

Sciences industrielles de l'ingénieur

Présentation du sujet

Au cours de cette épreuve orale d'une durée de quatre heures, le jury évalue l'ensemble des compétences des candidats permettant de mener une démarche globale afin d'appréhender une problématique issue d'un système industriel. Il leur est nécessaire de faire preuve, d'une part, de capacités d'abstraction indispensables pour comprendre, établir et utiliser des modèles, et, d'autre part, expérimentales pour imaginer, conduire et exploiter des protocoles expérimentaux au regard d'objectifs définis à priori.

Les candidats sont ainsi évalués selon différentes compétences touchant à l'analyse fonctionnelle et structurelle d'un système, à l'appropriation d'une problématique scientifique et industrielle, aux démarches de modélisations de niveaux adaptés en réponse à un objectif spécifique, à la formulation de problèmes bien posés dans une optique de recherche de solutions, à la simulation et la résolution numérique, à la validation des modèles et solutions proposés à l'aide de confrontations expérimentales avec le système réel.

La formulation de conclusions étayées et les capacités de communication et de synthèse sont indispensables aux ingénieurs évoluant dans un contexte professionnel de plus en plus international et sont à ce titre également évaluées durant l'épreuve.

L'ensemble des sujets est conçu de façon à aborder des aspects aussi bien méthodologiques qu'expérimentaux qui doivent, in fine, amener les candidats dans une posture de formulation de conclusions et de prise de décisions.

Analyse globale des résultats

La session 2024 a permis d'évaluer 1 726 candidats. Le jury constate que la très grande majorité connaît les attendus, l'organisation et la structuration de l'épreuve de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur.

Concernant les capacités d'abstraction et méthodologiques, les prestations réalisées montrent que les fondamentaux de sciences industrielles de l'ingénieur sont généralement bien présents dans les compétences des candidats. Le jury note une maîtrise dans la manipulation des modèles et les développements calculatoires, ainsi que dans l'utilisation des méthodologies de modélisation, d'analyse et de formulation de problèmes, notamment lorsque la démarche est suggérée. Le jury note en revanche plus de difficultés lorsque les candidats sont amenés à proposer par eux-mêmes des modélisations adaptées pour répondre aux objectifs particuliers de l'étude.

Concernant les aspects expérimentaux, la majorité des candidats de la filière PSI montre de très bonnes capacités dans les champs explorés par l'épreuve de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur : dans la prise en main des supports contextualisant l'étude et l'appropriation de la problématique, dans la mise-en-œuvre des procédures expérimentales en vue de valider (ou non) les modèles proposés / manipulés, dans l'exploitation des résultats obtenus (même si les protocoles pourraient parfois être suivis avec une plus grande rigueur), et dans le développement de procédures numériques et / ou informatiques pour la résolution des problèmes. En particulier, le jury note depuis quelques sessions une amélioration constante des compétences relatives à l'utilisation de la programmation et de la simulation numérique pour la résolution de problématiques de sciences industrielles.

Pour la session 2024, dans la continuité de la précédente, le jury remarque néanmoins un léger recul dans l'interprétation d'un résultat vis-à-vis du système étudié et de la problématique proposée. La confrontation au réel, et la vérification de la cohérence d'un résultat théorique ou expérimental vis-à-vis du système et

de la problématique d'étude constitue un aspect fondamental des travaux pratiques, et le jury invite en conséquence les futurs candidats à porter une attention particulière sur ce point lors de leurs deux années de formation.

