

TP de Sciences Industrielles

1 Objectifs de l'épreuve

L'objectif de cette épreuve est d'évaluer les compétences des candidat-e-s dans les domaines de l'analyse et de la mise en œuvre de systèmes ou sous-systèmes réels. Les supports employés pour l'évaluation sont variés et pluri-techniques. Ils permettent ainsi de balayer une grande partie du spectre des enseignements de sciences industrielles de l'ingénieur. Cette année, l'évaluation était basée sur les nouveaux programmes et les sujets associés aux différents supports ont été remaniés en conséquence. Notamment, certains de ces sujets ont abordé, à travers une question, des notions liées à l'intelligence artificielle.

De façon générale, les problématiques étudiées s'articulent autour des performances attendues, simulées ou mesurées des systèmes.

2 Organisation de l'épreuve

2.1 Déroulement

L'épreuve de TP de Sciences Industrielles dure 4 heures. Les candidat-e-s sont donc évalué-e-s sur une demi-journée (matin ou après-midi). Chaque demi-journée, 48 candidat-e-s peuvent être évalué-e-s en parallèle au sein de 8 jurys. Chaque jury est composé d'un binôme de deux interrogateur-trice-s qui évaluent conjointement 6 candidat-e-s.

En début de demi-journée, les candidat-e-s sont accueilli-e-s dans une salle où le jury leur rappelle les principales compétences qui seront évaluées. Il-Elle-s sont ensuite réparti-e-s dans les différents jurys et le déroulement des 4 heures d'interrogation leur est expliqué plus en détail durant quelques minutes. Les principaux éléments de cette présentation sont rappelés ci-dessous :

- Les candidat-e-s avancent en autonomie dans le sujet proposé et n'interpellent pas les membres du jury à chaque question réalisée ou pour un petit blocage sur une question spécifique; par contre, les candidat-e-s ne doivent pas hésiter à interpeller les membres du jury en cas de problème technique, afin qu'ils-elles ne restent pas bloqué-e-s et puissent exprimer tout leur potentiel;
- Le support papier mis à disposition permet de réaliser certains développements techniques ou schémas, et de les présenter aux interrogateur-trice-s; il faut donc y apporter le soin juste nécessaire; ces éléments ne sont pas évalués à l'issue des 4 heures d'épreuve : ainsi, tout ce qui aurait été écrit par le-la candidat-e mais qui n'aurait pas été présenté, par choix ou par oubli, n'aura pas été évalué;
- La qualité de la restitution orale lors du passage des interrogateur-trice-s est importante : la clarté de l'exposé des travaux réalisés, la concision du discours, la précision du vocabulaire, la capitalisation et la mise en forme des résultats sont essentiels pour que la restitution soit efficace;
- La calculatrice est autorisée, mais des outils de type tableur sont disponibles pour réaliser des petits calculs; le téléphone portable doit être éteint et rangé dans le sac.

Chaque candidat-e est ensuite invité-e à tirer au sort un support, se rend sur l'espace de travail associé, et peut commencer à travailler.

Dans un premier temps, les candidat-e-s sont généralement invité-e-s à réaliser une analyse globale du système à partir de leurs observations, 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,
- la description des chaînes d'énergie et d'information.

Dans un deuxième temps, les candidat-e-s sont invité-e-s à évaluer certaines performances au moyen d'expérimentations judicieusement choisies. En complément de cette démarche expérimentale, les candidat-e-s sont amené-e-s à proposer des modèles de comportement puis à les exploiter analytiquement, numériquement à l'aide de logiciels de simulation adéquats (sans que la connaissance de logiciels spécifiques ne soit nécessaire), ou encore à l'aide d'un programme informatique en Python à compléter et exploiter, en vue de parfaire leur compréhension du système, de proposer des évolutions techniques adaptées, de valider un modèle, ou de remettre en question telle ou telle hypothèse de modélisation.

