



## 1/ INTRODUCTION

L'épreuve de travaux pratiques dure 4 heures et porte sur de multiples supports pluritechnologiques didactisés dont la liste est détaillée en partie 2 de ce rapport. Cet environnement permet au candidat de mettre en valeur les connaissances et les compétences acquises lors des deux années de préparation aux concours. Pour chaque système, il s'agit ainsi de résoudre une problématique réelle afin de :

- vérifier une ou plusieurs performances attendues ou énoncées du système ;
- valider ou modifier une modélisation totale ou partielle du système à partir de résultats expérimentaux ;
- prédire le comportement du système à partir d'une modélisation ;
- résoudre un problème ou analyser des données à partir de l'outil informatique.

L'épreuve s'inscrit dans le cadre du programme de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur de la filière TSI.

### Contexte

Les candidats sont répartis dans 4 salles par groupe de 6 à 8 étudiants. Les examinateurs sont des enseignants de SII de tout niveau, du lycée aux écoles d'ingénieur, dont les disciplines d'enseignement couvrent l'ensemble des champs disciplinaires de la mécanique, du génie mécanique et du génie électrique dans toutes ses composantes.

À l'entrée dans la salle, les candidats tirent au sort leur système d'étude, les consignes générales de l'épreuve leur sont alors transmises. Il est demandé, en particulier, de déposer les téléphones portables à l'entrée de la salle d'interrogation afin d'éviter d'éventuelles fraudes. Les sacs et cartables sont déposés à l'écart. Le brouillon est fourni. Enfin, il est rappelé que l'usage de la calculatrice personnelle est strictement interdit, à cet égard des calculatrices scientifiques basiques sont mises à la disposition des candidats mais ils sont plutôt encouragés à utiliser les moyens de calculs des postes informatiques (calculatrice ou python), systématiquement mis à disposition des candidats.

## 2/ LISTE DES SYSTÈMES

Les supports d'étude utilisés cette année sont les suivants :

- bras manipulateur de fruits,
- capsuleuse de bocaux,
- plateforme 6 axes,
- ouvre portail électrique,
- axe linéaire asservi,
- segway,
- cordeuse de raquette,
- ouvre barrière automatique,
- bras de robot asservi,
- télescope,
- imprimante,
- direction électrique assistée,
- système de limitation de vitesse d'ascenseur,
- toit ouvrant de 206,
- pilote automatique de bateau,
- dialyseur,
- porte d'ascenseur,
- gestion d'énergie sur un système autonome d'affichage SOLEOTEC,

- poste automatisé de dosage pondéral GRAVITEC,
- robot manipulateur OWI 535,
- robot ROVIO,
- perceuse sans fil,
- voiture de modélisme SAVAGE XS FLUX,
- robot Gyropode GEEROS,
- machine-outil à commande numérique avec 4<sup>e</sup> axe PLT600,
- tapis de course,
- couffin automatisé,
- tournevis électrique.

Comme chaque année, le concours s'est enrichi de nouveaux systèmes assurant ainsi le renouvellement des sujets, ce qui permet de couvrir l'intégralité du programme dans les questionnements adressés aux candidats.

### 3/ CONDITIONS DE TRAVAIL

Le centre d'oral met à la disposition du candidat un poste de travail constitué d'un système prêt à fonctionner, d'un porte document contenant l'énoncé de l'épreuve et divers autres documents qui pourraient s'avérer nécessaires à la bonne compréhension du système ou à sa mise en fonctionnement. Bien souvent, ces documents prennent la forme d'un dossier ressource contenant une description générale du système ou encore d'un dossier technique qui sera utile pour mener à bien les activités proposées. Tous ces documents sont en général également fournis au format pdf sur le poste informatique du candidat.

Certains postes de travail nécessitent des consignes de sécurité particulières. Elles sont alors présentées dès le début de la séance et les candidats doivent impérativement les suivre attentivement.

Les systèmes sont généralement équipés d'appareils de mesures électriques de type pince multifonction, d'analyseur de réseau ou encore de sonde de tension et de pince ampèremétrique associés à des appareils de visualisation du type oscilloscope.