Enfin, la capacité à effectuer une **synthèse globale en temps limité** fait partie des compétences recherchées pour un ingénieur, et le jury a noté que pour la majorité des candidats les attendus de cette partie de l'épreuve sont bien intégrés. Le jury a noté une amélioration du niveau global de ces synthèses qui intègrent généralement une restitution claire et assimilée de la problématique étudiée et de la démarche suivie, même si certaines prestations se contentent encore d'un résumé du travail réalisé sans prise de recul sur les spécificités et le fil conducteur du sujet proposé.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le jury rappelle aux candidats que les compétences spécifiques aux activités de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur ne peuvent s'acquérir que par un travail régulier durant les deux années de formation. Afin de faciliter la préparation de l'épreuve, le jury présente ci-dessous son organisation et les éléments d'évaluation, ainsi qu'un ensemble de commentaires, confirmant en partie certaines observations des sessions précédentes, au regard de l'analyse des prestations de la session 2024. Ainsi, le jury sensibilise les futurs candidats à la nécessité d'axer la préparation de l'épreuve selon l'angle de son organisation et de s'imprégner des attendus.

Les supports utilisés lors de la session 2024 étaient les suivants :

- attelle de mobilisation du genou ;
- robot pâtissier ;
- bras asservi pour le contrôle de tubes de générateur de vapeur ;
- bras de pelleteuse didactisé ;
- hoverboard ;
- robot d'impression 3D ;
- nacelle gyrostabilisée ;
- robot à câbles ;
- robot caméraman ;
- robot delta ;
- robot nettoyeur de vitres ;
- stylet suiveur à retour haptique ;
- slider de caméra ;
- trieuse de pièces ;
- véhicule autonome.

Éléments d'organisation et d'évaluation de l'épreuve

Organisation de l'épreuve

L'organisation de cette épreuve, d'une durée de quatre heures, est décomposée en quatre parties de durées et d'objectifs différents, permettant d'adresser spécifiquement certaines compétences dans le cadre d'une démarche globale de résolution de problèmes de sciences industrielles :

1. appropriation du support, du contexte, mise en évidence de la problématique et des objectifs ;
2. modélisation du système ou de certains de ses constituants, adaptée à la problématique ;
3. développement et exploitation des modèles proposés permettant de construire progressivement une réponse à la problématique ;
4. évaluation de solutions et synthèse globale.

La première partie est conçue pour une durée d'environ quarante-cinq minutes. L'ensemble des activités amène les candidats à montrer leur capacité à s'imprégner du contexte de l'étude. Pour cela, les activités de cette partie sont conçues de façon à permettre aux candidats :

- de s'approprier et de présenter le support, de dégager son organisation structurale généralement sous forme de chaînes fonctionnelles d'information et / ou de puissance, etc. ;
- d'évaluer et analyser l'écart éventuel entre un niveau de performances attendu et un niveau de performances mesuré (ou simulé) ;
- de s'approprier la problématique retenue pour la suite de l'étude.

Pour les chaînes de puissance et d'information, les candidats doivent être capables :

- de préciser les fonctions constitutives du système ;
- de localiser sur le système les différents constituants associés ;
- de décrire, quand cela est demandé, leur principe de fonctionnement, notamment pour les capteurs les plus classiques en précisant le type de signal de sortie, ses propriétés, etc.

La deuxième partie est conçue pour une durée de 60 minutes autour d'une activité de modélisation. Elle permet aux candidats de montrer leur capacité à prendre des initiatives, à formuler rigoureusement et justifier des hypothèses, à construire et / ou justifier des modèles, à critiquer leurs résultats, à proposer et réaliser des protocoles expérimentaux. La démarche proposée est évaluée et les examinateurs interviennent au cours de cette partie en fournissant si nécessaire des informations complémentaires en vue de faciliter, ou de débloquer si besoin la progression.

La construction de cette partie a comme objectif d'élaborer et / ou de compléter un modèle qui sera exploité dans la suite de l'étude. Il s'agit par exemple de :

- développer un modèle potentiellement multi-physique de niveau adapté aux objectifs de l'étude
 - mise en équation d'un modèle de complexité raisonnable pour les candidats (des éléments sont fournis afin de les aider), en formulant des hypothèses **clairement énoncées et justifiées**, pour définir la forme du modèle qui fera l'objet d'une validation ultérieure ;
 - identification d'un modèle de comportement au regard de réponses expérimentales ;
- développer et mettre en œuvre l'identification expérimentale des paramètres d'un modèle fourni ;
- enrichir et/ou raffiner un modèle donné en ajoutant des éléments fonctionnels complémentaires (capteurs, actionneurs, etc.) ;
- proposer et mettre en œuvre des protocoles expérimentaux permettant d'évaluer la validité de la modélisation mise au point ;
- etc.

