

1/ OBJECTIFS DE L'ÉPREUVE

En complément de l'épreuve écrite, cette épreuve de travaux pratiques a pour objectif d'évaluer plus particulièrement les compétences expérimentales des candidats, élèves en CPGE de la filière PSI. Durant l'épreuve, le candidat est évalué sur son aptitude à aborder dans sa globalité et sa complexité un système pluritechnologique et à mener une démarche d'ingénieur.

En lien avec le programme officiel, les compétences évaluées durant cette épreuve sont présentées dans la Figure 1 ainsi qu'une liste non exhaustive des activités associées.

Macro compétences	Compétences évaluées	Activités
ANALYSER COMMUNIQUER	▪ S'approprier le support et l'environnement du poste de travail	▪ Mettre en service le système ▪ S'approprier le cahier des charges ▪ Mettre en relation les exigences et les composants associés à partir de l'observation du système réel et de son fonctionnement ▪ Décrire et caractériser les chaînes d'énergie et d'information du système par l'observation du système réel et de son fonctionnement
	▪ S'approprier une problématique	▪ Définir une stratégie de résolution de la problématique
MODÉLISER RÉSOLVRE COMMUNIQUER	▪ Élaborer et justifier un modèle ▪ Préparer et mettre en œuvre une simulation	▪ Établir et justifier un modèle de connaissance ou de comportement ▪ Formuler les hypothèses nécessaires à la mise en place du modèle ▪ Mettre en relation le modèle numérique fourni et les composants réels du système ▪ Définir les paramètres d'une simulation ▪ Obtenir et justifier les résultats d'une simulation ▪ Exploiter les résultats d'une simulation ▪ Remettre en question les hypothèses nécessaires à la mise en place du modèle numérique
EXPERIMENTER COMMUNIQUER	▪ Justifier le choix d'une mesure, d'un protocole expérimental et le mettre en œuvre	▪ Caractériser les chaînes de mesures à utiliser pour répondre à la problématique ▪ Mesurer une performance ▪ Analyser des résultats expérimentaux pour améliorer ou valider un modèle ▪ Valider un cahier des charges
ANALYSER COMMUNIQUER	▪ Quantifier et interpréter les écarts entre des valeurs souhaitées, des valeurs mesurées et des valeurs simulées.	▪ Interpréter les résultats d'une expérimentation et d'une simulation ▪ Modifier ou compléter un modèle numérique à partir de l'observation ou de la mesure sur le système réel ▪ Remettre en question le modèle et les hypothèses formulées ▪ Justifier l'intérêt de refaire éventuellement une série de mesures ▪ Mettre en forme les résultats issus de l'expérimentation et de la simulation
	▪ Conclure et décider	▪ Conclure sur la pertinence de sa démarche par rapport à la problématique proposée ▪ Formuler de nouvelles hypothèses et proposer des pistes pour élaborer un nouveau modèle, une nouvelle série de mesures ▪ Proposer des solutions constructives pour améliorer les performances d'un système

Figure 1 : Tableau des compétences évaluées

2/ FORMAT DE L'ÉPREUVE

• Environnement matériel

L'environnement du candidat est constitué des éléments suivants :

- un système réel instrumenté équipé d'un dispositif d'acquisition de mesures relié à un ordinateur ;
- un ordinateur équipé de logiciels de pilotage et de simulation ;
- les modèles numériques complets ou partiels du système ;
- du matériel permettant d'effectuer des mesures externes si nécessaire (multimètre, tachymètre, oscilloscope...) ;
- un dossier présentant le système et contenant les informations nécessaires à l'utilisation des logiciels ;
- un sujet fixant une problématique, et présentant la démarche et les questions à suivre pour répondre à la problématique.

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

- Automate de prélèvement sanguin, Hemomixer
- Cordeuse de raquettes
- Drone didactisé
- Berceur d'enfant automatisé , Moby Créa
- Cheville de robot NAO
- Robot MaxPID
- Robot Jockey
- Axe linéaire horizontal asservi Control'X
- Robot Haptique
- Système de travelling, Créa Slider

Il est rappelé que l'évaluation porte sur la démarche mise en place par l'étudiant et non sur sa connaissance préalable du fonctionnement et des caractéristiques d'un système en particulier.

