

**ANNALES 2018-2019**  
**SEMESTRE 5 ET 6 PHYSIQUE**  
**PHYSIQUE/CHIMIE –SPI**  
**EEEE-MAEN**  
**SESSION 2**

**SEMESTRE 5 :**

- **MATERIAUX 1**
- **LANGAGE C**
- **TECHNIQUES NUMERIQUES DE CALCUL**
- **ELECTROTECHNIQUE**
- **ASTROPHYSIQUE**
- **MICROPROCESSEUR**
- **ELECTROMAGNETISME**
- **MECANIQUE ANALYTIQUE**

**SEMESTRE 6 :**

- **TRAITEMENT ANALOGIQUE DU SIGNAL**
- **ENJEUX ENERGETIQUES**
- **MECANIQUE DES SYSTEMES**
- **COMMANDE NUMERIQUE**
- **AUTOMATISME**
- **INTRODUCTION A LA ROBOTIQUE**
- **THERMODYNAMIQUE ET APPLICATION**
- **CONVERSION D'ENERGIE**
- **TECHNIQUES NUMERIQUES DE CALCUL**

Durée : 2h  
Document interdit.

Chaque partie est à rendre sur une copie séparée.

### Partie 1

#### Exercice 1

On applique une contrainte de traction le long de l'axe longitudinal d'une tige cylindrique en aluminium dont le diamètre est de 10 mm  
Calculez la charge nécessaire pour rétrécir le diamètre de  $5,3 \times 10^{-3}$  mm si la déformation est entièrement élastique.

Données :  $E=69\text{GPa}$  ;  $\nu=0,346$

#### Exercice 2 :

Planète bleue : l'eau possède un coefficient d'absorption optique de  $0,01\text{m}^{-1}$  pour le bleu et de  $0,3\text{m}^{-1}$  pour le rouge. Quelle est le pourcentage de lumière bleue et rouge absorbées après un parcours de 10m dans l'eau ?

#### Exercice 3 :

Un matériau transparent de 10mm d'épaisseur transmet 90 % de la lumière visible. Si son épaisseur est augmentée de 10mm, quelle sera sa transmission ? .

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad c = \lambda \nu \quad \nu = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \Delta E = h\nu \quad n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

$$R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad I_T = I_0 e^{-\beta x} \quad \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{12} \text{ F/m} ; \mu_0 = 1.257 \cdot 10^6 \text{ H/m}$$

#### Exercice 4 :

On sort un bloc de plomb de masse  $m_1=280\text{g}$  d'une étuve à la température  $T_1=98^\circ\text{C}$ . On le plonge dans un calorimètre de capacité thermique  $C=209\text{J.K}^{-1}$  contenant une masse  $m_2=350\text{g}$  d'eau. L'ensemble est à la température initiale  $T_2=16^\circ\text{C}$ .

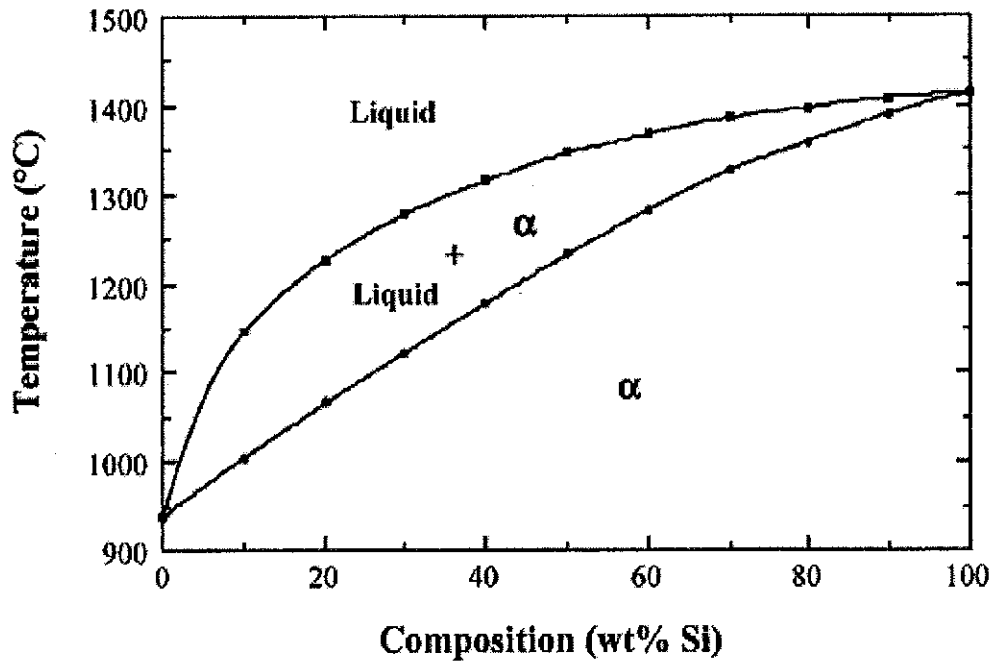
On mesure la température d'équilibre thermique  $T_e=17,7^\circ\text{C}$ .

Déterminer la chaleur massique du plomb.

Données: Chaleur massique de l'eau :  $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}$

**Exercice 5 :**

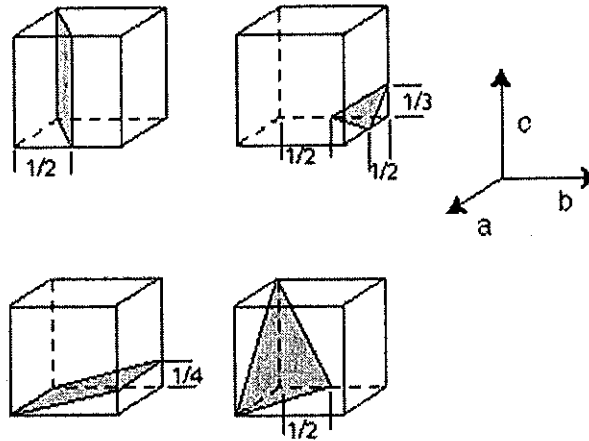
On dispose d'un liquide à 30 % de Si. Décrire de son refroidissement



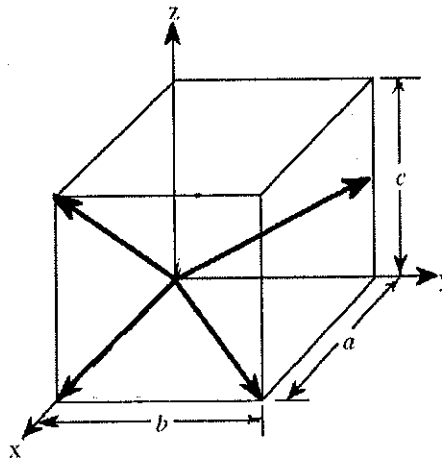
## Partie II

### Exercice 6

Déterminer pour chaque maille ci-dessous les indices de Miller relatifs aux plans représentés dans la maille.



Déterminer les indices relatifs aux directions représentées dans la maille ci-dessous.



### Exercice 5

Le rubidium a une structure cubique corps centré. Si l'angle de diffraction de rayons X monochromatiques d'une longueur d'onde de 0.0711 nm est de  $27^\circ$  (réflexion du premier ordre) pour l'ensemble des plans (321), calculez :

- a) l'espacement entre les plans de cet ensemble
- b) le rayon atomique de l'atome de rubidium.

### Exercice 6

La baryte ( $\text{BaSO}_4$ ) possède une maille primitive orthorhombique ayant les paramètres suivants :  $a = 7.157 \text{ \AA}$ ,  $b = 8.884 \text{ \AA}$ , et  $c = 5.457 \text{ \AA}$ . Calculer l'angle  $2\theta$  de Bragg par réflexion de la raie du cuivre  $K\alpha$  ( $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ ) sur les plans d'indices de Miller suivants : (002) et (110).

**Exercice 7:**

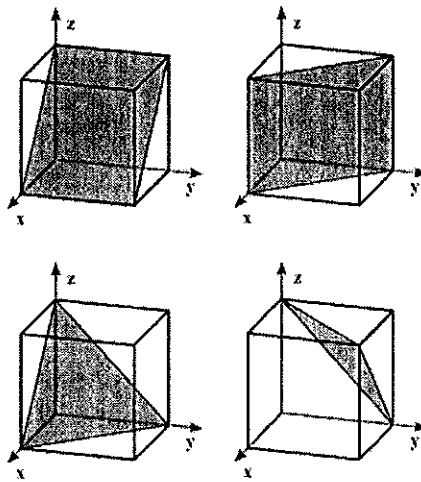
On bombarde un cristal d'aluminium CFC par un faisceau de rayons X de longueur d'onde  $\lambda = 154 \text{ pm}$ . On observe un faisceau diffracté au premier ordre sous un angle  $\theta$  de  $39,2^\circ$  pour les plans réticulaires (311).

a) Calculer le paramètre  $a$  de la maille de l'aluminium.

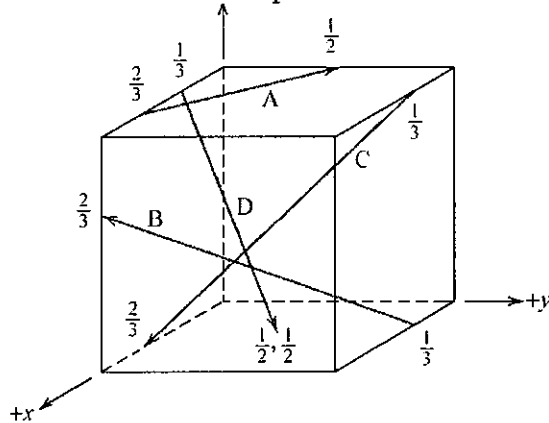
b) Retrouver cette valeur, sachant que le rayon de l'atome d'aluminium est de  $143 \text{ pm}$ .

**Exercice 8:**

Déterminer pour chaque maille ci-dessous les indices de Miller relatifs aux plans représentés dans la maille.



Déterminer les indices relatifs aux directions représentées dans la maille ci-dessous.



Examen d'informatique – Durée : 1h30  
A. Potelle

**Exercice 1 :**

L'évolution en fonction du temps  $t$  de la tension aux bornes d'un condensateur  $C$ , notée  $U_c(t)$ , qui se décharge dans une résistance  $R$  est donnée par l'expression ci-dessous ; avec  $\tau = RC$  la constante de temps et  $E$  la tension nominale.

$$U_c(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

On demande d'écrire un programme qui demande à l'utilisateur d'entrer au clavier la tension nominale  $E$  (on vérifiera qu'elle est strictement positive) et qui affiche (avec une précision de 2 chiffres après la virgule) les valeurs de  $U_c(t)$  pour  $t=\tau$ ,  $t=2\tau$ ,  $t=3\tau$ , ... On précise que la fonction exponentielle est disponible dans `<math.h>` avec le prototype « `float exp(float)` ; ». Le programme s'arrêtera lorsque la tension aux bornes du condensateur sera strictement inférieure à 1% de la tension nominale (décharge totale).