La démarche amenant à une solution au problème étudié étant rarement unique, des démarches ou hypothèses différentes peuvent conduire à des solutions distinctes au problème abordé. Le jury s'attache à dissocier l'exactitude des valeurs, voire des équations, trouvées de la cohérence et de la pertinence de la démarche.

Ainsi, de manière générale, cette partie entend valoriser le travail des candidats qui ont préparé spécifiquement l'épreuve de travaux pratiques durant les deux années de formation pour acquérir les compétences nécessaires à l'étude et la modélisation d'un système complexe de façon rigoureuse et structurée.

La troisième partie est conçue pour amener les candidats à l'exploitation, entre-autres, des modèles développés lors de la deuxième partie, avec pour ambition de construire progressivement une réponse à la problématique de l'étude. Les candidats ayant pu proposer des éléments de réponse et de modèles différents durant les deux premières parties, les éléments complémentaires sont fournis par le jury si nécessaire, permettant une progression normale dans la troisième partie.

Les activités proposées dans cette partie ont pour objectif global la prévision des performances et l'évolution du système en vue de satisfaire le besoin exprimé. Elle doit donc permettre :

- de valider et / ou recalculer des modèles à partir d'essais expérimentaux et de résultats de simulations numériques des modèles élaborés ;
- d'enrichir un(des) modèle(s) ;
- d'imaginer et choisir des solutions d'évolution du système en vue de répondre à un besoin du point de vue de l'utilisateur et exprimé par les exigences d'un cahier des charges.

La quatrième partie, d'une durée de 40 minutes, est décomposée en 30 minutes pour l'évaluation des solutions et 10 minutes pour la préparation d'une synthèse globale. Elle est conçue autour des thématiques de conception / optimisation / adaptation des solutions envisagées lors des parties précédentes. Les activités de cette partie ont pour objectif de permettre de conclure vis-à-vis de la problématique abordée dans le sujet de travaux pratiques et ainsi de fournir des éléments pour la synthèse finale, et ce quel que soit le niveau d'avancement des études réalisées dans les parties précédentes. Le cas échéant, le jury fournit si nécessaire aux candidats les éléments leur permettant d'aborder cette partie.

Synthèse finale. À la fin de la quatrième partie, et en conclusion globale de l'étude, une synthèse courte, **limitée à trois minutes au maximum après dix minutes de préparation**, est demandée. Au cours de cette synthèse orale, **en appuyant explicitement leur présentation sur le support étudié** et sur les résultats obtenus **et quantifiés**, les candidats doivent être capables :

- de présenter rapidement le système, en se limitant aux fonctions plus particulièrement étudiées ;
- de présenter la problématique abordée ;
- d'exposer de façon logique, quantitative et structurée la démarche adoptée pour la résolution de cette problématique avec sa justification et éventuellement les difficultés rencontrées ;
- de proposer un ensemble de conclusions de l'étude **en s'appuyant explicitement et quantitativement** sur les performances finalement obtenues au regard de la problématique.

Chaque candidat présente sa synthèse en trois minutes maximum devant un membre du jury qui ne l'a pas suivi au cours des trois heures et cinquante minutes précédentes.

Capacité de synthèse et de communication

Les capacités de synthèse et de communication sont essentielles pour un futur ingénieur, elles ont ainsi un rôle important lors de cette épreuve de travaux pratiques et **contribuent pour un quart à la note** sur l'ensemble des quatre heures de l'étude. La clarté des présentations, la précision des explications et du vocabulaire scientifique employé, et la capacité à effectuer une synthèse sont prises en compte dans l'évaluation.

L'évaluation tient compte également des capacités à utiliser les informations données dans le sujet et les documents techniques mis à disposition ou les aides ponctuelles des examinateurs, et du dynamisme des candidats.

