

# Entretien scientifique (Arts et Métiers)

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve comporte une préparation de 45 minutes suivie d'une présentation de 30 minutes. Chaque candidat est interrogé par deux examinateurs – l'un enseignant dans le domaine scientifique, l'autre dans celui des sciences humaines.

### Le but de l'épreuve

L'entretien se situe à l'interface des sciences physiques et des sciences humaines ; il évalue tout aussi bien les compétences d'analyse textuelle, d'argumentation et de communication du candidat que ses connaissances scientifiques et sa capacité de raisonnement. Cette approche corrélée permet de tester l'aptitude d'un futur ingénieur à penser l'alliance entre ces deux dimensions du métier.

Elle vise à évaluer :

- à partir d'un exposé restituant la teneur d'un article de vulgarisation scientifique, la capacité à dégager une problématique, hiérarchiser les arguments, conceptualiser et structurer la pensée d'un auteur ;
- par le biais d'un entretien sur cet article, la maîtrise de la langue, la capacité à débattre des grands problèmes du monde contemporain ainsi que les qualités de communication orale ;
- à travers la résolution d'un problème de physique ou de chimie, l'acquisition et la mobilisation des connaissances scientifiques en vue d'applications technologiques.

### La note

Le partage des points est équitable entre les sciences humaines et les sciences physiques.

### L'évaluation

Tous les membres des jurys disposent des mêmes jeux de questions-réponses élaborés pour chacune des disciplines concernées. Les questions scientifiques couvrent l'ensemble du programme de physique-chimie des deux années de classes préparatoires (capacités numériques en langage Python incluses). Pour la première année, c'est le programme de PCSI qui est la référence. Les questions de sciences humaines s'inspirent de l'actualité scientifique pour inciter à s'interroger sur les problématiques contemporaines.

### La préparation

Dès leur entrée en salle de préparation, les candidats disposent d'un texte de quatre pages environ, extrait d'une revue de vulgarisation scientifique ou technologique. Ce document inspire les questions, de sciences humaines et sciences physiques, qui seront posées durant l'épreuve. Pendant la phase de préparation, les candidats peuvent l'annoter et, si nécessaire, consulter **un dictionnaire**. **La calculatrice** n'est pas autorisée au cours de cette préparation, mais **elle peut l'être en présence du jury** pour préciser une valeur numérique.

Les candidats profitent du temps imparti pour lire attentivement et analyser le document afin de réaliser devant le jury :

- **un exposé oral de 5 minutes** (sans intervention du jury) au cours duquel la problématique et la logique argumentative ou informative du texte devront être dégagées et ses questionnements mis en valeur ;

- **une interrogation en sciences humaines** (de 5 à 10 minutes) comportant des questions de vocabulaire et de compréhension ainsi qu'une argumentation, construite, contradictoire et étayée d'exemples, à développer sur les problématiques abordées dans l'article.

Lors de la phase de préparation en salle, et un quart d'heure avant la fin, **un problème de physique ou de chimie** en relation avec le texte est communiqué aux candidats qui prennent ainsi connaissance de la problématique abordée et du document qui leur sera projeté lors de sa présentation ; ce support peut contenir un schéma descriptif, une notice de fonctionnement, un ensemble de données, une figure ou un graphe que le candidat doit éventuellement décrire, interpréter ou compléter.

L'entretien proprement dit

Il commence par l'exposé de sciences humaines puis les questions qui portent sur la langue, la compréhension du texte et les débats qu'il suscite. L'exercice de sciences physiques est ensuite projeté sur un tableau blanc. Le jury peut fournir des informations complémentaires à la demande des candidats et les orienter dans leur démarche par des questions de difficultés graduées.

## Analyse globale des résultats

De l'avis général, la plupart des candidats font preuve de motivation pour réussir cet oral et ils s'y sont de mieux en mieux préparés.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Commentaire général sur le niveau des candidats

En sciences humaines

Il reste stable par rapport aux années précédentes. Les candidats sont globalement bien préparés aux épreuves, même s'ils pourraient l'être davantage encore dans le détail – notamment en ce qui concerne l'analyse préalable des questions sur les axes de développement. Certains sont capables de produire des exposés et des argumentations remarquables pour leur rigueur logique, l'annonce du plan suivi et la maîtrise de la langue française. D'autres, peu nombreux, gèrent mal le temps imparti, manquent d'autonomie et de recul critique ; ils se perdent dans leurs développements, réduits à une paraphrase ou peinent à organiser une démonstration nourrie d'exemples.

L'expression corporelle n'est pas à négliger, d'autant que le langage du corps fait partie de l'expression, qu'une tenue correcte est exigée en oral de concours et qu'un futur ingénieur est appelé à devenir un bon communicant dans l'exercice de son métier.

Pour faire la différence en sciences humaines, il convient de poser des problématiques claires et de tenter de les résoudre en mobilisant ses compétences linguistiques, ses connaissances et sa capacité de raisonnement. Les meilleurs candidats se sont distingués par :

- un solide esprit de synthèse ;
- une capacité à identifier les questionnements ouverts par le texte et à les restituer de façon à la fois complète et concise ;
- une bonne culture générale liée à un suivi régulier de l'actualité, tant en ce qui concerne les crises géopolitiques contemporaines que les avancées technologiques. On ne peut que les féliciter d'avoir su gérer le temps imparti en salle de préparation ainsi que lors de l'exposé et d'avoir fait preuve

de sang-froid pour répondre de façon spontanément dialectique et problématisée à la question de développement et pour mettre en valeur, avec une réactivité très rapide, leur esprit curieux et critique.

