

# **ANNALES 2018-2019**

## **SEMESTRE 3 ET 4 PHYSIQUE – SPI**

### **SESSION 1**

#### **SEMESTRE 3 :**

- **OUTILS MATHEMATIQUES**
- **ELECTROSTATIQUE**
- **ELECTRONIQUE ANALOGIQUE**
- **METHODES NUMERIQUES**
- **CAPTEURS ET INSTRUMENTATION**
- **MECANIQUE DU POINT**
- **ELECTRONIQUE NUMERIQUE**
- **UE DE CHIMIE merci de consulter L2 chimie**

#### **SEMESTRE 4 :**

- **ELECTROMAGNETISME**
- **NOTIONS DE TELECOMMUNICATION**
- **OUTILS MATHEMATIQUES**
- **ELECTRONIQUE ANALOGIQUE 2**
- **METHODES NUMERIQUES**
- **UE DE CHIMIE merci de consulter L2 chimie**

Université de Picardie Jules Verne. Année 2018-2019.  
L2-S3

Examen "Outils Mathématiques" session 1, décembre 2018

Les calculatrices sont interdites.

Barème indicatif: Ex.1: 3pts; Ex.2: 3pts; Ex.3: 3pts, Ex.4: 7pts, Ex.5: 4pts.

**Exercice 1:** Soient  $h(x,y,z)$  une fonction scalaire et  $\vec{F}(F_x, F_y, F_z)$  et  $\vec{G}(G_x, G_y, G_z)$  deux fonctions vectorielles.

Démontrer les relations suivantes en coordonnées cartésiennes:

- 1)  $\text{rot}(h \vec{F}) = h \text{rot} \vec{F} + \vec{\nabla} h \wedge \vec{F}$ .
- 2)  $\text{div}(h \vec{F}) = h \text{div} \vec{F} + \vec{F} \cdot \vec{\nabla} h$ .
- 3)  $\text{div}(\vec{F} \wedge \vec{G}) = \vec{G} \cdot \text{rot} \vec{F} - \vec{F} \cdot \text{rot} \vec{G}$ .

**Exercice 2:** On considère l'intégrale double  $I = \int \int_D \sqrt{x^2 + y^2} dx dy$  où  $D$  est le domaine du plan défini par:  $D = \{(x,y) \text{ tels que } x^2 + y^2 - 2y \geq 0; x^2 + y^2 - 1 \leq 0; x \geq 0; y \geq 0\}$ .

- 1) Représenter le domaine  $D$ .
- 2) Calculer  $I$ .

**Exercice 3:** On considère la région  $R$  de l'espace délimitée par la cardioïde  $r = 2 + 2 \cos \theta$  et à l'intérieur du cercle  $r = 3$ .

- 1) Faire une figure et représenter  $R$ .
- 2) Calculer l'aire  $A$  de cette région  $R$ .

**Exercice 4:** Dans l'espace muni d'un repère  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  orthonormé, on considère le cône d'équation:  $z = \sqrt{x^2 + y^2}$

Le plan  $P_1$  d'équation  $z = 1$  coupe le cône suivant le cercle  $C_1$  dont le disque associé est  $S_1$ .

Le plan  $P_3$  d'équation  $z = 3$  coupe le cône suivant le cercle  $C_3$  dont le disque associé est  $S_3$ .

Soit  $S$  la surface formée par  $S_1$ ,  $S_3$  et la partie  $S_{lat}$  du cône comprise entre  $P_1$  et  $P_3$ .

- 1) Faire une figure en indiquant  $S_{lat}$ ,  $S_1$  et  $S_3$ .
- 2) On considère un champ de vecteurs  $\vec{V}$  tel que pour tout point  $M(x,y,z)$  de l'espace,  $\vec{V}(M) = xy^2 \vec{i} + x^2y \vec{j} + z \vec{k}$ .

Calculer le flux de  $\vec{V}$  à travers la surface  $S$ .