En fonction du système étudié, celui-ci peut également être équipé d'une interface de mesures reliée à un ordinateur. Il est important de noter que la connaissance préalable de logiciels n'est pas demandée. Une documentation pour l'utilisation du logiciel est toujours fournie. De manière générale, toute utilisation de logiciels (de modélisation type Matlab, Scilab, Maplesim, de modeleurs volumiques de type Solidworks ou Inventor, ou encore de simulation électrique type PSIM par exemple) est accompagnée d'une aide documentaire ou orale de la part des examinateurs.

Le poste de travail peut être complété par un sous-système qui permet au candidat d'accéder à une partie du système qui n'est pas visible ou qui n'est pas démontable.

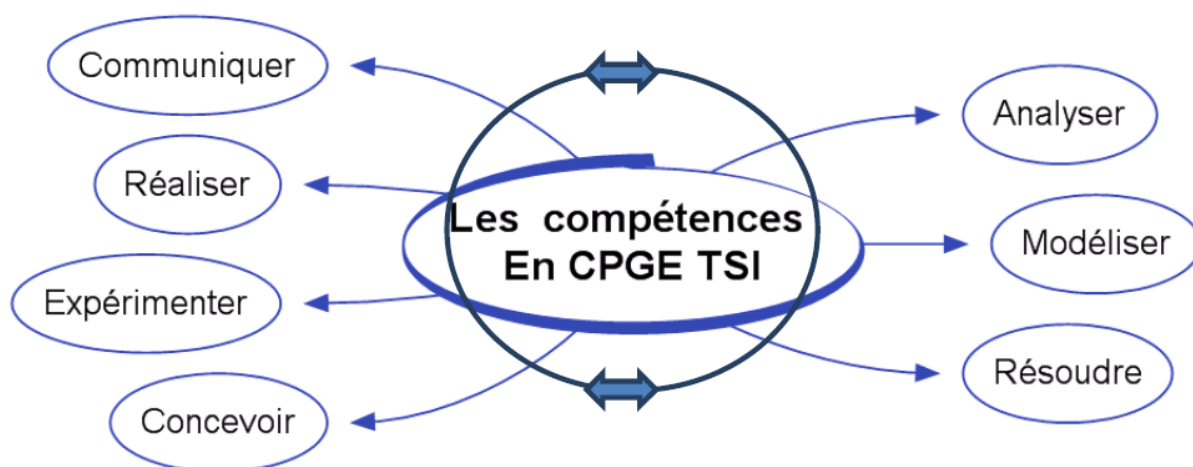
En complément des logiciels dédiés aux sciences industrielles, les postes sont équipés d'un environnement de travail python.

En aucune manière, la maîtrise d'un environnement logiciel n'est évaluée.

La maîtrise de l'environnement de travail ne sera pas exigée mais la connaissance des fonctions de base, en accord avec le cahier des charges de l'épreuve d'informatique est requise (une documentation de base des langages est fournie avec tous les TP). Pour les applications informatiques spécifiques, un descriptif des commandes et fonctions particulières est fourni avec le sujet.

#### 4/ DESCRIPTION DES SUJETS ET DÉROULEMENT DE L'ÉPREUVE

Les sujets sont composés de trois parties principales et permettent de valider les différentes compétences du programme de sciences industrielles de l'ingénieur, ainsi que certaines compétences du programme d'informatique.



La première partie du sujet permet au candidat d'appréhender le système. Une séquence de mise en fonctionnement est proposée de manière à observer le comportement du système en conditions réelles. Dans cette partie, le système et le cahier des charges sont décrits à partir des outils de description SysML, des chaînes d'information et d'énergie. Ce préambule à l'étude à proprement parler a pour objectif d'intégrer la problématique et de comprendre les spécificités du système.

La seconde partie amène le candidat à résoudre la ou les problématiques proposées de manière à vérifier et/ou optimiser les performances du système, voire d'une partie du système. Les candidats sont alors guidés de manière à passer par différentes phases d'expérimentation, d'analyse, de modélisation, de mesure, puis d'interprétation.

Le candidat répond donc aux activités proposées dans le sujet et les décrit aux examinateurs lors de leurs passages échelonnés tout au long de la séquence.