En revanche, de nombreux candidats ont été pénalisés par :

- un manque d'autonomie et une prise de parole verbeuse, dépourvue de fond et de structure (au cours de l'exposé et de la question de développement, il faut définir les termes importants, poser un problème précis, construire un plan, hiérarchiser les idées et les illustrer d'exemples) ;
- une expression orale fautive ;
- des lacunes en culture générale (invité à citer une hyper-puissance de l'antiquité, un candidat tente sa chance en proposant l'Allemagne ou le Royaume-Uni...) ;
- une méconnaissance de l'actualité (incapacité à évoquer la remise en cause de la « souveraineté » de l'Ukraine, ignorance de la centrale de Zaporijia et des problématiques actuelles qui lui sont liées, prononciation de G-I-E-C et non Giec ou l'O-B-S et non L'Obs, ignorance du sens propre du nom « icône », etc.).

### En Sciences physiques

Le niveau global constaté est satisfaisant. Les candidats ont révélé un vif intérêt pour les sciences et ont su mener cet entretien de façon argumentée avec une bonne connaissance du vocabulaire scientifique et des concepts bien maîtrisés, l'entretien avec le jury s'en est trouvé enrichi. L'écart entre les candidats s'est affirmé selon leur maîtrise du cours, leur capacité à appréhender le problème et à établir une stratégie simple et méthodique de résolution. Certains ont su construire une modélisation fondée sur des hypothèses réalistes et énoncer les lois physiques nécessaires dans une démarche raisonnée, alors que d'autres ont avancé dans le problème sans schéma, de façon incohérente et désordonnée.

### Commentaire sur la partie Sciences humaines

#### Exposé oral

**Le temps imparti** à l'exposé doit *impérativement* se limiter à *5 minutes au maximum*. Sa prise en compte lors de la préparation et son respect, lors de la prestation, font partie des compétences attendues. De très nombreux candidats viennent sans montre ; d'autres, munis d'une montre, ne parviennent pas pour autant à contrôler le temps qui passe tout en réalisant leur exposé. La mauvaise gestion du temps consacré à l'exposé va très souvent de pair avec l'absence de structure. La solution consiste à structurer le texte et l'exposé : l'annonce du plan permet de calibrer aisément la restitution de chaque partie.

#### **L'exposé ne se réduit pas à un simple résumé.**

1. Il commence par **une introduction** qui situe l'article, en donnant ses références, éventuellement le contexte dans lequel il a été écrit (actualité scientifique, sociale ou politique ; histoire des sciences ; débats sociétaux, etc.). Il convient aussi de s'intéresser au point de vue adopté par l'auteur : est-il objectif ? est-ce un chercheur ? un militant engagé en faveur d'une cause ? La nature du texte, polémique, objectif, etc., est rarement évoquée.
2. Ensuite les candidats précisent leur **idée directrice** pour bien centrer la synthèse.
3. Ils annoncent le **plan** du texte proposé – le texte est-il composé de plusieurs parties ? lesquelles ? La structuration logique d'un texte permet un repérage rigoureux des phases d'une présentation ou d'une argumentation : elle facilite l'exposé et constitue une qualité spécifique de la communication orale. Faute de structuration, l'exposé se réduit souvent à une paraphrase procédant par ajouts et juxtapositions et ponctuée de faux liens logiques (« et aussi », « on a également », etc.).

Même s'il est très concentré, tout auditeur a besoin de repères clairs car, à l'oral, l'information se perd : une restitution au fil du texte brouille, voire opacifie sa relation au texte. Or, les lignes du document distribué aux candidats sont numérotées ; les candidats qui mettent à profit cette présentation sont rares, même s'ils sont plus nombreux ces dernières années : leur prestation est d'autant plus valorisée qu'un exposé bien centré sur une problématique et bien structuré selon sa progression logique constitue pour le jury le gage d'un entretien de qualité.

4. La restitution des **arguments** doit donc se faire dans le respect de leur **logique**.
5. L'exposé se termine sur **la conclusion donnée par les candidats** (à distinguer de celle de l'auteur du document) qui doivent prendre le recul nécessaire pour formuler leur jugement sur l'article.

**Les titres, sous-titres, intertitres, les illustrations et les encadrés** donnent parfois des clés de compréhension ou des éclairages pour nourrir la discussion. Il convient de ne pas les négliger.

**L'évaluation** tient compte des qualités permettant de départager les candidats :

- la conceptualisation des problématiques et donc l'esprit de synthèse ;
- la capacité à communiquer avec le jury ;
- la maîtrise de la langue, soutenue et précise pour emporter la conviction ;
- la clarté de la voix et de l'élocution, permettant un exposé fluide et agréable à suivre.

#### Les candidats

La majorité n'a dégagé, en introduction, ni problématique ni structure du texte – cette consigne figure sur le document placé sur la table de chaque candidat en salle de préparation. La progression du texte est généralement suivie mais les candidats ne travaillent pas assez l'articulation logique. Les encadrés ou autres documents complétant l'article ne sont généralement pas pris en compte, alors que, très souvent, ils complètent l'argumentation ou l'illustrent d'exemples notables. À l'inverse, certains commentent des documents tout à fait illustratifs et sans aucun intérêt argumentatif.

