

**1<sup>er</sup> juillet, 8h**

**TP de SI : Etude de l'axe de tangage de la cheville du robot humanoïde Nao**

A disposition :

- la maquette didactisée
- un pdf de présentation des différents constituants
- une représentation 3D de la cheville
- le logiciel de mesures
- un programme Python à compléter

A/ Présentation du système

1/ Compléter le diagramme de blocs internes (les différents constituants et flux des chaînes d'action et d'information)

2/ Expliquer le fonctionnement des différents capteurs

*Rq : les capteurs :*

- 1 capteur de courant à travers le moteur à CC
- 2 capteurs de position (codeurs rotatifs incrémentaux magnétiques à effet Hall, qui délivrent un signal PWM de rapport cyclique proportionnel à la position angulaire) placés en bout d'axe moteur et en sortie du réducteur

3/ Elaborer un protocole de vérification des critères du CdCF et le réaliser

*Rq : mettre une entrée en échelon, analyser la réponse (1<sup>er</sup> ordre,  $t_{5\%}$ ...)*

B/ Etude du hacheur (à partir du programme en Python)

*Rq : le MCC est alimenté par un double hacheur 4 quadrants*

1/ Donner une modélisation du moteur

2/ Relever la constante de temps électrique du moteur et la comparer au CdCF

3/ Repérer les 2 parties du programme (l'une permet la modélisation de la fonction à étudier, l'autre de montrer qu'elle correspond bien à la fonction voulue)

4/ Pour l'ensemble des fonctions, compléter le programme pour tracer différentes courbes simples qui expliquent son fonctionnement

### C/ Etude de la réduction

*Rq : réduction mécanique en sortie du moteur au moyen d'un train d'engrenages classique à 4 étages de réduction*

- 1/ Faire un schéma cinématique du système
- 2/ Calculer la loi d'entrée-sortie du système (Rq : on trouve un rapport de réduction de 130)
- 3/ Elaborer un protocole expérimental permettant de vérifier cette loi
- 4/ Pour un engrenage simple, calculer les mobilités et l'hyperstatisme. Quelles hypothèses fait-on ?
- 5/ Donner des spécifications géométriques simples liées à ce montage

### D/ Etude de la transmission de puissance

On modélise les efforts exercés sur l'arbre moteur par : un couple moteur, un couple résistant  $C_{re}$  lié au réducteur. On attribue à l'arbre le paramètre angulaire  $\theta_m$  et un moment d'inertie  $J_m$  (et  $J_{eq}$ , le moment d'inertie équivalent rapporté sur l'arbre moteur)

- 1/ Faire une série de mesures pour différentes valeurs de rampe en entrée, analyser les différences
- 2/ Donner les équations correspondant à la modélisation
- 3/ Peut-on calculer  $C_{re}$  à l'aide des mesures ?
- 4/ Faire une mesure avec une entrée en parabole. Peut-on déduire  $J_{eq}$  ?

### E/ Etude du correcteur

- 1/ Engager une campagne de caractérisation du correcteur pour différents gains  $K_p$  du correcteur proportionnel
- 2/ Répond-il au CdCF ?

### F/ Fabrication

- 1/ Comment et en quel matériau réaliser la pièce ? Donner différents procédés à expliquer
- 2/ On désire réaliser un assemblage clipsé avec différents matériaux plastiques. Expliquer l'élaboration d'un tel montage.

Remarques personnelles :

C'est une épreuve que j'appréhendais beaucoup, du seul fait de l'importance qu'elle a dans la notation. Je ne suis pas tombé sur *l'effroyable et frissonnante Fabrication* (vision d'horreur pour tous les candidats). Le TP ne pouvait que donc bien se passer. Et en effet, les 2 jurys étaient corrects et écoutaient ce que je proposais.

Il faut bien préparer les phases de présentation au jury, pour être le plus performant pendant ces courtes périodes d'évaluations. Il faut montrer aux examinateurs que j'ai compris le sujet et que je peux même aller plus loin, en émettant des hypothèses, en faisant des modélisations en plus, qui me permettent de trouver plusieurs solutions, et ainsi choisir la meilleur.

Bien réviser le cours sur les moteurs, sur les hacheurs, sur les matériaux... Tout peut servir.