**Exemple d'affichage**

```
Entrer la tension nominale E (en volt) : -10
Entrer la tension nominale E (en volt) : 100
Pour 1T V=36.78 V
Pour 2T V=13.53 V
Pour 3T V=4.97 V
Pour 4T V=1.83 V
Pour 5T V=0.67 V
```

**Exercice 2 :**

La suite de Fibonacci est une suite d'entiers dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes qui le précèdent. Selon Leonardo Fibonacci, elle décrit la croissance d'une population de lapins mois après mois. Ses premiers termes sont : 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, .... Elle est définie par :

$$\begin{cases} U_1 = 1 \\ U_2 = 1 \\ U_n = U_{n-1} + U_{n-2} \end{cases}$$

On demande d'écrire un programme permettant de calculer et afficher la  $n^{\text{ème}}$  valeur, notée «  $U_n$  », de la suite de Fibonacci. Le programme fera appel à une fonction nommée « Fibonacci » qui admettra en argument la valeur entière de «  $n$  » et renverra la valeur de «  $U_n$  ». La saisie de «  $n$  » (on vérifiera qu'il est supérieur ou égal à 3) et l'affichage de la réponse se feront dans la fonction « `main()` ».

**Exemple d'affichage**

```
Entrer la valeur de n = 1
Entrer la valeur de n = 7
U(7) = 13
```

**Exercice 3 :**

On se propose d'écrire un programme permettant de manipuler les fonctions du second degré de la forme  $f(x)=ax^2+bx+c$ . Le problème est décomposé en plusieurs étapes. Il est demandé de lire toutes les questions avant de composer.

A- Une fonction du second degré est caractérisée par ses trois coefficients réels  $a$ ,  $b$  et  $c$  et son nom (une chaîne de 9 caractères au maximum). Proposer un type structuré nommé « *F2d* » pour stocker ces informations.

B- Un Point est caractérisé par ses deux coordonnées réelles  $x$  et  $y$  ainsi que son nom (une chaîne de 4 caractères au maximum). Proposer un type structuré nommé « *Point* » pour stocker ces informations.

C- Il doit être possible de créer une fonction du second degré en saisissant au clavier les données la concernant (cf. exemple d'affichage). Proposer une fonction nommée « *SaisieFonct2Degre* » admettant aucun paramètre en argument et renvoyant une variable du type structuré « *F2d* ». Les trois coefficients devront absolument être non nuls.

D- Il doit être possible de calculer l'image  $f(x)$  d'un réel «  $x$  ». Proposer une fonction nommée « *CalculImage* » admettant en argument une variable du type structuré « *F2d* » ainsi que la valeur de «  $x$  » et renvoyant une variable du type structuré « *Point* » initialisée avec les coordonnées  $(x ; f(x))$  ainsi que le nom «  $I$  ». Proposez une solution (et codez la) pour qu'à chaque nouvel appel de cette fonction, le point puisse porter un nom différent (par exemple «  $I1$  », «  $I2$  », «  $I3$  », ...).

E- Une fonction du second degré est représentée dans le plan cartésien par une parabole. Il doit être possible de trouver le sommet de la parabole de coordonnées  $(\alpha; \beta)$ . On a  $\alpha = \frac{-b}{2a}$  et  $\beta = f(\alpha)$ . Ecrire une fonction nommée « *CalculSommetParabole* » qui admet en argument une variable du type structuré « *F2d* » et renvoie une variable du type structuré « *Point* » correspondant au sommet de la parabole. On utilisera la fonction « *CalculImage* ».

F- Si une fonction du second degré coupe l'axe des abscisses ( $\Delta > 0$ ), elle admet 2 racines réelles; si elle tangente l'axe des abscisses ( $\Delta = 0$ ), elle admet une racine double; sinon ( $\Delta < 0$ ) elle admet 2 racines complexes. Ecrire une fonction nommée « *AfficheNatureRacine* » qui admet en argument une variable du type structuré « *F2d* » et ne renvoie rien. Cette fonction affichera l'un des trois messages suivant : « ... possède 2 racines réelles », « ... possède 1 racine double » ou « ... possède 2 racines complexes ». On rappelle que  $\Delta = b^2 - 4ac$ .

G- Ecrire un programme (*main*) qui permet la saisie au clavier des caractéristiques d'une fonction du second degré, affiche les coordonnées du sommet et la nature des racines. Le format d'affichage à respecter est donné dans l'exemple ci-dessous.

**Exemple d'affichage :**

```
Entrer le nom de la fonction : Fct1
Entrer les coefficients a, b et c de Fct1 : -2  -4  6
Sommet de Fct1 : I1 (-1 ; 8)
Fct1 possède 2 racines réelles
```

H- On souhaite maintenant pouvoir afficher la valeur des racines lorsque  $\Delta \geq 0$ . Proposez une solution modulaire et codez là.



L3 SPI

Examen de rattrapage de Techniques Numériques de Calcul  
Responsable : Jérôme BOSCHE  
Mardi 18/06/2019

**Consignes:** Durée: 2 heures. Les documents de cours sont autorisés. **N'oubliez pas de reporter votre numéro d'étudiant sur la figure 1 si vous joignez cette dernière à votre copie.**

Les nombres complexes

La formule de Moivre est rappelée en (1).

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^n = \cos n\theta + i \sin n\theta, \forall n \in \mathbb{Z} \quad (1)$$

1. Montrer, à partir de (1), que  $\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta$ .

Équation différentielle du 2<sup>nd</sup> ordre

2. Trouver l'expression de  $y(t)$ , solution de l'équation différentielle du second degré (2) vérifiant les conditions initiales définies en (3).

$$-y''(t) + 4y'(t) - 4y(t) = (2-t)e^{-2t} + te^{2t} \quad (2)$$

$$\begin{cases} y(0) = 1 \\ y'(0) = -1 \end{cases} \quad (3)$$

Transformée de Laplace

3. A l'aide du tableau des transformées de Laplace rappelé ci-après, donner la transformée de Laplace inverse (soit  $f(t)$ ) de  $F(p)$  donnée en (4).

$$F(s) = \frac{s+1}{(s-1)^2(s^2+1)} \quad (4)$$

4. Représenter sur la *figure 1*, le signal  $y(t)$  correspondant à l'exécution du code MATLAB ci-dessous:

```
t=[-4:1e-3:4];  
y=-heaviside(t+2)+2 * heaviside(t)-heaviside(t-2);  
plot(t,y)
```



$f(t)$	$F(p)$	$f(t)$	$F(p)$
$\delta(t)$	1	$e^{-at} \sin(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{\omega}{(p+a)^2 + \omega^2}$
$\epsilon(t)$	$\frac{1}{p}$	$e^{-at} \cos(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{p+a}{(p+a)^2 + \omega^2}$
$t\epsilon(t)$	$\frac{1}{p^2}$	$t \sin(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{2\omega p}{(p^2 + \omega^2)^2}$
$e^{-at}\epsilon(t)$	$\frac{1}{p+a}$	$t \cos(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{p^2 - \omega^2}{(p^2 + \omega^2)^2}$
$te^{-at}\epsilon(t)$	$\frac{1}{(p+a)^2}$	$t^n$	$\frac{n!}{p^{n+1}}$
$\sin(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$	$\cos(\omega t)\epsilon(t)$	$\frac{p}{p^2 + \omega^2}$

Tableau des Transformées de Laplace

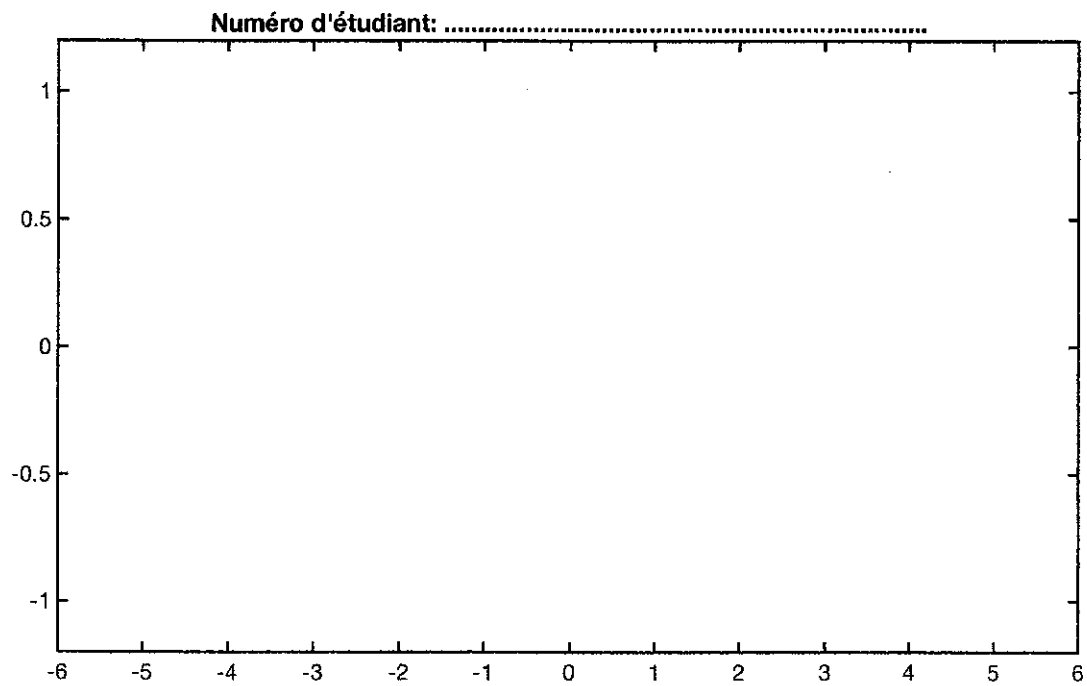


Figure 1 : Fonction heaviside, tracé de  $y(t)$

Durée 2h – Tous documents autorisés

Exercice 1 : Transformateur triphasé (7 points)

