

Sciences (Arts et Métiers)

Organisation des passages

Les candidats choisissent en ligne leur créneau de passage pour l'épreuve « sciences » spécifique Arts Et Métiers.

S'ils ne peuvent plus venir sur le créneau réservé, il est demandé aux candidats d'annuler leur rendez-vous de passage, afin de libérer le créneau pour les autres candidats.

Présentation de l'épreuve

Objectifs de l'épreuve

L'objectif de cette épreuve est de confronter le candidat au réel, d'apprécier sa 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 fonctions et performances. Il s'agit d'identifier des phénomènes physiques et leur mise en oeuvre pratique dans un système ou sous système de type industriel ou grand public.

Les prérequis strictement nécessaires à l'épreuve sont liés aux enseignements de Physique des 2 années, ainsi que de Sciences Industrielles du 1^{er} semestre de 1^{re} année, **quelle que soit l'option et la filière**.

Organisation de l'épreuve

Structure du sujet

Les sujets sont rédigés en trois parties :

- présentation du système ;
- analyse fonctionnelle et structurelle du système étudié ;
- modélisation.

La première partie propose une présentation du système et de son contexte d'utilisation, 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.

Ainsi, dans le questionnaire guide, il est demandé aux candidats :

- d'expliquer la nature du matériel, de le restituer dans son contexte d'utilisation ;
- 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 du candidat) ayant un lien avec le système ;
- d'exploiter une modélisation d'une partie du système pour appliquer et transposer des connaissances.

Phase de préparation (30 min)

Le candidat est dans une salle de préparation séparée de la salle d'examen, le jury n'intervient pas durant cette préparation.

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

Le jury continue de renouveler les supports d'interrogation. La totalité des sujets ont été modifiés l'année dernière suite à la réforme des CPGE, le jury se concentre maintenant sur le renouvellement, toujours en adéquation avec les nouveaux référentiels. Ainsi une quarantaine de supports différents étaient proposés pour cette session. Les questionnaires de ces supports sont adaptés afin de proposer des sujets de difficultés équivalentes.

Lors de sa préparation, le candidat doit observer, manipuler, analyser et éventuellement séparer les constituants de ce système. Le candidat doit 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 au candidat. La calculatrice est autorisée.

Phase d'exposé (25 min)

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

Dans un premier temps, le candidat doit être capable d'identifier les principales fonctions du système et les éléments de son contexte de fonctionnement ou d'utilisation, avec des mots simples. Il doit également préciser les frontières de l'étude, ainsi que les flux mis en jeu (matière, énergie et information). S'appuyer sur le système réel et les figures ou informations du sujet est nécessaire.

Le candidat doit également être capable de décrire les différents phénomènes physiques mis en jeu et de donner des éléments de modélisation de ces phénomènes (issus du cours de physique) dans le but d'étudier les performances du système.

Toute cette analyse lui permet de justifier les fonctions assurées par le système étudié ou le fonctionnement observé.

Dans un second temps, le candidat doit fournir les réponses aux questions liées au système étudié, dans l'ordre qu'il souhaite. Il n'est pas attendu de réponse à la totalité des questions ; le candidat peut donc diriger l'exposé vers la partie qu'il a pu traiter.

Au besoin, 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.

Évaluation

Au cours de l'interrogation orale, le candidat est évalué sur les points suivants :

- analyse fonctionnelle (présentation du contexte, exigences fonctionnelles, interactions avec l'extérieur, identification des flux et des puissances mises en jeu, ...)
- analyse structurelle (solutions techniques mises en oeuvre, 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 de phénomène(s) physique(s) impliqué(s) dans le fonctionnement du système, proposition de formules, graphes avec grandeurs et unités ;

- 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 du candidat (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

Les candidats réagissent globalement de manière satisfaisante à la confrontation à un système réel qu'il faut manipuler, y compris s'ils ne connaissent pas le contexte ou le système. Toutefois, encore beaucoup de candidats manipulent peu le système et ne font pas d'observations.

Des candidats n'arrivent pas à mener un exposé de façon autonome et doivent être guidés et relancés. Les présentations au tableau ne sont pas proposées spontanément et 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 notamment :

- 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, ni analysés), cumulé à un manque de curiosité sur le système réel. Les candidats n'ont donc pas en main toutes les informations utiles ;
- 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 ;
- des difficultés à décrire l'architecture du système étudié, ainsi qu'un vocabulaire mal adapté ;
- 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 candidats qui ont du mal à poser un problème de façon simple, ainsi qu'à réaliser des schémas clairs, lisibles et rigoureux au tableau.

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 science de l'ingénieur pour modéliser et estimer des performances, ainsi qu'exposer leur travail de façon autonome et structurée, en étayant leur propos par des croquis et modèles pertinents.

Il subsiste néanmoins quelques candidats qui semblent complètement perdus face au format de l'épreuve (ils viennent par exemple sans stylo). Le jury a donc mis le rapport de l'année précédente à disposition via un QR code, ce qui permet au candidat de le lire avant de rentrer en salle de préparation s'ils ne l'ont pas fait avant.

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 est souvent spontanément et correctement décrite.

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 toujours le cas pour $P = C \cdot \omega$.

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

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

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 ou le système ne sont pas lues et exploitées (diagramme de blocs internes, croquis, nomenclatures, caractéristiques techniques...). Alors que la lecture de schémas facilite la compréhension, ils ne sont souvent pas exploités ; la mise en relation entre ces informations et le système réel est souvent partielle.

Des candidats font preuve d'un manque de curiosité ; ils 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 le candidat 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). Des candidats peinent à fournir spontanément les unités des forces, moments, pressions.

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 faire acquis en CPGE, se rapportant au système étudié. Un certain nombre de candidats ne savent 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.

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.

La notion de couple est souvent difficile à faire exprimer lors de mouvements de rotation.

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

La confusion entre énergie cinétique et travail subsiste.

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. Le lien entre les principes de thermodynamique et les systèmes réels étudiés est rarement correctement réalisé (ex : machine ditherme et moteur à explosion).

Méthode

Des candidats perdent beaucoup de temps dans l'analyse du système par manque de méthode. Quand cette analyse n'est pas faite correctement ou entièrement, il s'agit souvent d'un réel manque de **sens pratique** qui conduit les candidats à des explications confuses. Il est demandé 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 bien choisis permettent au candidat de présenter cela de façon synthétique.

Puis grâce aux informations recueillies dans le sujet ainsi qu'à une observation du fonctionnement, le candidat peut construire un exposé progressif qui lui 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. Le candidat peut choisir de traiter les questions où il se sent à l'aise. Mais il est souhaitable que le candidat effectue une lecture complète et attentive du sujet et de ses illustrations, afin d'exploiter les informations données dans le document (figures et légendes, structure, courbes, ...).

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 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

On peut noter cette année quelques très bonnes première et deuxième partie (parties dédiées à l'analyse du système étudié). Ces candidats font un effort de structuration de leur présentation (schémas, chaînes d'information et de puissance, ...), et le niveau de maîtrise de la compétence « analyser » est souvent satisfaisant.

Mais beaucoup de candidats n'ont pas 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.

Le dynamisme de la présentation, élément fondamental d'un oral, est parfois totalement absent. Certains candidats restent pratiquement sans parler spontanément tout au long de l'entretien, y compris lorsque le jury éloigne ses questions du système pour essayer d'explorer différents champs du programme de sciences de MP et de PC.