3) Vérifier la formule d'Ostrogradsky:  $\int \int_S \vec{V} \cdot d\vec{S} = \int \int \int_V \text{div} \vec{V} dV$  où  $V$  désigne le volume limité par le cône et les plans  $P_1$  et  $P_3$ .

**Exercice 5:** On considère l'intégrale double  $K = \int \int_D \frac{x^2 - y^2}{x - y + 2} dx dy$  où  $D$  est le domaine du plan défini par:  $x \geq 0$ ,  $y \geq 0$  et  $x + y \leq 1$ .

1) Calculer  $K$  en fixant d'abord  $x$ . On pourra utiliser pour l'intégration la relation suivante:

$$x^2 - y^2 = (x - y + 2)(x + y + 2) - 4(x + 1).$$

2) Autre méthode. On considère le changement de variables:  $u = x + y$  et  $v = x - y$ .

a) Dessiner le domaine  $\Delta$  dans l'espace des  $(u, v)$ .

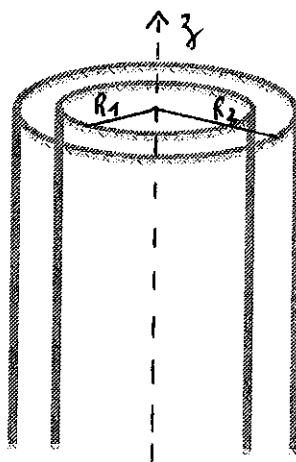
b) Déterminer le Jacobien de la transformation.

c) Calculer  $K$ .

## Electrostatique

Licence 2, 2018-2019

2 tubes conducteurs creux, de hauteur  $h$  infinie, de rayon respectif  $R_1$  et  $R_2$  (avec  $R_1 < R_2$ ) et d'axe  $Oz$ , portent chacun une charge  $Q_1=Q$  et  $Q_2=-Q$ .



- 1) Quelle est la valeur du champ électrique  $\mathbf{E}$  créé par ce système dans la région de l'espace où  $\rho > R_2$  ? (justifiez sans calcul)
- 2) Quelle est la valeur de  $\mathbf{E}$  dans la région de l'espace où  $\rho < R_1$  ? (justifiez sans calcul)
- 3) Quelle est la direction de  $\mathbf{E}$  (dans la base cylindrique) dans la région de l'espace où  $R_1 < \rho < R_2$  ?
- 4) De quelle(s) variable(s) cylindrique(s)  $\rho$ ,  $\varphi$ ,  $z$  dépend  $\mathbf{E}$  ?
- 5) Calculer  $\mathbf{E}$  pour  $R_1 < \rho < R_2$  en fonction de la densité surfacique de charge  $\sigma_1$  du tube de rayon  $R_1$
- 6) En déduire l'expression du potentiel électrique  $V$  dans la région  $R_1 < \rho < R_2$  (on prendra l'origine du potentiel électrique en  $\rho = R_1$  :  $V(R_1) = 0$ )
- 7) La valeur de la charge  $Q$  (et donc celle des densités surfaciques de charge  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ ) dépend des valeurs du potentiel électrique en  $R_1$  et en  $R_2$ .
  - Si on impose  $V(R_1) = 0$  et  $V(R_2) = V_2$ , déduire de la question 6) l'expression de  $\sigma_1$ , puis celle de  $Q$  et enfin celle de  $\sigma_2$ , en fonction de  $V_2$ .
  - Calculer, ensuite, le rapport  $\sigma_1/\sigma_2$ .
- 8) Calculer la circulation de  $\mathbf{E}$  entre  $R_1$  et  $R_2$  en fonction de  $\sigma_1$ ,  $R_1$  et  $R_2$
- 9) Déduire de la question 8), la capacité  $C$  du condensateur formé par les 2 cylindres.
- 10) Calculer l'énergie électrostatique emmagasinée entre les 2 armatures.