Tout au long de l'épreuve, les candidat-e-s sont invité-e-s à synthétiser leurs travaux et à les exposer clairement aux examinateur-trice-s. Ceux-ci peuvent alors questionner le-la candidat-e pour l'aider à préciser sa démarche et l'amener à remettre en question une hypothèse ou une conclusion qu'il-elle a formulée.

L'organisation de ces interrogations est clairement planifiée de manière à accorder un temps d'échange comparable entre tous les candidat-e-s.

2.2 Les supports proposés

L'organisation des interrogations en 8 jurys parallèles disposant chacun de 6 supports d'interrogation (plus 1 en secours), nécessite l'usage de 56 systèmes techniques instrumentés distincts régulièrement renouvelés. Bien que chaque candidat-e soit confronté-e à un support différent, l'esprit de l'évaluation est commun et les trames d'interrogation ont été conçues pour avoir une longueur et une difficulté homogènes (voir partie 2.3). Les problématiques techniques associées à ces systèmes sont données dans la liste ci-dessous. Il faut noter qu'un même intitulé peut en réalité exploiter deux systèmes différents et que deux intitulés différents peuvent exploiter un support identique.

- Etude des performances cinématiques et dynamiques d'un système de trancannage;
- Etude d'un bras rotatif asservi en position;
- Problématique du positionnement spatial d'une charge suspendue;
- Etude des performances cinématiques et dynamiques d'un berce-bébé motorisé;
- Validation d'un banc de roulement et d'un régulateur de vitesse véhicule;
- Caractérisation des performances d'un système d'étalonnage automatisé;
- Etude d'un axe linéaire asservi en position;
- Etude d'un robot manipulateur d'instruments;
- Validation des performances d'un axe asservi en vitesse;
- Etude d'un système d'assistance automobile;
- Validation des performances d'un ouvre-portail automatisé;
- Étude des exigences d'un système de mise en tension de câble;
- Validation des performances énergétiques et cinématiques d'un pilote de bateau;
- Validation des exigences dynamiques et d'asservissement d'un drone;
- Validation des exigences d'un dispositif haptique;
- Etude des performances des asservissements d'un bras motorisé à 2 axes;
- Etude des performances d'un bras à trois degrés de liberté;
- Etude des performances d'un système d'ouvre barrière automatique;
- Etude d'un système d'équilibrage de roues de voiture;
- Etude du pilotage d'une nacelle de prise de vues;
- Etude des performances d'un système de pilotage automatique de bateau;
- Validation des performances d'un robot à câbles à 4 têtes;
- Etude du comportement d'un gyromètre au moyen d'une plateforme 6 axes;
- Etude du comportement d'une machine d'essais de traction;
- Validation d'un système de transmission et d'un régulateur de vitesse véhicule;
- Etude d'un banc d'essai pour système de transport autonome;
- Etude et performances d'un système de préhension mécanisé;
- Etude et performances d'un système de mesure in situ;
- Etude et performances d'un axe numérique de machine outil;

- Caractérisation des performances énergétiques et géométriques d'un axe de centre d'usinage;
- Etude et performances d'un axe numérique;
- Caractéristiques d'un robot pour la télémanipulation;
- Analyse du comportement d'un système de prise de pièce;
- Caractérisation d'un essai mécanique;
- Etudes des performances d'une solution de fabrication hybride additive/soustractive;
- Aptitudes d'une architecture delta pour la fabrication de pièces;
- Etude des performances d'un système de transmission discontinue;
- Modélisation et analyse des performances d'un axe rotatif asservi en position;
- Etude et analyse des performances d'un axe linéaire asservi en position;
- Etude des performances d'un axe rotatif asservi en position;
- Etude et analyse des performances d'un axe linéaire vertical asservi;
- Assistance électrique pour la manutention de charges lourdes;
- Réglage et optimisation des performances d'un système robotique;
- Interface homme-machine à retour d'effort paramétrable.

2.3 L'outil d'évaluation

Durant les 4 heures d'interrogation, les examinateur·trice·s disposent d'une grille d'évaluation pour chaque candidat·e. Cette grille d'évaluation a été présentée une première fois dans le rapport de la session 2018. Son principe est rappelé dans ce rapport d'épreuve de la session 2023.

