

# Entretien scientifique (Arts et Métiers)

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve comporte une préparation de 45 minutes suivie d'une présentation de 30 minutes. Elle cherche à évaluer :

- l'acquisition des connaissances scientifiques et technologiques ;
- la méthode d'analyse, l'aptitude à structurer la pensée, la maîtrise conceptuelle et linguistique ;
- l'ouverture d'esprit, le sens critique, la capacité à débattre des grands problèmes du monde contemporain ainsi que les qualités de communication en situation d'oral.

Chaque candidat est interrogé par deux interrogateurs — l'un enseignant dans le domaine scientifique, l'autre dans celui des sciences humaines. 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. Le partage des points est équitable entre les sciences humaines et les sciences physiques. Tous les membres des jurys disposent des mêmes jeux de questions-réponses élaborés pour chacune des disciplines concernées. Les questions scientifiques (orientées le plus possible vers des applications technologiques) couvrent l'ensemble du programme de physique-chimie des deux années de Classes Préparatoires. Pour la première année, c'est le programme de PCSI qui est la référence.

À l'entrée en salle de préparation, un texte de quatre pages environ, extrait d'une revue scientifique ou technologique, parfois de vulgarisation, est remis au candidat. Pendant la phase de préparation, le candidat peut annoter le document et, si nécessaire, consulter un dictionnaire. Il profite du temps imparti pour lire attentivement et analyser ce document puis, devant le jury,

- il réalise un exposé oral de 5 minutes (sans intervention du jury) au cours duquel la structure et la logique argumentative ou informative du texte devront être dégagées et ses enjeux mis en valeur ;
- puis il répond à une interrogation en sciences humaines (de 5 à 10 minutes) autour des enjeux, pouvant comporter des questions de vocabulaire, de compréhension et une discussion sur les problématiques développées dans l'article.

L'ensemble est centré sur le ou les thèmes principaux abordés par le document.

Lors de la phase de préparation en salle, et un quart d'heure avant la fin, une résolution de problème est communiquée au candidat qui prend ainsi connaissance de la problématique et du document qui lui sera projeté lors de sa présentation. La calculatrice n'est pas autorisée au cours de cette préparation, mais elle peut être utilisée en présence du jury pour préciser une valeur numérique.

L'entretien commence par les questions de sciences humaines. La résolution de problème est ensuite projetée sur un tableau blanc ; ce support du raisonnement peut contenir un schéma descriptif, une notice de fonctionnement, un ensemble de données utiles à la résolution, une figure ou un graphe que le candidat doit décrire, interpréter ou compléter. Le jury peut fournir des informations complémentaires à la demande du candidat et l'orienter dans sa démarche par des questions de difficultés graduées.

## Analyse globale des résultats

Le protocole de cette épreuve est maintenant bien connu des candidats et ils ont su s'y préparer pour la plupart, qui ont bien compris la nécessité d'être en *échange* avec le jury dans un oral qui n'est pas un « écrit au tableau » mais valorise une compétence plus généraliste de l'étudiant. L'entretien scientifique ne se restreint pas à une évaluation des compétences techniques de vocabulaire, de raisonnement ou de calcul du candidat : il cherche à évaluer ses capacités à réfléchir, à s'adapter, à s'engager dans la vie publique et à faire preuve d'ouverture. Lorsque le candidat calcule, par exemple, le bilan carbone d'un véhicule, il apparaît naturel de s'interroger sur l'impact environnemental d'un tel résultat et les solutions alternatives qu'il est possible d'envisager.

De l'avis général, la plupart des candidats font preuve d'intérêt et de motivation pour réussir cet oral. La très grande majorité se présente à cet oral dans une tenue correcte et avec un comportement respectueux de l'épreuve. Mais si les candidats sont de mieux en mieux préparés à cette épreuve, le niveau général des candidats reste en revanche contrasté.

Quelques candidats, par leur capacité d'analyse, leur esprit critique et leur culture, alliés à un réel talent pédagogique se sont vu attribuer la note maximale en sciences humaines. À l'inverse, certains candidats ont un oral mal assuré, une culture linguistique et générale faible, et semblent méconnaître les attendus d'une telle épreuve : ils sont, et heureusement, de moins en moins nombreux.

Le niveau global constaté en sciences physiques 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.