#### Conseils aux candidats

Futur ingénieur, faites la preuve de votre rigueur logique et de votre précision dans l'analyse des données – évitez de reprendre toujours la même entrée en matière sur le réchauffement climatique... L'exposé ne se limite pas à raconter l'article de manière descriptive : vous ne pouvez pas vous contenter de juxtaposer les idées sans les hiérarchiser. Trop de candidats se perdent dans les détails, les anecdotes et présentent un exposé linéaire sans proposer de plan. Ce n'est pas ce qu'on attend d'un futur ingénieur. Il faut cerner la problématique et les grandes lignes du texte pour capter l'intérêt de l'auditoire. Pour donner du rythme à votre exposé, structurez vos propos en tirant parti du plan que vous aurez donné en introduction. **Concevez l'exposé comme l'équivalent oral d'une présentation en Power Point.**

**Surveillez votre débit** : ni trop lent ni trop rapide ; **votre tonalité** : monocorde, elle ne contribue pas à valoriser votre propos, à souligner les phases du raisonnement. Votre note peut baisser en cas de formulation laborieuse, élocution embarrassée ou tenue négligée (on ne se présente pas les mains dans les poches ou affalé sur une chaise).

Pensez à votre **temps de parole** ! Votre réussite à l'exposé dépend de l'équilibre que vous aurez su conserver dans la restitution des différentes phases de l'argumentation menée par l'auteur du texte. Cela suppose que vous structuriez votre exposé en fonction d'un plan préalable. Ne vous appesantissez pas sur le début du texte au détriment de la suite.

Vous êtes évalué sur vos **capacités d'expression**, évitez :

- les incorrections lexicales : « quand même » - « mettre en avant » - « utilisateur lambda » - rappelez-vous que l'adjectif qualificatif *conséquent* signifie « logique » (comme l'indique la locution adverbiale *par conséquent*) ;
- les constructions vagues et fautives : « juste aller », « on nous fait des publicités » - « on nous dit que... », « c'est pas juste », « on apporte de la science à ses avis », « la question est de savoir si la décarbonation est-elle possible... » ;
- les abréviations : « d'jà », « les infos », « l'ordi », « les pubs » ;
- les familiarités : « c'est clair », « pas optimal », « j'sais pas » ;
- les pléonasmes : « l'internet actuel d'aujourd'hui » - « le futur web de demain » - « car en effet » ;
- les appuis du discours et les tics de langage inutiles - « voilà », « du coup », « quoi », « euh », « ben », etc.

## Questions sciences humaines

### Questions de langue

Ces questions offrent l'occasion de revenir sur certains mots du texte qui auraient pu en gêner la compréhension, ainsi que l'opportunité d'évaluer la sensibilité linguistique des candidats et leur culture lexicale. Rappelons que, dans la salle de préparation, ils peuvent consulter le dictionnaire mis à leur disposition. Certains n'ont toujours pas le réflexe de l'utiliser lorsqu'ils se trouvent en présence d'un mot qu'ils ne connaissent pas.

Il ne s'agit pas de tendre des pièges aux candidats mais de tester leur connaissance de la langue dans ce qu'elle peut avoir de commun. Ainsi, le jury appréciera une définition précise de termes comme *alternative*, *label*, *prospective*, *souveraineté*, *villégiature*, *inhérent*, *erratique*, ou d'expressions comme *peu ou prou*, ou de locutions comme *laisser pantois*, *toucher sa cible*, *par défaut* etc. Les candidats devront préciser le sens d'un mot comme *tribune* dans son contexte et décliner, le cas échéant, les acceptions qu'ils en connaissent.

Les candidats doivent pouvoir expliquer certains mots appartenant à la culture générale d'un élève ingénieur (*robot*, *in vitro*, *prototype*, *protocole*, *recherche fondamentale* / *recherche appliquée*, etc.), proposer les synonymes, antonymes, mots de la même famille, etc., d'un terme donné, distinguer *comparaison* et *métaphore*, *sigle* et *acronyme*, *préfixe* et *radical*...

Ils pourront procéder à la décomposition de certains mots, comme *cacophonie* ainsi que leur explication par les radicaux et les suffixes ou les préfixes qui les composent comme *pandémie* / *épidémie*, *névr-algie*, *aéro-nef*, *em-pathie*, *ergo-nomie*, par exemple. Les candidats qui ne trouvent pas le sens du mot, mais qui ont mis à jour sa structure morphologique sont valorisés – tout comme ceux qui, pour expliquer l'adjectif *titanesque*, sont capables de dire qu'il dérive de *titan* et que les titans sont des divinités primordiales dans la mythologie grecque.

Ainsi, l'emploi d'un mot peut faire écho à l'histoire – en témoigne l'utilisation du terme *Bérésina* pour signifier un échec total – ou à la connaissance de théories politiques ou économiques – comme le *libéralisme*... Le nom *parabole* ne désigne pas seulement une courbe...

Outre la question de la culture générale, le métalangage nécessaire pour répondre à certaines questions de vocabulaire fait souvent défaut : *métaphore*, *comparaison*, *préfixe*, *suffixe*, *radical*, *antonyme*, *synonyme*, *sigle*, *acronyme*... doivent faire partie du vocabulaire des candidats qui ont sûrement dû les utiliser à un moment ou à un autre de leur scolarité.

### Conseils aux candidats

Si on vous demande le *sens* d'un mot, vous devez le définir avec précision. Donnez son sens général, éventuellement ses différentes acceptions s'il y en a plusieurs, et ensuite précisez le sens pris par le mot dans le texte. N'hésitez pas à commenter s'il y a lieu sa **composition** – *Casse-tête* ou « *anthropo-phonie* », par exemple.