Pour faciliter les échanges avec le jury et en vue de préparer la synthèse, les postes informatiques disposent d'un ensemble complet de suites bureautiques (Microsoft Office et / ou Libre Office). Il est conseillé aux candidats d'utiliser ces outils afin de conserver temporairement une mémoire numérique des activités, des courbes suite à des mesures ou de rassembler des graphiques dans un document. **Il est rappelé néanmoins qu'aucun compte-rendu écrit n'est demandé, les brouillons ayant servi au travail sont détruits, et tous les fichiers enregistrés systématiquement supprimés dès le départ du candidat.**

En ce qui concerne la synthèse finale, les différents éléments fournis par le jury durant toute l'épreuve doivent permettre de conclure sur l'étude quel que soit le niveau d'avancement dans les activités. Ainsi, un candidat qui n'aurait pas réalisé avec succès toutes les activités du sujet proposé peut tout à fait effectuer une synthèse de qualité et ne sera pas pénalisé s'il réussit à assimiler toutes les informations disponibles pour en dégager la problématique, la démarche proposée et les réponses obtenues vis-à-vis de la problématique. À contrario, une énumération linéaire des activités effectuées, même correctes, est à proscrire. Le jury attend des candidats une prise de recul par rapport à l'étude menée et au fil conducteur qui la sous-tend.

Logiciels utilisés

Cette épreuve de travaux pratiques fait appel à l'outil informatique et à des logiciels de modélisation / simulation de systèmes dynamiques (**Scilab**), à des modeleurs 3D et à un langage de programmation informatique (**Python**). Pour l'utilisation de ces langages et logiciels, un aide-mémoire est systématiquement fourni sous la forme d'un document ressources. Il est rappelé que l'ensemble du programme d'informatique commune en CPGE peut être utilisé lors de cette épreuve.

Lors des activités faisant appel aux outils de modélisation et de simulation, les compétences évaluées sont : analyser le(s) modèle(s) proposé(s), comprendre les algorithmes implantés, identifier et/ou modifier un nombre limité de paramètres, compléter des procédures associées à des algorithmes fournis, choisir le scénario de simulation en fonction de l'objectif visé, et exploiter les résultats de simulation.

Concernant l'outil informatique, l'utilisation de la programmation peut être demandée pour compléter une activité de développement algorithmique portant sur des thèmes comme, entre autres :

- optimiser des paramètres en vue de recalculer ou d'identifier un modèle, de déterminer un régulateur au regard d'un cahier des charges, etc. ;
- mettre en œuvre un traitement numérique d'un signal ;
- exploiter des signaux en vue d'analyses énergétiques (rendement, inertie, etc.), de traiter des signaux (intégration, dérivation, analyse statistique, etc.) ;
- analyser et / ou compléter un diagramme d'états ;
- utiliser ou finaliser un algorithme de régression, de classification, d'optimisation ou d'apprentissage.

D'une façon générale, la mise en œuvre d'une programmation informatique reste limitée et il s'agit, généralement, de compléter ou de commenter un programme. Une progression efficace dans ces études ayant recours à l'outil informatique demande néanmoins une préparation régulière lors des deux années. L'utilisation de Python étant au programme de CPGE, plusieurs environnements de programmation parmi les plus courants peuvent être utilisés (**Idle**, **Spyder** ou **Pyzo**).

Pour la simulation des systèmes dynamiques, l'environnement **Scilab/Xcos** est utilisé et pour les évolutions futures des bibliothèques Python spécialisées pourront être adoptées, notamment pour l'utilisation de l'Intelligence Artificielle.

Concernant la simulation numérique des systèmes dynamiques, la connaissance préalable des logiciels retenus n'est en aucune façon exigée et l'évaluation ne porte pas sur l'aptitude à connaître et maîtriser leurs fonctionnalités. La mise en œuvre d'une simulation numérique est limitée à :

- un apport d'informations facilitant la compréhension du système ;
- la simplification de la résolution d'une partie de l'étude ;
- une modification paramétrique d'un modèle déjà construit pour l'adapter au système étudié (les valeurs des paramètres sont alors issues des documents fournis, ou obtenues au préalable par identification expérimentale ou encore en utilisant un modèle de connaissances fourni) ;
- la détermination de résultats dont l'obtention sans outil de calcul ou de simulation numérique est fastidieuse ou difficile.

