

TP Préparation aux oraux (durée 4h)

Bras de robot MAXPID

Consignes générales (Concours CCP ou Centrale)

Lors de cette épreuve, les qualités de la prestation orale et de l'autonomie sont évaluées.

Pour illustrer la présentation, des dessins, schémas et graphes élaborés avec soin pourront être utilisés. Pour cela, il est conseillé de faire, au fur et à mesure de l'avancement, **des copies d'écran** des mesures obtenues pour les insérer dans un document numérique à sauvegarder régulièrement.

Les suites Libre Office et/ou Microsoft Office sont disponibles sur le PC de chaque candidat.

Compétences du programme de SII

La prestation orale est évaluée au travers des compétences ci-dessus, et en particulier :

- ⇒ **Communiquer**
- ⇒ **Analyser**
- ⇒ **Expérimenter**
- ⇒ **Modéliser**



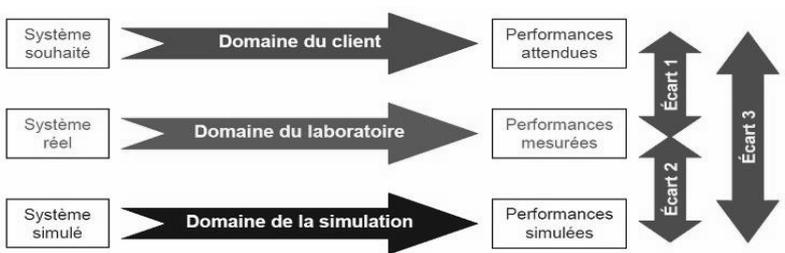
Durant cette épreuve le candidat sera amené à s'inscrire dans la démarche de l'ingénieur, d'analyse et de résolution de problèmes sur un système complexe industriel.

Celle-ci se représente symboliquement par le schéma suivant montrant les écarts :

Trois domaines d'étude :

- commanditaire ou client,
- laboratoire,
- simulation

et trois écarts entre ces trois domaines.



À chaque fois que cela lui sera demandé, le candidat devra indiquer le domaine sur lequel l'étude est menée et l'écart qui est quantifié. **L'argumentation sur la justification des écarts doit être contextualisée, on attend autre chose qu'un discours standard donc creux...**

On distingue 3 parties (concours CCP) ou 4 parties (Concours Centrale Supélec) dans le sujet :

- **La première partie** vise à découvrir le système et son fonctionnement global. Une approche fonctionnelle est abordée (diagramme CECI, diagrammes SYSML...) et la problématique de l'étude est posée.

A l'issue de cette première partie un exposé de 5min maximum est demandé.

Les spécificités du système doivent alors être intégrées, la différence entre système réel et système didactisé clairement exprimée. On peut vous demander de commenter l'écart entre les performances mesurées et celles exigées.

- **La seconde partie** (environ 2H sur CCP et 1H sur Centrale) vous amène à :
 - vérifier les performances attendues d'un système complexe en mettant en œuvre un protocole de mesure que vous choisirez,
 - construire et valider, à partir d'essais, une partie de la modélisation du système,
 - prévoir des performances d'un système complexe en vue d'imaginer et choisir des solutions d'évolution répondant à un besoin exprimé,
 - ajuster les réglages de correcteur,
 - traiter les données numériques (programmation Python : tracés de courbes, filtrage, régression linéaire, traitement de liste...).

Pour le concours CCP cette partie est guidée par le questionnement, pour le concours Centrale vous devez la mener en autonomie

- **La troisième partie du concours Centrale (environ 1H)** est le prolongement de la partie 2 sur la modélisation et la vérification de performances en suivant un questionnement guidé.
- **La dernière partie (3^{ème} à CCP ou 4^{ème} à Centrale)** est réservée à la synthèse globale de vos activités. Il faut alors :
 - conclure quant à la problématique abordée dans le TP,
 - préciser la ou les démarche(s) adoptées pour répondre au problème posé,
 - montrer votre capacité à utiliser les résultats obtenus (simulés ou mesurés) pour décider et choisir une évolution technique en rapport avec un cahier des charges.

Rappel : L'évaluation porte sur la prestation orale et les capacités à travailler en autonomie.