### Questions de compréhension du texte

Cette phase de l'entretien vise à éclaircir certains passages qui ne vont pas forcément de soi et à évaluer la clarté de leur explication donnée par les candidats. Elle permet aussi de revenir éventuellement sur des erreurs de lecture (ou des approximations) révélées au cours de l'exposé, ou de vérifier des connaissances. Les questions du jury peuvent aussi inviter à expliquer un encadré, un schéma, des photographies, éléments destinés à préciser les analyses.

La réponse aux questions de compréhension ne saurait relever du commentaire. **L'explication ne se réduit pas à une simple reformulation, une paraphrase du passage à expliciter** : le jury attend bien une *explication*. Ainsi la montée en puissance de la France dans le domaine nucléaire doit s'expliquer dans le contexte historique et politique des années 1970, en réaction à la montée des prix du pétrole. Il arrive parfois que des candidats ne pensent ni à contextualiser le passage ni à en donner la justification (pourquoi l'auteur a écrit cela et quelles en sont les conséquences).

### Conseils aux candidats

Il convient de préciser la pensée de l'auteur mais aussi de compléter ce que l'exposé n'a pas donné l'opportunité d'évoquer.

La première réaction consiste à se demander pourquoi la question est posée : est-ce pour revenir sur une difficulté d'ordre lexical qui a peut-être entraîné une erreur de lecture, pour pointer une expression (ironique ou imagée, une figure de style) que l'on n'avait pas relevée, pour lever une obscurité, pour vérifier si le raisonnement de l'article a été bien perçu. Dans ce dernier cas, une reformulation du passage peut s'avérer salutaire. Mais elle est inutile et même parfois nuisible si la question vise plutôt à élucider une métaphore, à percevoir un trait d'humour, un jeu de mots (« le double effet Kiss Cool » de l'éolien et du solaire : à commenter), un détournement de citation (« Et au milieu coule à nouveau une rivière ») ou un changement de niveau de langue (« faire le buzz »), la présence de guillemets (« le ruissellement » des activités spatiales à Kourou) ou d'italiques, etc.

**Comment faire la différence ?** Le jury sera toujours sensible au discours des étudiants capables de situer dans le temps la Renaissance et de dire quelques mots sur Chateaubriand...

### Questions sur les axes de développement

La partie consacrée aux « Développements » dure de 4 à 5 minutes. Elle permet de juger les capacités argumentatives des candidats, leur capacité à se forger une opinion personnelle et à ne pas restituer forcément les préjugés à la mode, donc de construire, **de manière autonome**, un raisonnement scientifiquement étayé d'exemples précis.

Les questions peuvent porter sur les grands débats scientifiques, sociétaux, historiques ou, plus rarement, artistiques, etc. Un candidat curieux ne saurait être surpris s'il suit l'actualité pendant ses années de préparation.

Les candidats sont invités à faire la preuve de leur aptitude à **construire assez rapidement une démonstration** en justifiant leurs arguments, en donnant des exemples tirés de leur culture générale ou de l'actualité. Il n'est pas question d'asséner une opinion ou de multiplier les affirmations générales mais de défendre un avis. Le jury recherche non l'érudition, mais 1) la volonté de se poser des questions en variant les points de vue (social, psychologique, environnemental, politique, esthétique...) et 2) l'aptitude

à improviser le développement nuancé d'une idée face à un auditoire. La rigueur logique est largement sollicitée puisqu'il s'agit de raisonner et de justifier son opinion en donnant des exemples précis. Il convient non de raconter des anecdotes mais de **centrer une argumentation sur un problème, d'envisager le pour et le contre selon une progression claire** et sans glisser dans un remplissage verbeux.

Trop souvent, les candidats manquent du recul critique nécessaire : ils répondent directement à la question posée sans en analyser les termes (ce qui est source de généralités) ; au lieu de centrer leur réflexion sur une problématique, ils déforment l'énoncé, donc ne traitent pas le sujet... pour revenir à des sujets connus, à des généralités non illustrées d'exemples. Ils peinent parfois à réellement argumenter et ne parviennent souvent qu'à avancer un ou deux arguments flous. Parfois, pour illustrer leur propos, ils auraient pu mettre à profit les données chiffrées fournies dans le problème de physique ; il convient de mobiliser ses connaissances scientifiques pour étayer son raisonnement.

### Conseils aux candidats

Plus encore que les précédents, cet exercice exige un véritable entraînement. Il constitue régulièrement la partie la plus difficile et la moins bien maîtrisée de l'entretien. En effet, il requiert une capacité à improviser un discours construit pour développer un point de vue personnel.

Il faut **se montrer autonome** et donc :

- analyser avec précision les termes de la question pour soulever une problématique ;
- construire une discussion contradictoire ;
- conclure avec nuance et fermeté.

## Commentaire sur la partie sciences physiques

### Commentaires généraux

L'épreuve évalue d'une part les connaissances scientifiques des candidats et d'autre part leur savoir-faire (capacités exigibles) défini dans les programmes de physique-chimie. Leurs compétences sont testées à partir de la résolution d'un problème le plus souvent initiée par une question de cours.

Cette démarche est une prise d'initiative des candidats, ils y trouvent l'occasion de mobiliser leurs connaissances et leur savoir-faire pour expliquer, illustrer, prolonger, voire approcher de nouveaux concepts scientifiques et technologiques en lien avec le texte, sans dérive calculatoire.