Conseils aux futurs candidats

Appropriation du sujet et présentations orales

Les sujets de travaux pratiques de sciences industrielles de l'ingénieur comportent une importante quantité d'informations. **Le jury attire l'attention des candidats sur le besoin de lire précisément les sujets et la documentation technique référencée dans les sujets.** En particulier, la documentation fournie a pour but d'aider et guider les candidats, les sujets pointant, le plus souvent possible, vers les documents ou annexes les plus utiles. De plus, la capacité à extraire, assimiler et utiliser une information technique pertinente est une compétence de base de l'ingénieur et est, à ce titre, évaluée durant l'épreuve.

Une part des candidats, quoiqu'en diminution néanmoins depuis les sessions précédentes, oublie encore de restituer oralement l'ensemble des activités menées. Le jury rappelle à ce titre que **seuls les éléments verbalisés** sont pris en compte pour l'évaluation. Les questions formulées par les examinateurs lors des interrogations ont généralement permis néanmoins de rattraper ces oublis au bénéfice des candidats.

Dans le même ordre d'idée, lors de l'établissement de modèles, certains candidats oublient de donner les hypothèses utilisées et se contentent du résultat. Là-aussi, les questions formulées par le jury permettent, au bénéfice des candidats, d'évaluer l'ensemble du travail effectué. Il convient néanmoins de noter que la rigueur de la démarche et des présentations demeure l'un des aspects évalués dans la prestation orale.

Lors des activités de la première partie, dédiée à la découverte du support et de la problématique, quelques candidats ne prennent pas le temps de présenter **en une ou deux phrases** le système et le contexte sur lequel porte l'étude et abordent directement la présentation sous la forme « à l'activité 1, on m'a demandé de... ». Le jury ne souhaite surtout pas une présentation interminable, mais quelques phrases permettant de situer le contexte de l'étude proposée, première étape dans l'optique d'une prise de recul sur le travail qui sera mené. À l'inverse, certains candidats ont tendance à prendre beaucoup de temps lors des interrogations et ont du mal à évaluer le niveau de détails à présenter (détails de simplifications de calculs pourtant déjà simples et qui ne sont pas supposés poser problèmes en fin de deuxième année de CPGE, détails parfois très longs sur les diagrammes de chaîne de puissance et d'information, répétition orale de la question en détails). Si cela dénote une volonté de bien faire dans la communication et les échanges avec les examinateurs, cela fait perdre beaucoup de temps. Un résumé en quelques phrases courtes de l'objectif de l'activité suffit généralement. Une telle attitude dans la progression de l'étude est, de plus, une méthodologie permettant de gagner en prise de recul, et de conserver un esprit synthétique.

Lors des échanges, le jury note que les candidats ne font pas suffisamment appel à l'utilisation des schémas ou des diagrammes illustratifs et lorsque ces représentations sont utilisées le formalisme utilisé peut largement être amélioré. L'utilisation de schémas simples, et bien réalisés, facilite la communication,

clarifie la présentation et **fait gagner du temps dans la progression de l'étude**. De plus, la qualité des explications, le soin et la clarté des éléments utilisés pour la présentation font partie de l'évaluation.

Le jury sensibilise les candidats à choisir avec pertinence les courbes/résultats de façon à éviter une inflation de résultats enregistrés en les limitant à ceux qui apportent réellement une information qui permettent simplement et efficacement d'illustrer les présentations. Le jury rappelle aux candidats que la réflexion menée pour sélectionner et ordonner les résultats d'intérêt tout au long de l'étude est une des méthodes permettant de prendre le recul nécessaire sur le travail proposé.