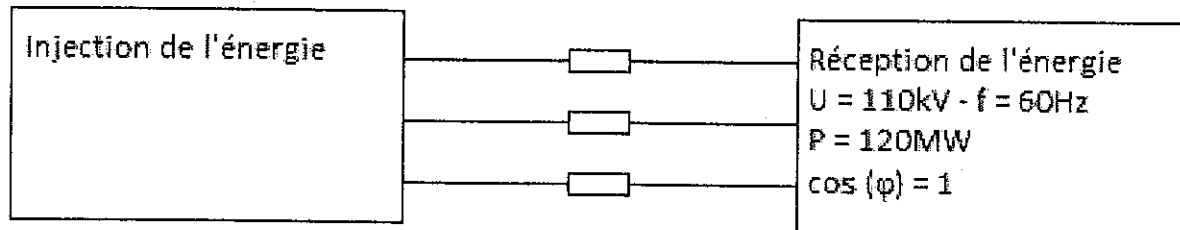
Les essais classiques d'un transformateur d'isolement triphasé Yy ont donné les résultats suivants :

- Essai à vide  $U_1 = 380V$  ;  $U_{20} = 400V$
- Essai en court-circuit  $U_{1cc} = 19V$  ;  $I_{2cc} = 4.5A$  ;  $P_{cc} = 81W$

- 1) Calculer les valeurs de  $R_S$  et  $X_S$  du schéma équivalent ramené au secondaire.
- 2) Le transformateur alimenté au primaire sous 380V débite sur un récepteur triphasé de facteur de puissance  $\cos(\varphi)=0,8AR$ , un courant  $I_2 = 4,5A$ . Quelle sera la tension ENTRE PHASES au secondaire.
- 3) Le secondaire est maintenant chargé par 3 résistances identiques  $R = 180\Omega$  couplées en triangle. La tension au primaire est toujours  $U_1 = 380V$ , quelles sont les nouvelles valeurs efficaces du courant de ligne et de la tension ENTRE PHASES au secondaire.

Exercice 2 : Réseau de transport d'énergie - partie 1 (7 points)

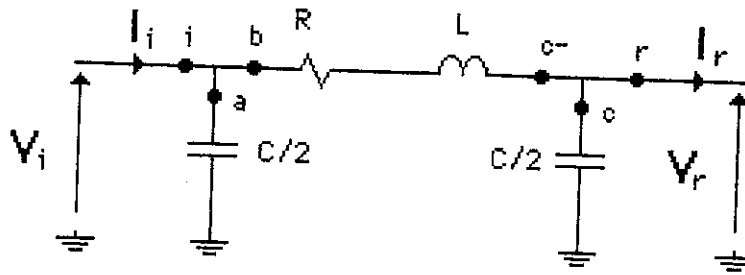
On considère la ligne de transmission d'énergie de 100km de la figure suivante.



Les paramètres de la ligne sont les suivants :

- $r = 0,091\Omega/km$  par phase
- $l = 1,34$  mH/km par phase
- $c = 8,85 \cdot 10^{-9}$  F/km par phase

Le modèle par phase à utiliser est le suivant :



Recopiez et remplissez le tableau situé en annexe et retrouvez, par la méthode de la comptabilité de la puissance, les valeurs :

- de la tension composée aux bornes de la source,
- de la puissance active fournie par la source,
- du facteur de puissance au niveau de la source.

En déduire le rendement de la transmission de puissance

**Exercice 3 : moteur à courant continu à excitation indépendante (7 points)**

Un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante est alimenté sous 240 V.

La résistance d'induit est égale à  $0,5 \Omega$ ,  
le circuit inducteur absorbe 250 W et les pertes collectives s'élèvent à 625 W.

Au fonctionnement nominal, le moteur consomme 42A et la vitesse de rotation est de 1200 tr/min.

1- Calculer :

- la f.e.m.
- la puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile
- le couple utile et le rendement

2- Quelle est la vitesse de rotation du moteur quand le courant d'induit est de 30A ?  
Que devient le couple utile à cette nouvelle vitesse (on suppose que les pertes collectives sont toujours égales à 625 W) ? Calculer le rendement.

## ANNEXE

	P (MW)	Q (MVAR)	S (MVA)	U (kV)	I (kA)	cos( $\varphi$ )
r	120			110		1
c						
c-						
bc						
b						
a						
i						

**Astrophysique**  
Session de rattrapage

**Exercice 1. Questions diverses.**

- 1- Etablir une analogie entre la loi de la gravitation de Newton et la loi de l'électrostatique de Coulomb. On précisera en particulier la correspondance entre les grandeurs physiques de chaque domaine : charges électriques, masses, permittivité diélectrique du vide et constante de Newton.
- 2- Ecrire la forme complète des lois de la 'gravitostatique' de Newton.
- 3- Donner la forme globale du théorème de Gauss gravitationnel pour une distribution de masse quelconque.
- 4- Que devient l'équation de Newton-Poisson pour une masse ponctuelle localisée en un point  $\vec{x}_0$  ?
- 5- Rappeler les deux définitions de l'énergie potentielle gravitationnelle d'une distribution de matière.
- 6- Calculer l'énergie potentielle gravitationnelle d'une couche superficielle de matière uniformément répartie sur une sphère de rayon  $R$ .

**Exercice 2. Variations de la densité de matière au sein de la Terre.**

La Terre est assimilée à un corps sphérique homogène (densité constante) dont la circonférence du grand cercle est de l'ordre de 40000 km.

- a- Estimer la masse volumique moyenne  $\rho_m$  de la Terre.
- b- On suppose maintenant que la Terre est une distribution de matière à symétrie sphérique de masse volumique,  $\rho(r) = \rho_0(1 - \alpha \frac{r^2}{R_T^2})$ ,  $r$  étant la distance au centre de la Terre.

Calculer les paramètres  $\rho_0$  et  $\alpha$  de manière que la densité moyenne ait la valeur estimée à la question -a et que la densité de surface de la Terre  $\rho(R_T) = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

- c- Calculer la loi de variation de l'intensité  $g(r)$  de la pesanteur en fonction de  $r$  à l'intérieur de la Terre. En introduisant la profondeur  $x = R_T - r$ , montrer que  $g(x)$  passe par un maximum que l'on déterminera.
- d- En déduire le potentiel gravitationnel  $\phi(r)$  correspondant.
- e- Pour  $x \ll R_T$  calculer les variations relatives  $(g(x) - g(0)) / g(0)$  en fonction des données.

*Application* : Calculer  $g$  au fond d'un puits de mine de 2 km de profondeur.

## Examen Astrophysique, session 2 (2019) Partie 2

### Questions de cours (4 points)

- 1) Tracer le diagramme de Russel-Hertzsprung en indiquant la séquence principale et les régions respectives des géantes rouges et des naines blanches.
- 2) Décrire trois méthodes pour la détermination de distances des étoiles en précisant leur périmètre applicable.
- 3) Soit une étoile distante de 20 al par rapport à la Terre qui possède une magnitude apparente  $m_v = 5$ . Quelle est sa magnitude absolue  $M_v$  ?

On rappelle que la différence de magnitudes apparentes respectives de deux astres A et B s'écrit en fonction des flux énergétiques respectives mesurées  $E_A$  et  $E_B$  est :  $m_A - m_B = -2,5 \log(E_A/E_B)$  1 UA :  $149.6 \times 10^6$  km

**Exercice 1 (2 points)** Une naine blanche présente une luminosité 100 fois inférieure à celle du Soleil, pour une température  $T_{NB}$ . Déterminer son rayon  $R_{NB}$ , en fonction des données solaires  $R_\odot$  et  $T_\odot$  et de  $T_{NB}$ . Pensez à la loi de Stefan-Boltzmann.

### Exercice 2 (4 points) : Rapport de masse d'étoiles doubles à éclipses

- 1) Un système binaire composé d'étoiles respectives A et B est observée dans un plan perpendiculaire à l'axe de visée. La parallaxe annuelle mesurée est de 0,1 secondes. Quelle est la distance de l'objet par rapport à nous ?
- 2) La plus grande séparation angulaire entre les étoiles a été mesurée à 5" (secondes d'arc) et la plus petite est de 1". En déduire le demi-grand axe  $a$  en arcsecondes, puis en unités astronomiques UAs.
- 3) La période de révolution est de 30 ans. Le compagnon est 5 fois plus éloigné du centre de gravité que l'étoile primaire. Calculer les masses respectives des étoiles A et B en masses solaires. Laquelle est plus proche du barycentre ?

Rappel de la troisième loi de Kepler (pour s'affranchir de la valeur de  $G$ , il est utile de se servir du système solaire, en négligeant la masse du Soleil devant celle de la Terre) :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m)}$$

# Examen de microprocesseur

Durée : 1h30 - Sans document.

## Problème n°1

(14 points)

L'étude porte sur une carte électronique à base de deux microprocesseurs partageant une mémoire. C'est une note d'application de constructeur.

- 1° Déterminer le type des composants U1-U2, U5-U6, U7-U8-U9-U10 et U11-U12.
- 2° Déterminer la capacité d'adressage des composants U1 et U2.
- 3° Déterminer la capacité de mémorisation des composants U5, U6, U7, U8, U9, U10.
- 4° Quel est le type des mémoires qui constituent la zone "memory area" ?
- 5° Quel est la capacité de mémorisation de cette zone ?
- 6° Quels sont les composants qui servent à la production des signaux d'horloge ?
- 7° Quelle est la fonction du bouton poussoir "NO" et des éléments qui se trouvent autour ?

## Questions de cours et de TP

(6 points)

Q1 Dessinez le schéma bloc d'un microprocesseur en précisant les noms des différents blocs et leurs fonctions. (2pts)

Q2 Quelles sont les informations à fournir pour permettre une transmission série asynchrone ? (2pts)

Q4 Quelle est la structure générale de la carte EB064 utilisée durant les TPs ? (2pts)

# A DUAL-PROCESSOR SYSTEM USING TWO MC6809E MPUs ON A COMMON BUS

Prepared by  
Jane Bates  
and  
Charles Melear  
8-Bit Microprocessor Applications Engineering  
Austin, Texas

## INTRODUCTION

This application note provides a description of a dual-processor system in which two microprocessors control a common bus on alternate phases of the clock. The system described utilizes two MC6809E microprocessors (MPUs) and contains several dual-processing features including: a single bus structure, the use of common memory by both microprocessors, and one clock generation circuit.

A dual-processor system is a practical application of MPUs operating with a common synchronous clock. A system which addresses a memory location might not fully utilize the system bus, especially if the access time of the addressed location is less than the MPU cycle time. When a memory fetch can be made in less than half an E cycle, two processors can use the same system bus without degrading the operating speed of either processor. There are several reasons for designing such a system.