La structure de la grille est commune à tous les supports d'interrogation et figée. L'objectif est d'évaluer les candidat·e·s, à travers le questionnement qui leur est proposé (activités), selon les compétences suivantes :

- Analyser une réalisation industrielle :
 - Imaginer l'usage du support, les composants qui simulent l'environnement
 - Identifier les composants du système, caractériser les grandeurs mesurables
- Expérimenter
 - Proposer une démarche expérimentale
 - Réaliser les mesures et interpréter les résultats expérimentaux
- Modéliser
 - Proposer un modèle
 - Réaliser les calculs et analyser les résultats
- Analyser les écarts, recalculer, identifier
 - Identifier des paramètres, recalculer le modèle par rapport au réel
 - Conclure sur une performance
 - Remettre en cause les hypothèses, critiquer et faire évoluer le modèle
- Communiquer, agir de façon raisonnée (transversal)
 - Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adapté
 - Utiliser des schémas et graphes de façon adéquate
 - Faire preuve de bon sens pratique

Construction de la grille d'évaluation

Lors de l'élaboration d'un sujet (voir figure 1), les zones colorées en jaunes sont à personnaliser en fonction du support de l'interrogation. Les activités proposées diffèrent d'un support à l'autre, mais l'ensemble des compétences citées précédemment doivent être évaluées à travers le questionnement à des poids comparables. Pour cela, le concepteur du sujet peut jouer sur son questionnement ou/et sur la pondération associée. Le poids relatif des différentes parties est également estimé et doit être relativement uniforme. Dans la phase de conception d'un sujet d'interrogation, la grille est donc un évaluateur de la qualité du sujet. Une fois que la pondération des compétences évaluées par activité est réalisée et validée, la grille peut être utilisée pour l'évaluation des candidat·e·s.

tout moment, le-la candidat-e peut revenir sur des propos tenus précédemment à l'un-e ou l'autre des interrogateur-trice-s et l'évaluation de l'activité peut être aisément modifiée en conséquence à la hausse ou à la baisse. A l'issue de la session, le dépouillement automatisé de l'ensemble des grilles de notation permet d'établir des statistiques telles que les moyennes par support, les taux de réponse et la qualité des réponses pour chaque activité de chaque support. Ces éléments peuvent servir :

- à dresser un bilan des points positifs et négatifs ressortant de l'ensemble des prestations (voir section 3.2) ;
- à orienter les évolutions futures des supports d'interrogations et des sujets associés.

Libellé du support d'interrogation		Légende des couleurs de fond									
Nom :	Date :	A ne pas modifier									
Prénom :	Heure début :	Spécifique au support d'interrogation									
N° candidat :	Heure fin :	A remplir pendant l'évaluation									
Note retenue /20											
Commentaires généraux du jury:		Evaluation sur 4 niveaux					Notes	Utiliser un vocabulaire scientifique et technologique adapté	Utiliser des schémas et graphes de façon adéquate	Faire preuve de bon sens pratique	Evaluation sur 4 niveaux
Organisation du sujet	Liste des activités proposées au candidat										
Partie 1 Commentaires	Activité 1			1		0,0275					
	Activité 2				1	0,0206		1	1	2	
	Activité 3				1	0,0275	1			1	
	Activité 4				1	0,0137				0	
	Activité 5				1	0,0412					
Partie 2 Commentaires	Activité 1				1	0,0515					
	Activité 2				1	0,0619					
	Activité 3				1	0,0137					
	Activité 4	1				0					
	Activité 5					0					
Partie 3 Commentaires	Activité 1				1	0,0412					
	Activité 2				1	0,0206					
	Activité 3				1	0,0412					
	Activité 4				1	0,0275					
	Activité 5					0					
Partie 4 Commentaires	Activité 1		1			0,0275					
	Activité 2					0					
	Activité 3					0					
	Activité 4					0					
	Activité 5					0					
Partie 5 Commentaires	Activité 1				1	0,0206					
	Activité 2				1	0,0206					
	Activité 3				1	0,0275					
	Activité 4				1	0,0275					
	Activité 5				1	0,0275					
		Manipulations / 15		8,0847							
		Synthèse / 5		2,7778							
Interrogateurs		Note proposée		10,9 /20							
Xxxx YYYYY											
Zzzz TTTTT											