De la même façon, le jury conseille d'éviter de rédiger de manière trop détaillée des diaporamas lorsque ce mode de présentation est choisi : ceux-ci doivent être considérés comme un aide-mémoire numérique facilitant la structuration de l'échange avec l'examinateur au même titre que les schémas réalisés. Pour rappel, les brouillons, captures d'écran et supports de communication sont **systématiquement et immédiatement détruits à l'issue de l'épreuve**.

Le jury note aussi que trop de candidats ont tendance à inventer des exigences à l'aide de leur bon sens au lieu de **consulter le cahier des charges fourni** qui donne explicitement les critères à évaluer et le niveau d'exigence quantifié requis. De même, le jury remarque également que certains candidats perdent du temps en présentant des réponses qui ne sont pas en rapport avec le questionnement posé (description du principe de fonctionnement d'un composant qui aurait pu être présent, écriture d'un modèle non demandé, etc.).

Modélisation

La modélisation est un besoin fort et indispensable en sciences industrielles de l'ingénieur, aussi le jury rappelle la nécessité de justifier ou proposer un modèle de connaissance dynamique. Une épreuve orale exige en effet la même rigueur scientifique qu'une épreuve écrite : nécessité de préciser le système isolé, le bilan des actions mécaniques extérieures, le théorème utilisé (TRD, TMD ou TEC), la direction éventuelle de projection, le point de réduction pour le théorème du moment, les hypothèses de modélisation, etc.

Le développement de modèles pertinents passe souvent par une modélisation rigoureuse des liaisons mécaniques : une analyse précise par observation des surfaces en contact ou des mouvements élémentaires est alors requise. Le jury regrette que cette analyse rigoureuse soit souvent remplacée par un raisonnement intuitif. De plus, certains candidats cherchent à dessiner immédiatement le schéma sans avoir au préalable mené une réflexion les conduisant par exemple à un graphe de liaisons. L'activité de TP donne la possibilité, **par une observation et des manipulations du système** présent sur le poste de travail, de faire des **propositions** de modèles cohérents vis-à-vis des surfaces observées. Les formules de mobilité sont bien connues, mais sont généralement appliquées avec peu de recul, sur des modèles parfois équivalents cinématiquement au modèle attendu. Par ailleurs, les connaissances et savoir-faire élémentaires concernant la géométrie et la cinématique des solutions classiques de transmission mécanique sont rarement maîtrisés. Une partie des candidats éprouve des difficultés à proposer un schéma cinématique d'un système de transformation de mouvement, même en modélisation plane. L'oubli de certaines classes d'équivalence ou de certaines liaisons peut être également noté.

L'identification de modèles comportementaux pose des problèmes à un certain nombre de candidats notamment lorsque le type de modèle (2^e ordre ou 1^{er} ordre sous forme canonique) ou la démarche ne sont pas explicitement donnés. La reconnaissance d'un tel type de modèle ou le protocole d'identification expérimentale doivent être maîtrisés. En particulier, l'obtention d'une mesure « faisant penser à un système du premier / second ordre » n'a pas de sens si elle ne s'accompagne pas d'une réflexion sur le stimulus d'entrée qui a conduit à cette mesure au risque de conduire à une démarche complètement erronée, en particulier lors d'essais réalisés en boucle fermée. Dans le même ordre idée, beaucoup de candidats commettent des erreurs lorsque l'expérience est réalisée autour d'un point de fonctionnement.

Les activités menées doivent conduire à un modèle validé mais le jury rappelle que l'évaluation porte aussi sur la réactivité des candidats, la capacité à l'analyse critique de leurs résultats, la cohérence dans

leur démarche et, si besoin, leur remise en question d'une façon argumentée. Le jury est plus en attente d'une justification et d'une analyse de la démarche que d'un simple résultat, quand bien même celui-ci soit exact.