One of the main reasons for designing a dual-processor system is to effectively increase the operating speed of a particular system. In a system requiring speed, the processing load can be shared by two MPUs. Both microprocessors would share the same memory space in such a system so there would be no time required for transferral of data from the system memory of one MPU to the system memory of the other MPU. Semaphore flags are often required in the design of a dual-processor system; however, monitoring semaphore flags involves only a slight amount of overhead when compared to the overhead required to make large block data moves. While the first MPU in a dual-processor setup is processing data, the second MPU can perform the final processing on another block of data passed to it from the first MPU. When the second MPU has finished its portion of the processing activity, it can set a flag to indicate that it is ready for more data. The first MPU can then pass its data to the second MPU. After this data pass is made, the first MPU can immediately start processing a new batch of data.

Some systems may require a large number of program fetches from a disk, bubble memory, or other relatively slow mass storage devices. In such cases, the first MPU can pass a message to the second MPU requesting data from it. The second MPU can operate a disk system on its private bus, then load the data into the global memory shared by both processors. While new programs are being fetched, the first MPU can be executing another program instead of sitting idle.

One might argue that more instructions per second could be executed by two totally separate systems than could be executed by two processors operating on a single bus. This is true; however, if two processors work on a single problem, the solution can be realized in slightly more than one-half the time that a single processor could do the job. Dual-processor configurations can be of benefit in situations where speed of execution is an important criteria.

A block diagram of a dual-processor system using two MC6809E MPUs is shown in Figure 1. The E1 and Q1 signals for MPU #1 (U1) are inverted and become E2 and Q2 for the other MPU (U2). This means that one MPU is operating 180 degrees out-of-phase from the other. The MPUs will only address memory while their respective E signal is high. Since E is asserted for one-half of a bus fetch cycle, each processor can perform a memory access in a single E period. This means that when the processors in this dual-processor system are operated at 1 MHz, the bus will effectively operate at 2 MHz.

## SYSTEM DESCRIPTION

In the system under consideration, both processors share the memory space from \$ to \$. The space from \$ to \$ for both MPUs is reserved for a private bus containing ROM, RAM, and I/O. A system of drivers and multiplexers are used to gate data and addresses to and from the global bus or private bus.



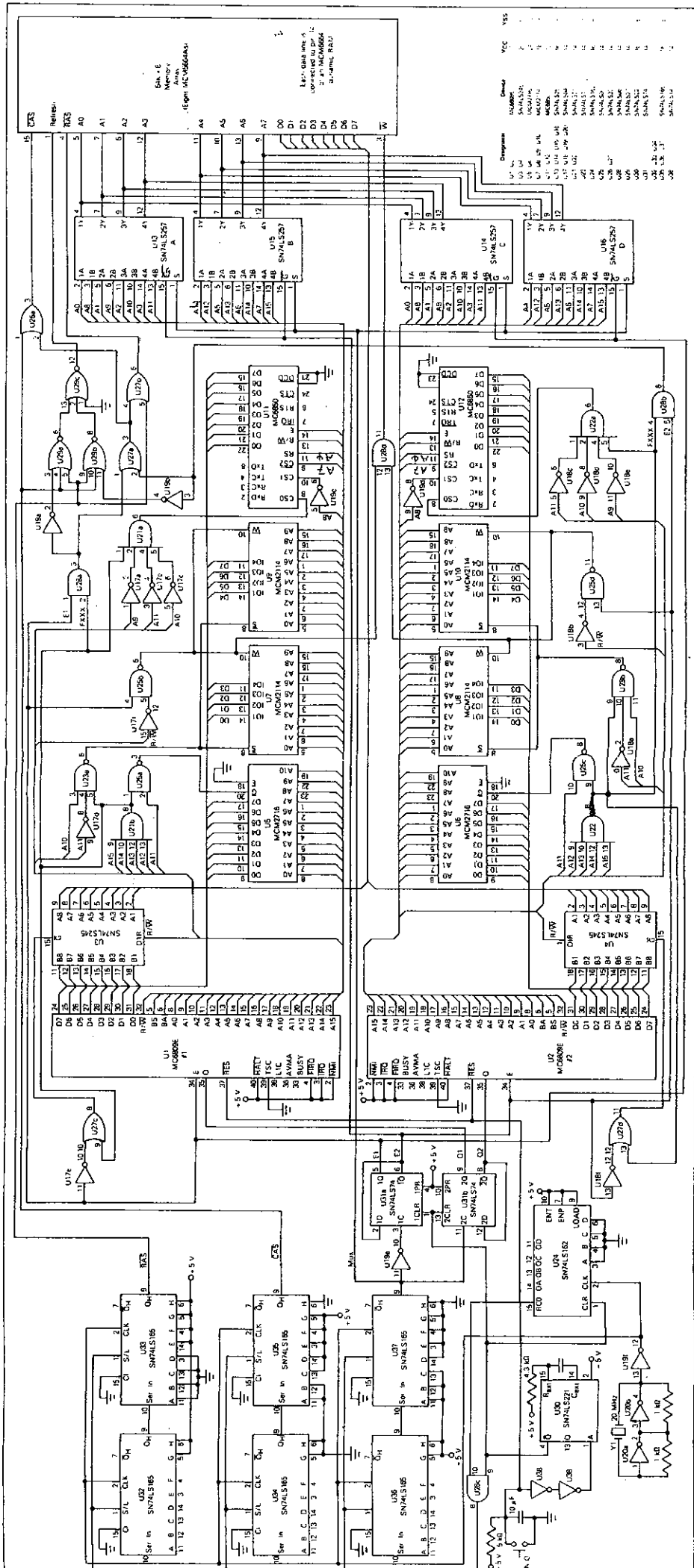


FIGURE 4 -- Dual-Processor Schematic Diagram

## Examen de 2<sup>nde</sup> session

Documents et calculatrices non-autorisés (on utilisera les calculatrices fournies).

### Partie 1 : Questions de cours

#### A) QCU (une seule bonne réponse, mauvaise réponse : malus)

1) L'énergie potentielle associée à un moment magnétique  $\vec{m}$  dans un champ  $\vec{B}$  est

- a)  $\vec{m} \wedge \vec{B}$       b)  $\vec{m} \wedge \frac{\vec{B}}{\mu_0}$       c)  $\mu_0 \vec{m} \cdot \vec{B}$       d)  $\vec{m} \cdot \vec{B}$       e)  $\vec{H} / \vec{m}$

2) Le champ  $\vec{D}$  est égal à

- a)  $\varepsilon_0 \vec{E} - \vec{P}$       b)  $\varepsilon_0 (1 + \chi) \vec{P}$       c)  $\varepsilon_0 \chi \vec{E}$       d)  $\vec{E} + \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0}$       e)  $\varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

3) La polarisation  $\vec{P}$  correspond à...

- a) un volume de dipôles  
b) une densité de porteurs de charge libres  
c) une densité de porteurs de charge liées  
d) une densité de moments dipolaires  
e) aucune de ces définitions

#### B) Répondre en quelques lignes

- 1) Qu'entend-on par milieu dispersif ? Quelle est la différence entre dispersion normale et dispersion anormale ?  
2) Quelles sont les différences qualitatives entre diamagnétisme, paramagnétisme et ferromagnétisme ?

### Partie 2 : Exercice

Un pulsar est une étoile à neutrons en rotation rapide (période de l'ordre de la seconde voire de la milliseconde pour les plus rapides) qui émet des pulses électromagnétiques réguliers (d'où leur nom) que l'on peut recevoir sur Terre, si son axe magnétique est dirigé vers celle-ci. Le pulsar au centre de la nébuleuse du Crabe, apparu en 1054 sous forme d'une supernova, tourne sur lui-même 30 fois par seconde. Les signaux radio émis, de pulsation  $\omega$ , traversent le milieu interstellaire de densité électronique  $n = 10^4 \text{ m}^{-3}$  mais n'arrivent pas en même temps sur la Terre suivant leur fréquence. On désire ainsi connaître le lien entre la fréquence des signaux et leur vitesse, pour enfin pouvoir connaître la distance nous séparant du pulsar.

On considèrera ici le milieu interstellaire comme un plasma électriquement neutre ( $\rho = 0$ ), linéaire, homogène, isotrope, non magnétique et on négligera le mouvement des ions constituant le plasma, devant celui des électrons.

- 1) Appliquer la 2<sup>ème</sup> loi de Newton à un électron du plasma, soumis uniquement à la force électrique d'une onde incidente. En effet, la force magnétique est négligeable compte tenu des vitesses électroniques mises en jeu.

En déduire la relation suivante,

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = \frac{ne^2}{m} \vec{E}$$

Où  $\vec{j} = nq\vec{v}$  est la densité de courant.

2) Ecrire les équations de Maxwell dans le plasma compte tenu des indications de l'énoncé.

3) On cherche les solutions de ces équations sous la forme d'ondes planes progressives monochromatiques, soit  $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$  et  $\vec{B} = \vec{B}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$ . Dans ce cadre-là, on peut écrire les relations suivantes :

$$\text{div} \equiv -i\vec{k} \cdot, \quad \text{rot} \equiv -i\vec{k} \wedge, \quad \frac{\partial}{\partial t} \equiv i\omega$$

En utilisant l'identité vectorielle  $\overrightarrow{\text{rot rot}} = \overrightarrow{\text{grad div}} - \Delta$ , démontrer la relation de dispersion ci-dessous,

$$k^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2}$$

Où  $\omega_p^2 = ne^2/m\epsilon_0$  est la pulsation plasma. On rappelle que  $\epsilon_0\mu_0 = 1/c^2$ .

4) En déduire que la vitesse de phase et la vitesse de groupe de ces ondes planes peuvent s'écrire :

$$v_\varphi = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}}$$

$$v_g = c \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$$

5) Rappeler la condition de propagation des ondes dans le plasma. Estimer  $\omega_p$  et comparer sa valeur à la pulsation  $\omega$  d'un signal radio de fréquence  $\nu = 350 \text{ MHz}$ . On donne  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ . Que peut-on en déduire ?

6) On considère un pulse radio composé de plusieurs fréquences dont la largeur de bande est  $\Delta\nu$ . Montrer que la durée nécessaire à la réception d'un pulse radio prend la forme suivante :

$$t(\nu) = \frac{d}{v_g} \approx \frac{d}{c} \left( 1 + \frac{v_p^2}{2\nu^2} \right)$$

Où  $d$  est la distance au pulsar et  $v_p$  est la fréquence plasma. On rappelle que  $\frac{(1+x)^n}{x \rightarrow 0} \approx 1 + nx$ .