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

### Commentaires sur la partie sciences humaines

#### Exposé oral

Le jury rappelle comme toujours que la réussite de l'exposé passe par une bonne gestion du temps (préparation et exposé), une fidélité au texte proposé, une rigueur dans la présentation, une capacité de synthèse et une distance critique pour en relever les enjeux (parfois implicites), et une volonté de pédagogie : l'exposé n'est ni un interrogatoire, ni une confession, ni une réclame publicitaire : il est censé rendre compte de façon claire et attractive d'un article pour un auditoire qui est censé ne pas l'avoir sous les yeux. Cet exposé doit pouvoir s'appuyer à la fois sur le texte lui-même, sur les notes prises au moment de la préparation et sur l'auditoire.

Cet exposé ne saurait en rien se réduire à un simple résumé : il s'agit d'abord d'introduire l'article, en donnant ses références, éventuellement le contexte dans lequel il s'est écrit (actualité scientifique, sociale ou politique ; histoire des sciences ; débats sociétaux, etc.), mais aussi sa structure (Le texte est-il composé de plusieurs parties ? Quelles sont-elles ?), sa typologie (Est-ce un récit ? Une explication ? S'agit-il d'une mise en garde, d'un état des lieux, d'un article humoristique, d'un bilan, d'un texte polémique ? Est-il neutre, prend-il partie ?...). Il s'agit ensuite de rendre compte, évidemment, du contenu de l'article en sachant faire la part de l'anecdotique, que l'on n'aura pas forcément le temps de mentionner, et de ses articulations, informations, réflexions principales. On ne négligera pas les intertitres, les illustrations et encadrés qui donnent parfois des clés de compréhension ou des éclairages pour nourrir la discussion.

Il s'agit enfin de prendre le recul permettant de proposer une conclusion apte à dégager les enjeux de l'article. L'ensemble de l'exposé doit impérativement se cantonner dans une prestation de *5 minutes au maximum*. La prise en compte lors de la préparation et le respect lors de la prestation du temps imparti pour cette épreuve font partie des compétences attendues de la part du candidat.

Les quatre grandes qualités permettant de départager les candidats sont :

- l'esprit de synthèse, permettant de dégager une vue d'ensemble d'un article sans le paraphraser ;
- la clarté de la voix et de l'élocution, permettant un exposé fluide et agréable à suivre ;
- un bon niveau de langue, qui permet d'évaluer l'aptitude d'un candidat à exposer une question pendant cinq minutes dans une langue soutenue et précise ;
- une capacité à bien communiquer avec le jury.

Les candidats sont le plus souvent de bonne volonté : rares sont les candidats qui bâclent cette partie de l'épreuve, ou qui l'abordent de façon non concernée. On note souvent une difficulté à commencer l'exposé : beaucoup commencent leur exposé par une formule du type « ; euh, (ou ben ), donc... », voire « donkeuh », ou par une formule à peine plus élaborée mais pas moins maladroite, du type : « Nous avons un texte de ; », « On est sur un texte de... », « Le document que j'ai à résumer porte sur... ». Ceux qui commencent d'emblée avec, en une phrase un peu soutenue, une introduction qui contextualise l'article et indique son idée directrice et sa structure sont encore assez rares, même s'ils sont plus nombreux ces dernières années : leur prestation est d'autant plus valorisée qu'un exposé qui commence de la sorte est pour le jury le gage d'un entretien de qualité.

Le défaut le plus important et — hélas — le plus souvent relevé dans les exposés des candidats est la mauvaise gestion du temps. L'impératif des *5 minutes* que doit durer l'exposé n'est pas assez pris au sérieux par les candidats, en dépit des rappels du jury. Il est même étonnant de voir des candidats se présenter à cette épreuve sans montre ni chronomètre, ou éventuellement avec une montre qu'ils ne consultent même pas. Il est encore plus étonnant de voir des candidats continuer leur exposé alors qu'on leur signale que le temps qui leur est imparti est arrivé à son terme. Attention : un candidat qui dépasse le temps imparti perd des points, un candidat dont l'exposé ne comporte pas de conclusion perd des points, et un candidat dont l'exposé ne comporte pas de conclusion parce qu'il a été interrompu pour avoir dépassé le temps imparti perd ainsi deux fois plus de points. En effet, la conclusion (bilan et ouverture) est aussi nécessaire à un exposé oral qu'elle l'est à une dissertation écrite : une telle conclusion doit en quelques phrases rappeler la thèse de l'auteur, dégager l'intérêt et les enjeux de l'article (par rapport à l'actualité, à l'histoire des sciences, des idées...), et suivant le cas permettre au candidat de donner rapidement son point de vue si l'article étudié développe ou fait état d'une argumentation. On veillera à ne pas confondre sa propre conclusion avec celle de l'article lui-même : dire en fin d'exposé « en conclusion » pour finalement ne rendre compte que du dernier paragraphe de l'article est une très mauvaise idée.