Analyse

Si les éléments composant les chaînes fonctionnelles d'information et de puissance sont bien connus, les difficultés constatées consistent à les situer précisément sur le support et **à faire une présentation formalisée** de leur organisation mettant en évidence l'architecture du système analysé et également les liens entre la chaîne d'informations et de puissance (alimentation, pré-actionneur, actionneur, transmetteur, effecteur, capteur, etc.). Une part importante des candidats **propose ainsi des chaînes de puissance et d'information génériques issues directement de leur cours sans vérifier la cohérence par rapport à celles du support objet de l'étude**, en particulier sur la zone de prise d'information sur la chaîne de puissance. Par ailleurs, le vocabulaire technologique est parfois peu approprié et approximatif. Le jury rappelle à ce titre que les diagrammes SysML fournis (notamment les diagrammes de définition des blocs et des blocs internes) doivent permettre d'identifier les constituants et de comprendre l'architecture d'une chaîne fonctionnelle.

Sur les aspects expérimentaux :

- les mesures sont souvent interprétées à minima, ce qui traduit un manque d'analyse. Une comparaison de résultats non chiffrée et sans valeur quantifiée n'est pas admise ;
- dans le même ordre d'idée, le jury note souvent un manque de rigueur dans la validation des modèles à partir de comparaisons de résultats de simulation et de mesures. Les indicateurs liés à cette comparaison doivent être systématiquement chiffrés (valeurs maximale, finale, dépassement, etc.) ;
- l'absence de vérification de l'homogénéité des relations manipulées et de la validation des modèles utilisés (effectuée expérimentalement ou en utilisant la simulation numérique) conduit une part non négligeable de candidats à des erreurs d'analyse ;
- dans le même ordre d'idée, le jury note, plus encore que lors des sessions précédentes, une absence de recul et de vérification de la cohérence des ordres de grandeur des valeurs numériques obtenues pour les paramètres identifiés. Si le jury sait faire preuve d'indulgence pour l'ordre de grandeur de certaines variables moins intuitives, il est particulièrement surpris de voir certains candidats ne pas s'étonner de trouver des vitesses de déplacement ou des cadences de traitement astronomiques au regard du problème étudié et du système **pourtant présent sur le poste de travail**.

Le jury note des difficultés pour réutiliser des compétences dans un contexte légèrement différent de celui vu durant les deux années de formation. Le jury encourage les candidats à ne pas cloisonner leurs apprentissages : compréhension des solutions technologiques, méthodes « théoriques » et déterminations expérimentales forment un ensemble indissociable qui permet une prise de recul sur les concepts et outils manipulés. Le jury s'attend à ce que l'épreuve de travaux pratiques soit le lieu où les candidates et les candidats montrent le caractère transverse de leurs compétences.

Un manque de recul vis-à-vis des différences entre une courbe théorique et une mesure expérimentale est encore observé pour une partie des candidats, même si ce point est en nette amélioration depuis la session précédente. Ainsi, la présence inévitable de bruit de mesure peut perturber certains candidats qui analysent à tort ce bruit comme des instabilités du système. De la même façon, les conditions expérimentales (instant de déclenchement d'un échelon, conditions initiales non nulles) entraînent des erreurs sur la détermination d'un temps de réponse ou du gain statique. Par ailleurs, le jury tient à rappeler que la détermination d'un temps de réponse à 5 % ne passe pas par la détermination d'une constante de temps d'un premier ordre « équivalent » qui sera ensuite multiplié par trois. Le jury conseille aux candidats de bien s'imprégner de ces différences inévitables liées aux conditions de l'expérience, ce qui ne

peut s'acquérir que par un travail régulier et spécifique sur les activités expérimentales durant les deux années de formation.

En automatique :

- le choix ou la justification d'une loi de commande (structure, correcteur, etc.) repose encore souvent et malgré les remarques des sessions précédentes sur des critères trop généraux sur la stabilité, la rapidité et la précision, non étayés à l'aide **d'arguments quantifiés et contextualisés** liés au cas d'étude concerné ;
- le calcul des correcteurs (PI, avance de phase par exemple) repose souvent sur l'utilisation de relations apprises par cœur, souvent mal utilisées, et sans faire le lien avec les spécifications du cahier des charges du problème traité ;
- les capacités à manipuler et exploiter les réponses fréquentielles en boucle ouverte (diagrammes de Bode) pour déterminer des critères de performances classiques (stabilité, marges de stabilité) sont en progrès mais des améliorations sont encore possibles.