7) Calculer  $\frac{dt}{d\nu}$  et en déduire que,

$$\frac{\Delta t}{\Delta \nu} \approx \left| \frac{dt}{d\nu} \right| = \frac{d v_p^2}{c \nu^3}$$

8) On mesure  $\Delta t = 0,02 \text{ s}$  pour  $\Delta \nu = 5 \text{ MHz}$  autour de  $\nu = 350 \text{ MHz}$ . Déduire de la relation établie précédemment la distance au pulsar en m puis en années-lumières ( $1 \text{ al} \approx 1,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$ ).

## Mécanique Analytique -2<sup>ème</sup> session

Durée : 3H

I. Luk'yanchuk, Y. Gagou

Aucun document n'est autorisé.

### EXERCICE 1 : Pendule simple, en translation

On considère le pendule plan de longueur  $\ell$  et masse  $m_2$  en mouvement et dont le point de suspension de masse  $m_1$  se déplace sur une tige horizontale (voir Figure 1).

- 1° Déterminer le nombre de degré de liberté du système
- 2° Calculer l'énergie cinétique du système.
- 3° Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du système
- 4° En déduire le Lagrangien du système.
- 5° Ecrire les équations de Lagrange correspondantes.
- 6° Calculer les impulsions généralisées du système.
- 7° En déduire la fonction d'Hamilton du système.
- 8° Ecrire les équations d'Hamilton du système pour retrouver les mêmes équations qu'au 5°
- 9° Linéariser les équations pour les petits mouvements et calculer les fréquences propres des modes d'oscillations du système.
- 10° Décrire par des petits schémas les modes d'oscillations du système.

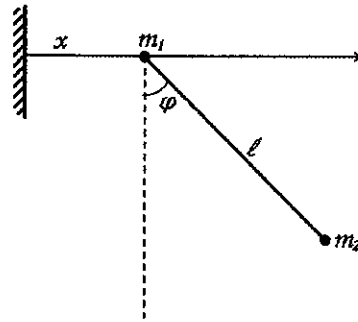


Figure 1 : Pendule-simple en déplacement

### EXERCICE 2 : Hamiltonien dépendant du temps

Si l'on considère le Lagrangien suivant, dépendant du temps :

$$L(x, \dot{x}, t) = \frac{1}{2} e^{\alpha t} (m\dot{x}^2 - kx^2)$$

où  $\alpha$ ,  $m$  et  $k$  sont des constantes positives.

1. Trouver l'Hamiltonien  $H(p, x, t)$  du système.
2. Vérifier que les équations de Hamilton restituent l'équation du mouvement d'un oscillateur amorti.
3. Déterminer les lois horaires du mouvement suivant les différents cas.

### EXERCICE 3 : Pendule-double amorti

On considère un pendule-double formé de deux masses  $m_1$  et  $m_2$  (voir Figure 2). Ce pendule est articulé au centre de gravité de la masse  $m_1$ . On note  $\ell$  la longueur commune des fils auxquels s'accrochent les masses  $m_1$  et  $m_2$ . Les rotations des masses  $m_1$  et  $m_2$  sont décrites par les angles  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$ . Par ailleurs, la masse  $m_2$  plonge en permanence dans un bac contenant un liquide de coefficient d'amortissement  $\gamma$  qui le freine dans son mouvement sous forme de force d'amortissement visqueux.

1. Déterminer le nombre de degré de liberté du système.
2. Calculer l'énergie cinétique du système.
3. Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du système.
4. En déduire le Lagrangien du système.
5. Ecrire les équations de Lagrange correspondantes (*en petits mouvements*).
6. Calculer les fréquences propres des oscillations du système.
7. Sous quelle condition a-t-on un mouvement suramorti ?

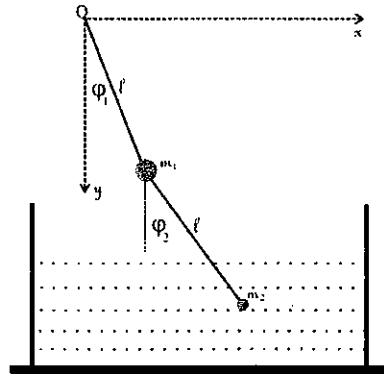


Figure 2: Pendule-double amorti

Examen 2<sup>ème</sup> Session : Traitement du signal  
(Feuille A4 autorisée)

**Exercice 1 :**

Soit la  $f$  la fonction définie par :

$$f(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < \pi \\ 0, & -\pi \leq x < 0 \end{cases}$$

et  $f$  est  $2\pi$  périodique. Dessiner le graphe de  $f$ . Est-elle paire ? Impaire ?  
Montrer que sa série de Fourier est donnée par

$$TF(f) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{(2n-1)\pi} \sin(2n-1)x$$

**Exercice 2 :**

Soit le signal analogique suivant :  $x(t) = 2 \cdot e^{-t}$  pour  $t \geq 0$

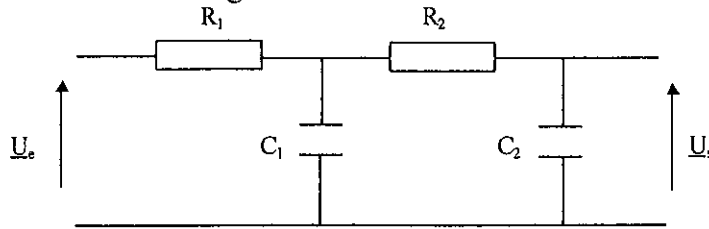
1. Calculer la transformée de Fourier du signal  $x(t)$ .
2. Représenter les spectres d'amplitude  $|X(f)|$  et de phase  $\arg(X(f))$  du signal  $x(t)$ .
3. Soit le signal continu  $h(t)$  :

$$h(t) = 2 \text{ pour } 0 \leq t \leq 2 \text{ sinon } h(t) = 0$$

- a. Représenter le signal  $h(t)$
- b. Déterminer le produit de convolution  $y(t) = x(t) * h(t)$

### Exercice 3 :

On considère le circuit de la figure. □



1. Prévoir le comportement asymptotique de ce filtre.

2. Déterminer la fonction de transfert :  $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$  sous la forme  $\frac{1}{1 - \alpha\omega^2 + j\beta\omega}$

3. Montrer que l'on peut écrire  $\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{(1 + j\frac{\omega}{a})(1 + j\frac{\omega}{b})}$  où a et b sont solutions

d'une équation du second degré que l'on explicitera.

On donne  $R_1 = 100k\Omega$  ;  $C_1 = 10nF$  ;  $R_2 / R_1 = C_1 / C_2 = 5$ .

Déterminer les coefficients a et b (on introduira la constante de temps  $\tau = R_1 C_1 = R_2 C_2$ ). □

4. Établir le diagramme de Bode en précisant les gains en décibels G pour les pulsations a et b

## UE « Enjeux énergétiques »

Examen, 2<sup>nd</sup>e session, juin 2019

*Tous documents et calculatrice interdits. Durée : 2h. Le barème est à titre indicatif.*

### I – ENJEUX DES ENERGIES RENOUVELABLES (10 pts)

#### Exercice 1 "Énergie solaire thermique"

L'eau chaude de certains foyers est ainsi obtenue en utilisant des panneaux thermiques solaires.

- 1) Expliquer la différence entre un panneau thermique solaire et un panneau photovoltaïque relative aux mécanismes de production d'énergies
- 2) Schématiser les transferts et conversions d'énergie dans un panneau thermique solaire : entrée et sorties d'énergie.
- 3) Le débit du fluide caloporteur (ici, l'eau) circulant à l'intérieur des tuyaux est  $D = 50 \text{ L/h}$ .  
L'eau entre à la température  $\theta = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  et sort à la température  $\theta' = 54 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Calculer l'énergie reçue par l'eau pendant une durée d'une heure.  
En déduire la puissance fournie par le panneau.  
Rappel : Capacité calorifique de l'eau :  $4,21 \text{ kJ/kg}$
- 4) Le panneau thermique solaire a pour surface  $S=2,6 \text{ m}^2$ . Calculer le rendement de ce panneau pour une puissance lumineuse reçue de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

#### Exercice 2 "Energie éolienne"

On s'intéresse à une éolienne moyenne, de diamètre  $d = 50 \text{ m}$ . Dans les conditions normales de température et de pression ( $15^\circ\text{C}$ ,  $1013 \text{ hPa}$ ), la masse volumique de l'air sec est de  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ . L'éolienne est animée par un vent régulier qui souffle à une vitesse de  $v = 40 \text{ km/h}$ .

- 1) Calculer la masse  $m_1$  d'une tranche d'air de longueur  $l = 1 \text{ mètre}$  se situant face l'éolienne. En déduire la masse  $m_s$  d'air qui franchi les pales chaque seconde.
- 2) Calculer l'énergie cinétique  $E_{\text{cin}}$  de cette masse, en déduire la puissance du vent  $P$ .
- 3) Reprendre le calcul en utilisant la loi  $P = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi r^2$ , puis justifier cette formule.

#### Questions de cours (répondre en quelques lignes)

- 1) Qu'appelle-t-on "Réglementation Thermique 2012" ?
- 2) Qu'appelle-t-on AM1.5 en photovoltaïque ?



## II – ENJEUX DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE : (5 pts)

1. Réaliser un schéma dans lequel figureront les parties essentielles d'une centrale nucléaire de production d'électricité de type Réacteur à eau pressurisée.
2. Citez 3 techniques différentes d'enrichissement de l'uranium, en en faisant pour chacune une courte description.
3. Donner 3 avantages et 3 inconvénients de la filière nucléaire vis-à-vis des autres sources de production d'électricité
4. Indiquer quels sont les 5 niveaux de défense en profondeur que doivent mettre en place les concepteurs et exploitants de centrales nucléaires (3 sur la conception, 2 en cas d'accident).
5. Donner quelques usages possibles (actuels ou à venir) de l'énergie nucléaire autres que la production d'électricité ou de bombes.

## III – QUESTION DE SYNTHÈSE (5 pts) :

A la lecture de l'article suivant du journal Libération du 10 octobre 2018, développer les arguments qui laissent à penser que la filière nucléaire sera particulièrement sollicitée pour parvenir à développer la voiture électrique.

### **EDF mise sur la voiture électrique pour garder son nucléaire**

L'entreprise a présenté un plan pour accompagner le boom de la mobilité électrique. Il veut fournir son énergie «décarbonée» à 600 000 véhicules d'ici 2022 grâce à un grand réseau de bornes de recharge. Ou comment rendre son nucléaire indispensable.