Autre écueil constaté : encore trop de candidats se font une conception narrative de l'exposé et pensent que la compétence que l'on attend d'eux est celle qui consiste à « raconter » l'article. Dans une telle perspective, l'exposé devient, hélas, un récit assez plat, émaillé de « donc », « ensuite », « et puis », au détriment de la logique du texte, voire de la mise en lumière de son contenu, et parfois même de la clarté de l'exposé — le pire des exposés étant le résumé poussif « racontant » l'article tout en se noyant dans les détails, et qui s'arrête au bout de cinq minutes sans seulement être arrivé au bout de l'article. Un grand nombre de candidats s'efforce de dégager les grandes parties de l'article qui leur est proposé : c'est non seulement un effort qui est valorisé mais qui est utile au candidat qui perçoit ainsi mieux le déroulement logique, voire argumentatif du texte. On peut donc s'étonner des candidats qui ne s'en servent pas dans le déroulement de leur exposé et qui présentent un exposé linéaire sans se référer à leur annonce de la structure.

### Questions de langue

Ces questions offrent d'abord l'occasion de revenir sur certains mots du texte qui auraient pu gêner la compréhension, mais aussi d'évaluer la sensibilité linguistique du candidat et sa culture lexicale. Le jury attend du candidat de pouvoir découper certains mots et les expliquer par les radicaux qui les composent (*anthropo-morphisme*, *pseudo-nyme*, *historio-graphie*) ; de pouvoir reconnaître la valeur de certains préfixes tout en veillant à leur possible polysémie (*méta-* ; *para-* ; *in-* ; *dis-* ; *re-*, etc.) ou suffixes (*-able* ; *-ment* ; *-iser*, etc.) ; de pouvoir expliquer certains mots appartenant à la culture générale attendue d'un élève ingénieur (*robot* ; *in vitro* ; *prototype*, etc) ; de connaître les étymologies les plus courantes (*philia*, *logos*, *anthropos*, *pathos*, *giga-*, *téra-*, *ergo-*...) ; de pouvoir décliner les synonymes, antonymes, mots de la même famille, etc., d'un terme donné. Un candidat doit connaître le sens des mots du texte qu'il présente : pour l'y aider, un dictionnaire lui est prêté pendant sa préparation. Les candidats qui ne trouvent pas le sens du mot même après avoir recouru au dictionnaire, mais qui ont mis à jour sa structure morphologique ont été valorisés.

On aura noté que certains candidats n'ont toujours pas le réflexe d'utiliser le dictionnaire mis à leur disposition lorsqu'ils se trouvent en présence d'un mot qu'ils ne connaissent pas, mais aussi que le niveau de langue développé au cours de l'exposé s'est parfois affaibli dans le passage aux questions de langue : il est dommage, après un assez bon exposé, d'entendre des réponses émaillées de « du coup » ; « ce sera » ; « pour moi c'est » ; « euh » ; « au final » ; « ok »..., tics de langage de la vie quotidienne qui ne répondent pas à ce qu'on attend de la qualité et de la précision de la langue attendue d'une communication orale. Certains candidats n'ont pas compris que les questions de vocabulaire ne sont pas des questions d'explication du texte, qui viendront ensuite. 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*, *calembour*... doivent faire partie du bagage du candidat, d'autant plus que la plupart de ces termes ont été traversés à un moment ou à un autre de la scolarité. Un candidat doit pouvoir distinguer *comparaison* et *métaphore*, *sigle* et *acronyme*, *préfixe* et *radical*...