De très nombreux candidats ont tiré profit de la phase de préparation pour amorcer la résolution du problème. Le jury a apprécié la bonne maîtrise du cours mais regrette souvent l'absence d'une « ligne claire », simplificatrice du raisonnement et d'un certain pragmatisme né d'une culture expérimentale. Au cours de l'interrogation scientifique, le jury aurait aimé voir plus souvent une introduction à la résolution du problème et une première approche descriptive de la stratégie de raisonnement adoptée. Cette démarche assurerait un bon cadrage du sujet et éviterait aux candidats les malentendus ou les impasses de raisonnement.

Ont fait défaut aux candidats la capacité d'analyse préalable de la problématique et sa modélisation en vue d'une résolution rapide et simplifiée, l'aptitude au dialogue et à l'écoute nécessaire pour une réorientation du raisonnement. La compétence de modélisation, le plus souvent non guidée par l'énoncé, est un réel obstacle pour beaucoup. Les candidats méconnaissent les grandeurs numériques (ne pas omettre les unités) alors qu'elles sont exigées par le programme ; d'autres sont issues de calculs simples, accessibles sans calculatrice.

C'est la compétence de mise en œuvre (ou réalisation) qui est la mieux partagée. Les candidats sont en général à l'aise dans les calculs mais peinent souvent à leur donner un sens et à interpréter les résultats obtenus.

Les connaissances restent approximatives dans de nombreux domaines techniques pourtant d'usage courant ou d'intérêt général : GPS, énergie renouvelable, pourcentage de l'énergie électrique issue des centrales nucléaires françaises, leur principe de fonctionnement, 230V - 50Hz, puissance consommée par divers appareils électriques, fréquences dans les domaines acoustiques et électromagnétiques, intensité du champ magnétique terrestre, masse volumique de l'air ou de l'eau, empreintes carbone, effet de serre, etc.

### Thermodynamique et bilans macroscopiques

La thermodynamique (vue en première année et trop souvent oubliée ou mal maîtrisée) est essentielle pour comprendre le fonctionnement de nombreux dispositifs industriels. Leur étude est difficile pour les candidats dont les connaissances restent très théoriques et pas assez orientées sur les machines réelles.

Le premier principe est appliqué sans discernement (phase condensée, gaz parfait ou source idéale de chaleur) à cause de l'absence de définition du système et de précision sur les hypothèses adoptées (monobare, isobare, isochore...). La confusion entre transformation adiabatique et transformation isotherme a été plusieurs fois rencontrée. Il est fortement conseillé de préciser (sur un schéma) le système, successivement dans son état initial et son état final. Les transferts énergétiques sont mal définis, le principe en est vidé de son sens et il perd tout lien avec la réalité physique. Son application sur un volume de contrôle élémentaire entre deux instants voisins est souvent laborieuse. Le choix des fonctions d'état est fait par habitude et fréquemment non justifié (par exemple, la variation d'enthalpie est la chaleur transférée au système dans le cas d'une transformation monobare). Le travail est très souvent associé uniquement aux forces pressantes et de nombreux candidats font des erreurs de signes, assimilent la pression extérieure à la pression du système quelle que soit la nature de la transformation. L'exploitation et la signification du second principe posent beaucoup de problèmes.

Pour les changements d'état, si la description qualitative en diagramme d'état est bien menée, l'analyse quantitative est beaucoup plus délicate.

Les bilans macroscopiques de seconde année, qui prolongent l'étude des machines thermiques réalisée en première année, ont connu peu de succès : le bilan de quantité de mouvement d'un système à masse variable (fusée) est mal maîtrisé (notions de système ouvert ou fermé) et les étudiants adoptent préférentiellement une étude dynamique alors qu'une analyse énergétique permet d'accéder de façon simple à la puissance (éolienne). Peu de candidats pensent à utiliser les principes de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire.

### Phénomènes de transport

La loi Fourier est bien connue des candidats mais l'analogie électrique et la résistance thermique sont peu utilisées. Les candidats partent systématiquement de la loi de Fourier ou proposent d'emblée l'équation de la chaleur sans terme source, quelle que soit la question posée.

L'équation de la dispersion de l'effet de peau dans le cas de l'onde thermique (mais aussi de l'onde électromagnétique dans un conducteur) est parfaitement maîtrisée dans sa méthode de résolution ; c'est son établissement qui est difficile. Peu pensent à utiliser le modèle de l'onde plane progressive harmonique (OPPH) avec un vecteur d'onde complexe.

Les candidats confondent fréquemment équation de diffusion et équation de propagation.

Le théorème de Bernoulli avec ses conditions d'application est bien connu, mais son utilisation dans un contexte original, avec ou sans perte de charge, reste difficile. Le nombre de Reynolds est bien défini et correctement utilisé pour justifier le choix d'un profil de vitesse. Les candidats connaissent les ordres de grandeur relatifs aux fluides en écoulement.

Il y a souvent confusion entre le caractère compressible ou incompressible du fluide et, lorsqu'il est au repos, la résultante des forces de pression sur un barrage a posé beaucoup de problèmes à cause du passage de la force élémentaire à la force globale. L'orientation de la force de pression et la considération des symétries de sa répartition ont posé beaucoup de problèmes.

