

## ÉPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES B

Etude de pré-conception d'un épandeur agricole monocoque surbaissé

Durée : 6 heures

### PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet porte sur un système agricole destiné à assurer l'épandage d'amendements solides et semi-solides sur champs dans le milieu agricole. Le système est constitué par un épandeur qui est mécaniquement tracté par un tracteur, ce dernier n'étant pas le sujet de l'étude. L'épandeur doit assurer plusieurs exigences dont certaines nécessitent la transmission de la puissance mécanique du tracteur vers des sous-systèmes de l'épandeur. Le contexte industriel et le fonctionnement global du système sont présentés en introduction du sujet.

L'épreuve est divisée en trois sous-parties dont chacune est consacrée à la validation d'une sous-exigence. La première partie portait sur l'optimisation du positionnement de l'essieu de l'épandeur vis-à-vis de plusieurs critères, en particulier de transmission des efforts, et se terminait par l'étude de la résistance du timon dans le cadre d'un modèle de théorie des poutres. La seconde partie était consacrée à la transmission de puissance vers le fond mouvant ayant pour fonction d'entraîner l'amendement tout en contrôlant le débit, avec pour objectif final le choix d'un réducteur et d'un moteur hydraulique. La troisième partie visait à valider les choix technologiques nécessaires aux rotors de distribution de l'épandeur, au travers de l'étude cinématique du mouvement de distribution, de l'architecture du boîtier d'entraînement et de son accouplement avec l'arbre de sortie, et de la conception du montage de roulement de l'arbre de sortie.

**Remarque :** pour la 2<sup>e</sup> année, l'épreuve de Sciences Industrielles B est conçue sur un nouveau format. La partie conception graphique, qui représentait jusqu'en 2022 un peu moins de la moitié des points du barème, a disparu au profit d'une notice plus longue. Cette notice se concentre sur la modélisation pour la conception et l'innovation de systèmes mécaniques. Les compétences attendues s'appuient sur les connaissances en technologie de construction mécanique, ainsi que sur l'application de règles et de critères de conception, afin de guider le choix et le dimensionnement de solutions techniques. Un aspect important consiste en la comparaison de solutions sur des critères en lien avec un cahier des charges afin de réaliser une innovation incrémentale du système.

Les poids relatifs des différentes parties du sujet sont :

- Optimisation de la position de l'essieu, Q1 à Q13	23%
- Dimensionnement de la motorisation et de la chaîne de transmission de puissance du fond mouvant de l'épandeur, Q14 à Q38	39%
- Dimensionnement de la chaîne de transmission de puissance des rotors de distribution verticaux, Q39 à Q62	38%

### COMMENTAIRE GÉNÉRAL SUR L'ÉPREUVE

Le sujet est structurellement long (18 pages), les candidats peuvent ainsi s'exprimer sur un large panel de leurs compétences et montrer leur capacité à aborder un problème dans sa globalité. Il est conseillé de parcourir l'ensemble du sujet et des documents ressources en début d'épreuve afin d'en comprendre la structure et de visualiser les informations fournies dans les documents. Les calculatrices étant interdites, certaines applications numériques demandent une aptitude à effectuer des approximations raisonnables pour pouvoir atteindre le résultat. Lors de l'évaluation des copies, une tolérance de quelques pourcents est appliquée sur la précision des résultats numériques obtenus.

Il est à noter que les valeurs numériques données aux candidats pour réaliser les applications numériques sont généralement choisies pour que les calculs se réalisent facilement.

Le sujet ne semble pas avoir posé de difficulté particulière de compréhension pour les candidats. Toutes les questions posées étaient 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. Le jury a constaté que malheureusement, elles ne sont pas maîtrisées par bon nombre de candidats. Dans ce contexte, les candidats ont su profiter des parties, sous-parties et questions indépendantes à l'intérieur de chaque partie. Bien que plusieurs résultats intermédiaires soient fournis, certaines parties ou sous-parties sont restées intégralement non traitées par certains candidats, notamment la fin de la partie 2 ou de la partie 3.

Les candidats sont bien sûr familiers de ce format d'épreuve avec cahier réponse. Néanmoins, encore beaucoup de candidats ne répondent pas précisément à la question posée alors que le raisonnement semble juste. Ceci les pénalise fortement. Par exemple, certains candidats donnent une expression littérale au lieu de l'application numérique demandée, ou inversement ; d'autres n'expriment pas les résultats en fonction des quantités demandées ou n'effectuent pas leurs applications numériques dans l'unité demandée ; pour d'autres, lorsqu'une justification est demandée, quelques mots ou phrases vagues sont fournies au lieu d'expliquer précisément et scientifiquement les raisons justifiant le constat effectué.

Le jury constate également que trop souvent, lorsqu'une application numérique fournit un ordre de grandeur « loufoque » (soit par suite d'une erreur de calcul, soit par la conséquence d'une erreur d'unité), cela ne semble pas éveiller les soupçons du candidat, qui poursuit sans commenter, alors que cette erreur, facilement détectable, peut potentiellement avoir des conséquences sur les applications numériques ultérieures.

## **ANALYSE PAR PARTIE**

- **Optimisation de la position de l'essieu, Q1 à Q13**

Cette première partie a été traitée correctement par environ la moitié des candidats.

La première sous-partie étudiait l'optimisation de la position de l'essieu de l'épandeur à la vue de plusieurs critères imposés par des exigences : interférence avec le tracteur, report de charge sur le tracteur, adhérence du tracteur... Au début de cette partie, beaucoup de candidats ont eu du mal à justifier précisément les dimensions ainsi que la position du centre de gravité du système. Le bilan des actions mécaniques et le calcul analytique des forces impliquées ont dans l'ensemble été correctement réussis, ainsi que la traduction graphique des différents critères calculés ou fournis. Cependant beaucoup de candidats ont rencontré des difficultés à dresser une synthèse claire pour effectuer le choix demandé.