TP Préparation aux oraux (durée 4h)

Bras de robot MAXPID

PARTIE 1 : Découverte du système, problématique à résoudre (30 à 45min max)

A la fin de cette première partie, vous devez faire une synthèse orale de 5 min.

Une documentation technique est à votre disposition dans l'espace FLTISI / systèmes, mais si vous avez des questions, ne restez pas bloqué, n'hésitez pas à appeler l'examineur.

Activité 1 Pour un mouvement du bras dans le plan vertical avec 2 masses ($m = 1,3\text{kg}$)

- **Mettre** en énergie le système didactisé (alimentation du boîtier MAXPID) et **lancer** le logiciel de contrôle et d'acquisition «MAXPID EMP». Positionner le bras par la commande manuelle point par point à 20° environ.
- **Lancer** un mouvement de $+50^\circ$ en fixant un gain proportionnel $K_p = 50$.
- **Faire** l'acquisition de données et visualiser l'angle de rotation θ du bras, sa vitesse ainsi que le courant dans le moteur.
- **Analyser** ces trois signaux les uns en fonction des autres en respectant le principe de causalité (cause --> effet).

Activité 2 Comparer le système didactique utilisé et le système réel

Reprendre le diagramme d'exigences du robot cueilleur de fruits et indiquer si les critères id 2.2.2 ; id 2.3.5 ; id 2.3.6 sont satisfaits par le robot didactique que vous venez d'utiliser. **Savoir justifier.**

Activité 3 Diagramme CECI

Préparer une présentation de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information de votre système.

Performances demandées

Le cahier des charges du système spécifie pour un nombre de masses de 0 à 4, le plan d'évolution vertical, et pour une amplitude et un sens de variation des mouvements quelconques :

- Un temps de réponse à $5\% \leq 300\text{ ms}$ sans dépassement,
- Un écart de position statique $\leq 1\%$.

Activité 4 Dégager la problématique principale que doit respecter ce système dans son contexte d'utilisation.

🔑 **Dès que votre synthèse orale est prête, le signaler à l'examineur, puis passer à la suite sans attendre.**

PARTIE 2 : Solutions techniques et modélisation (1h maxi)

Activité 5 Fonction transmettre et réversibilité de la chaîne d'énergie

- **Etablir** le schéma cinématique entre la rotation du rotor du moteur et la rotation du bras du robot. **Déterminer** le degré d'hyperstatisme h de ce mécanisme et **exposer** les contraintes que cela implique.
- **Evaluer** l'influence de la fonction transmettre sur le respect de la problématique.
- **Dans un contexte d'emploi du bras que vous décrierez, indiquer** la nature de la réversibilité de la chaîne d'énergie pour le système didactique que vous utilisez et pour le système réel alimenté sur batterie.
- **Justifier les écarts de comportement** entre le système réel et le système didactisé.

Activité 6 Chaîne d'acquisition de la position du bras

- **Indiquer** comment est connue la position angulaire du bras (type de capteur, principe, caractéristiques essentielles...).
- **Préciser** les caractéristiques à l'origine des écarts entre le système souhaité et le système réel.
- **Etablir par la mesure** la fonction de transfert de ce capteur en précisant bien les variables d'entrée et de sortie ainsi que leurs unités. **Estimer** les incertitudes de vos mesures.
- Ce capteur étant associé à un CAN 8 bits, **établir** alors la fonction de transfert de l'ensemble capteur + CAN en incréments/degré.
- **Situer** cette fonction de transfert dans un schéma bloc de l'asservissement de position.
- **Indiquer** l'origine des incertitudes de votre modèle, **évaluer** les écarts entre modèle et réel et les conséquences sur le respect du cahier des charges.