Et de trois. Après avoir annoncé un grand plan pour développer l'énergie solaire fin 2017 et un plan «stockage électrique» au printemps, EDF parie logiquement sur le débouché de ces nouvelles capacités : la voiture électrique, qui est en vedette en ce moment au Mondial de l'automobile à défaut de peser encore très lourd dans les ventes (150 000 immatriculations en France depuis 2010 selon l'Averé). *«Le groupe EDF va lancer un grand plan mobilité électrique pour devenir l'électricien leader dans ce domaine dès 2022 sur nos quatre grands marchés européens : la France, le Royaume-Uni, l'Italie et la Belgique»*, a annoncé ce mercredi son PDG, Jean-Bernard Lévy, lors d'une conférence de presse dans le cadre des «Electric Days» dédiés à l'innovation organisés par l'entreprise à la Vilette.

Pointant le rôle fortement néfaste du transport pour le climat (plus de 20% des gaz à effet de serre), EDF parie sur un véritable boom de la voiture électrique dont les ventes passeraient dans les quatre pays visés de 300 000 véhicules en 2017 à 4 millions en 2025, puis près de 10 millions en 2030, selon ses prévisions. Un nouveau marché à très forte croissance, sur fond d'impératif de réduction drastique des émissions de CO<sub>2</sub>, qui fait saliver le producteur d'électricité... nucléaire. Fort de son parc de 58 réacteurs, de ses 400 barrages hydrauliques et de ses efforts encore poussifs dans les énergies renouvelables (8GW de panneaux solaires installés contre 61,3GW de nucléaire), le géant français de l'énergie veut *«jouer un rôle majeur dans la grande chaîne de valeur de la mobilité électrique»* en fournissant une électricité «décarbonée à 87%» à plus de 600 000 véhicules électriques en Europe d'ici quatre ans. Ce qui lui offrirait *«30% de parts de marché»* dans les quatre pays visés.

(...)

Le groupe va aussi développer des technologies de *smart charging* qui permettront de «transformer les voitures électriques en batteries sur roues» en fournissant leur électricité stockée au réseau quand le besoin s'en fera sentir : à terme, 1 million de véhicules électriques connectés pourraient fournir 1 à 2GW, soit l'équivalent de la puissance d'un à deux réacteurs nucléaires. Et «le client pourra être rémunéré pour cette électricité rendue», a expliqué Yannick Duport, le directeur de la division mobilité électrique nouvellement créée par EDF. Grégory Poilasne, le patron français de la start-up Nuvve, basée a San Diego (Californie), avec laquelle EDF va créer une société commune, propose déjà ce type de solutions au Danemark. Et selon lui, en acceptant de décharger leur véhicule en période de pointe de la demande électrique, les automobilistes peuvent gagner «1 400 euros par an». «Le client d'EDF pourra être rémunéré», a confirmé Yannick Duport. EDF espère déployer 4 000 bornes de recharge «intelligentes» de ce type dès 2020, sans doute en partenariat avec Renault et Nissan, aujourd'hui leader de la voiture électrique en France avec leurs petites Zoé et Leaf.

### Annonce opportune

Le PDG d'EDF n'a donné aucun chiffre concernant l'investissement de son groupe dans ce plan mobilité électrique. Mais une chose est sûre, cette annonce est très opportune à quelques jours de la présentation par le gouvernement de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui doit déterminer à quel rythme la France doit se diriger vers le 50/50 d'électricité nucléaire et renouvelable. De toute évidence, EDF joue au gentil géant vert, fournisseur d'électricité décarbonée pour la prochaine révolution du transport propre, dans l'espoir de sauver l'essentiel de son parc nucléaire : «Je vous confirme que l'électricité d'origine nucléaire est l'un des meilleurs moyens de lutter contre le réchauffement climatique aux côtés des énergies renouvelables», a répété Jean-Bernard Lévy en marge de la conférence de presse. Se refusant à commenter les projets du gouvernement qui tablait sur huit fermetures de réacteurs nucléaires d'ici 2028, le patron d'EDF s'est dit «confiant» dans les arbitrages à venir.

L'électricien a fait savoir dans son cahier d'acteurs pour la PPE qu'il ne souhaitait fermer aucun réacteur avant 2029, date à laquelle ses plus vieux modèles arriveront à la limite d'âge de 50 ans : «Pourquoi se priver d'un tel atout dans la lutte contre le réchauffement climatique et d'un tel actif pour le service public de l'électricité ?» s'est-il interrogé. D'autant que selon lui, les besoins en électricité vont augmenter «légèrement» malgré les efforts en matière d'efficacité électrique et d'autoconsommation, en raison justement du boom de la voiture électrique. (...)

Examen final, 2<sup>ème</sup> Session, juin 2019

Mécanique des Systèmes

(Les parties 1 & 2 sont à traiter sur des copies séparées. Aucun document n'est autorisé)

## Partie I

### Exercice 1

Considérons les vecteurs  $\vec{u} = a\vec{i} + b\vec{j}$  et  $\vec{v} = \vec{j}$  liés respectivement aux points A (1, 0, 0) et B (1, 1, 0) et les torseurs  $[G_1]$  et  $[G_2]$  associés aux moments de  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$ , respectivement.

1- Montrer que  $[G_1]$  et  $[G_2]$  sont des glisseurs.

2- On pose  $[G] = [G_1] + [G_2]$ .

- a- Calculer la résultante  $\vec{R}$  de  $[G]$  et son moment en A. En déduire la nature de  $[G]$ .
- b- Déterminer l'équation cartésienne de l'axe central de  $[G]$ .

### Exercice 2

Dans un repère  $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  on considère un disque de centre O contenu dans le plan xOy. Le disque tourne dans le sens trigonométrique autour de Oz avec une vitesse de rotation  $\omega$ .

- 1- Par un calcul direct, déterminer la vitesse  $\vec{V}(M/R)$  d'un point M (x, y, 0) du disque.
- 2- Retrouver ce résultat en appliquant la formule de composition des vitesses
- 3- Montrer que le champ  $\vec{V}(M/R)$  forme un torseur et déterminer ses éléments de réduction en O.
- 4- De quel type de torseur s'agit-il ? Quel est son axe central ?

## Partie II

Mécanique des systèmes, partie introduction au calcul tensoriel session 2019 à rendre sur copie séparée. Documents non autorisés.

On considère un espace vectoriel euclidien  $E_n$  dans lequel on définit un repère  $\mathcal{R}(O, \overline{e_i})$  et son dual associé  $\mathcal{R}^*(O, \overline{e_i})$

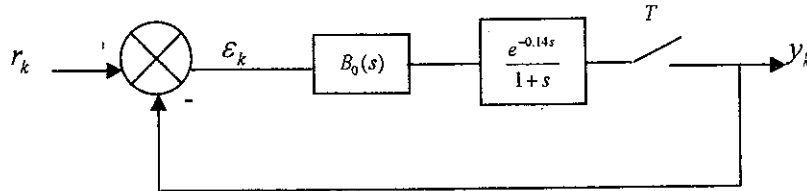
- 1) Montrer qu'il existe différentes manières d'écrire un produit scalaire de deux vecteurs lorsque les vecteurs s'expriment soit dans le repère, soit dans son dual associé.
- 2) Décomposer dans un espace tridimensionnel un tenseur de second ordre en la somme d'un tenseur isotrope et d'un tenseur de trace nulle dont vous préciserez les composantes.
- 3) Montrer que la double contraction entre un tenseur d'ordre deux symétrique et un tenseur d'ordre deux antisymétrique est un scalaire nul.

Examen « **commande numérique** » (seconde session) – Durée : 2h00  
25 Juin 2019  
Responsable : M. Pagès Olivier

**Sans documents, sans portable, calculatrice autorisée.**

**Exercice 1 (8 points)**

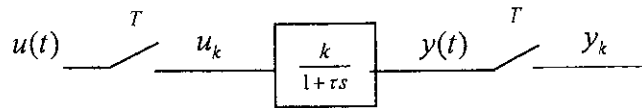
Soit le procédé échantillonné en boucle fermée représenté par le schéma-bloc suivant ;



1. Calculer la fonction de transfert échantillonnée de ce système en boucle fermée pour une période d'échantillonnage :  $T = 0.14s$ . Préciser les étapes intermédiaires et bien justifier les calculs.

**Exercice 2 (3 points)**

Soit le système à temps discret :

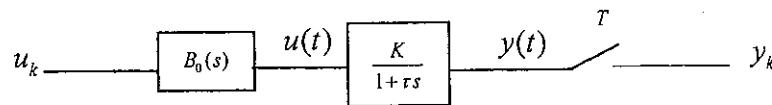


Le système est échantillonné avec une période  $T$ . On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $k > 0$  et  $y(0) = 0$  ;

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type échelon :  $u(t) = u_0 \Gamma(t)$  ;
2. Donner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$ .

**Exercice 3 (3 points)**

Soit le procédé échantillonné suivant :



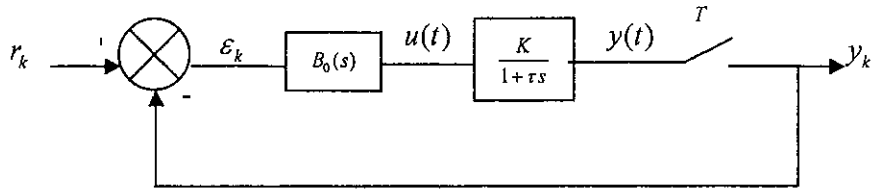
$B_0(s)$  est un bloqueur d'ordre zéro et le système est échantillonné avec la période  $T$ .

On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $K > 0$  et  $y(0) = 0$ .

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type rampe :  $u_k = kT$ .  
Donner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$ .

**Exercice 4 (6 points)**

Soit le procédé échantillonné en boucle fermée suivant :



$B_0(s)$  est un bloqueur d'ordre zéro et le système est échantillonné avec la période  $T$ .

On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $K > 0$  et  $y(0) = 0$ .