La deuxième sous-partie était consacrée à l'étude de la résistance du timon sous les hypothèses classiques de la théorie des poutres. L'analyse simple du solide soumis à 3 forces a été insuffisante pour beaucoup de candidats, certains ayant mal appréhendé le système isolé, ou se trompant sur le sens, voire sur la direction des forces impliquées. Si les éléments du torseur de cohésion ont dans l'ensemble été correctement établis, le lien avec les sollicitations « poutre » (réussi par environ 60% des candidats) et le tracé des diagrammes des composantes du torseur de cohésion (réussi par seulement un quart des candidats) semblent avoir posé plus de difficulté aux candidats, tout comme le lien avec les contraintes mécaniques dans la poutre.

- **Dimensionnement de la motorisation et de la chaîne de transmission de puissance du fond mouvant de l'épandeur, Q14 à Q38**

Cette seconde partie n'a été traitée correctement en moyenne que par un tiers des candidats.

Dans la première sous-partie, les calculs du couple nécessaire sur les noix, basés sur un modèle de frottement de Coulomb, ont été correctement réussis. Cependant les relations cinématiques basées sur le débit de matière à distribuer et la transmission par chaîne ont posé des difficultés à deux tiers des candidats, dont certains n'ont pas su établir la relation entre la vitesse d'avance et la vitesse de rotation des noix, ou l'expression de la puissance fournie aux noix en fonction du couple et de la vitesse de rotation demandée en fin de la deuxième sous-partie.

Dans la troisième sous-partie, consacrée au calcul de la puissance hydraulique et de la cylindrée nécessaires en l'absence de réducteur, la réussite est tombée en dessous de 30%.

Sur ces deux sous-parties, en particulier, beaucoup de candidats ont éprouvé des difficultés dans les conversions d'unités, ainsi que dans la manipulation des rendements, qui sont parfois inversés, voire sommés entre eux.

Dans les deux dernières sous-parties, réussies à environ 35%, beaucoup d'erreurs ont été commises dans les relations qui impliquaient les rapports de réduction et/ou les rendements énergétiques. Le jury a noté des confusions entre les deux types de notions et dans leurs manipulations, certains candidats effectuant la somme des rendements ou même des rapports de réduction et des rendements.

Le jury a également constaté une difficulté à restituer par un schéma cinématique adéquat (question 31) le fonctionnement du réducteur, certaines liaisons et engrenages étant mal modélisés, leurs axes ou direction non respectées, ou même absents du schéma.

- **Dimensionnement de la chaîne de transmission de puissance des rotors de distribution verticaux, Q39 à Q62**

Cette partie n'a recueilli que 25% de réussite en moyenne avec plusieurs questions restées non traitées, les candidats ayant généralement préféré traiter les autres parties.

Dans la première sous-partie, si les candidats ont globalement bien compris la modélisation proposée, ils ont eu plus de mal à calculer précisément et à tracer la vitesse dans le bon repère. Certains ont réussi à établir les équations de la trajectoire et à prendre du recul sur la faisabilité d'une résolution par une méthode analytique ou numérique. Cependant les choix de modélisation ont été plus difficiles à justifier (changement de phase au moment de la chute libre, position initiale utilisée, compréhension de l'exigence). Dans l'ensemble, le tracé d'une proposition d'architecture pour le boîtier (question 50) a posé beaucoup de difficultés aux candidats.

Dans la dernière sous-partie, le calcul de l'accouplement par clavette ou cannelure a été réussi par moins de 20% des candidats. Ici encore, le jury regrette des expressions analytiques dont les unités ne sont pas homogènes, ainsi que des applications numériques totalement « hors norme » sans commentaire éclairé.

Enfin, l'analyse de solution technologiques (montage de roulements, étanchéité) a souvent été incorrecte. Plusieurs résultats intermédiaires étaient fournis, ce qui a permis aux candidats de gagner quelques points sur la fin du sujet. Mais le jury a noté très peu de copies dans lesquelles cette dernière sous-partie était résolue avec une continuité satisfaisante.

## **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

Écrire lisiblement, assez gros et avec une encre pas trop claire. Marquer suffisamment les tracés au crayon sur les schémas et tracés.

Parcourir l'ensemble du sujet en début d'épreuve afin d'en comprendre l'organisation et la logique, mais aussi afin d'aller chercher les parties dans lesquelles ils se sentent le plus à l'aise.

Répondre précisément aux questions posées en différenciant bien expression littérale et application numérique. Donner les expressions littérales en fonction des variables spécifiées dans la

question. Donner le résultat des applications numériques dans l'unité requise dans le sujet. Même lorsque le sujet impose l'unité, la spécifier systématiquement dans les cadres réponses.

Effectuer, autant que faire se peut, les applications numériques 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 ? L'unité du résultat fourni a-t-elle la bonne dimension ?

Connaître et maîtriser les connaissances de base : isolement d'un solide, bilan d'actions mécaniques, tenseur de cohésion, formules de résistance des matériaux, application du PFS, du PFD, du théorème de l'énergie cinétique... Connaître également les hypothèses en méthodologies nécessaires à leur bonne utilisation.

Maîtriser les outils de communication techniques (schéma cinématique et plan d'ensemble) ainsi que le vocabulaire élémentaire nécessaire de la conception mécanique (par exemple : vis, écrou, joint d'étanchéité, accouplement, arbre, taraudage, ...).