### Mécanique du point et du solide

Cette partie est inspirée du programme de première année : les mouvements à force centrale et leurs propriétés, les accélérateurs de particules et les oscillateurs. Ces notions sont peu revues en seconde année et souvent oubliées ; l'entretien ne les envisage pourtant que dans des situations simples. Il est indispensable de maîtriser la cinématique d'un mouvement circulaire, de connaître l'expression de l'énergie mécanique d'un système en trajectoires circulaire ou elliptique, de retrouver rapidement les vitesses de satellisation et de libération. Il est souhaitable que les candidats puissent tracer rapidement le profil d'énergie potentielle effective et décrire qualitativement la nature du mouvement en fonction de la valeur de l'énergie mécanique. La troisième loi de Kepler est couramment utilisée et peu démontrée.

Le bilan des forces (qualitatif puis quantitatif) est mal mené (ou incomplet) et l'interprétation des mouvements fait défaut. Un schéma, avec repère adapté et représentation des forces et des champs, est nécessaire pour initier et fonder le raisonnement (difficile de projeter une force sans l'avoir représentée sur un schéma). Les candidats ne savent pas écrire le théorème du moment cinétique scalaire et le « bras de levier » n'est quasiment pas utilisé. Les candidats se perdent dans des calculs de produits vectoriels chronophages et sources d'erreur. Une confusion récurrente a été remarquée entre puissance et travail.

La mécanique du solide, souvent vue au cours des années de préparation en corrélation avec les Sciences de l'Ingénieur, a été bien traitée. Mais la notion de couple de forces n'est pas comprise.

Il faut être prudent avec le formalisme mathématique. Il n'est pas rare de voir une égalité entre une grandeur scalaire et un vecteur, une comparaison entre vecteurs, une base polaire mal orientée, un module négatif... Les candidats n'ont pas le réflexe d'utiliser la représentation complexe pour résoudre l'équation différentielle d'un oscillateur en régime sinusoïdal forcé. Les formules trigonométriques font souvent défaut.

### Électronique

Le niveau global est insuffisant. Les candidats ne savent pas identifier dans quel régime fonctionne le circuit (libre ou forcé, transitoire ou stationnaire, sinusoïdal forcé ou continu). L'analyse du circuit en régime sinusoïdal forcé s'effectue trop souvent dans le domaine temporel, l'impédance n'est pas utilisée et la notation complexe en lien avec l'équation différentielle mal connue. Beaucoup de candidats confondent la fréquence propre d'un filtre avec la fréquence de coupure de sa fonction de transfert. Si les asymptotes se « coupent » effectivement à la fréquence propre dans le diagramme de Bode asymptotique, elle n'est pas pour autant la fréquence de coupure du filtre pour le diagramme réel.

Les candidats manquent de culture et d'expérience en électronique, ils ne connaissent pas les principes de fonctionnement et les ordres de grandeur des paramètres caractéristiques d'appareils courants tels que l'oscilloscope, la GBF, les batteries, piles et moteurs...

La reconnaissance des fonctions attachées à divers Amplificateurs Linéaires Intégrés (ALI) est acquise, elle s'accompagne néanmoins d'erreurs sur leur utilisation dans l'analyse élémentaire des circuits électriques. Les raisonnements sont effectués sur des montages simples qui ne nécessitent que l'utilisation des lois de Kirchhoff ou des ponts diviseurs (souvent difficilement reconnus). Si le théorème de Millman est utilisé (non exigible selon le programme), il doit l'être avec rigueur : les étudiants doivent avoir en tête qu'il est une réécriture de la loi des nœuds. En conséquence, les courants doivent être exprimables, ce qui n'est pas le cas en sortie de l'ALI.

Les questions en rapport direct avec les activités expérimentales d'électronique (analyse de montages et de chronogrammes par exemple) donnent lieu à des réponses calculatoires fastidieuses alors que sont

attendus : analyse préalable du circuit électrique, décomposition de son fonctionnement, discussion sur les réglages ou dimensionnement des composants utilisés. Les formes canoniques précisant la nature des filtres sont données aux candidats ; ils doivent être capables de les reconnaître et d'en tracer le diagramme de Bode asymptotique. Cette épreuve ne peut pas être calculatoire au regard de l'esprit du programme ; l'analyse par schémas-bloc d'un système électronique simple s'avère nécessaire.

La séquence modulation-détection a beaucoup inspiré les candidats. Mais les ordres de grandeur des fréquences utilisées pour les signaux radio AM, FM et la téléphonie mobile (ou le Wi-Fi) sont mal connus. Le programme indique clairement les valeurs numériques que chacun doit retenir. En électronique numérique, la condition de Nyquist-Shannon est à revoir, ainsi que le phénomène de repliement de spectre.

### Électromagnétisme

Les équations de Maxwell sont connues, mais les idées restent confuses quant à leur contenu physique. Les invariances et les considérations de symétries sont trop souvent omises ; les théorèmes d'Ampère et de Gauss sont en conséquence appliqués sans rigueur, ils peuvent parfois être avantageusement remplacés par les relations sous forme locale (un formulaire est à disposition des candidats). Si les calculs de champs sont en général aboutis, l'analyse des cartes de champs et des surfaces équipotentielles s'avère très laborieuse. Toujours beaucoup de calculs, peu d'interprétation physique.

Les phénomènes d'induction pourtant omniprésents dans le programme ne sont pas identifiés ou mal compris. Des erreurs sont à noter dans les conventions de signe ou d'orientation (f.é.m., forces de Laplace, travail moteur ou résistant). L'induction est étudiée comme devant produire un courant induit alors que celui-ci n'existe que dans un circuit fermé. La recherche d'une tension induite n'est pas spontanée.