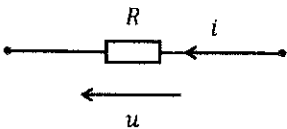
Aucun document n'est autorisé. L'usage du smartphone est prohibé. Calculatrice autorisée.

**L'énoncé doit être glissé dans la copie.**

Il y a 14 questions à réponse unique pour lesquelles il faut placer une croix à la place correcte et 4 exercices à traiter sur la copie. En plus de la justesse, la qualité formelle de la rédaction est évaluée.

**1. Cours et applications simples (7 pts)**

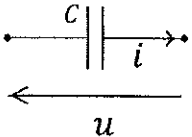
**1**



On a  $R = 1.2 \Omega$  et  $i = 50 \text{ mA}$ .  
 Alors :

$u = -120 \text{ mV}$	$u = -60 \text{ mV}$	$u = 0 \text{ mV}$	$u = 60 \text{ mV}$	$u = 120 \text{ mV}$	
-----------------------	----------------------	--------------------	---------------------	----------------------	--

**2**



On a  $u = 2t$ ,  $C = 1.2 \text{ nF}$ , alors :

$i = 2.4 \text{ mA}$	$i = -2.4 \text{ mA}$	$i = 2.4 \text{ nA}$	$i = 0.6 \text{ nA}$	$i = -0.6 \text{ nA}$	
----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	--

**3**

Soit  $z = -7 - 8j$ . On a :

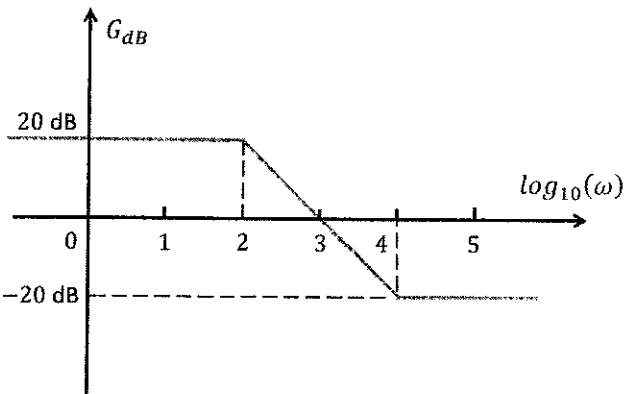
$ z  = 1.06$	$ z  = 10.6$	$ z  = 0.16$	$ z  = 1.60$	$ z  = 16.0$	
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--

**4**

On a un filtre de gain en tension  $G = 0.1$ . Le gain en décibel est  $G_{dB} =$

-20 dB	-10 dB	0 dB	10 dB	20 dB	
--------	--------	------	-------	-------	--

**5**



La figure ci-contre montre le diagramme de Bode d'un filtre. On injecte dans ce filtre un signal  $V_e(t) = V_0 \cos(\omega t)$  avec  $V_0 = 5 \text{ V}$ . Soit  $V_1(\omega)$  l'amplitude du signal sinusoïdal de sortie de ce filtre à la pulsation  $\omega$ . On calcule  $V_1$  pour  $\omega = 10 \text{ rad.s}^{-1}$  ;  $V_1 =$

0.05 V	0.5 V	5 V	50 V	500 V	
--------	-------	-----	------	-------	--

6

Soient  $Z_e$  et  $Z_s$  les impédances d'entrée et de sortie d'un quadripôle  $Q$ .

L'impédance itérative (ou caractéristique)  $Z_C$  de  $Q$  est ...

... l'impédance d'entrée lorsque la sortie est court-circuitée.

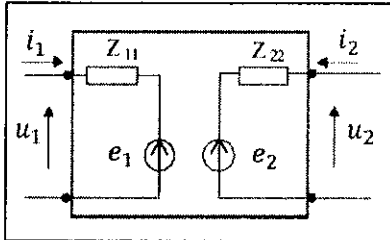
... l'impédance de sortie lorsque l'entrée est court-circuitée.