• La forme des sujets

Le sujet donné au candidat contient les informations suivantes :

- définition de la problématique du TP ;
- questions posées au candidat, organisées en objectifs ;
- description partielle (structurelle, fonctionnelle ou comportementale) du système à partir des outils de l'analyse système au programme ;
- détail des composants et caractéristiques technologiques utiles à la résolution du problème posé ;
- procédures d'acquisition des données issues des capteurs présents sur le système ;
- informations nécessaires à l'exploitation ou à la modification d'un modèle numérique. A noter qu'aucun prérequis n'est demandé au candidat concernant l'utilisation d'un logiciel de simulation en particulier. En revanche, la démarche d'utilisation d'un logiciel de simulation est requise.

Des durées conseillées sont fournies pour chaque activité du TP pour aider le candidat à évoluer au mieux dans le sujet.

À noter qu'un exemple de sujet est disponible sur le site du concours.

- **Le déroulement de l'interrogation**

La durée de l'épreuve est de 2 heures.

Avant la répartition des candidats sur leur poste d'évaluation respectif, un court rappel des attentes et de l'organisation de l'épreuve est fait par les examinateurs. L'examineur choisit les moments des échanges, mais le candidat peut à tout moment faire appel à l'examineur pour apporter une aide technique, matérielle ou logicielle.

Dans un premier temps, le candidat doit prendre en main le système. Il doit découvrir le cahier des charges fonctionnel, observer le fonctionnement, analyser les performances, identifier les composants, s'appropriier la problématique. Cette première phase est conclue au bout de 25 à 30 minutes par une synthèse orale (5 mn environ) faite devant l'examineur. Le candidat présente le système et sa structure, la problématique puis expose la stratégie qu'il doit mettre en œuvre pour répondre à cette problématique.

Lors de la deuxième phase du TP, le candidat doit mener toutes les activités prévues pour répondre à la problématique. Durant cette phase, l'examineur observe l'avancée du candidat et intervient régulièrement pour valider son travail, pour demander de préciser une démarche, de justifier un modèle...

En fin d'épreuve, à partir du travail effectué, le candidat doit proposer une synthèse de son travail et expliquer au travers des résultats obtenus et d'un retour sur le cahier des charges, comment il a pu répondre à la problématique en s'inscrivant dans une démarche d'ingénieur. Les décisions prises doivent être justifiées, les choix argumentés et le vocabulaire adapté. Si cela est précisé dans le sujet, la synthèse de fin d'épreuve peut se faire sous la forme d'un poster à réaliser et à commenter en présence de l'examineur. Cette dernière phase fait l'objet d'un échange oral avec l'examineur et marque la fin de l'épreuve.

Le candidat doit accorder la plus grande importance aux échanges qu'il a avec l'examineur. S'agissant d'une épreuve orale, tout ce qui n'est pas montré et expliqué à l'examineur lors de ces échanges, ne peut pas être évalué. Les examinateurs invitent les candidats à faire des sauvegardes de copies d'écran de leurs mesures afin de les présenter lors de ces échanges. En fin d'épreuve, les feuilles de brouillon du candidat sont ramassées et détruites et ne font pas l'objet d'une correction complémentaire. Le candidat doit choisir et utiliser les outils de communication les plus pertinents pour faire part de son travail à l'examineur sans « rien laisser de côté ». En toute circonstance, le candidat doit montrer son esprit critique et sa capacité à remettre en cause et modifier un modèle en fonction d'observations et de mesures effectuées sur le système réel.

Le candidat est aussi évalué sur sa capacité à mettre en œuvre une démarche d'ingénieur et doit accorder la plus grande importance à l'organisation de son temps. Les durées approximatives indiquées sur les différentes parties du sujet doivent être prises en compte par les candidats, sous peine de ne pas disposer en fin d'épreuve des éléments nécessaires permettant de réaliser une synthèse. L'autonomie et la bonne gestion du temps, qui sont des qualités recherchées par les écoles d'ingénieurs doivent être mises en œuvre.