Les activités expérimentales relatives aux matériaux ferromagnétiques (cycle d'hystérésis) sont inégalement abordées et les montages mal maîtrisés. Le vecteur aimantation est inconnu pour beaucoup de candidats. Insistons sur le fait que l'approche expérimentale correspond à un ensemble de compétences exigibles susceptibles d'être évaluées au cours de cette épreuve d'entretien.

### Conversion de puissance

La puissance électrique en régime sinusoïdal, la définition du facteur de puissance et son lien avec la représentation des tensions et des courants sur un diagramme de Fresnel ont posé beaucoup de problèmes cette année, comme le fonctionnement du moteur à courant continu expliqué par analogie avec le moteur synchrone. Les candidats ont tendance à utiliser des formules toutes faites (lien entre force contre électromotrice, courant électrique et couple de Laplace), des raisonnements « standard » qu'il faut être capable de justifier à la demande du jury pour un développement plus élaboré et pertinent.

Le fonctionnement du hacheur série assurant l'alimentation d'un moteur à courant continu à partir d'un générateur de tension continue, l'onduleur et le transformateur ainsi que ses applications sont en revanche bien assimilés.

### Physique des ondes

Le cours sur les ondes électromagnétiques est su et souvent « récité » mais hors contexte. Toute situation originale et contextualisée pose d'énormes difficultés, les candidats ne voyant pas comment utiliser leurs « outils théoriques » sur des cas concrets (énergie d'une onde électromagnétique absorbée par les tissus organiques, onde évanescence à l'interface verre/air...).

Il est difficile pour certains d'expliquer la signification exacte de O.P.P.H. (onde plane progressive harmonique) ou de définir une surface d'onde. Les ordres de grandeur des flux énergétiques surfaciques sont mal connus. La propagation des ondes dans les plasmas n'est pas assimilée, de même que la notion d'énergie propagée. La notion de paquet d'ondes est mal comprise.

Le jury constate, encore cette année, une méconnaissance de l'équation de d'Alembert (dans les cas de la corde vibrante et de l'onde sonore notamment) ; les hypothèses et les approximations nécessaires à son établissement ne sont pas cernées. Cela a lourdement hypothéqué tout raisonnement relatif aux ondes.

Beaucoup de candidats sont déroutés par des questions simples de compréhension sur le son, sur l'intérêt de l'échelle en dB ou des calculs élémentaires sur l'intensité sonore.

La notion d'impédance acoustique est connue d'un point de vue formulation mais reste inexploitée. Les relations de passage d'une onde sonore d'un milieu dans un autre ne sont pas du tout maîtrisées. À défaut de les démontrer, il est utile de connaître les expressions des coefficients de transmission et de réflexion en amplitude de surpression, en amplitude de vitesse ou en puissance et de relier l'adaptation des impédances au transfert maximum de puissance. La situation décalée de l'isolation phonique a été difficile à traiter.

La mise en œuvre d'une détection synchrone, entre autres pour mesurer une vitesse par décalage Doppler, reste un sujet difficile pour les candidats.

### Optique géométrique

L'optique géométrique, limitée aux lois simples et à quelques tracés illustratifs, n'a pas donné de bons résultats. L'optique « pratique » fait totalement défaut aux candidats : ils ne peuvent pas démarrer la résolution du problème car ils ne savent pas exploiter les données fournies (grossissement, caractéristiques d'une lunette, d'un viseur...). Le vocabulaire de l'optique est mal maîtrisé. Les termes grandissement, grossissement et agrandissement sont sans distinction pour un bon nombre de candidats. C'est un écueil récurrent qui met tout de suite en évidence le manque de compréhension et d'analyse. Une réflexion préalable à l'utilisation des formules de conjugaison est indispensable. Les candidats sont invités à mettre en place un « schéma de conjugaison » indiquant les points conjugués et les systèmes avant de se lancer dans une exploitation mathématique des formules. Il est aussi nécessaire de réfléchir aux questions relatives à la fibre optique qui restent inabordables pour beaucoup d'étudiants.

Il est plus que jamais nécessaire de lutter contre la volatilité des connaissances, le programme de première année est exigible dans cet entretien mais reste trop lointain pour de nombreux candidats.

### Chimie

Les candidats doivent pouvoir établir rapidement la structure électronique d'un élément chimique permettant de conclure sur l'ion le plus stable formé ou sur la nature magnétique du matériau.

Les bases de l'oxydoréduction sont bien maîtrisées mais les candidats ont du mal à interpréter une situation même simple. Les structures des piles sont connues, la formule de Nernst est bien utilisée et les analyses à l'anode et à la cathode sont justes mais la discussion sur les chutes de tension (ohmique et cinétique) est très limitée voire inexistante. Il est difficile de faire le lien entre l'enthalpie libre de réaction et la force électromotrice d'une pile.

Les diagrammes E-pH ne font l'objet que de calculs et les candidats se heurtent à bien des difficultés quand il s'agit de les interpréter.

L'application des principes de la thermodynamique à une transformation chimique est très approximative. Le jury constate toujours les confusions usuelles entre  $\Delta_r G$  et  $\Delta_r G^\circ$ , ainsi qu'entre constante d'équilibre et quotient réactionnel. Les candidats méconnaissent la notion d'état standard. Faute de connaissances en thermochimie et de compréhension des outils mis en jeu, les candidats ne peuvent dépasser le stade de la récitation de quelques formules. Par exemple, pour la détermination d'une température de flamme, beaucoup livrent une expression toute faite sans réflexion ni justification et omettent systématiquement la présence du diazote.

