

Sciences (Arts et Métiers)

Présentation du sujet

Modification pour la session 2023

Suite à la parution des nouveaux programmes de CPGE tous les sujets ont été revus et mis en adéquation avec les nouveaux référentiels. Tous les sujets présentent maintenant une trame commune : ils sont rédigés en trois parties : présentation du système, analyse fonctionnelle du système étudié et enfin une partie de modélisation. La première partie permet une présentation du système aux candidats, la seconde permet une analyse globale du système et l'analyse d'un composant ou sous-système enfin la dernière partie consiste en l'exploitation d'une modélisation donnée et une proposition d'une modélisation par le candidat.

Objectifs de l'épreuve

Les objectifs de cette épreuve sont de confronter les candidats au réel, d'apprécier leur capacité à mobiliser ses connaissances théoriques dans différents domaines de la physique (mécanique, électricité, thermodynamique, ...) et à les appliquer sur un système réel fourni lors de l'épreuve.

Dans cette épreuve les compétences générales évaluées sont : analyser, modéliser, résoudre et communiquer. Ces compétences sont à mobiliser afin d'expliquer le fonctionnement d'un système et en justifier les performances. Il s'agit d'identifier des phénomènes physiques et leur mise en œuvre pratique dans un système ou sous système de type industriel ou grand public.

Les pré-requis strictement nécessaires à l'épreuve sont liés aux enseignements de Physique des 2 années, ainsi que de Sciences Industrielles du 1er semestre de 1e année, **quelle que soit l'option et la filière**.

Organisation de l'épreuve

Phase de préparation (30 min)

Les candidats sont dans une salle de préparation séparée de la salle d'examen, le jury n'intervient pas durant cette préparation.

Les candidats disposent d'un système ou d'un sous-système réel (et, si besoin, du matériel nécessaire au démontage) et d'un document explicatif (associant schémas, graphes...) présentant ses composants et permettant d'en comprendre le fonctionnement ou le contexte d'utilisation. Selon les cas, le système peut également être mis en fonctionnement.

Lors de sa préparation, les candidats doivent observer, manipuler, analyser et éventuellement séparer les constituants de ce système (tout le matériel nécessaire est fourni au candidat). Les candidats doivent également préparer des réponses aux différentes questions énoncées sur le document remis au début de l'épreuve. Un stylo est le minimum du matériel nécessaire aux candidats. La calculatrice est autorisée.

Structure du sujet

Après les informations sur le contexte et la constitution du système, il est demandé aux candidats :

- d'expliquer la nature du matériel, de le restituer dans son contexte ;
- d'expliquer la chaîne de transmission d'énergie, les différents flux (énergie, matière, information le cas échéant) le principe de fonctionnement interne, etc ;

- d'exposer un phénomène physique (au choix des candidats) ayant un lien avec le système ;
- d'exploiter une modélisation d'une partie du système pour appliquer et transposer des connaissances.

Un questionnaire guide les candidats.

Phase d'interrogation (25 min)

Il ne s'agit pas d'une interrogation mais d'un exposé, que les candidats doivent mener de la manière la plus autonome et la plus dynamique possible.

Dans un premier temps, les candidats doivent être capables d'identifier les principales fonctions du système et les éléments de son contexte de fonctionnement ou d'utilisation. Ils doivent également préciser les frontières de l'étude, ainsi que les flux mis en jeu (matière, énergie et information). Ils peuvent s'appuyer sur le système réel et les figures ou informations du sujet.

Les candidats doivent également être capables de décrire les différents phénomènes physiques mis en jeu et de donner des éléments de modélisation de ces phénomènes (souvent issus du cours de physique) dans le but d'étudier les performances du système.

Toute cette analyse leur permet de justifier les fonctions assurées par le système étudié.

Dans un second temps, les candidats doivent fournir les réponses aux questions liées au système étudié, dans l'ordre qu'ils souhaitent. Il n'est pas attendu de réponse à la totalité des questions ; les candidats peuvent donc diriger l'exposé vers la partie qu'ils ont pu traiter.

Au cas par cas, le jury guide et oriente, il s'adapte au profil du candidat. Il ne s'agit pas d'une épreuve écrite ; le jury privilégie la stratégie et les méthodes de calcul aux résultats. Toutefois, la calculatrice est autorisée.