### Questions de compréhension du texte

Cette phase de l'entretien a pour objectif de revenir éventuellement sur des erreurs (ou des approximations) de lecture révélées au cours de l'exposé, ou de vérifier des connaissances, mais aussi, et surtout, de mettre au jour la finesse de compréhension de certains passages qui ne vont pas forcément de soi et d'évaluer la clarté de leur explication. Il s'agit ici de proposer une élucidation clairement formulée des passages délicats du texte (une expression, un membre de phrase, voire une ou deux phrases). Les questions sont de difficulté inégale et le candidat ne doit pas se troubler s'il ne parvient pas à répondre à toutes. Les examinateurs sont sensibles à l'effort fait pour expliquer *précisément* l'expression ou l'extrait du texte à l'étude. Nous conseillons aux futurs candidats de profiter de ces questions pour fournir les apports personnels auxquels ils n'auraient pas songé pendant la préparation : les questions du jury sont des perches tendues pour les aider à approfondir ou compléter leurs analyses. La première réaction est donc de 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 clin d'œil, un trait d'humour, un jeu de mot, un détournement de citation ou un changement de niveau de langue, la présence de guillemets ou d'italiques, etc. Dans tous les cas, le jury attend une réponse honnête et se montre sévère face aux refus de coopérer, quand le candidat se débarrasse d'une question gênante par un « chais pas » et attend la question suivante.

Les questions de compréhension donnent souvent lieu à de bonnes, voire de très bonnes explications, et peu de contresens ont été observés. On aura souvent déploré que l'explication se ramène à une simple

reformulation, une simple paraphrase du passage à commenter : reformuler peut éventuellement être une première étape, mais c'est bien une *explication* qui est ici attendue par le jury. Il arrive parfois aussi que des candidats ne pensent ni à relier le passage à expliquer au reste de l'article, ni à en donner la justification (pourquoi l'auteur a écrit cela et quelles en sont les conséquences ?). Certains candidats ont du mal à reconnaître une interrogation rhétorique (fausse interrogation contenant sa propre réponse), à expliquer une métaphore, un trait d'humour ou d'ironie, un jeu de mots, notamment dans les titres (« le carburant vert veut sa place au soleil », ou « l'addition est sale » dans un texte consacré aux énergies « propres »), ou encore un niveau de langue, parfois volontairement familier, voire grossier : la traduction de *bullshit* par « conneries » les a par exemple dérouterés. On s'étonne également que certains candidats ne soient pas au fait de l'actualité récente (GIEC, COP26, EPR...) ou ont oublié certaines étapes de leur scolarité, en Français (savoir par exemple situer des auteurs très connus comme Balzac ou Maupassant) ou en Histoire (la Guerre froide, par exemple). Non seulement les références littéraires et historiques sont parfois oubliées, mais c'est même la chronologie qui est fantaisiste. Or, il est difficile d'expliquer certains passages d'un texte si l'on ne possède pas certains éléments de culture générale. Appartiennent à cette culture générale attendue quelques éléments connus de l'histoire des sciences, de la Bible et des épopées antiques, des grandes controverses scientifiques (héliocentrisme, climato-scepticisme...). Dit autrement : la culture générale attendue est celle d'un candidat titulaire du baccalauréat général et doté d'une assez bonne mémoire, augmentée de celle d'un élève de classes préparatoires qui a étudié deux programmes de Français-Philosophie et qui a continué à se tenir au courant du monde qui l'entoure. Le jury rappelle que les articles proposés à l'étude ne proviennent pas de revues spécialisées, mais bien de revues de vulgarisation : les éléments de culture générale produits par ces articles sont des connaissances supposées acquises par des lecteurs adultes qui lisent les journaux et ont un niveau correct d'instruction, une certaine curiosité, et rien de plus.

