

Concours PSI X-Inter ENS 2021
Rapport de l'épreuve orale de Manipulation
de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur (SII)

Présentation de l'épreuve

L'épreuve vise à mesurer la capacité des candidats à mettre en application leurs connaissances scientifiques pour analyser les performances de systèmes technologiques. Ces systèmes consistent en des supports variés et pluri-techniques, renouvelés régulièrement d'une année sur l'autre. Ils permettent de balayer une grande partie du spectre des enseignements de SII qui s'articulent autour des performances attendues/simulées/mesurées d'un système.

Bien que chaque candidat soit confronté à un support différent, l'esprit de l'évaluation est commun et les trames d'interrogation ont été conçues pour avoir une longueur, une difficulté, et des critères d'évaluation homogènes.

Après une phase d'appropriation du support et d'étude de ses composants, il est demandé aux candidats de valider des choix technologiques, d'analyser la réponse du système et ses performances, et plus généralement de confronter les observations faites à des modèles de comportement intelligemment construits et exploités. Ces modèles peuvent être analytiques ou numériques.

Les critères d'évaluation reflètent ainsi la capacité à analyser un système de façon détaillée, à proposer des protocoles expérimentaux cohérents, à définir et critiquer des modèles, à conduire des développements théoriques avec rigueur et à les confronter au réel, et à restituer oralement et synthétiquement le fruit d'une étude scientifique.

Déroulement de l'épreuve

L'épreuve dure 4 heures, avec approximativement 75% du temps pour la préparation et 25% pour la restitution et les échanges avec le jury.

Dans un premier temps, les candidats sont invités à réaliser une analyse globale du système à partir de quelques expérimentations simples sur le système lui-même, et à l'aide de différents diagrammes SysML fournis en nombre raisonnable. Les points abordés lors de cette introduction sont :

- les performances attendues et le contexte d'utilisation ;
- l'organisation structurelle ;
- les chaînes fonctionnelles d'énergie et d'information.

Dans un deuxième temps, les candidats sont amenés à évaluer certaines performances au moyen d'expérimentations judicieusement choisies. En complément de cette démarche expérimentale, les candidats sont amenés à proposer des modèles de comportement puis à les exploiter analytiquement ou éventuellement numériquement à l'aide de logiciels de simulation adéquats (sans que la connaissance de logiciels spécifiques ne soit nécessaire), en vue de parfaire leur compréhension du système ou/et de proposer une évolution adaptée à une modification du cahier des charges.

Enfin, tout au long de l'épreuve, les candidats sont invités à synthétiser leurs travaux et à les exposer clairement aux examinateurs. Ceux-ci peuvent alors questionner chaque candidat pour l'aider à préciser sa démarche et l'amener à remettre en question une hypothèse ou une conclusion qu'il a été amené à formuler.

Pour cette session 2021, les conditions sanitaires ont donné lieu à un protocole particulier, avec notamment la mise à disposition des documents en version numérique uniquement (pas de version papier). Cette nouvelle organisation n'a pas impacté le contenu de l'interrogation, et n'a visiblement pas perturbé les candidats.

Analyse des prestations

Les notes s'échelonnent entre 3/20 et 20/20, avec une moyenne de 11,36/20 et un écart-type de 3,77. Les examinateurs ont apprécié les candidats qui ont su :

- analyser et s'approprier rapidement le support à l'aide des ressources fournies ;
- particulariser la présentation de la chaîne fonctionnelle au système étudié en ne se contentant pas de réciter un schéma général préparé à l'avance ;
- manipuler un système en respectant les règles de sécurité élémentaires, le solliciter avec pertinence, évaluer des comportements, faire preuve d'esprit d'initiative et de sens pratique, en vue de mettre en évidence un niveau de performance associé à une exigence ;
- exposer spontanément le protocole d'essai, le choix des grandeurs imposées lors de l'essai, les dispositions prises pour mettre en évidence un phénomène tout en maîtrisant l'influence d'un autre ;
- à partir d'observations, proposer et justifier une modélisation adaptée à une problématique posée ;
- résoudre rigoureusement les problèmes mathématiques qui découlent des modélisations effectuées ou exploiter un modèle numérique fourni si besoin ;
- utiliser avec rigueur leurs connaissances théoriques en vue d'analyser les écarts entre résultats expérimentaux, numériques et analytiques, puis éventuellement remettre en question la modélisation, les hypothèses associées et/ou la démarche de résolution retenues ;
- choisir les outils adaptés à la mise en forme rapide des résultats issus d'expériences ou de modèles ; par exemple, utiliser un tableur se révèle plus efficace qu'une programmation Python mal maîtrisée. De même, stocker proprement des impressions d'écran représentatives des résultats numériques ou expérimentaux obtenus permet une restitution efficace et structurée devant les examinateurs ;
- synthétiser et communiquer avec clarté les analyses réalisées, à l'aide notamment d'outils pertinents et d'un vocabulaire scientifique et technique adapté.