Oraux
Banque PT

Grille
d'évaluation

Travaux
Pratiques de
Sciences
Industrielles

Site ENS
Paris-Saclay

FIGURE 2 – La grille d'évaluation dans la phase d'utilisation - Les interrogateur-trice-s évaluent la performance des candidat-e-s sur les différentes activités qui sont proposées ainsi que les compétences transversales liées à la communication technique ou au sens pratique

2.4 Les outils à disposition des candidat-e-s

L'usage de la calculatrice est autorisé pendant l'épreuve. Néanmoins, il est rappelé que les téléphones portables sont interdits et ne peuvent être utilisés comme calculatrice, comme chronomètre, ou enfin comme montre. Ils doivent être éteints et rangés dans le sac. Par ailleurs, l'usage d'un tableur permettant de réaliser des calculs efficacement ou de tracer des courbes à partir de résultats expérimentaux est autorisé, et même encouragé. Il est déconseillé aux candidat-e-s de se former sur des outils de traitement de données non classiques qui, de fait, ne seraient pas forcément disponibles lors de l'interrogation. Enfin, certain-e-s candidat-e-s ayant posé la question aux jurys en début d'épreuve, il est rappelé que l'accès à internet n'est pas autorisé pendant l'épreuve.

3 Bilan de la session 2023

3.1 Statistiques

Sur les 1607 candidat-e-s devant passer cette épreuve orale, 1538 se sont présentés (69 absents). Les notes s'échelonnent de 0/20 à 20/20, avec une moyenne de 10,55/20 et un écart-type de 3,79. La figure 3 présente l'histogramme de répartition des notes. Il faut noter que la note de 0/20 a été attribuée à un candidat qui, malgré un échange avec le jury, a souhaité quitter l'épreuve dès le début, après avoir émarginé.