#### Questions sur les axes de développement

La partie « Développements », qui dure environ 4 minutes, est la partie de l'entretien où le candidat est pendant quelques minutes « en roue libre », et a la possibilité de témoigner à la fois de sa capacité de réflexion, de sa culture générale, mais aussi de son niveau de langue et de son aptitude à former assez rapidement un discours construit et des phrases riches. Cette partie de l'entretien permet de juger des capacités argumentatives des candidats, de leur curiosité intellectuelle, de leur aptitude à s'exprimer en public. La rigueur logique, testée aussi dans la phase de l'interrogation scientifique, est largement sollicitée. Le candidat est invité à approfondir son exposé initial et à le compléter en faisant le lien entre les idées présentées par l'article et d'autres champs du savoir. Cette aptitude à connecter les réflexions correspond à la réactivité attendue par les examinateurs. Il n'est pas question ici d'asséner une opinion mais d'argumenter un avis de manière articulée, en situant la problématique, en posant les jalons d'une discussion contradictoire, en concluant de façon nuancée mais ferme. Les questions peuvent porter aussi bien sur l'histoire des sciences ou des arts, l'histoire en général, la littérature et le cinéma, les grands débats de société, les grandes questions et controverses scientifiques, notre rapport à la culture, à notre histoire, à notre avenir. Un candidat qui suit l'actualité pendant ses années de préparation, à qui il arrive de lire autre chose que les œuvres au programme et qui sort de temps à autre au cinéma se prépare déjà. Il ne s'agit pas d'avoir réponse à tout ; ce n'est pas l'érudition qui est recherchée, mais la curiosité, la volonté et la faculté de se poser des questions en variant les points de vue (social, psychologique, environnemental, politique, esthétique...), et l'aptitude à improviser le développement nuancé d'une idée face à un auditoire. Répétons qu'on peut chercher à réagir aux questions par une démarche d'hypothèses lorsqu'il paraît difficile de donner une réponse immédiate.

Cet exercice exige, plus que les précédents, un véritable entraînement. Il est régulièrement la partie plus difficile et la moins bien maîtrisée de l'entretien, en général lorsque les candidats manquent de culture et d'aisance à l'oral. Il se réduit également parfois au minimum, hélas, lorsque le candidat a gaspillé son temps d'entretien par une réactivité lente aux questions posées lors des précédentes étapes. C'est la partie de l'entretien qui donne lieu au spectre le plus large, de l'indigence complète à une argumentation solide,

bien étayée et parfois enthousiasmante ! Entre ces deux extrêmes se situe la majorité des candidats, qui peinent parfois à réellement argumenter et qui n'arrivent souvent qu'à fournir un ou deux arguments flous. Certaines argumentations ont été excellentes, et le jury a eu beaucoup de plaisir à les entendre : rigoureuses, construites méthodiquement, étayées par des exemples précis, et posant des questions pertinentes. Il semble que certains candidats se soient préparés au cours de l'année au thème auquel se rapporte la question posée, tant l'argumentation est précise : ils se sont en tout cas très certainement préparés à cet exercice, qui demande de l'entraînement. À l'inverse, trop de candidats réduisent leurs développements à une argumentation pauvre, parfois hors sujet, à des idées non développées alignées les unes à la suite des autres, sans aucune référence précise, et oublient qu'une argumentation s'appuie sur des exemples, mais nécessite aussi bien à l'oral qu'à l'écrit une introduction et une conclusion, et c'est regrettable.

## Commentaires 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. Les compétences testées sur la résolution de problème sont les capacités du candidat à :

- *s'approprier* l'information en énonçant clairement la problématique fondée sur un schéma modèle ;
- *analyser* le problème en établissant une stratégie de résolution axée sur les séquences du programme bien identifiées ;
- *mettre en œuvre* cette stratégie par un raisonnement maîtrisé ;
- *valider* en ayant un regard critique sur les résultats obtenus et le modèle adopté ;
- *communiquer* en expliquant le raisonnement et en étant réactif avec le jury ;
- *être autonome* en présentant son interprétation du sujet et son orientation de résolution.

Cette épreuve constitue une prise d'initiative du candidat. Il trouve l'occasion de mobiliser les connaissances et le savoir-faire acquis au cours des années de préparation pour expliquer, illustrer, prolonger, voire approcher de nouveaux concepts scientifiques et technologiques en lien avec le texte, sans dérive calculatoire. Le choix des problématiques abordées dans l'épreuve permet d'évaluer la curiosité, le sens de l'observation, la créativité, le réalisme et l'analyse critique du candidat, ainsi que sa capacité de synthèse et son adaptabilité face à une technologie de pointe dans une société en mouvement.