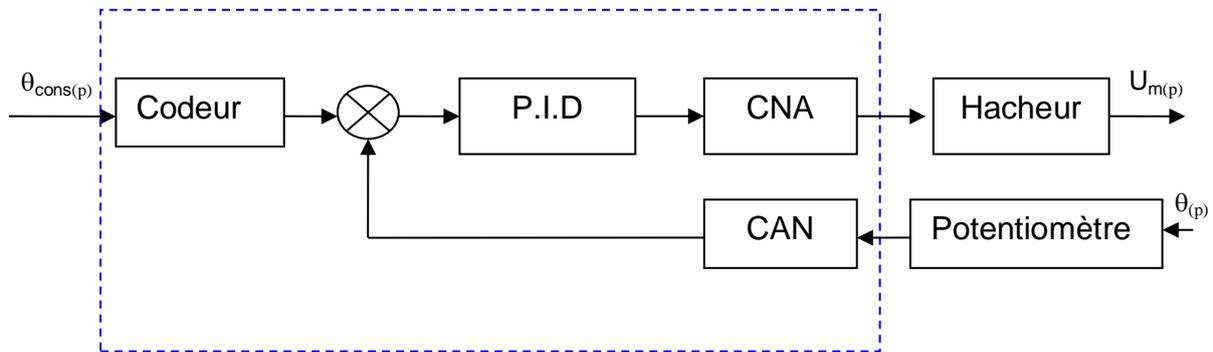
PARTIE 3 : Modélisation et validation des modèles (2h maxi)

Partie 3.1 Modélisation de connaissance du système, réglage de l'asservissement, validation de critères du cahier des charges (1h maxi) :

On peut modéliser la **chaîne cinématique** entre le moteur et le bras de la façon suivante :



Le **traitement numérique** des informations peut se schématiser ainsi :



Activité 7 Eléments de la modélisation de connaissance

- **Préparer** une définition de ce que l'on nomme « modélisation de connaissance » que vous énoncerez à l'examineur.
- **Donner** la fonction de transfert de l'élément $H_1(p)$ de la chaîne cinématique.
- **Exprimer** la fonction de transfert de la vis à billes en fonction de son pas p et en utilisant les unités SI.
- **Ecrire** les équations de la machine à courant continu (MCC) dans le domaine électrique et mécanique en négligeant l'inductance de l'induit, et le couple résistant.
- **Déduire** alors sous forme littérale, dans le domaine de Laplace, la fonction de transfert à mettre en place entre $U_m(p)$ et $\Omega_m(p)$ avec une approximation d'ordre 1.
- **Normaliser** cette fonction de transfert et **exprimer** les 2 coefficients présents que l'on notera K_0 et T_m . Fournir les unités SI de ces 2 coefficients.
- **Utiliser** la notice du moteur pour **déterminer** numériquement ces 2 coefficients, en considérant que le moment d'inertie équivalent rapporté au moteur est $J_{\text{eq}} = 0,0001 \text{ kg.m}^2$.
- **Commenter** le modèle que vous avez établi partiellement par rapport au système réel. **Penser** aux conséquences que cela pourraient avoir lors d'une simulation.

Activité 8 Ajustement du correcteur pour respecter les critères du cahier des charges

- Pour un mouvement dans le plan vertical, **Exploiter** la notice de l'asservissement et ajuster le correcteur seulement sur les coefficients K_p (proportionnel) et K_i (intégral) afin de respecter le cahier des charges sur une réponse indicielle de l'ordre de 30° autour de 45° environ.
- **Expliquer** votre démarche en justifiant le rôle des coefficients K_p et K_i .
- **Fournir** le tracé de la réponse indicielle obtenue après réglage optimal et **Vérifier** sur ce tracé de façon explicite que le cahier des charges est bien respecté.

Activité 9 Conditions de fonctionnement et satisfaction des performances

- **Déterminer** les modes de fonctionnement du moteur (MCC) dans le plan vitesse = $f(\text{couple})$ pour le bras en mouvement dans le plan horizontal puis vertical.
- **Justifier** les différences de comportement éventuelles en esquissant la trajectoire de fonctionnement dans ce plan pour chaque cas et en imaginant le bras à vide et en charge.
- **Indiquer** pour quel mouvement et pour quelle condition de charge, le cahier de charges est le plus difficile à respecter.

