deux solutions de forme de masses testées.

L'expérience pratique acquise en TP permet de percevoir des solutions, et les moyens de communication technique appris lors des TD et TP assurent leur présentation correcte, indispensable à tout ingénieur et chef d'entreprise pour répondre à un appel d'offre créatif.

A chaque chapitre, une synthèse des résultats est proposée afin d'amener le candidat à raisonner de façon globale sur l'ensemble du système étudié, en rapport avec les conditions spécifiques et générales du fonctionnement présenté.

(Par exemple, la question II.3.2 invite le candidat à résumer les résultats concernant les plages de fonctionnement de chaque actionneur et à les comparer à la question I.1.1 qui, dès le début, propose une réflexion globale sur les actions et interactions de chaque opérateur)

Ainsi cette épreuve, plus que toute autre, juge des aptitudes de synthèse des candidats. De plus, elle fédère les connaissances acquises dans plusieurs disciplines (hydrodynamique, stabilité des coques de navire, etc...), elle développe chez les étudiants la créativité et l'approche constructive du concret.

### **Réponses**

La longueur du sujet ne permettait pas aux candidats de s'exprimer dans chaque chapitre dans la limite du temps imparti à l'épreuve.

L'énoncé précisant que les questions sont organisées au sein d'une progression logique, les candidats ont jugé préférable de traiter les réponses dans l'ordre.

Ainsi, les dernières questions ont rarement été abordées. (Automatique combinatoire des capteurs du contrôle de la position des trains pour la filière MP, et la recherche de solutions nouvelles pour la filière PSI).

Conscients de la vigilance des correcteurs à apprécier des réponses complètes et structurées, les candidats ont apporté un peu plus de soin que les années précédentes à rédiger clairement leurs idées et à présenter lisiblement leurs calculs.

La qualité des réponses, comme la quantité du nombre de résultats justes, ont permis de classer les copies avec une large plage de notes dont l'écart type est significatif d'une épreuve sélective où les candidats à la tête bien faite se distinguent aisément de ceux qui n'ont que la tête bien pleine.

Analysons plus particulièrement l'attitude des élèves à travers leur réponse aux différentes questions.

## **II) REMARQUES PARTICULIERES**

### **II.1) Etude du comportement du navire**

Peu familier de la schématisation SADT, la plupart des candidats répondent sans respecter les règles essentielles, comme la cohérence du nombre d'entrées et sorties entre F3 de A0 et le développement A3 de la même fonction.

Mis à part ceux qui ont mal lu l'énoncé et qui ont projeté la résultante du mouvement cinématique du navire dans la base fixe 0 au lieu de N, tous les candidats ont bien répondu à l'étude des mouvements du navire.

Les souvenirs des cours de navigation ont pu aider certains lors de la construction graphique des vecteurs vitesses.

Bien que présenté avec des questions préalables en vue de simplifier la réponse par une approche progressive, la recherche du module de stabilité transversale n'a pas été terminée par les différents candidats.

Seulement, un petit tiers des candidats ont terminé le calcul de dynamique du I.3.2 (avec des calculs lourds qui ne tiennent pas compte des variables données nulles par l'énoncé).

Rendu plus simple, puisque le PAN étant ramené à l'horizontale d'autres variables s'annulent, très peu de copies présentent la détermination de  $q$  et de  $V_M$  par les lois de la dynamique du I.3.3.

Encore une fois, nous avons pu constater les lacunes en dynamique des futurs ingénieurs.

Une perle montre les références limitées des candidats : « Il faut bien mettre en garde les ingénieurs sur la nécessité d'empêcher les 12 trains de se trouver sur le même bord en même temps sous peine de dessalage » !

### **II.2) Etude du système de commande et de calcul**

Simple applications directes du cours, les deux premières questions ont été correctement perçues par tous les candidats.

Avec une appellation pouvant influencer vers l'erreur, les courbes asymptotiques des filtres  $Bf(p)$  et  $Hf(p)$  ont souvent présenté un filtrage différent de la réponse attendue.

La détermination graphique de la marge de phase et du facteur de gain, sur le lieu de Black, pour optimiser la stabilité et la précision de la chaîne fonctionnelle n'a pas posé de difficulté à la majorité des candidats.

Nous avons noté quelques erreurs dans la représentation graphique des courbes de Bode.

Si la plupart des candidats ont bien perçu la différence de fonctionnement des deux chaînes, très peu ont su exprimer à partir du tracé précédent de  $D2(p).H0(p)$  qu'il y avait un filtrage des fréquences d'intervention des ailerons, donc une séparation en deux zones d'intervention distinctes pour chacune des chaînes.

### **II.3) Etude de la partie mécanique de COGITE**

La répartition des différents éléments fonctionnels de la partie opérative de COGITE en trois types de constituants ont entraîné les candidats vers une approche système plus technologique et une préparation moins abstraite qu'une simple épreuve de physique appliquée.