Le problème permet au candidat de débattre 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. Le candidat doit élaborer un schéma modèle, extraire les informations du document mis à sa disposition, identifier les grandeurs physiques pertinentes et leur degré d'influence sur le phénomène physique (analyse dimensionnelle). Lors du choix et de la mise en œuvre de la stratégie de résolution, le cours constitue une véritable « boîte à outils » ; sa mobilisation et sa restitution sans faille ont une influence majeure sur la note globale, la résolution de problème en étant une version « masquée ». On attend que les candidats jugent 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 exposé à une approche purement mathématique, sans dégager à chaque étape sens physique et interprétation.

La maîtrise du formalisme et du vocabulaire scientifiques est essentielle et symptomatique de la bonne compréhension du candidat. 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).

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

De très nombreux candidats ont tiré profit de la phase préparatoire pour s'approprier la résolution de problème et mobiliser leurs connaissances en vue de l'entretien. 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 de problème et une première approche descriptive de la stratégie de raisonnement adoptée. Cette démarche assurerait un bon cadrage du sujet et éviterait au candidat les malentendus ou les impasses de raisonnement.

Ont fait défaut aux candidats : la capacité d'analyse préalable de la problématique (qui ne doit pas être une paraphrase inutile de l'énoncé) 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. Des fragilités inhabituelles sont à signaler pour le calcul d'intégrales, la manipulation des nombres complexes et la résolution d'équations différentielles.

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, 230 V - 50 Hz, 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 etc.

#### Thermodynamique et bilans macroscopiques

La thermodynamique (vue en première année est 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 (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. 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 réalisées en première année, ont connu plus de succès, mais le bilan de quantité de mouvement d'un système à masse variable (fusée) reste 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).

### Phénomènes de transport

La loi de Fourier est bien connue des candidats mais l'analogie électrique et la résistance thermique sont peu utilisées. Le candidat part systématiquement de la loi de Fourier ou propose 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.

### Mécanique du point et du solide

Cette partie est inspirée du programme de première année : le portrait de phase, 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 trajectoire elliptique, de retrouver rapidement les vitesses de satellisation et de libération. Il est souhaitable que le candidat puisse tracer rapidement le profil d'énergie potentielle effective et décrire qualitativement la nature du mouvement en fonction de la valeur de l'énergie potentielle. 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 étudiants 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 le circuit fonctionne (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 équipotentiels 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 évanescente 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.

On 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 pour mesurer une vitesse par décalage Doppler reste un sujet difficile pour les candidats.

### Optique géométrique

L'optique géométrique (point d'appui à des approches expérimentales selon le programme), même si elle est limitée aux lois simples et à quelques tracés illustratifs, n'a pas donné de bons résultats ; les tracés optiques les plus élémentaires ne sont pas assimilés, ni les rayons lumineux orientés. 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...). Rappelons que les relations de conjugaison et les caractéristiques d'un instrument optique ne sont pas exigibles ; elles sont systématiquement précisées sur le document projeté. 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. On 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 ont donné lieu à des prestations satisfaisantes.

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

## Conseils aux futurs candidats

### Pendant l'année

Il faut lire les journaux et suivre l'actualité, et pas seulement l'actualité scientifique ou technologique. Il faut penser à vous enrichir mais aussi à vous distraire : certaines lectures, certains films sont certes agréables mais aussi exploitables dans l'optique de cette épreuve, à commencer par la science-fiction, mais pas seulement !

Il faut s'entraîner à prendre la parole en public, et faire au moins deux fois l'exercice consistant à produire un exposé dans un temps limité en surveillant votre montre ou votre chronomètre : c'est une compétence nécessaire, qui s'acquiert facilement avec un peu d'entraînement.

La résolution de problème est une démarche qui ne s'improvise pas le jour de l'épreuve, elle est l'aboutissement de deux années de préparation. Tout au long de cette période et à chaque problème proposé, qu'ils soient au tableau ou devant une feuille de composition, les candidats doivent faire l'effort d'avancer de façon méthodique (voire systématique) selon la démarche suivante pour l'automatiser :

- 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.

#### Préparation en salle

Pendant la lecture de l'article, les candidats doivent se reporter au dictionnaire si des mots sont inconnus ou difficiles, il y a des chances pour que le jury vous demande leur signification lors de l'examen. NB : les dictionnaires comportent aussi une (petite) partie « Noms propres ».