Lorsqu'il s'agit de prévoir l'évolution d'une réaction ou les conditions opératoires qui permettraient de l'améliorer ou de la stopper, l'utilisation correcte de l'enthalpie libre de réaction pose de sérieux problèmes. Les réponses se réduisent trop souvent aux principes de modération.

Les questions relatives à la cinétique électrochimie, aux phénomènes de corrosion humide, aux conversions et stockages d'énergie, aux bilans carbone ont donné lieu à des prestations satisfaisantes.

Pour finir, il est regrettable que certains candidats fassent une impasse pénalisante sur la chimie.

### Conseils aux candidats

La résolution du problème est fondée sur une maîtrise parfaite du cours qui constitue une « boîte à outils » nécessaire, l'exercice proposé en étant le plus souvent une version « masquée ». Sa mobilisation et sa restitution sans faille ont une influence majeure sur la note globale. La démarche adoptée, de façon méthodique (systématique), s'articule de la façon suivante :

*Introduction : s'approprier le problème*

- Introduire le sujet en précisant la problématique ;
- L'illustrer par un schéma modèle ;
- Extraire les informations utiles de l'énoncé.

*Analyser (établir une stratégie de résolution)*

- Identifier les séquences du programme concernées ;
- Quelles sont les hypothèses à adopter ? ;
- Quelles sont les lois à mobiliser ?

*Réaliser (mettre en œuvre la stratégie de résolution)*

- Énoncer les lois ;
- Développer le raisonnement en précisant chaque étape (contrôler les homogénéités) ;
- Encadrer le résultat.

*Conclusion : valider (avoir un regard critique sur le résultat obtenu et le modèle adopté)*

- Interpréter le résultat ;
- Répond-il bien à la problématique ? ;
- Vérifier sa pertinence ;
- Si nécessaire, améliorer le modèle et revenir sur les hypothèses adoptées.

*Ouverture*

Situer (si c'est possible) l'exercice dans l'histoire des sciences et des idées, dans l'actualité scientifique ou dans son application dans la vie courante ou l'industrie.

Le tableau est une « représentation » de la performance des candidats. Il faut y structurer la rédaction, y élaborer des schémas clairs et exploitables (préciser les données utiles et utiliser la couleur), nommer les axes lorsqu'une courbe est nécessaire, numéroter les phases successives de raisonnement et encadrer les résultats importants. À la fin de l'épreuve, le tableau final est « image » de la pensée des candidats, elle doit apparaître logique, fluide et organisée.

Le problème s'intègre dans l'entretien scientifique, il ouvre le débat autour d'une proposition de résolution (choix du modèle, établissement des hypothèses, stratégie de résolution) dont une première approche de simple observation, effectuée sans calculs, est le préambule à un traitement élégant et épuré. On attend que les candidats jugent seuls de la pertinence de leurs résultats, identifient les erreurs (inhomogénéité ou dénominateur qui peut s'annuler) et les corrigent spontanément sans l'intervention du jury. La conclusion, aussi réaliste soit-elle, ne doit pas se restreindre à une valeur livrée sans justification ni être issue d'une méthode standardisée, sous peine de risquer le hors sujet. Les candidats ne doivent pas non plus limiter leur résolution à une approche purement mathématique, sans dégager à chaque étape sens physique et interprétation.

En s'appuyant sur un schéma, les candidats doivent communiquer l'avancée de leur raisonnement initié en salle de préparation et élaborer leur solution « en direct ». La difficulté majeure de cet « entretien » entre les candidats et les deux membres du jury est liée à son caractère interactif et spontané. Cette épreuve exige initiative, écoute et réactivité.

La maîtrise du formalisme et du vocabulaire scientifiques est essentielle et symptomatique de la bonne compréhension des candidats. La transversalité souhaitée dans cette épreuve entre les sciences humaines et les sciences dites « dures » autorise l'analyse étymologique d'un mot pour permettre ou faciliter l'interprétation du phénomène ou de la propriété qu'il décrit (gradient, divergence, ou encore rotationnel).

## Conclusion

La double nature de cet oral rend compte des liens qui unissent les cultures générale et scientifique. Cette épreuve sollicite la concentration des candidats, la précision de la lecture et le sens de l'analyse ainsi que celui de la synthèse, qualités appréciées, entre autres, dans le monde professionnel.

**Sur le fond**, les candidats doivent enrichir leur culture et leur maîtrise de la langue française. Pour y parvenir, il conviendra de suivre l'actualité de la recherche scientifique.

**Dans la forme**, les candidats gagneront à prendre du recul vis-à-vis :

- **des articles de vulgarisation scientifique** afin de ne pas en proposer au jury une simple paraphrase mais d'en annoncer la thèse, la structure et la progression argumentative ;
- **des questions de développement**, afin de mieux les discuter en envisageant le pour et le contre, exemples à l'appui.

Le jury est bienveillant et, s'il revient sur les points obscurs de l'exposé produit par les candidats, il cherche à offrir l'opportunité de lever toute ambiguïté. Il apprécie donc les candidats volontaires et dynamiques qui exposent leur pensée avec logique et précision. La réflexion sur soi est beaucoup plus appréciée que la récitation conformiste de formules convenues.

En dépit de ces remarques, destinées à inciter les candidats à progresser en repérant leurs insuffisances actuelles, les interrogateurs ont reconnu leur sérieux et leurs efforts pour se soumettre aux exigences de l'épreuve. **L'impression est meilleure que celle de l'année dernière** et le jury s'en réjouit : il incite les candidats à faire preuve d'une motivation encore renouvelée pour viser toujours le meilleur.