Utilisation de l'outil informatique

Les environnements de programmation classiques pour **Python** sont connus des candidats, et leur capacité à traduire un algorithme simple sous la forme d'un programme informatique est en net progrès. Les difficultés de ceux n'arrivant pas à produire une procédure fonctionnelle sont dues à l'absence de maîtrise des bases de la programmation (manipulation de listes, etc.) et à une démarche non structurée dans l'écriture du programme.

En accord avec les évolutions du programme de CPGE, certaines études menées dans les sujets proposés ont conduit à l'utilisation de techniques d'Intelligence Artificielle. Les questionnements proposés se sont limités à quelques éléments et ont reposé le plus souvent sur l'analyse d'un code informatique et des résultats produits par exemple lors d'un apprentissage à partir d'une base de données fournie.

Synthèse globale

Lors des présentations effectuées, certains candidats ont tendance à rentrer dans des détails inutiles. Un niveau de détails trop important conduit souvent à un exposé confus, mal structuré et montre un manque de recul sur le lien entre la problématique et les activités proposées. De même, une présentation trop générale, indépendante du support étudié, sans lien précis ni quantification avec la problématique abordée est à proscrire. Le fil conducteur de la présentation doit être organisé autour de trois mots clés : **problématique, démarche, conclusion ... contextualisés sur le support de l'étude**. Cette activité **demande un réel entraînement**. Le jury conseille :

- de s'entraîner à ce type d'activité avec une structure de présentation articulée autour des trois volets mise en évidence de la problématique étudiée / démarche logique et quantifiée / conclusion argumentée **en veillant à une présentation en temps limité (3 minutes)** ;
- d'exposer cette dernière phase de l'évaluation en s'appuyant sur des résultats graphiques et numériques ;
- de travailler le choix du vocabulaire technologique qui doit être précis et mieux maîtrisé.

Le jury a noté que beaucoup de candidats n'utilisent aucun support visuel durant cette synthèse. Alors que de nombreuses captures d'écrans ont été effectuées durant toute l'épreuve comme support des échanges avec le jury, aucune de ces captures d'écran n'est réutilisée pour illustrer cette dernière phase de l'épreuve. À l'inverse, certains candidats finissent par se perdre dans les multiples figures conservées sans structuration et sont conduits à faire défiler rapidement un grand nombre de résultats, rendant la présentation confuse et très difficile à suivre.

Le jury encourage les candidats à sélectionner les résultats présentés en raison de leur pertinence **en nombre limité et quantifiés** compte tenu des exigences formulées par le cahier des charges. **Le jury n'attend, en aucun cas, un compte rendu linéaire des activités abordées au cours de la séance.**

Conclusion

Pour la session 2025, les objectifs généraux et l'organisation de l'épreuve orale de sciences industrielles de l'ingénieur seront dans la continuité de ceux de la session 2024, avec une structuration en 4 parties permettant d'évaluer les candidats sur une démarche globale de résolution de problèmes de sciences industrielles, et une synthèse finale en temps limité, effectuée devant un membre du jury n'ayant pas suivi le candidat lors des quatre heures de l'épreuve.

Le jury rappelle que la préparation de cette épreuve ne s'improvise pas et l'acquisition des compétences évaluées est le fruit d'un travail régulier au cours des deux années de préparation. Il est donc indispensable de s'approprier :

- une démarche de mise en œuvre des fonctions d'un système industriel pluri-technologique ;
- une méthodologie de résolution de problèmes permettant d'aborder et d'appréhender les activités d'évaluation proposées par le jury dans l'esprit des sciences industrielles de l'ingénieur ;
- une maîtrise suffisante des principes d'utilisation d'outils de simulation numérique et d'analyse des résultats obtenus.

Le jury de sciences industrielles de l'ingénieur souhaite que les futurs candidats s'imprègnent des conseils donnés dans ce rapport pour bien réussir cette épreuve.