Une partie informatique est intégrée à chaque sujet. Cette partie permet de répondre, à l'aide d'un environnement de programmation (python ou scilab) à l'une des problématiques soulevées pendant l'étude du système. Elle permet de valider des compétences spécifiques à l'informatique.

Enfin, et quel que soit l'avancement du travail effectué, le candidat présente, pendant le dernier quart d'heure, un résumé des activités traitées. Il s'agit alors de prendre du recul par rapport au travail réalisé en le synthétisant et en le recontextualisant vis-à-vis de la problématique initiale. Cette phase de présentation est importante. Elle met en avant la capacité de synthèse du candidat ainsi que son aisance à l'oral. Le candidat ne doit pas se contenter de paraphraser les différentes étapes de son travail mais il doit chercher à faire ressortir le ou les objectifs du TP qu'il vient de réaliser en donnant son avis personnel et en montrant qu'il est capable de prendre du recul.

## 5/ ÉVALUATION

Quel que soit le système étudié, les compétences relatives au programme de sciences industrielles pour l'ingénieur sont évaluées et conduisent à l'attribution d'environ 5/7 de la note de l'épreuve :

- analyser ;
- modéliser ;
- résoudre
- expérimenter ;
- concevoir ;
- réaliser ;
- communiquer.

Les compétences spécifiques à l'informatique, comptant pour environ 1/7 de la note, sont évaluées en fonction des capacités suivantes :

- analyser et modéliser ;
- imaginer et concevoir ;
- traduire ;
- spécifier ;
- évaluer, contrôler, valider ;
- communiquer.

Le comportement du candidat, comptant pour environ 1/7 de la note, est évalué en fonction des capacités suivantes :

- travailler de manière autonome ;
- savoir prendre des initiatives ;
- argumenter, écouter, assimiler et appliquer.

## 6/ OBSERVATIONS DES EXAMINATEURS ET CONSEILS AUX CANDIDATS

### Sur les aspects généraux

- La prise en main des différents systèmes ne pose pas de problème particulier. Une grande majorité de candidats est autonome et respecte les consignes données, mais il est regrettable de constater que certains candidats n'ont pas eu l'occasion de manipuler des systèmes complexes pendant toute leur scolarité ; la prise en main des supports de Travaux Pratiques devient alors particulièrement délicate, du fait de l'inexpérience du candidat dans ce domaine.
- Le tirage au sort d'un support déjà connu du candidat n'est pas un gage de réussite, l'analyse du système doit s'effectuer avec la même rigueur que le support soit connu ou non. Bien souvent le candidat, en confiance, néglige la présentation du système, ce qui lui est fortement préjudiciable. De plus, l'étude qui suit est nécessairement originale. Connaître le fonctionnement d'un support n'est donc en rien un avantage décisif.
- Les documentations techniques sont dans l'ensemble assez bien interprétées. Il est fortement conseillé de parcourir, lors de la première prise en main, l'ensemble du sujet pour profiter de toutes les informations fournies, les informations essentielles étant très souvent mises en valeur.
- Les examinateurs rappellent que l'épreuve de TP est une épreuve évaluée en grande partie à l'oral. L'évaluation des capacités des candidats est bâtie autour d'un dialogue et d'un échange avec eux. Les synthèses devront être faites avec une expression pertinente, claire et rigoureuse. Une attention toute particulière devra être portée à la précision du vocabulaire technique employé.

- Il est rappelé aux candidats qu'une tenue correcte est exigée ; si plus aucun candidat ne se présente en short, il est tout de même surprenant que certains candidats ne fassent pas un effort vestimentaire minimal lors d'une épreuve orale. Cette attitude est préjudiciable pour des étudiants dont le futur métier d'ingénieur demande d'être exemplaire. De plus, les règles élémentaires de sécurité sur certaines manipulations requièrent une tenue vestimentaire adéquate.
- Il est également rappelé aux candidats qu'une attitude exemplaire et positive est requise, certains candidats se permettant de souffler devant une question qui leur apparaît trop ardue ou devant l'insistance de l'examineur sur un point que ce dernier juge important pour poursuivre le travail correctement.