Les questions suivantes de recherche d'inertie équivalente et de puissance de démarrage des trains ont permis de juger des aptitudes des candidats à une perception des données énergétiques et de quantification des performances.

L'étude de la précision nous a permis de relever les plus grosses perles à propos des lacunes ou oublis de la géométrie la plus élémentaire :

*« Le nombre de tours est le résultat de la division de la longueur de câble déroulé par le rayon du treuil ».... !*

La partie étude combinatoire du câblage des capteurs de position est, en fin d'épreuve, celle qui a été le moins abordée par les candidats, particulièrement de la filière MP.

Pourtant, les expressions logiques demandées ne présentaient pas de difficulté particulière.

Certains candidats n'ont pas vu, ou ont oublié, la particularité du OU exclusif qui est signifié dans les tableaux de Karnaugh composés de 0 et de 1 en damier. Le résultat plus long et moins élégant des autres méthodes de regroupement de 1 n'a pas été pénalisé par les correcteurs.

Que dire des candidats qui complètent la table de vérité à 20 combinaisons différentes avec seulement 4 variables ?

### **II.4) Recherche de solutions (pour la filière PSI uniquement)**

Il n'est pas étonnant de comprendre l'erreur initiale dans le choix de la forme des masses, effectuée par l'entreprise qui a sous traité l'étude et la construction du SATRAP, lorsque l'on lit les réponses de quelques candidats (futurs ingénieurs) qui sont arrivés jusqu'à la question IV. Une petite dizaine de préparateurs, seulement, a pensé à la différence de dépense énergétique ( $\times 1,5$ ) nécessaire pour entraîner une masse roulante en roulement sans glissement en comparaison de celle demandée par un objet prismatique guidé sur des roues légères.

Le manque d'esprit pratique des candidats au métier d'ingénieur est ainsi caricaturé par cette lacune de justification attendue du choix final du constructeur.

La plupart des candidats qui ont répondu à l'amélioration du débattement des trains ont pensé à une forme en U du parcours afin de ranger les trains le long du bord du navire.

Le manque de culture technologique et d'expérience constructive des élèves de la filière du bac S se ressent dans les propositions fantaisistes relevées parmi les solutions nouvelles (des engins propulsés à la vapeur, en lévitation magnétique ou se déplaçant dans des tubes tels des messages pneumatiques...).

(Il suffit de placer un gaz à la limite de solidification. En le refroidissant on obtiendra un solide plus lourd qui fera contrepoids. ...).

Un seul a pensé à un empilement vertical de plaques moins lourdes que les masses du train afin d'utiliser la hauteur des flancs du navire.

Quelques masses pendulaires ...

Beaucoup de candidats se limitent au changement de mode transmission de mouvement pour l'entraînement du train en translation (système vis écrou, pignon crémaillère, etc ...)

Cette question fondamentale pour juger l'ingéniosité des candidats est payée par un nombre de points très important. Aussi, est-il regrettable de voir si peu d'élèves prêts à répondre correctement à un agencement aussi simple de déplacement de masses.

### **III) CONSEILS AUX CANDIDATS**

L'épreuve de sciences industrielles est complémentaire des autres épreuves scientifiques ; elle doit donc juger parmi les aptitudes des candidats celles qui sont plus spécifiques à cette discipline.

L'*approche système* juge, plus particulièrement parmi les facultés attendues du candidat, celle de synthèse globale d'un mécanisme, ainsi que le mode de réflexion pour aborder chaque partie et sous partie qui le compose.

La notion de valeur ajoutée par rapport au flux de matière d'œuvre et d'énergie ne doit pas être oubliée au profit de l'amélioration d'une simple caractéristique d'un constituant.

La *créativité* indissociable de l'aptitude aux calculs, s'apprend lors des multiples séances de travaux pratiques et durant les loisirs. Pour cela les candidats doivent éveiller leur curiosité et s'informer dans le domaine des mécanismes concrets. Le principe de fonctionnement des systèmes classiques de transmission et de transformations de mouvement (bielle-manivelle, roue et vis sans fin) ou des procédés d'asservissement (régulateur à boules, .... ) doit être connu.

Les parties du cours de première année, spécifiques au programme de la filière PSI, qui développent plus particulièrement *l'aspect matériel et concret* des constituants de mécanisme ne doivent pas être oubliées. Cette formation apparaît également durant les différentes séances de travaux pratiques au laboratoire de SI, qu'il faut employer efficacement afin d'enrichir sa mémoire des déplacements et efforts engendrés dans les mécanismes courants pour en déduire la méthode la plus courte (et souvent la plus élégante) qui permette de déterminer les inconnues cinématiques et dynamiques.

Les colles de SI devraient également être utilisées pour approfondir, individuellement, les connaissances de chaque candidat sur le *fonctionnement réel* des appareils étudiés avant d'aborder leur modélisation.