Bras de robot MAXPID

Partie 3.2 Modélisation géométrique de la loi entrée sortie du bras, validation des modèles par l'usage d'un script PYTHON (1H maxi)

<p>Modèle géométrique du bras MAXPID et paramétrage</p> <p> $\overline{OB} = b \cdot \overline{x_0}$ $\overline{OA} = a \cdot \overline{y_0}$ $\overline{BC} = c \cdot \overline{x_5}$ $\overline{AC} = \lambda(t) \cdot \overline{x_4}$ </p> <p style="text-align: center;">On admet a = c</p> <p> $(\overline{x_0}, \overline{x_1}) = \alpha$ rotation autour de $\overline{z_0}$ $(\overline{x_0}, \overline{x_5}) = \theta$ rotation autour de $\overline{z_0}$ $(\overline{x_4}, \overline{x_5}) = \delta$ rotation autour de $\overline{z_0}$ </p>	
<p>Relation 1 : $\lambda^2 = (b + c \cos \theta)^2 + (a - c \sin \theta)^2$</p>	<p>Relation mathématique utile :</p> <p>$a \cos x + b \sin x$ can be written as $R \cos(x - \alpha)$</p> <p>$R = \sqrt{a^2 + b^2}$, $\tan \alpha = \frac{b}{a}$</p> <p>Avec :</p>
<p>Relation 2 : $\lambda = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + 2c\sqrt{a^2 + b^2} \cos(\theta + \text{atan}(\frac{a}{b}))}$</p>	

Activité 10 Modélisation théorique de la loi E/S du bras

- **Mesurer** sur le système les valeurs dimensionnelles a, b et c et les exprimer en mm.
- **Vérifier** la relation 1 à partir du modèle géométrique ci-dessus.
- A partir de la relation 2, **exprimer** l'angle θ en fonction de la longueur λ .
- **Donner** la longueur λ pour un angle de 90° . On notera λ_0 cette longueur pour laquelle l'angle de rotation de la vis que l'on notera β est alors admis égal à 0.
- **Introduire** le pas p de la vis **pour donner** la relation entre λ et l'angle de rotation de la vis β en nombre de tours N_T entiers.

Activité 11 Relevé expérimental de la loi E/S réelle, tableau de valeurs à exploiter en Python

- Sur le système et à partir de la condition initiale bras vertical ($\lambda = \lambda_0$ et $\theta = 90^\circ$), **relever et remplir** directement un tableau de valeurs dans Excel avec dans une seule colonne, des valeurs de l'angle du bras $\theta(^\circ)$ pour chaque tour entier de vis jusqu'à $\theta = 0^\circ$.
- Sauvegarder ce fichier de valeurs sous le nom « mes_réel_MAX_votrenom » avec l'extension .txt ou .csv dans un dossier « maxpid_votrenom » sur votre bureau.

Rappels : python utilise le point décimal et non la virgule, le module Numpy utilise les angles en radians...

Activité 12 Exploitation d'un script Python pour comparer les différentes lois E/S et leurs écarts

On vous fournit un script en langage python « maxpid_loi_ES_ELEVE.py » qu'il faut compléter et/ou modifier pour pouvoir comparer le fichier de valeurs réelles aux résultats obtenus à partir du modèle géométrique et de la simulation obtenue par modeleur 3D. Pour cela on vous fournit également le résultat de simulation obtenu par le modeleur 3D dans le fichier « MaxpidSimuGeo.txt ». Cette comparaison sera visualisée :

- par les tracés dans une même figure de la loi E/S réelle mesurée, de la loi E/S analytique obtenue à partir du modèle vu plus haut et du résultat de simulation du modeleur 3D,
- par le tracé des 3 écarts entre ces 3 lois.
- **Ouvrir** le fichier « maxpid_loi_ES_ELEVE.py » avec une console « spyder ou pyzo », **compléter ou modifier** les zones signalées PAR LES COMMENTAIRES EN MAJUSCULES dans le programme puis **l'exécuter**. **Debugger** les erreurs en utilisant la console. **Insérer** des instructions d'affichages de valeurs de calcul par exemple. Lorsque votre programme fonctionne, l'ensemble des tracés E/S et écarts doit apparaître.
- **Relever** les écarts maximums et la manière dont ils évoluent. **Indiquer** leur origine et **justifier** la différence entre évolution continue de l'écart et évolution aléatoire.
- **Préparer** une synthèse orale de cette activité.

Partie 4 : Synthèse : exposer clairement le travail effectué (15 min)

Les outils de communication sont laissés à votre initiative.

- **Proposer une synthèse de votre travail**. Vous devrez faire apparaître la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique avec les principaux éléments clés (courbes, schémas, résultats numériques,...) obtenus durant votre étude.