Évaluation

Au cours de l'interrogation orale, les candidats sont évalués sur les points suivants :

- analyse du système (présentation du contexte, exigences fonctionnelles, interactions avec l'extérieur, identification des flux et des puissances mises en jeu...) ;
- analyse structurelle (solutions techniques mises en œuvre, description d'un fonctionnement ou d'une chaîne de transmission d'énergie, appropriation du système réel en lien avec les informations du sujet...) ;
- identification et modélisation d'un phénomène physique ;
- capacité à utiliser les informations fournies par le jury, à les synthétiser et à « rebondir », esprit d'analyse, capacités déductives ;
- pertinence des réponses par rapport aux questions du jury ;
- comportement général (autonomie, dynamisme, curiosité, esprit critique, bon sens, élargissement, rigueur et soin) et capacités de communication (expression orale et écrite au tableau, clarté et précision du vocabulaire).

Analyse globale des résultats

En général, les candidats réagissent de manière satisfaisante face à la confrontation avec un système réel à manipuler, même s'ils ne connaissent pas le contexte ou le système. Toutefois, encore beaucoup de

candidats n'arrivent pas à mener un exposé de façon autonome et doivent être guidés et relancés. Les présentations au tableau manquent de structuration.

Les modèles sont en général connus (frottement, réduction de vitesse, puissances... par exemple) mais les candidats peinent à les transposer et à les appliquer à bon escient au cas concret du système étudié.

Le jury constate globalement :

- des candidats mal préparés à mener de façon autonome et efficace un exposé synthétique sur un système réel, en exploitant les informations et illustrations de documents et en manipulant le système ;
- une lecture insuffisante du sujet ; les valeurs données, les informations « constructeur », les schémas ne sont pas exploités et analysés, les candidats n'ont donc pas appréhendé toutes les informations utiles ;
- des difficultés à décrire l'architecture du système étudié, ainsi qu'un vocabulaire technique pauvre ou mal adapté ;
- des candidats qui ont du mal à poser un problème de façon simple, ainsi qu'à réaliser des schémas clairs, lisibles et rigoureux au tableau ;
- des difficultés pour effectuer le passage du réel au modèle et du modèle au réel, ainsi qu'à définir un modèle simple, réaliste et adapté au problème (avec hypothèses et justifications) ;
- des difficultés dans l'expression d'un bilan des puissances mises en jeu (mécanique, électrique, hydraulique...) ou d'un bilan des forces appliquées au système.

Le jury note cependant d'excellentes prestations, toutes filières et options confondues. Ces étudiants, qui obtiennent la note maximale, ont été capables d'observer et analyser un système inconnu et de mobiliser leurs connaissances de physique et de sciences de l'ingénieur pour modéliser et estimer des performances, et exposer leur travail de façon autonome et structurée.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Présentation globale du système

L'observation et l'exploitation des informations présentes sur les documents ou sur le système réel doit permettre l'expression des fonctions, des entrées/sorties, des énergies mises en œuvre...

Les différents flux et la chaîne d'énergie sont souvent spontanément et correctement décrits.

Le jury constate parfois des difficultés à caractériser les différentes formes d'énergies (mécanique, électrique...), aussi bien qualitativement que quantitativement.

L'expression littérale des puissances est souvent difficile ou erronée. L'expression $P = F \cdot V$ est souvent connue, ce n'est pas le cas pour $P = C \cdot \omega$.

Il reste encore des candidats qui affirment qu'un mécanisme est en mesure d'augmenter la puissance.

Une méconnaissance des ordres de grandeur est également constatée, par exemple coefficients de frottement, tension et fréquence du réseau domestique...

Analyse du système et de son fonctionnement

Quelques candidats semblent déroutés et indiquent ne pas connaître le système. L'exploration des documents et l'observation/manipulation du système réel permettent pourtant de présenter contexte et fonction globale.

Même si le jury constate une meilleure lecture des sujets, beaucoup d'informations présentes sur les documents ne sont pas lues et exploitées (croquis, nomenclatures, caractéristiques techniques...). Alors que la lecture de schémas facilite la compréhension, ils ne sont souvent pas utilisés spontanément ; la mise en relation entre ces informations et le système réel est souvent partielle.