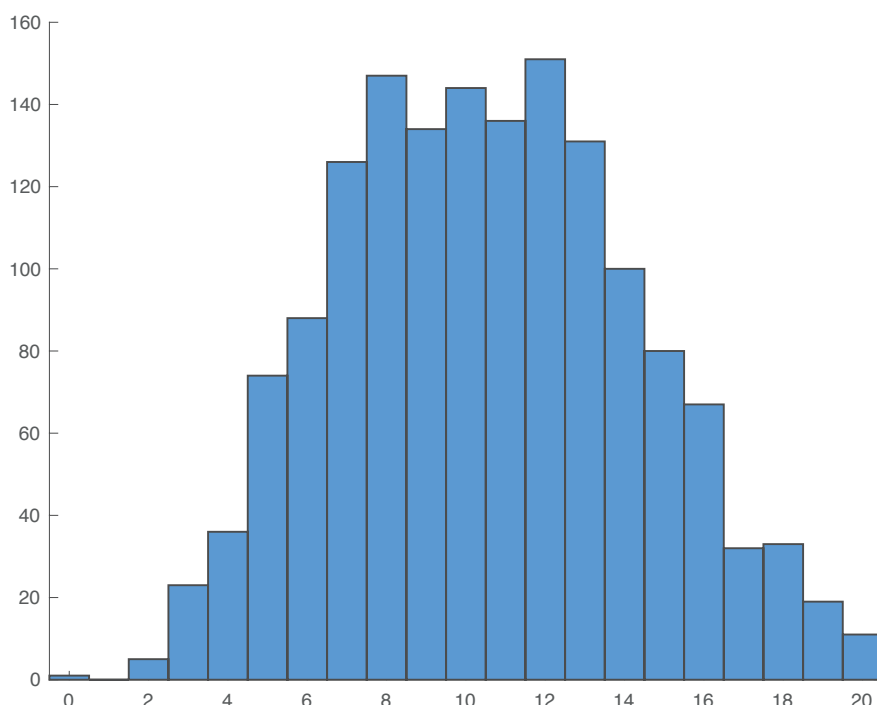


FIGURE 3 – Histogramme de répartition des notes de la session 2023

3.2 Commentaires et recommandations du jury

Comportement des candidat-e-s

Dans la grande majorité, les candidat-e-s ont fait preuve d'une motivation visible. Malheureusement, certain-e-s se découragent rapidement au fur et à mesure de l'interrogation, voire "s'écroulent" au bout de deux heures d'épreuve.

Les candidat-e-s, dans l'ensemble, s'expriment correctement et font un effort de synthèse lors des exposés réalisés aux examinateur-trice-s. Certain-e-s sont néanmoins trop lent-e-s dans la réalisation de cette synthèse. En cherchant des fichiers mal rangés ou mal nommés, en cherchant leurs mots, en hésitant, ou au contraire en partant dans de longs discours, ils-elles perdent un temps précieux qui leur permettrait de traiter le sujet de façon plus large.

La moyenne est en légère hausse relativement aux sessions 2022 et 2021. Des axes de progrès sont tout de même listés en section 3.2.

Enfin, le jury rappelle que certes, il s'agit d'une évaluation orale, mais qu'elle nécessite de réaliser des développements écrits, des schémas ou des croquis. De ce fait, il est très fortement conseillé de se présenter à cette épreuve avec :

- crayon à papier, stylo;
- crayons ou feutres de couleur permettant de réaliser des schémas clairs;
- règle graduée;
- calculatrice, puisqu'elle est autorisée et qu'il est indispensable de réaliser des applications numériques.

Il est malheureusement assez fréquent que des candidat-e-s ne disposent pas de tout ce matériel.

Les axes de progrès identifiés

- Compétences liées à l'analyse des systèmes :
 - lorsque le sujet ne le demande pas explicitement, les candidat-e-s ne prennent souvent pas le temps de présenter au début de l'interrogation, et en quelques phrases, le système étudié et son contexte d'utilisation; a contrario, certains le font, mais en y passant trop de temps, et en récitant un discours préparé à l'avance; en faisant cela, ils répondent souvent de façon incomplète aux questions posées en début de sujet, ce qui nécessite de les reprendre et occasionne donc une perte de temps;
 - les chaînes d'information et d'énergie sont trop souvent décrites de façon superficielle en citant du vocabulaire appris par coeur, générique, ou lu dans la documentation, mais sans faire le lien avec le système réel;
 - certain-e-s candidat-e-s manquent cruellement de connaissances technologiques ce qui engendre des confusions surprenantes lors de l'identification des capteurs ou des actionneurs sur le système réel;
 - certain-e-s candidat-e-s se lancent très rapidement dans l'épreuve en oubliant de parcourir le sujet; ils-elles négligent ainsi des documents ou des explications qui leur permettraient de percevoir la cohérence du sujet et de répondre plus efficacement aux problématiques posées dans celui-ci;
 - les candidat-e-s s'appuient trop peu sur les différents diagramme SysML fournis dans le sujet pour étayer leur propos; ils-elles ratent aussi des informations chiffrées qui peuvent y apparaître (performances attendues ou données notamment);
 - à l'inverse, certain-e-s candidat-e-s se limitent à l'analyse de la documentation fournie et omettent totalement d'observer le système étudié, de le manipuler, afin de se l'approprier rapidement;
 - la notion fondamentale d'isolement d'un système ou sous-système (identification des blocs et des flux entrants/sortants) n'est pas maîtrisée; il devient très rare que la démarche soit proposée en autonomie par les candidat-e-s;
- Compétences liées à l'expérimentation des systèmes :
 - les candidat-e-s ne lisent pas suffisamment en détails les protocoles expérimentaux lorsqu'ils leur sont proposés; certain-e-s vont ainsi réaliser des mesures non demandées et perdre du temps; d'autres ne vont réaliser qu'un nombre réduit de mesures, ce qui ne permettra pas de mettre en évidence le comportement recherché; enfin, certain-e-s vont demander une aide technique alors que toutes les informations sont clairement données dans le sujet;
 - lorsque le choix de l'échantillonnage d'un paramètre d'entrée est laissé libre, le pas choisi est parfois bien trop grossier ou certains points de mesures sont volontairement écartés car jugés de façon très arbitraires non pertinents;
 - certain-e-s candidat-e-s se contentent de réaliser des tableaux de données sur un papier alors que la mise en données directe dans un tableur fourni permettrait de gagner du temps, de réaliser des calculs *a posteriori*, et de tracer efficacement les courbes permettant d'analyser puis de conclure; certain-e-s candidat-e-s ne semblent pas savoir tracer correctement des graphiques dans un tableur (différence entre courbe et nuage de points notamment); certain-e-s souhaitent utiliser Python; le jury ne leur en tient évidemment pas rigueur à condition qu'ils-elles sachent le faire rapidement ce qui est rarement le cas;
- Compétences liées à la modélisation et à la résolution :
 - la mise en équation d'un problème de statique ou de dynamique se fait très souvent avec un grand