*Préparation de l'exposé* : l'introduction et la conclusion doivent être soignées ; ce sont les deux moments de l'exposé qui doivent être posés et surtout ne pas être improvisés. La gestion des notes est importante. Celles-ci doivent être lisibles, écrites seulement sur le recto, les feuilles doivent être numérotées. Les candidats doivent être capables au cours de l'exposé de consulter à la fois leurs notes, leur article, leur montre (ou leur chronomètre) et regarder le jury.

*Résolution de problème* : un quart d'heure avant la fin de la préparation, les candidats prennent connaissance du problème ; ils doivent prendre le temps de la réflexion pour construire un schéma modèle et situer le problème dans la séquence du programme concernée en rappelant les étapes de raisonnement et les résultats du cours.

#### Aspect général

Moins l'aspect des candidats peut donner prise à un commentaire, mieux ce sera : il faut s'habiller de façon neutre et avec une tenue simple et correcte pour un concours officiel : ni tête rasée ni cheveux trop longs ; pas de tee-shirt imprimé (il faut préférer le polo ou la chemise au tee-shirt), pas d'espadrilles, pas de décolleté ni de short ni de jupe trop courte. Le contact établi avec le jury est une compétence, notamment pour la partie Exposé (voir plus bas).

## Exposé

Les candidats ne doivent pas oublier qu'il sont évalués sur leurs capacités à communiquer : pas de niveau de langue relâché, évitez les « donc », les « du coup » et les « euh » inutiles sont à éviter. Il doivent se souvenir de trois choses :

1. Ils sont contents d'être là (cela fait deux ans qu'ils se préparent pour cela) ;
2. Il s'adressent bien à deux êtres vivants situés à trois mètres de vous, qui méritent d'être regardés de temps à autre, même brièvement ;
3. Ils disposent de 5 minutes, pas une de plus : respecter la durée de l'exposé est bien une compétence attendue. Il faut donc se munir d'une montre (non connectée) ou un chronomètre, et penser à surveiller son temps de parole ! La réussite à l'exposé en dépend.

La montre doit être posée sur la table de sorte à l'avoir en face de soi : la garder au poignet ne servira pas à grand-chose.

Et... il faut s'entraîner. (voir plus haut.)

## Questions sciences humaines

Si le jury demande le *sens* d'un mot, ce n'est pas pour que les candidats lui explique le sens de la phrase ou du texte : il s'agit bien de parler du mot. Il faut donner, s'il y a lieu, le sens général du mot, éventuellement les sens s'il y en a plusieurs, et seulement ensuite le sens pris par le mot dans le texte. Il ne faut pas hésiter à commenter s'il y a lieu la *composition* du mot (ex. : « le mot *cislunaire* est composé du préfixe *-cis*, du radical *lune* et du suffixe *-aire* qui sert à former l'adjectif ». Les candidats doivent aussi signaler, s'il y a lieu, les homonymies : « *auspices*, qu'on ne confondra pas avec *hospices* ».

## Résolution de problème

Le tableau, en fin d'épreuve, est une « représentation » de la performance des candidats. Il faut le structurer, 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. Le tableau final reste l'« image » de la pensée des candidats, elle doit apparaître fluide et organisée.

## Conclusion

Le niveau général des candidats est stable par rapport aux années précédentes, avec un peu moins d'excellents candidats semble-t-il, mais également un peu moins de très mauvais candidats. On attribuera la baisse sensible de candidats catastrophiques à la bonne connaissance des attentes du jury de la part de la plupart, et à un certain sérieux dans la préparation à cette épreuve, du moins pour une partie d'entre eux. Les meilleurs, par leur capacité d'analyse, leur esprit critique et leur culture, alliés à un réel talent pédagogique se sont vu attribuer la note maximale. À l'autre bout de l'échelle, d'autres heureusement rares, sont très faibles : ils gèrent mal le temps qui leur est imparti pour l'exposé, ils sont souvent prisonniers de leurs notes, dans lesquelles ils se perdent, ils ont du mal à s'exprimer dans une langue correcte, ils ne parviennent pas à rendre compte du texte à étudier, leur culture générale et scientifique est souvent déficiente, et ils ne parviennent pas à conserver le contact avec les examinateurs.