#### **Sur les aspects « analyse fonctionnelle » :**

Tous les systèmes et supports utilisés par les candidats sont décrits par des différents diagrammes du langage SysML parfois associés à une description à l'aide des chaînes d'information et d'énergie. En fonction de la problématique, la description est plus ou moins complète, on trouve en général, les diagrammes des cas d'utilisation (uc), d'exigences (req), de définition des blocs (bdd) et le diagramme de bloc interne (ibd). À ces diagrammes se rajoutent parfois un diagramme d'état (sm) ou de séquence (seq).

- Les candidats n'ont pas eu de difficulté particulière à lire les différents diagrammes.
- Les questions d'analyse faisant intervenir plusieurs diagrammes (par exemple : préciser quel bloc satisfait quelle exigence) ont été globalement bien traitées.
- Les chaînes d'information et d'énergie sont en général bien traitées, mais on note que la culture « technologique » des candidats continue à se dégrader, très peu sont par exemple capables de citer un convertisseur statique et d'en proposer un schéma.
- La description d'un fonctionnement séquentiel (il est en général demandé de compléter) par un diagramme d'état (stm) n'est pas du tout maîtrisée.

#### **Sur les aspects « analyse systémique » :**

- Les notions de modèle de connaissance et modèle de comportement sont encore assez floues et ne sont généralement pas associées aux différentes méthodes mises en place pour les obtenir. Il est rappelé qu'un modèle de connaissance est un modèle issu des équations physiques du système alors qu'un modèle de comportement est un modèle issu du comportement d'une ou plusieurs fonctions mathématiques obtenues à partir des résultats expérimentaux observés sur le système suite, par exemple, à des sollicitations.
- Les notions de modèles causaux et acausaux restent elles aussi encore assez floues.
- Les résultats d'une simulation multiphysique restent encore délicats à interpréter comme ceux issus d'une simulation à partir d'un schéma blocs.

#### **Sur les aspects « mesures » et « instrumentation » des systèmes :**

- Il est difficilement compréhensible que des candidats de la filière TSI ne sachent pas utiliser correctement des appareils de mesures. Cette inexpérience les pénalise fortement. Certains d'entre eux semblent découvrir l'existence de pinces ampèremétriques, de sondes différentielles. Dans ces conditions, leur utilisation en est rendue d'autant plus délicate. Les gains des sondes de mesure sont très souvent oubliés pour justifier des grandeurs mesurées, ce qui amène à énoncer des valeurs numériques aberrantes sans que cela ne semble perturber les candidats.

- Il est rappelé aux candidats que tous les oscilloscopes récents disposent de fonctions permettant de prendre en compte les calibres des sondes utilisées (tension ou courant). Cette fonctionnalité rend nettement plus aisée la lecture des résultats et la discussion avec les examinateurs. Quelques candidats semblent découvrir cette possibilité le jour de l'évaluation.
- L'identification des capteurs implantés sur les systèmes didactisés pose souvent problème, la lecture des plaques signalétiques est un bon réflexe qui doit permettre une identification simple et fiable de capteurs en cas de découverte d'un nouveau système.
- La culture technologique sur les capteurs se doit d'être renforcée : la majorité des étudiants se contente de décrire la grandeur physique mesurée et ne connaît pas les principes physiques à l'œuvre au sein du capteur. Très souvent, les réponses restent particulièrement évasives alors que la mise en œuvre du captage de l'information est réalisée par exemple par un simple potentiomètre.
- Il est pertinent de réfléchir à la fréquence du signal à visualiser avant de régler la base de temps de l'oscilloscope, sinon on s'expose à une explication à partir d'une visualisation erronée.
- Il est important d'interpréter les mesures obtenues et ne pas se contenter d'un relevé non exploité par la suite.

#### **Sur les aspects « électronique numérique, algorithmique et informatique » :**

- En ce qui concerne le codage des données, la conversion hexadécimal-décimal n'est pas toujours correctement effectuée ; le codage des données numériques (binaire, entier, réels) et la conversion de type ne sont pas bien compris ; enfin le traitement des chaînes de caractères et du codage (ASCII) n'est pas suffisamment maîtrisé.
- Des lacunes importantes ont également été perçues sur l'ensemble des systèmes échantillonnés (notion de repliement d'un spectre par exemple). Le fonctionnement et l'utilisation des filtres numériques restent méconnus.