manque de rigueur : les isolements ne sont pas précisés, le bilan des actions mécaniques n'est pas réalisé, si bien que les candidat-e-s se contentent d'appliquer des formules ou raisonnements simplistes qui aboutissent à des résultats erronés : le couple est l'effort multiplié par le bras de levier, la puissance est donnée par la force multipliée par une vitesse, une liaison parfaite est supprimée de l'analyse car elle ne transmet aucun effort ; pourtant, lorsque le jury aide à proposer une démarche rigoureuse, un bon nombre de candidat-e-s sait la développer ;

- la dénomination d'une action mécanique d'un solide sur un autre est rarement précisée ; on parle trop souvent d'une force, d'un couple sans plus de précision ;
 - les développements cinématiques sont régulièrement peu rigoureux ; on parle de la vitesse d'un point, sans plus de précision ; par défaut, les raisonnements sont souvent scalaires, et le calcul d'une vitesse linéaire se résume alors au produit d'une distance et d'une vitesse de rotation ; lorsqu'il est demandé de préciser de quelle distance il s'agit, des réponses sont
 - la recherche d'une liaison équivalente à un ensemble de liaisons mécaniques est trop souvent faite à partir de règles toutes faites dont la justification n'est pas claire ;
 - la modélisation des systèmes asservis laisse apparaître de grosses lacunes chez les candidat-e-s ; sur un schéma bloc existant, le correcteur est le plus souvent, soit simplement positionné en série avant le modèle de l'actionneur, mais sans ajouter de comparateur et de boucle de retour, soit positionné directement dans le modèle de l'actionneur ; cela signifie que les candidat-e-s ont du mal à comprendre le principe même de l'asservissement ; malgré ces lacunes, les candidat-e-s sont capables de donner l'influence des différents correcteurs sur les performances du système asservi ce qui démontre un apprentissage par cœur sans réelle compréhension ;
 - de façon surprenante, la réalisation de développements mathématiques ponctuels de niveau pré-bac posent soucis à certain-e-s candidat-e-s en cours d'épreuve (lenteur dans les calculs, identités trigonométriques non connues ou non utilisées, somme de vecteurs se transformant en somme de normes, difficultés à résoudre une équation du second degré, etc) ;
- Compétences liées à l'analyse, éventuellement comparative, de résultats de simulation, de calcul, ou d'expériences :
- la comparaison de résultats issus de l'expérience et d'un modèle est souvent qualitative ; trop rares sont les candidat-e-s qui comparent ces courbes avec rigueur en se basant sur des critères scientifiques précis ; parfois, alors que des écarts sont nettement visibles, ils sont passés sous silence ;
 - les commentaires associés à un degré d'hyperstatisme obtenu via un modèle sont souvent pauvres (c'est rigide, c'est isostatique, c'est hyperstatique, etc) ; le modèle cinématique retenu est rarement remis en question et les solutions techniques utilisées pour réaliser les liaisons sont mal analysées ;
- Compétences de communication :
- quelques candidat-e-s peinent à synthétiser leur exposé, sont trop hésitant-e-s et perdent donc beaucoup de temps lors des phases de restitution ; certain-e-s tentent également de répondre aux questions du sujet en temps réel, notamment en fin d'épreuve ; sans temps d'analyse et de réflexion, cette démarche pour tenter de glaner des points est généralement improductive, voire pénalisante, et donc déconseillée ;
 - à part lorsqu'ils sont explicitement demandés, les candidat-e-s n'utilisent pas spontanément les schémas alors qu'ils permettent souvent un gain de temps dans la phase d'échange avec les examinateur-trice-s ; par ailleurs, la réalisation des schémas ne se fait toujours pas dans le respect des normes ou conduit à des tracés monochromes et/ou de taille très réduite ce qui rend laborieux l'échange avec l'interrogateur-trice ;
 - le vocabulaire technique de certain-e-s candidat-e-s est pauvre et manque de précision ;
 - de façon assez fréquente, les candidat-e-s lisent trop rapidement le questionnement : ils-elles oublient alors de répondre à une ou plusieurs "sous-questions", voire répondent à côté de la question posée ; cela peut évidemment pénaliser leur avancée dans la suite du sujet.