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type échelon :  $r_k = y_0 \Gamma_k$  ; prendre un échelon unitaire ;

2. Dessiner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$  en fonction de la stabilité de la boucle fermée.

# Annexe

## Annexe

# Transformation de Laplace et transformation en z

### B.1 Transformation de Laplace

C'est une transformation qui associe à toute fonction localement intégrable de la variable réelle  $t$ , nulle pour  $t < 0$  et vérifiant des conditions restrictives convenables, la fonction de la variable complexe définie par :

$$F(p) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{+\infty} e^{-pt} f(t) dt$$

#### Propriétés

##### 1. Linéarité

$$\mathcal{L}[\alpha f(t) + \beta g(t)] = \alpha \mathcal{L}[f(t)] + \beta \mathcal{L}[g(t)]$$

##### 2. Produit de convolution

La transformée de Laplace du produit de convolution  $(f * g)(t)$  défini par :

$$\int_0^t f(\tau) g(t - \tau) d\tau = \int_0^t f(t - \tau) g(\tau) d\tau$$

est donnée par :

$$\mathcal{L}[(f * g)(t)] = F(p) G(p)$$

##### 3. Théorème du retard

$$\mathcal{L}[f(t - a)] = e^{-ap} \mathcal{L}[f(t)] = e^{-ap} F(p)$$

##### 4. Théorème de la dérivation

$$\mathcal{L}\left[\frac{d^m f(t)}{dt^m}\right] = p^m F(p) - p^{m-1} f(0) - \dots - f^{(m-1)}(0)$$

##### 5. Théorème de l'intégration

$$\mathcal{L}\left[\int f(\tau) d\tau\right] = \frac{1}{p} F(p)$$

##### 6. Théorème de la valeur initiale

$$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{p \rightarrow \infty} p F(p)$$

##### 7. Théorème de la valeur finale

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p F(p)$$

### B.2 Transformation en z

On appelle transformée en z de la séquence  $\{f_k\}_{k \in \mathbb{N}}$  la série entière définie par :

$$F(z) = Z[\{f_k\}] = \sum_{k=0}^{+\infty} f_k z^{-k}$$

#### Propriétés

##### 1. Linéarité

$$Z[\alpha \{f_k\} + \beta \{g_k\}] = \alpha Z[\{f_k\}] + \beta Z[\{g_k\}]$$

##### 2. Produit de convolution

La transformée de Laplace du produit de convolution  $(f * g)_k$  défini par :

$$\sum_l f_l g_{n-l} = \sum_l f_{n-l} g_l$$

est donnée par :

$$Z[\{f * g\}_k] = F(z) G(z)$$

##### 3. Théorème du retard

$$Z[\{f_{k-i}\}] = z^{-i} Z[\{f_k\}] = z^{-i} F(z)$$

##### 4. Théorème de l'avance

$$Z[\{f_{k+i}\}] = z^i \left[ Z[\{f_k\}] - \sum_{i=0}^{i-1} f_i z^{-i} \right]$$

##### 5. Théorème de la valeur initiale

$$f_0 = \lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$$

##### 6. Théorème de la valeur finale

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f_k = \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}) F(z)$$

Transformée de Laplace $F(p) = \mathcal{L}\{f(t)\}$	Signal continu $f(t)$	Signal échantillonné $f_k$	Transformée en $z$ $F(z) = \mathcal{Z}\{f_k\}$
1	$\delta(t)$	$f_0 = 1, f_k = 0, \forall k \neq 0$	1
$e^{-ap}$	$\delta(t - a)$		
$e^{-hTp}$	$\delta(t - hT)$	$f_h = 1, f_k = 0, \forall k \neq h$	$z^{-h}$
$\frac{1}{p}$	$\Gamma(t)$	$f_k = 1, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z-1}$
$\frac{1}{p^2}$	$t$	$f_k = kT, \forall k \geq 0$	$T \frac{z}{(z-1)^2}$
$\frac{2}{p^3}$	$t^2$	$f_k = k^2 T^2, \forall k \geq 0$	$T^2 \frac{z(z+1)}{(z-1)^3}$
$\frac{1}{p+a}$	$e^{-at}$	$f_k = (e^{-aT})^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z - e^{-aT}}$
		$a^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z-a}$
		$(-a)^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z+a}$
$\frac{a}{p(p+a)}$	$1 - e^{-at}$		$\frac{z(1 - e^{-aT})}{(z-1)(z - e^{-aT})}$
$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$		$\frac{z \sin \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}$
$\frac{p}{p^2 + \omega^2}$	$\cos \omega t$		$\frac{z(z - \cos \omega T)}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}$



Examen « **automatisme** » (seconde session) – Durée : 2h00

25 Juin 2019

Responsable : M. Pagès Olivier

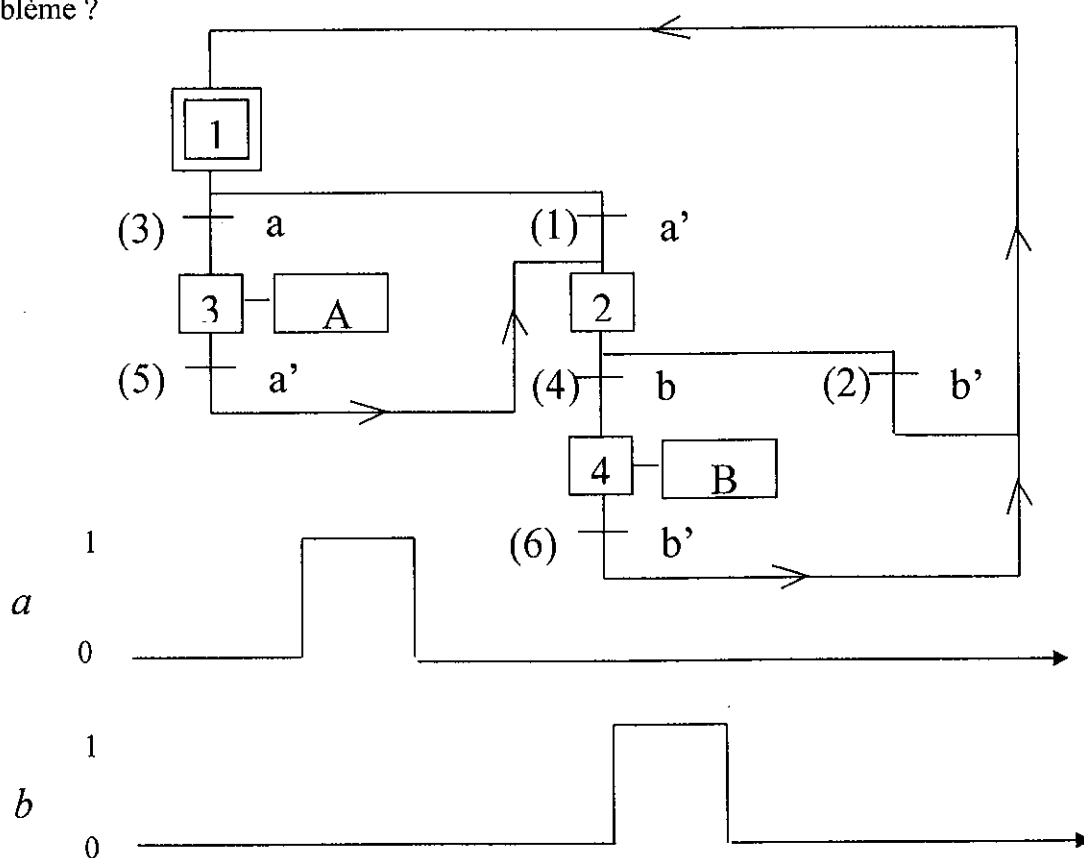
**Sans documents, sans portable**

**Exercice 1 (6 points)**

Nous considérons le grafcet de la figure ci-dessous avec les chronogrammes des variables d'entrée booléennes  $a$  et  $b$ . Nous supposons que  $A$  et  $B$  sont des actions continues.

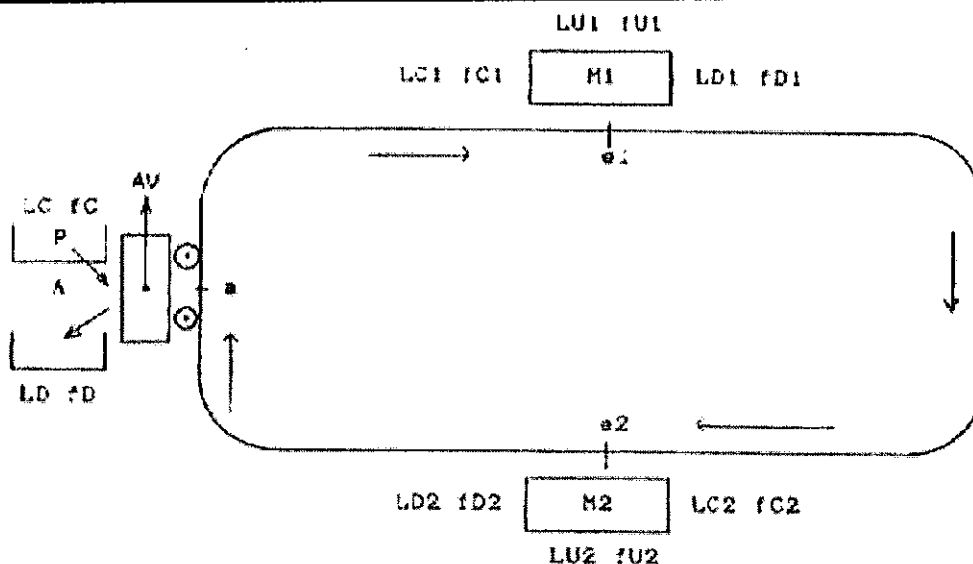
1. Déterminer l'évolution des situations stables et le chronogramme des sorties  $A$  et  $B$ . Quel est le problème rencontré ?

2. Quelle(s) modification(s) pouvez-vous apporter au grafcet pour éliminer ce problème ?



**Exercice 2 (14 points)**

Une cellule de fabrication comprend deux machines identiques  $M_1$  et  $M_2$ . Les pièces doivent subir une opération à priori sur l'une quelconque des machines. Un chariot circulant sur une boucle en sens unique achemine les pièces à usiner d'un point  $A$  vers une des machines et ramène les pièces usinées de la machine vers le point  $A$ . Un robot situé devant le point  $A$  permet de charger et de décharger le chariot. Un robot situé devant chaque machine permet de charger et décharger la machine (voir figure ci-dessous).



Lorsqu'une pièce se présente à l'entrée de la cellule ( $p = 1$ ), si une des machines est libre et si le chariot est en attente au point A, la pièce est chargée sur le chariot ( $LC = 1$ ). Lorsque le chargement est terminé ( $FC = 1$ ), le chariot avance ( $AV = 1$ ) jusqu'à arriver devant la machine libre  $M_1$  et  $M_2$  ( $e_1$  ou  $e_2 = 1$ ). La pièce est alors chargée sur la machine ( $LC_1$  ou  $LC_2 = 1$ ). Lorsque le chargement est terminé ( $FC_1$  ou  $FC_2 = 1$ ), la machine commence son usinage ( $LU_1$  ou  $LU_2 = 1$ ) **en même temps que** le chariot regagne le point A ( $AV = 1$ ). Lorsque le chariot atteint le point A ( $a = 1$ ), il s'arrête dans l'attente d'une nouvelle pièce à amener sur une machine ou d'une pièce terminée à aller chercher sur une machine. Lorsqu'une machine achève son usinage ( $FU_1$  ou  $FU_2 = 1$ ), si le chariot est en attente au point A, il avance ( $AV = 1$ ) jusqu'à la machine ( $e_1$  ou  $e_2 = 1$ ). La pièce est alors déchargée ( $LD_1$  ou  $LD_2 = 1$ ). Lorsque le déchargement de la machine est fini ( $FD_1$  ou  $FD_2 = 1$ ), le chariot avance ( $AV = 1$ ) vers le point A. Quand il arrive au point A ( $a = 1$ ), la pièce usinée est déchargée ( $LD = 1$ ). Lorsque le déchargement est terminé ( $FD = 1$ ), le chariot se retrouve à nouveau en attente au point A.