Note estimée : 14-17

3 juillet, 15h30

## Oral de Physique

### Exercice 1 : Electrostatique

On considère un volume compris entre 2 sphères concentriques de rayons respectifs  $R_1$  et  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ), qui contient la charge  $q$ .

On note  $\rho(r)$  la densité volumique de charges pour  $R_1 \leq r \leq R_2$ .

On donne le champ électrostatique :  $E_r = a(r - R_1)\vec{u}_r$ , avec  $E_r = \vec{E} \cdot \vec{u}_r$ .

Pour un champ électrique à symétrie sphérique,  $\text{div} \vec{E} = \frac{dE_r}{dr} + \frac{2E_r}{r}$ .

a) Déterminer  $\rho(r)$  en fonction de  $\epsilon_0, a, R_1$ .

b) Déterminer  $a$  en fonction de  $\epsilon_0, R_1, R_2, q$ .

c) Déterminer l'expression du champ  $\vec{E}$  pour toute valeur de  $r$ . En déduire une représentation graphique.

### Exercice 2 : Thermodynamique

On considère un volume d'air délimité par des parois diathermes (qui permettent un transfert thermique) et dont une paroi est mobile verticalement, en contact avec l'extérieur, assimilé à un thermostat de température  $T_0$ . On assimile l'air à un gaz parfait, de pression  $P$ , de température  $T$  et contenu dans un volume  $V$ , dont on connaît ses capacités thermiques à volume et à pression constantes  $C_{vm}$  et  $C_{pm}$  et  $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$ . On néglige le poids de la paroi mobile.

Les paramètres sont initialement  $P_0, V_0, T_0$ . On déplace la paroi mobile de façon quasi-statique, jusqu'à obtenir un volume  $V = 2V_0$ .

a) Donner la pression  $P_1$  en fin de transformation.

b) Déterminer le travail  $W_1$  mis en jeu lors de cette transformation. En déduire la variation d'énergie interne.

... ..

On supposait ensuite que les parois étaient calorifugées.

... ..

L'exercice comportait une dizaine de questions et s'étalait sur une page (il était impossible à finir).

### Remarques personnelles :

Pendant la préparation, j'ai préparé tout l'exercice 1 et j'ai fait seulement les 2 premières questions de l'exercice 2. En effet, j'ai eu un problème qui m'a bloqué pour toute la suite.

Pendant l'oral : Il fait très chaud (pas de chance ce jour-là, je suis tombé sur le seul jour de canicule de l'été, et l'oral de physique se fait dans des préfabriqués, au soleil). Pas de panique pour les autres oraux, les salles sont climatisées.

De plus, les stylos que l'examineur me propose ne marchent pas. Je sors les miens.

Je commence par l'exercice 1 après lui avoir demandé sa préférence. L'examineur ne semble pas m'écouter, il passe tout le premier exercice à faire des calculs à la calculatrice (aucun de mes exercices ne la nécessitaient). J'explique calmement et fais comme s'il m'écoutait. Je n'ai fait que recopier mes résultats au tableau, en expliquant mes hypothèses. Il a parfois demandé une ligne de calcul intermédiaire, mais toute ma préparation a semblé juste, j'ai fait des remarques, etc. Il m'a redemandé des choses que j'ai dites (il ne m'écoutait pas visiblement, plongé dans ses calculs...)

Il a cependant une question en fin d'exercice, à laquelle je réponds sans justification : le champ électrique à la traversée d'une densité volumique de charges est continu. C'est une question hors-programme.

Je passe à l'exercice 2 (j'allais m'évanouir tellement il faisait chaud).

Je me heurte à la première question, comme pendant la préparation. En fait, je ne vois pas la solution, qui est malheureusement évidente. Je n'ai pas eu le réflexe de repenser à la physique du problème, et aux hypothèses considérées. Cela m'a empêché d'avancer, faisant des justifications qui se sont avérées fausses.

En conclusion, oral très bien commencé mais l'exercice de thermo m'a tué. J'ai bloqué sur quelque chose qui ne me semblait pas clair. Il me manquait l'élément qui me permette d'avancer, mais l'examineur ne m'a pas aidé.

Note estimée : 12

## 7 juillet, journée aux Arts et Métiers

### **7h, Planche de SI**

L'étude portait sur un système indexeur de tôles en carton ondulées, qui s'inscrit dans une chaîne de production. Le carton glisse sur des galets solidaires à des arbres entraînés en rotation.