Remarques spécifiques sur la partie informatique

Il est proposé aux candidat-e-s d'utiliser le langage Python pour aborder cette partie de l'épreuve.

Dans l'ensemble, le jury constate que la grande majorité des candidat-e-s aborde les questions associées à

cette partie. Par rapport aux années précédents, il apparaît que les algorithmes de base (schéma d'intégration, recherche de zéro par exemple) sont un peu moins bien connus. Certain-e-s candidat-e -s mélangent même des algorithmes entre eux. Cela est peut être dû à une utilisation plus régulière de bibliothèques en "boîte noire" (odeint par exemple). L'usage de ces bibliothèques fait effectivement gagner du temps, mais il paraît important de connaître les principes des algorithmes qui sont cachés derrière.

Les candidat-e-s ne prennent pas toujours assez de recul par rapport au programme fourni pour le commenter autrement que ligne par ligne en lisant les commandes ou les commentaires écrits par le jury. Malgré tout, de nombreux-ses candidat-e-s proposent des éléments de réponse aux questions posées et testent leur proposition.

Points positifs et recommandations

Les examinateur-trice-s ont apprécié les candidat-e-s qui ont su :

- analyser, 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;
- proposer des modèles statiques, cinématiques, dynamiques en se basant sur une démarche systématique et claire, sans omettre les hypothèses;
- résoudre rigoureusement les problèmes mathématiques qui découlent des modélisations effectuées, exploiter un modèle numérique fourni ou encore un programme informatique adapté au 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'un programme Python mal maîtrisé; de même stocker proprement des impressions d'écran représentatives des résultats numériques ou expérimentaux obtenus permet une restitution efficace et structurée devant les examinateur-trice-s;
- synthétiser et communiquer avec clarté les analyses réalisées, à l'aide notamment d'outils pertinents et d'un vocabulaire scientifique et technique adapté.

Dans l'objectif de se préparer efficacement à cette épreuve de travaux pratiques, le jury recommande à un-e futur-e candidat-e 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 aptitude à gérer son temps d'épreuve en approfondissant certes la réflexion, mais en ne se focalisant pas uniquement sur une question ou une petite partie du sujet;
- 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 culture technique lui permettant de communiquer avec un vocabulaire adéquat et de proposer des évolutions pertinentes au niveau des solutions techniques ou des moyens de fabrication;
- 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 démarche de recherche et de résolution de bogues lors de l'établissement et le test d'un programme informatique;
- une organisation et un esprit de synthèse lui permettant de conclure relativement sur les problématiques proposées et d'exposer clairement ces conclusions; *a contrario*, le jury déconseille fortement à un-e futur-e candidat-e 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-la candidat-e.