Des candidats font preuve d'un manque de curiosité et n'explorent pas et ne manipulent pas le système, ou ne le font pas fonctionner ; leur analyse est alors incomplète ou erronée. En complément, l'analyse des degrés de liberté et de la schématisation proposée en couleurs est souvent un outil pertinent pour décrire un mécanisme.

Même si tout n'est pas compris, le jury aide ou guide les candidats et apprécie le répondant et la réactivité du candidat.

Les justifications proposées par les candidats sont souvent imprécises ou incomplètes : l'explication d'un fonctionnement par les phénomènes physiques mis en œuvre est souvent réalisée de façon très partielle. Les relations de cause à effet des phénomènes physiques sont éludées ou ne sont pas maîtrisées. Par exemple, « *dans un frein, la pression hydraulique est responsable du freinage* », la relation pression-force, le rôle des pièces mobiles puis le phénomène de frottement, sont occultés. Dans certains cas, des confusions entre grandeurs sont constatées (par exemple confusion entre force et pression).

Enfin, quelques candidats semblent déconnectés de la réalité, ne rentrent pas dans le fonctionnement du système, n'arrivent pas à faire le lien entre les croquis et informations du sujet et le système réel, ou bien n'arrivent pas à transposer leurs connaissances théoriques au cas pratique proposé.

Modélisation d'un phénomène physique

Les candidats doivent mobiliser des connaissances et savoir-faires acquis en CPGE, se rapportant au système étudié. Un certain nombre de candidats ne sait pas quoi répondre lorsqu'on leur demande d'exposer un **phénomène physique en lien avec le système étudié**. C'est pourtant la partie du sujet qui se prépare le plus facilement en amont, et ce indépendamment des questions en lien avec le fonctionnement global du système.

Des confusions sont fréquentes entre puissance, travail ou énergie, ainsi que les unités « SI » associées.

La confusion entre énergie cinétique et travail est assez fréquente.

L'identification des phénomènes physiques mis en œuvre dans le système est souvent incomplète, mais leur appréhension d'un point de vue théorique est correcte. Par exemple, les forces électromagnétiques sont connues, mais beaucoup de candidats ne sont pas capables de les associer au fonctionnement des moteurs électriques.

Exprimer un couple lors d'un mouvement de rotation est souvent difficile.

Le principe de Coulomb est en général connu, mais difficilement relié au cas réel proposé. Certains candidats adoptent un vocabulaire confus pour décrire le phénomène du frottement, et ne dissocient pas les cas glissement et adhérence.

De même, le jury constate également beaucoup de difficultés à transposer les principes thermodynamiques sur des applications pratiques, par exemple une compression ou une détente. Le lien entre les principes de thermodynamique et les systèmes réels étudiés est rarement correctement réalisé.

Enfin, le jury déplore que quelques candidats utilisent des théorèmes et des modèles inutilement compliqués, et en décalage avec la problématique posée ; quelques candidats récitent parfois des formules sans savoir à quelle réalité elles s'appliquent.

Méthode

Des candidats perdent beaucoup de temps dans l'analyse du système par manque de méthode. Cette analyse n'est souvent pas faite correctement ou entièrement, du fait d'un réel manque de **sens pratique** qui les conduit à des explications souvent confuses.

Quelques candidats pensent qu'ils ne sont pas capables de réaliser une telle analyse ; or il n'est pas demandé de deviner, mais bien d'observer, de manipuler, de décrire, en lien avec les documents.

Des candidats ont des difficultés à **poser et modéliser correctement un problème**, à proposer un petit modèle graphique simple, ainsi qu'à préciser un paramétrage (repère, points, angles...) et les grandeurs impliquées. Les hypothèses conduisant au modèle sont rarement formulées et justifiées. De même, les limites du modèle proposé sont rarement évoquées.

Les notations utilisées manquent parfois de rigueur en particulier pour la représentation cinématique ou des efforts (ex. : V ou V_1 ou V_A pour $V_{A\in 1/2}$).

Même si le terme de principe fondamental de la statique est connu, il n'est pas proposé spontanément (alors qu'il est adapté à la résolution proposée). Son application reste problématique ; la démarche consistant à isoler un solide et faire le bilan des actions mécaniques extérieures n'est pas correctement effectuée. L'équation des moments est parfois oubliée ; ou bien les candidats résumant le principe fondamental de la statique au « théorème du moment cinétique ». De plus, il y a souvent confusion entre moment d'une force, moment d'inertie et moment cinétique.