#### A disposition :

- un pdf de présentation des différents constituants
- une représentation 3D de la cheville
- un plan A1 du système

Rq : Entraînement de l'arbre d'entrée par poulie-courroie synchrone. Transmission de puissance par train épicycloïdal à 4 satellites. Système de cames solidaires de l'arbre d'entrée pour entraîner la couronne (planétaire) en rotation et ainsi, faire varier la vitesse de rotation des galets.

#### I/ Analyse du besoin

Identification des différents constituants

Comment gérer les interactions avec les acteurs extérieurs (étanchéité notamment)

Enumération des exigences

#### II/ Détermination de la transmission de puissance

Calcul détaillé du rapport de réduction du train épicycloïdal (hypothèses, calculs, validation, autre solution : engrenage simple)

#### III/ Automatismes

Comment réaliser un asservissement de la vitesse de rotation ? (génératrice tachymétrique ou codeur incrémental magnétique + top zéro)

Détailler le type de correction (j'ai refait toute la théorie sur le PI et le retard de phase)

Fonctionne-t-elle pour notre système ?

#### Remarques personnelles :

Oral plutôt intéressant, assez bien guidé, examinateur agréable (qui me laisse parler). Les questions s'enchaînent bien si on connaît son cours. J'ai dû revenir sur mon calcul du rapport de réduction (Willis) car j'avais mal identifié (peu être trop rapidement) les planétaires.

Note estimée : 16

## 10h, Oral LV1 Anglais

Sujet (un peu trop) classique : *the commercial use of drones*.

J'ai fait un commentaire sur comment les nouvelles technologies ont été perçues dans l'histoire et les grands domaines où le progrès est attendu aujourd'hui

Note attendue : 18-20

## 14h, Oral LV2 Espagnol

Sujet sur la violence au Mexique et à Salvador, et sur les *desaparecidos* en Argentine.

J'ai fait un commentaire sur les problèmes de violence, de santé et de pauvreté en Amérique Latine, ainsi que sur la nécessité de s'ouvrir au monde.

Note attendue : 20

## 15h, Oral Maths Python

### Partie Python

1/ Lire le fichier « decpi.txt » du dossier « data » contenant la liste de 1 million de décimales de  $\pi$ .

2/ Afficher les 10 premières, les 10 dernières ...

3/ ...

4/ Ecrire une fonction **trouve(P,M)** qui prend en argument 2 chaînes de caractères P et M, et qui renvoie un entier naturel  $p$  si M contient une sous-liste de P commençant à l'indice  $p$  dans P, et qui renvoie -1 sinon. Tester la fonction sur (« BanquePT », « PT », renvoie 6), (« BanquePT », « an », renvoie 1) et (« BanquePT », « PSI », renvoie -1).

5/ 6/ (On réutilise la liste de décimales de  $\pi$ .)

### Partie Maths

Soit  $n \in \mathbb{N}$ .

On considère  $L_n(x) = \frac{n!}{(2n)!} \frac{d^n((x^2-1)^n)}{dx^n}$ .

1/ Montrer que pour tout  $n \in \mathbb{N}$ ,  $L_n$  est une fonction polynomiale de degré  $n$  et de coefficient dominant 1.

2/ Montrer que pour toute fonction polynomiale  $Q$  de degré inférieur ou égal à  $n-1$ ,

$$\int_{-1}^1 L_n(t) Q(t) dt = 0$$

3/ Une question que j'ai explicité en traitant la question 2.

Remarques personnelles :

Je n'ai vraiment pas eu de chance sur cet oral. J'ai commencé par la partie Info, et l'ordinateur ne marchait pas. Les 2 examinateurs ont conclu, au bout d'une heure d'oral, que l'ordinateur avait effectivement un bug, indépendant de ma volonté.

Je suis extrêmement déçu de la partie Info. J'ai tout tenté pour résoudre ce bug. Il m'expliquait à diverses reprises que « dans l'informatique, il y a aussi une part de choses que l'on ne maîtrise pas ». J'ai essayé d'apporter des réponses à ce problème (et ne pas rester les bras croisés pendant 30 min).

La partie Maths se faisait bien.