#### **Sur l'aspect « informatique » :**

Les différents problèmes posés sont toujours en lien avec la problématique générale du sujet, les questions ne sont jamais hors contexte. Elles permettent de valider certains points du programme d'informatique :

- représentation des données,
- les structures simples,
- l'ingénierie numérique,
- les bases de données.

Les candidats abordent cette partie avec de plus en plus de confiance et la réussissent généralement assez bien tant que le questionnement reste classique (tracé de caractéristiques, recherche d'une valeur ou tri) mais dès que celui-ci s'en éloigne (sql, codage de caractères, communication, ...) ils éprouvent beaucoup plus de difficultés.

- Les structures algorithmiques de base (for, while, if, ...), sont correctement analysées en lecture, par contre l'écriture de ces structures n'est pas maîtrisée par tous.
- Dans les boucles, il y a souvent confusion entre l'indice de boucle et l'élément indicé.
- Si l'écriture de fonction semble comprise pour la plupart des candidats, les notions de passage de paramètres, d'appels de fonction, de retour de valeur, ne sont pas toujours bien maîtrisées. Certains élèves ont su écrire les fonctions demandées mais n'ont pas su les utiliser.
- La lecture et le traitement de fichiers .csv, pourtant très guidée, a souvent posé des problèmes (élément séparateur de colonne, point décimal, lignes d'entête, ...).

- Les candidats n'ont en général pas eu de problèmes avec les différents environnements proposés (pyzo, winpython, edupython, spyder, idle, ...).

#### **Sur les aspects « réseau » :**

- Des progrès ont été constatés sur les connaissances des réseaux et protocoles. Cependant, encore trop de candidats confondent protocole et support physique ; il semble nécessaire d'insister sur les notions de serveur et de client DHCP. Les notions d'adresses IP et de masque de sous réseau restent encore trop évasives.
- La lecture et l'écriture de trames au travers de protocoles (MODBUS ou autre) ne sont souvent pas maîtrisées, les candidats doivent cependant être conscients que ces aspects peuvent potentiellement être au centre du questionnement associé à la partie informatique de l'épreuve.
- Les éléments de base sur les communications séries sont encore méconnus par quelques candidats.

#### **Sur les aspects « électronique de puissance et électrotechnique » :**

- Les principes fondamentaux des machines tournantes sont encore mal connus ; les étudiants ont notamment du mal à faire la différence entre une machine synchrone et une machine asynchrone. Les connaissances élémentaires sur les machines asynchrones ne semblent pas acquises pour la plupart des candidats.
- Les motorisations électriques (MCC excepté) ne sont pas maîtrisées : le moteur brushless, s'il est parfois reconnu parce que sans balai, est parfois identifié comme MCC brushless. Il y a une grande confusion entre le modèle équivalent et la réalité.
- De réels progrès ont été constatés dans l'explication du fonctionnement des hacheurs et notamment sur l'aspect conduction des semi-conducteurs de puissance.
- L'association type de Convertisseur Statique d'énergie – type de machine semble acquise par la plupart des candidats, toutefois la fonction Distribuer est souvent associée à un convertisseur statique, ce qui n'est pas toujours le cas.
- Les candidats ne savent pas utiliser les courbes caractéristiques d'un moteur asynchrone, les notions de glissement et de rendement sont souvent inconnues.
- Contrairement à ce qui est parfois annoncé, les actionneurs électriques ne se limitent pas aux moteurs à courant continu.
- Les candidats semblent ignorer que depuis 1986, le réseau électrique dans toute l'Europe est aligné 230 V/400 V et non plus 220 V/380 V (CEI 60038).

#### **Sur les aspects « automatique » :**

- L'identification d'une fonction de transfert à partir d'une réponse temporelle ou fréquentielle reste très difficile. On constate par exemple des problèmes d'estimation du temps de réponse à 5 % (de la valeur finale) : beaucoup de candidats indiquent qu'il n'est pas possible d'estimer ce temps quand la sortie n'atteint pas la consigne.
- Les candidats répondent trop rapidement « filtre » du premier ou du second ordre avec une vision physicienne ou électronique alors que le système est purement électro-mécanique et que sa fonction n'est pas de « filtrer ».
- Les examinateurs attendent que les candidats connaissent la forme canonique des fonctions de transfert (premier et second ordre) et la signification des différents coefficients.