Il y a également parfois confusion entre théorème de l'énergie cinétique et théorème du moment cinétique.

Enfin, beaucoup de candidats s'orientent systématiquement vers le principe fondamental de la dynamique. Ainsi, ce principe débouchant sur des équations vectorielles, génère des calculs fastidieux, inadaptés aux besoins de la résolution demandée.

Conseils du jury aux futurs candidats

Le jury demande aux futurs candidats de s'entraîner à mener un exposé oral de façon autonome, en utilisant le tableau pour réaliser des schémas lisibles.

Le jury apprécie les candidats qui déroulent leur exposé, en mettant en relation leurs connaissances, les modèles et l'application sur le système réel, en partant d'une analyse globale et externe, puis en précisant un fonctionnement étayé par les phénomènes physiques mis en jeu.

Il apprécie également le dynamisme de certains candidats, qui ont montré leur intérêt à l'analyse du système réel en le manipulant, qui ont su faire preuve d'initiative, de curiosité et d'observation, d'un esprit déductif et analytique, tout en étant capable de donner des ordres de grandeur.

L'exposé réalisé par le candidat est aussi un exercice de communication. Il convient donc de parler de manière intelligible, de dessiner des schémas lisibles et en couleur, de façon à convaincre le jury. Ce face à face avec le jury ne dure que 25 minutes. Il ne s'agit pas « d'aller vite », mais d'être efficace et de ne pas perdre de temps.

Pour une première approche globale du système, une identification des fonctions, une description de la chaîne d'information ou d'énergie est souvent pertinente pour commencer. Certains outils graphiques permettent au candidat de présenter cela de façon synthétique.

Puis grâce aux informations recueillies dans le sujet ainsi qu'à une observation du fonctionnement, les candidats peuvent construire un exposé progressif qui leur permet d'expliquer le fonctionnement observé, les fonctions souhaitées.

Il est important de s'attacher aux phénomènes physiques impliqués, quitte à ne pas faire certaines applications numériques. Il ne s'agit pas forcément de répondre à toutes les questions, ni de les traiter dans

l'ordre de lecture. Les candidats peuvent choisir de traiter les questions où ils se sentent à l'aise. Mais il est souhaitable que les candidats effectuent une lecture complète et attentive du sujet et de ses illustrations, afin d'exploiter les informations données dans le document (courbes, croquis...).

Les candidats ne doivent pas hésiter à manipuler le système pendant la préparation, mais également pendant l'exposé, de façon à montrer des pièces, une cinématique... et appuyer leur propos.

Il est également conseillé aux candidats d'avoir un regard critique sur les valeurs numériques calculées. La vérification des ordres de grandeur, des dimensions des équations peut permettre d'éviter de persister dans des erreurs.

La plupart des candidats comprennent le fonctionnement des systèmes et identifient les phénomènes physiques impliqués. Mais le jury note que beaucoup de candidats manquent de sens pratique ; ils ne semblent pas jusque-là avoir **appliqué leurs connaissances sur des systèmes réels**. Il apparaît ainsi un décalage entre leurs connaissances et leur application pratique et concrète. Le jury déplore ainsi dans quelques cas, que des candidats complètement **déconnectés de la réalité**, qui exposent des principes ou des relations, **sans réelle compréhension ni lien avec le réel** (les candidats proposent des formules ou des principes appris par cœur, sans savoir si cela peut s'appliquer ou permet de résoudre la question posée).

Le jury donc suggère aux candidats d'être davantage curieux de leur environnement, pour par exemple identifier des cas concrets d'application de leurs connaissances théoriques. Il est également conseillé de s'imprégner d'un minimum de vocabulaire technique, afin de pouvoir décrire des mécanismes.

Conclusion

Peu de candidats ont une démarche construite pour mener à bien l'exposé avec un objectif précis et de façon autonome, en adoptant des modèles simples et adaptés à la situation, en posant spontanément des hypothèses et en utilisant des équations simples.

Parfois, un réel manque de bon sens, d'observation et de curiosité surprend le jury.