Note estimée : ??? (comment juger un tel oral)

**8 juillet, 14h**

## **TP de Physique : Modélisation thermique**

### A disposition :

- une résistance inconnue reliée à un capteur de température (type thermocouple)
- une alimentation stabilisée
- 2 multimètres
- un oscilloscope

On donne la loi du capteur :  $T(^{\circ}C) = \frac{V_{out}(V) - 1,25}{0,005}$  où  $V_{out}$  est la tension de sortie du capteur

### I/ Détermination de la résistance

1/ Donner une modélisation d'un voltmètre et d'un ampèremètre.

2/ Donner 2 méthodes permettant de trouver la valeur de la résistance.

*Rq : Attention, il fallait bien remarquer que la place des 2 appareils de mesure dans le circuit influait sur les mesures.*

3/ Les mettre en œuvre. Expliquer les différences et comparer à la valeur obtenue à l'ohmmètre.

*Rq : il fallait montrer les différences entre chaque méthode et bien expliquer laquelle était la meilleure, compte tenu de la valeur de la résistance (de l'ordre de 100  $\Omega$ ) : on ne pouvait pas négliger la résistance de l'ampèremètre devant la résistance étudiée, qui était, quant à elle, négligeable devant le M $\Omega$ .*

4/ La valeur de la résistance permet-elle d'obtenir une puissance d'entrée maximale ? Expliquer.

*Rq : je me suis fondé sur la caractéristique d'une alimentation stabilisée. J'ai fait la manipulation au maximum de puissance avec l'examineur (la résistance chauffe très vite). On conclut qu'on n'a pas la résistance qui donne le couple (u,i) maximum.*

### II/ Modélisation thermique

On alimente le thermocouple en 5V. On visualise sa sortie à l'oscilloscope.

5/ Donner la valeur de la température de la résistance quand elle n'est pas alimentée.

On ne veut pas que la température de la résistance ne dépasse 100  $^{\circ}C$ . En déduire la tension maximale délivrée. Régler alors la plage de lecture de l'oscilloscope.

6/ Régler l'oscilloscope à 50 s/div, en mode déroulement. Mettre un échelon de tension de 19 V.

Expliquer les phénomènes électriques et thermiques mis en jeu. Décrire la réponse qualitativement. Proposer une modélisation thermique.

*Rq : oscilloscope assez compliqué, adaptation assez difficile au début. La tension/température augmente linéairement, puis se stabilise progressivement.*

7/ On suppose dans un premier temps l'évolution adiabatique. Faire un bilan d'énergie qui traduise l'évolution et montrer la cohérence avec les résultats expérimentaux. Raisonner en ordre de grandeur et montrer la cohérence avec les données (on donnait pour la résistance : 13x14x27 mm,

*conductivité thermique (alu), c capacité thermique volumique à pression constante, coefficient conducto-convectif).*

8/ On ne peut, dans un second temps, plus supposer l'évolution adiabatique (*échanges avec l'air*). Reprendre le bilan d'énergie en le complétant pour obtenir une nouvelle modélisation.

On suppose que le terme d'échange est proportionnel à la différence de température de la résistance avec l'extérieur. Mettre en place un moyen de trouver le terme d'échange.

*Rq : on obtient un nouveau flux par la loi de Newton, puis une équation différentielle du 1<sup>er</sup> ordre qui montre bien la stabilisation de la température (cf loi de charge d'un condensateur).*

9/ Vérifier les résultats par l'expérience.

### III/ Nouvelle modélisation

1/ Reprendre la partie II mais en ajoutant un chauffage de la résistance.

2/ ... ? *question qualitative*

#### Remarques personnelles :

Je pensais passer vite sur la partie I. J'y ai passé plus d'une heure. Les différents cas à prendre en compte et les différences s'avèrent plus compliqués à expliquer (notamment, l'alimentation stabilisée affiche une plage de tensions et d'intensités,  $u_{\max} = 30 \text{ V}$ , mais au voltmètre je trouvais 33 V). J'ai dialogué avec l'examineur. Il m'a demandé de préciser certains points. Pas toujours évident...

Partie II : il était parfois difficile de savoir quoi faire exactement. J'ai fait plusieurs modélisations thermiques, avec les calculs, qui s'avéraient justes mais trop compliquées face au problème. L'examineur m'a demandé de les simplifier. Je ne savais pas toujours jusqu'à quel point je pouvais faire telle ou telle hypothèse.