Nous désirons automatiser la commande du chariot, des machines et des différents robots.

1. Nous ne considérons qu'une **seule machine :  $M_1$** . Nous supposons qu'il existe un capteur pour indiquer la disponibilité de la machine noté  $m_1$  (cette entrée est vraie si il n'y a pas de pièce et la machine est ainsi disponible). Faire le grafcet de fonctionnement en indiquant impérativement les conditions initiales ;

2. Nous considérons maintenant les deux machines et les deux capteurs notés  $m_1$  et  $m_2$ . Nous souhaitons avoir une alternance de cycles : chargement de la machine  $M_1$  puis déchargement de  $M_1$  puis chargement et déchargement de  $M_2$  et à nouveau chargement et déchargement de  $M_1$  ... Faire le grafcet de fonctionnement en indiquant aussi impérativement les conditions initiales ;

3. Le cahier des charges reste identique à celui de la question précédente mais nous imposons une alternance de cinq cycles (chargement et déchargement) de  $M_1$  puis six cycles de  $M_2$  ainsi de suite ... Faire le grafcet de fonctionnement ;

4. Quelle solution proposez-vous si nous n'avions pas les capteurs  $m_1$  et  $m_2$  ?

5. Refaire le grafcet de la première question en tenant compte de cette nouvelle contrainte.

Introduction à la robotique  
Examen – Juin 2019 – sans document

**I. Partie 1** (10 points)

1.1 - Citer un capteur permettant à un robot de mesurer une distance par rapport à un obstacle. Donner également ses avantages et ses inconvénients.

1.2 - A quoi sert la planification en robotique mobile ? La réponse peut être sous forme d'un exemple.

1.3 - Si on équipe un robot mobile d'une seule caméra et si on suppose que le robot est équipé d'un algorithme qui détecte les obstacles qui se trouvent face au robot, ce système permettra-t-il au robot d'estimer la distance qui le sépare des obstacles ? Justifier votre réponse.

1.4 - Qu'est ce qu'un véhicule de Braitenberg ?

**Partie 2** (10 points)

Soit un robot mobile unicycle. Ses deux roues ont un diamètre de 0,10m. Le robot avance en ligne droite à une vitesse linéaire de 2cm/s.

2.1 - On souhaite le faire avancer de 1 m. Donner la formule qui permet de calculer le nombre de tours que doivent faire les roues.

2.2 - Si on « fixe » un codeur incrémental de résolution N directement sur l'axe de la roue, donner la formule de calcul du nombre d'incrément en fonction de la distance à parcourir en mètres.

2.3 - Expliquer (ou donner l'algorithme) qui permettrait de faire avancer le robot d'une distance d donnée en mètres. Discuter les limites éventuelles de la méthode proposée.

THERMODYNAMIQUE ET APPLICATION (S6)

Examen 2<sup>nd</sup>e session

Durée de l'épreuve : 2 heures

Seule la calculatrice est autorisée

Questions de Cours

1. Comment caractérise-t-on une réaction exothermique à pression constante. Exprimer l'enthalpie libre  $G$  en fonction de l'enthalpie  $H$  et de l'entropie  $S$ . Quelle est l'intérêt de la fonction enthalpie libre ? Précisez comment on peut savoir si une réaction est possible ou non.
2. On considère un système à l'équilibre de température  $T$  et pression  $P$  contenant  $n$  moles.
  - a. Montrer que

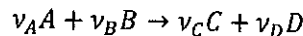
$$U = TS - PV + \mu n$$

et l'on précisera la signification de toutes les quantités introduites.

- b. En déduire que pour toute transformation élémentaire réversible

$$nd\mu = -SdT + VdP$$

3. Soit l'équation réactionnelle



- a. Quelle est la signification de  $\nu$  ?
- b. Quelle fonction d'état utilise-t-on pour caractériser l'avancement de la réaction (à  $P$  et  $T$  constants). On suppose que la réaction tend vers un état d'équilibre. Ecrire la condition d'équilibre pour les potentiels chimiques.
- c. On modifie très légèrement la température  $T \rightarrow T + \Delta T$ . Comment se déplace l'équilibre ?

Exercice 1

On considère l'arsenic pouvant exister sous les trois phases : solide, liquide et vapeur. La pression de vapeur de l'arsenic (exprimée en mm de mercure) est fonction de la température absolue  $T$  :

- A l'équilibre avec le liquide :  $\log p = 6.7 - \frac{2460}{T}$
- A l'équilibre avec le solide :  $\log p' = 10.8 - \frac{6940}{T}$

1-Déterminer la température et la pression (en atmosphère) au point triple

2-Montrer en assimilant la vapeur d'arsenic à un gaz parfait et en négligeant le volume du liquide, que la chaleur latente de vaporisation  $L$  est indépendante de la température. Calculer  $L$ .

On donne :

Masse molaire de l'arsenic :  $M = 74.9\text{g}$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

1 atm = 760 mm de Hg

**Exercice 2**

Soit trois récipients  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  contenant respectivement de l'azote, de l'oxygène et de l'hydrogène (les gaz sont supposés parfaits) dans les conditions suivantes :

Gaz	Volume (l)	Pression (bar)	T(K)
N <sub>2</sub>	37.4	2	300
O <sub>2</sub>	41.6	0.8	400
H <sub>2</sub>	16.6	5	250

On met en communication les 3 récipients dont les parois sont parfaitement adiabatiques. Lorsque l'équilibre est atteint, déterminer :

- 1) La température du mélange gazeux.
- 2) La pression totale du mélange ainsi que les pressions partielles de chaque constituant du mélange
- 3) Le potentiel chimique  $\mu_i$  de chaque constituant du mélange. On admettra que  $\mu_i^0 = 0$  quel que soit le gaz.

**Examen de conversion d'énergie du 27 juin 2019**  
**1h30 – Tous documents autorisés**  
**X. PIERRE**

**Exercice 1 : Détermination des caractéristiques d'un hacheur dévolteur**

On désire alimenter un moteur à courant continu de 150V et de résistance négligeable à l'aide d'une source de 480 V et d'un hacheur.

L'intensité moyenne dans le moteur doit être de 80A et l'ondulation crête à crête doit être limitée à 5A.

1°) Quel type de hacheur doit-on choisir (il doit être uniquement abaisseur) ? Donner son schéma.

2°) Sachant que le hacheur a une période de 2ms, tracer le chronogramme de l'intensité dans le moteur et calculer :

- Le courant moyen débité par la source ;
- Le rapport cyclique ;
- L'inductance totale requise (inductance moteur + inductance additionnelle).

**Exercice 2 : Choix d'un convertisseur DC/DC**

Un convertisseur DC/DC possède les caractéristiques suivantes :

Puissance utile (max.) : 2 watts

Tension d'entrée : 4,5 à 9 V

Tension de sortie : 12 V

Rendement : 75 %

1- Si l'on considère que ce convertisseur ne comporte pas d'isolation galvanique, des quatre hacheurs classiques étudiés en cours, quels sont ceux qui peuvent correspondre à ce montage ?

2- Calculer le courant de sortie maximal.

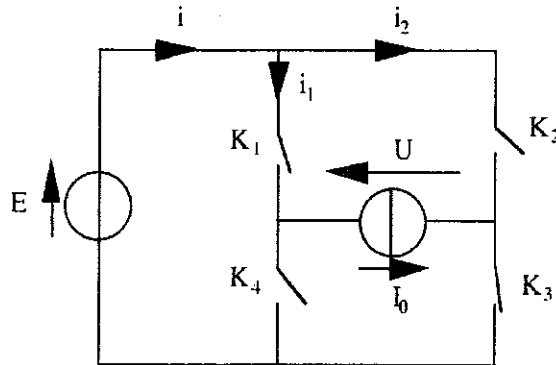
3- A puissance utile maximale, calculer la puissance thermique dissipée par le convertisseur.

4- On applique 5 V en entrée.

- Calculer le courant d'entrée maximal.
- Choisir un des hacheurs cités au (1-) pouvant convenir et donner le rapport cyclique théorique auquel il doit fonctionner pour obtenir ce point de fonctionnement.

## Exercice 3 : Convertisseur direct à 4 interrupteurs

On étudie le convertisseur direct tension - courant à 4 interrupteurs représenté ci-contre (E et  $I_0$  sont considérés constants).



La séquence de commande sur une période de durée T est la suivante :

- phase a :  $0 \leq t < \alpha T$  : K1 et K3 fermés, K2 et K4 ouverts.
- phase b :  $\alpha T \leq t < T$  : K1 et K3 ouverts, K2 et K4 fermés.

1°) Pour une valeur de rapport cyclique  $\alpha = 0,3$ , représenter les évolutions temporelles de u, i,  $i_1$  et  $i_2$  sur une période.

2°) Pour une valeur quelconque de  $\alpha$ , exprimer la valeur moyenne de la tension u aux bornes de la source de sortie et de l'intensité i du courant débité par la source d'entrée.

3°) En déduire la puissance moyenne échangée par ces sources et tracer le graphe de son évolution en fonction de  $\alpha$ .

# Rattrapage de Techniques numériques de calcul

27/6/2019, sans doc

*Giansalvo Cirrincione*

1. (10 points) Justifier la méthode d'élimination de Gauss.
2. (4 points) Exprimer l'idée de rang d'une matrice.
3. (6 points) Soit  $G$  l'opérateur linéaire sur  $\mathbf{R}^2$  définie par

$$G(x, y) = (2x - 7y \quad 4x + 3y)$$

- (a) Trouver la représentation matricielle de  $G$  par rapport à la base

$$S = \{u_1, u_2\} = \{ (1,3) \quad (2,5) \}$$

- (b) Vérifier que, pour  $v = (4, -3)$ ,

$$[G]_S [v]_S = [G(v)]_S$$