3/ COMMENTAIRES SUR LE COMPORTEMENT DES CANDIDATS

De manière générale, les examinateurs ont constaté que cette épreuve orale était relativement bien abordée par les candidats, preuve d'un travail régulier et constant en travaux pratiques durant leurs deux années de formation en CPGE.

Cependant quelques candidats, qui de toute évidence n'ont jamais ou très peu été confrontés aux activités expérimentales et à la simulation numérique, obtiennent des notes très basses. Par ailleurs, certains candidats lisent mal les sujets et répondent à des questions non posées, voire même sans relation avec la problématique du sujet. Il est rappelé que le coefficient de cette épreuve est le plus important des épreuves orales du concours CCINP et qu'une préparation adaptée est impérative pour espérer intégrer les écoles du groupe CCINP.

Les phases de dialogues entre examinateur et candidat ont généralement bien été mises à profit par le candidat pour expliquer sa démarche et ses conclusions. Cependant, le vocabulaire technique permettant de décrire les systèmes est trop souvent approximatif.

Les examinateurs ont remarqué qu'une grande partie des candidats lisaient mal ou seulement partiellement les questions et ne pouvaient donc les traiter correctement, ni répondre à la problématique du TP. Par ailleurs, certains candidats cherchent à exposer leurs connaissances et ce de manière décorrélée du questionnement proposé.

Pendant la phase de prise en main du système, les candidats doivent impérativement manipuler et faire des essais et ne pas se contenter de lire uniquement le document remis en début d'épreuve. Beaucoup de candidats ont des difficultés à utiliser un simple dynamomètre ou un appareil de mesure de type multimètre.

Les examinateurs attendent que le candidat s'appuie sur les outils de description au programme et présente le système en associant systématiquement à la description structurelle effectuée les éléments du système réel qu'ils doivent désigner de manière précise sur le système instrumenté présent sur le poste d'évaluation. Certains éléments fondamentaux des chaînes de puissance et d'information nécessaires à la poursuite de l'étude ne sont pas considérés par les candidats qui n'accordent pas suffisamment d'importance à cette phase de prise en main du système. Cette première approche est pourtant primordiale afin de bien aborder la suite du TP.

À la suite de la prise en main du système, il est demandé aux candidats d'exposer la problématique ainsi que la démarche proposée pour y répondre, cette étape est essentielle afin de réaliser les activités suivantes avec la bonne intention. Les candidats ont parfois une approche erronée de la problématique très pénalisante pour la poursuite de l'étude : dans le cadre de cette épreuve, une lecture claire et efficace du sujet doit être menée avant toute activité. D'un point de vue global, il est regrettable que cette étape de prise en main de la problématique soit trop souvent abordée sans méthode par le candidat. Une lecture globale du sujet est conseillée dans cette phase préliminaire de prise en main de la problématique.

Une culture générale des solutions technologiques classiques que l'on peut trouver sur les systèmes d'un laboratoire de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur est à développer : par exemple, trop de candidats voient des codeurs là où il n'y en a pas, ne connaissent pas la grandeur mesurée par une jauge de déformation, ne savent pas ce qu'est un hacheur ou pensent que la présence d'un capteur implique nécessairement que le système soit asservi. Les connaissances de base sur la technologie et la modélisation du moteur à courant continu ne sont très souvent pas maîtrisées. Une confusion est très souvent faite avec les moteurs synchrone ou asynchrone étudiés en Sciences Physiques.

Lors de la seconde phase du TP, on retrouve, comme les années précédentes, toujours trop de candidats en difficulté pour exploiter des mesures simples (temps de réponse à 5 %, erreur statique, dépassement). Le travail élémentaire de relevé de performances des systèmes sur des résultats de mesure ou de simulation doit donc être travaillé en conséquence. La mise en place rigoureuse d'un protocole expérimental et les prises d'initiatives lors de l'expérimentation sont appréciées (plusieurs essais pour calculer une valeur moyenne, proposer une régression linéaire...).