Les examinateurs ont aussi fait des remarques multiples et appuyées sur les points suivants :

- les candidats qui hésitent à manipuler et faire fonctionner le matériel sont de plus en plus rares. Il est désormais courant que les candidats fassent plusieurs essais et analysent plusieurs mesures afin de s'approprier le

mécanisme et son fonctionnement. Par contre, la différence entre les candidats se fait sur la capacité à argumenter une démarche expérimentale, à mener l'expérimentation avec méthode, et à analyser proprement les mesures obtenues ;

- les candidats possèdent dans l'ensemble de bonnes connaissances des théorèmes et principes fondamentaux utilisés en SII. Cependant, ils cloisonnent encore trop souvent théorie et pratique : ils ont du mal à justifier spontanément un protocole en s'appuyant sur ces théorèmes généraux ;
- beaucoup de concepts restent néanmoins superficiels pour les candidats, qui arrivent rarement à les mettre en application avec un raisonnement rigoureux, une démarche argumentée, et en fournissant les hypothèses d'étude associées. Ces concepts sont trop souvent utilisés comme une recette de cuisine, sans le recul nécessaire à l'analyse et la réflexion. Certains candidats semblent même être démunis et parfois en détresse face à l'exercice demandé et ne s'accrochent qu'à de vagues connaissances mal maîtrisées. Il est crucial que le socle minimal de compétences des candidats soit bien acquis. Culture scientifique et connaissances ne peuvent suffire pour être compétent et répondre aux problématiques de l'ingénieur/chercheur d'aujourd'hui et de demain ;
- en lien avec le point précédent, il apparaît que les bases de la mécanique (cinématique, statique, dynamique) et des mathématiques (résolution d'équations différentielles, trigonométrie...) sont de moins en moins maîtrisées ce qui nuit fortement à l'aptitude des candidats à résoudre les situations rencontrées. Le jury est conscient que le socle de connaissances, de compétences et d'outils est vaste en sciences de l'ingénieur mais son apprentissage ne doit pas se faire au détriment de celui des notions théoriques élémentaires et fondatrices de la discipline. Un exemple typique est la notion fondamentale d'isolement d'un système ou d'un sous-système utilisée pour l'identification des blocs et des flux entrants/sortants, ou pour les principes et théorèmes élémentaires de la mécanique (principe fondamental de la dynamique, théorème de l'énergie cinétique) ; celle-ci est mal maîtrisée par un grand nombre de candidats ;
- les comportements théoriques des systèmes asservis du 1er ou 2nd ordre sont connus (erreur statique, stabilité, classe...) mais d'une manière trop superficielle et scolaire, sans recul sur leur signification, origine et conséquences physiques. Plus globalement, les connaissances sur le fonctionnement réel d'un asservissement sont faibles. Le jury encourage les candidats à s'intéresser à de petits systèmes (maquettes) implémentant un asservissement avec contrôleur, afin de se convaincre qu'on ne met pas un correcteur dans le moteur ou dans la chaîne de retour d'un asservissement ;
- il apparaît aussi un manque de connaissance de plus en plus grand sur la culture technologique, notamment sur les technologies de capteurs (apprendre théoriquement comment un capteur fonctionne ne suffit pas, il faut pouvoir l'expliquer dans le cadre du support technologique proposé pendant l'épreuve). La connaissance des composants de technologie pneumatique (vérins, distributeurs...) est devenue également très insuffisante. En ce qui concerne les actionneurs, bien trop souvent le seul connu est le moteur à courant continu... ;
- aucun étudiant, ou presque, ne fait référence et n'exploite les diagrammes et données SysML fournis pour étayer leur présentation et leur analyse des

systèmes. C'est à croire qu'ils ne sont pas lus, et cela pose question sur leur intérêt dans le programme de SII. Les candidats ont une fâcheuse tendance à se lancer dans une présentation des chaînes d'énergie et d'information avant d'avoir lu le sujet et la documentation technique fournie. Le jury rappelle que la mise à disposition des descriptions fonctionnelles SysML dans les sujets est une aide précieuse pour la compréhension des systèmes, dont les candidats doivent se servir ;

- les études de courbes sont trop souvent qualitatives et portées sur les formes des tracés en oubliant le caractère quantitatif (puissances de 10 différentes, valeurs de pentes, ...). Aussi, l'analyse des résultats de modélisation et calcul analytique, avec des ordres de grandeur cohérents, fait souvent défaut ;
- les représentations graphiques (schéma cinématique notamment) sont de moins bonne qualité que les années précédentes. Elles manquent souvent de lisibilité (trop petites, sans couleur). Un tracé de grande taille et lisible fait à main levée permettrait de mieux exprimer la vision des candidats et améliorerait la communication. Les outils de représentation normalisés (schémas cinématiques ou technologiques, plan d'ensemble...) permettant de décrire l'organisation structurelle ou le fonctionnement d'un système doivent donc être mieux maîtrisés et utilisés. Le jury rappelle qu'ils constituent des moyens de communication essentiels et efficaces pour l'ingénieur (comme le dit l'adage, « un dessin vaut mieux qu'un long discours »).

Recommandations

Dans l'objectif de se préparer efficacement à cette épreuve de manipulation, le jury recommande à un futur candidat de développer, tout au long des deux années de préparation au concours :

- une méthodologie permettant d'analyser les systèmes pluri-techniques proposés et d'identifier rapidement les problématiques techniques associées ;
- une aisance dans la mise en oeuvre et le dépouillement d'activités expérimentales variées ;
- un esprit critique lui permettant, en s'appuyant sur des acquis scientifiques et techniques, de prendre le recul nécessaire devant des résultats expérimentaux ou issus de modélisations diverses ;
- une rigueur dans l'établissement de modèles de comportement, en s'astreignant à poser les problèmes plutôt qu'en se basant sur des formules ou des recettes toutes faites qui conduisent très souvent à des résultats erronés ;
- une organisation et un esprit de synthèse lui permettant de conclure relativement aux problématiques proposées et d'exposer clairement ces conclusions.

A contrario, le jury déconseille fortement à un futur candidat de se contenter, lorsque le support étudié lors de l'épreuve a déjà été rencontré durant les années de formation, de réciter une leçon correspondant à un scénario qui n'est pas celui qui lui est proposé durant l'interrogation. En ce sens, la mémorisation d'un matériel particulier et d'expérimentations associées ne constitue pas un avantage pour le candidat.