L'oscilloscope était assez compliqué, mais j'ai finalement trouvé les fonctions qui m'intéressaient.

Je n'ai pas eu le temps de traiter la partie III. L'examineur me demandait souvent de revenir sur des questions précédentes, et me demandait « et si on avait fait telle hypothèse/modélisation ? », si bien que je voyais le temps avancer rapidement...

Le plus important : j'ai montré à l'examineur que je comprenais ce que je faisais, je proposais des solutions, j'ai fait un compte-rendu ultra détaillé (sur les 2 parties que j'ai traitées).

Note estimée : 14-16

9 juillet, 12h30

### Oral Maths I, Cachan

On considère l'espace affine muni du repère  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ . Soit  $U$  un ouvert de  $\mathbb{R}^3$ .

Soit  $(u, v) \rightarrow M(u, v) = (x(u, v), y(u, v), z(u, v))$  un paramétrage d'une surface  $S$ , dont on suppose tout point régulier.

On donne le plan tangent à  $S$  en  $M(u, v)$  :

$$u^2x + v^2y + (1 - u - v)^2z = 1$$

1/ Soit  $(u, v)$  un point de  $U$ . Montrer les relations :

$$\begin{cases} u^2 \frac{\partial x}{\partial u} + v^2 \frac{\partial y}{\partial u} + (1 - u - v)^2 \frac{\partial z}{\partial u} = 0 \\ u^2 \frac{\partial x}{\partial v} + v^2 \frac{\partial y}{\partial v} + (1 - u - v)^2 \frac{\partial z}{\partial v} = 0 \end{cases}$$

2/ En déduire que

$$ux(u, v) = vy(u, v) = (1 - u - v)z(u, v)$$

3/ En déduire que pour tout point appartenant à  $U$ ,

$$x \neq 0, y \neq 0 \text{ et } 1 - u - v \neq 0$$

Montrer que :

$$\begin{cases} x(u, v) = \frac{1}{u} \\ y(u, v) = \frac{1}{v} \\ z(u, v) = \frac{1}{1 - u - v} \end{cases}$$

4/ Donner une équation cartésienne de  $S$ . (il fallait aussi penser à la réciproque)

5/ « question facile, je préfère passer à la question de cours », dit-elle.

Question de cours : critère de d'Alembert pour les séries numériques

Question en plus (il restait du temps) : et si la limite de  $\left| \frac{u_{n+1}}{u_n} \right|$  est nulle ?

(passer par les  $\epsilon$ , définition de limite, théorème de comparaison de séries à termes positifs)

Remarques personnelles :

Examinatrice agréable, attentive et à l'écoute. Elle me donne l'énoncé en début d'oral.

A chaque question, j'explique clairement mon raisonnement après courte réflexion (ne pas parler pour ne rien dire, ça peut énerver certains jurys je pense). Je m'aide du tableau, sans tout noter.

Cependant, il faut avancer. L'examinatrice me donne parfois le petit conseil pour continuer, sans faire l'exercice à ma place, mais pour voir comment je réagis là-dessus.

C'est un oral qui, pour une fois, m'a permis de m'exprimer, et de montrer ce que je sais faire.

Je sors assez satisfait.

Note estimée : 17

**10 juillet, 9h15**

**TIPE**

**ADS** sur les nouveaux matériaux, en vue de nouvelles performances (il fallait exploiter les indices de performance et les courbes d'Ashby).

Exemple d'une rame d'aviron : comment à la fois minimiser la masse et le coût, et augmenter la rigidité en flexion.

On suggérait ensuite de prendre un exemple de son choix et d'appliquer les critères permettant le choix du meilleur matériau pour différents critères de performance.

**TIPE** : je fais ma présentation de la même façon que les 150 000 autres fois où je me l'étais récitée, au moins je n'ai pas eu de surprise.

Les questions sont assez variées, aussi bien sur l'ADS que sur le TIPE.

J'arrive à répondre à toutes les questions, ils ont l'air plutôt satisfaits.

Remarques : le jury coupe net à 10 min si on dépasse le temps alloué. Il faut donc se chronométrer et pouvoir tout dire dans les temps.

Note estimée : 18