- Lorsqu'un modèle est mis en œuvre, il est impératif de confronter les résultats fournis par ce modèle aux mesures effectuées sur le système réel. Cela éviterait par exemple que certains candidats n'affichent des constantes de temps de plusieurs dizaines de secondes alors que le système en leur possession possède une dynamique élevée. Les candidats sont par ailleurs invités à systématiquement réaliser une interprétation physique des résultats théoriques obtenus à partir d'un modèle.
- Les mesures et les significations des marges de gain et des marges de phase ne sont toujours pas acquises chez un grand nombre de candidats.
- On note des confusions importantes entre réponse fréquentielle et réponse temporelle.

#### **Sur les aspects « génie mécanique » :**

- Les candidats ne sont généralement pas en mesure d'identifier le procédé d'obtention d'une pièce extraite d'un système. Ils présentent des connaissances parcellaires sur la caractérisation de ces procédés.
- La modélisation des montages de roulements de base pose trop souvent problème.
- Les candidats ne savent généralement pas interpréter de spécifications géométriques et ont du mal à faire le lien entre spécifications géométriques et surfaces fonctionnelles. Beaucoup de candidats semblent découvrir les symboles décrivant une spécification géométrique.

#### **Sur les aspects « mécanique » :**

- Les candidats négligent trop souvent de préciser les limites du système isolé.
- Les théorèmes mécaniques de base (principe fondamental de la dynamique, théorème de l'énergie cinétique) sont appliqués de façon très approximative, même dans les cas simples et sans préciser les hypothèses de modélisation retenues.
- Le sens physique du degré d'hyperstaticité est bien souvent inconnu ; beaucoup de candidats ne connaissent ni la formule, ni la démarche pour le déterminer. Pour d'autres, l'obtention d'un degré d'hyperstaticité négatif ne les amène pas à reconsidérer leur approche.
- Les schémas cinématiques doivent être réalisés à partir des représentations des liaisons **normalisées**. Par ailleurs, les hypothèses de modélisation des liaisons ne sont que rarement exposées.
- La transmission roue et vis sans fin n'est pas connue.
- Dans l'ensemble, les candidats peinent à identifier les composants standards permettant de réaliser les fonctions telles que le guidage en rotation, en translation, la transmission ou la transformation de mouvement, ils confondent les éléments réalisant la transmission du mouvement et ceux réalisant le guidage quel qu'il soit (rotation ou translation).

#### **Sur les aspects « culture technologique » :**

Cet aspect est celui qui préoccupe le plus les examinateurs. Il est rappelé aux candidats qu'une culture technologique s'acquiert évidemment en partie au travers des enseignements suivis au cours de leur scolarité, mais qu'une démarche personnelle est indispensable pour se forger le bagage culturel nécessaire à une future carrière d'ingénieur. Les points suivants ne sont que quelques points illustrant la préoccupation des examinateurs.



- Un trop grand nombre de candidat n'est pas capable de citer les matériaux de base, « il est en métal » ou « il est en alliage » semble être la réponse commune. Les examinateurs attendent au moins que les candidats sachent différencier un acier d'un alliage d'aluminium, d'un alliage de cuivre.
- Les candidats ne sont plus capables d'identifier sur une pièce simple les procédés de fabrication. Reconnaître une pièce de fonderie, un usinage semble pourtant une capacité attendue pour les élèves de TSI.
- Les capteurs de position sont les seuls qui sont à peu près connus des élèves.
- De manière générale, la description des constituants de la chaîne d'information et de la chaîne d'énergie n'est jamais correctement traitée dès que l'on s'écarte de la structure classique (hacheur, MCC, génératrice tachymétrique).

## 7/ CONCLUSION

Dans l'ensemble, le niveau des étudiants est très hétérogène. Les examinateurs sont satisfaits du sérieux avec lequel les candidats appréhendent cette épreuve de 4 heures, nécessitant rigueur et concentration. Sa réussite demande un travail soutenu durant les deux années de formation, les candidats ne pourront donc se contenter de quelques travaux pratiques d'entraînement. La prise en compte des remarques formulées ci-dessus permet de se préparer au mieux et ainsi d'augmenter les chances de réussite.