Le comportement des candidats vis-à-vis des modèles numériques causaux est globalement satisfaisant. Cependant, quelques candidats ont des difficultés dans l'analyse des résultats simulés obtenus et omettent encore trop souvent l'analyse d'écart avec l'expérimentation et les performances visées par le cahier des charges. Encore trop de candidats cherchent à valider un modèle en le comparant au cahier des charges. Peu énoncent et/ou remettent en cause les hypothèses conduisant aux modèles proposés. Enfin, de nombreux candidats confondent le système modélisé et le système réel dans leurs explications.

Les sujets d'interrogation sont basés sur des modèles numériques multi-physiques réalisés sur des logiciels de simulation performants. Les modèles proposés aux candidats intègrent des maquettes 3D et une logique de commande qui peut être programmée à l'aide d'un asservissement ou de graphes d'états. Malgré les recommandations, les examinateurs ont à nouveau constaté que les notions élémentaires de modélisation multi-physique ne sont pas maîtrisées, voire totalement inconnues et que les candidats peinent à tirer profit de la richesse des modèles proposés. Par exemple, très peu de candidats parviennent à compléter un modèle existant fourni avec des valeurs numériques obtenues expérimentalement. Les candidats qui ne maîtrisent pas ces notions sont fortement pénalisés. Ces notions qui apparaissent explicitement dans les programmes de la filière PSI seront à nouveau largement abordées lors des sessions futures. Nous invitons les candidats à se préparer à mettre en œuvre les concepts de modélisation et de simulation numérique indispensables au déroulement de la démarche de l'ingénieur afin de ne pas être pénalisés.

La notion de calcul numérique et le concept de discrétisation temporelle ne sont pas toujours maîtrisés. Certaines questions peuvent nécessiter l'exploitation d'un algorithme Python et la mise en œuvre de méthodes numériques de résolution. Les examinateurs ont constaté que peu de candidats sont en mesure de les exploiter de manière rapide et efficace.

Comme cela avait été précisé les années précédentes, cette épreuve orale n'a pas pour objectif d'évaluer les compétences des candidats à mettre en œuvre un modèle analytique complexe. Les candidats doivent être en mesure d'établir des modèles simples en faisant les hypothèses nécessaires. Il est important que les candidats connaissent les unités des grandeurs physiques de base (moment d'inertie, puissance...) ainsi que les principaux ordres de grandeur (puissance, tension, courant, couple, inertie...). Il est regrettable de voir certains candidats développer des calculs complexes, souvent sans rapport avec les questions et perdre un temps précieux.

La synthèse orale qui marque la fin de l'épreuve doit mettre en relief la démarche suivie par le candidat en s'appuyant obligatoirement sur les résultats obtenus et l'analyse des écarts observés. Trop de candidats se contentent de réciter le scénario du TP sans y ajouter les contenus issus de leur travail durant la séance ce qui ne présente aucun intérêt. D'autres se limitent à présenter un diagramme avec système souhaité/réel/simulé sans faire de lien avec la problématique du TP et la démarche mise en jeu. Les examinateurs ont très souvent été sensibles à la forme particulière que donnaient certains candidats à leur synthèse orale libre : utilisation de « mini-posters » faits à la main, présentation originale et maîtrisée de la démarche de l'ingénieur développée dans les programmes de la filière PSI, excellent esprit de synthèse... S'agissant d'une épreuve orale où les compétences de communication sont essentielles, ce travail a été apprécié par les examinateurs et est encouragé pour les futures sessions.

Enfin, les examinateurs ont unanimement constaté que cette épreuve a été abordée avec beaucoup de sérieux et d'engagement par l'ensemble des candidats. Il est cependant rappelé qu'il s'agit d'une épreuve orale de recrutement en école d'ingénieurs et qu'un langage ainsi qu'une tenue vestimentaire adaptés et un comportement responsable et respectueux vis-à-vis du matériel sont attendus.