... l'impédance qui placée à la sortie vérifie l'égalité  $Z_C = Z_e$ .

... l'impédance qui placée à l'entrée vérifie l'égalité  $Z_C = Z_s$ .

... l'impédance de sortie lorsque l'entrée est en circuit ouvert.

7



Soit le quadripôle ci-contre avec  $z_{22} = 100 \Omega$ ,  $i_2 = 1 \text{ mA}$ ,  $e_2 = 1 \text{ V}$ . On a :

$u_2 = 0.9 \text{ V}$

$u_2 = 1.0 \text{ V}$

$u_2 = 1.1 \text{ V}$

$u_2 = -0.1 \text{ V}$

$u_2 = -1.0 \text{ V}$

--	--	--	--	--

8

Un courant  $I = 25 \text{ mA}$  traverse une diode parfaite de tension de seuil  $0.7 \text{ V}$ . La puissance qu'elle dissipe est  $P =$

$0 \text{ mW}$

$15.4 \text{ mW}$

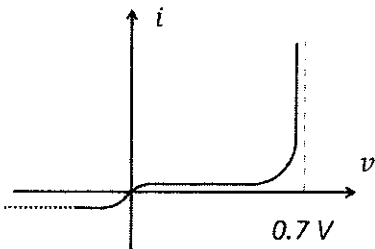
$17.5 \text{ mW}$

$19.3 \text{ mW}$

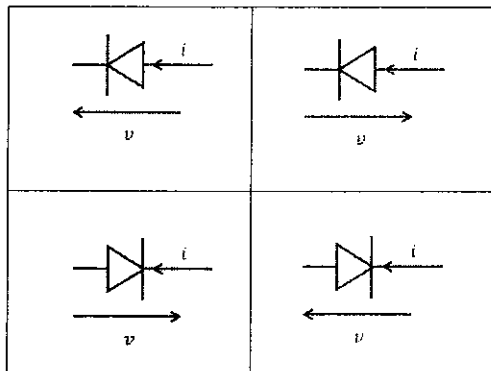
$19.5 \text{ mW}$

--	--	--	--	--

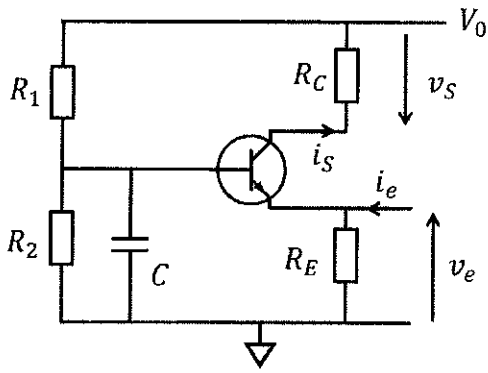
9



Cette caractéristique correspond au schéma ci-dessous :

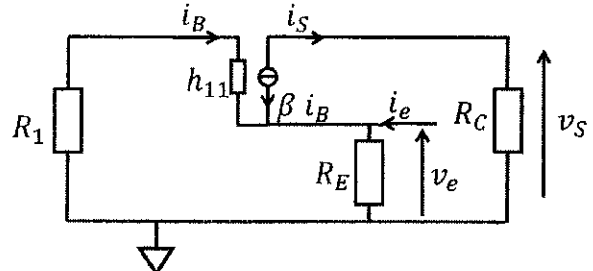
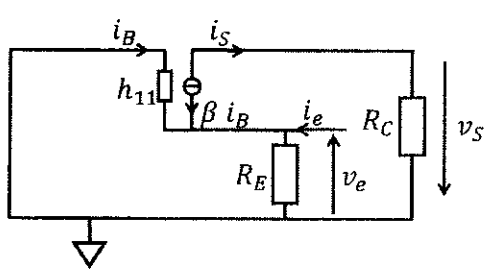
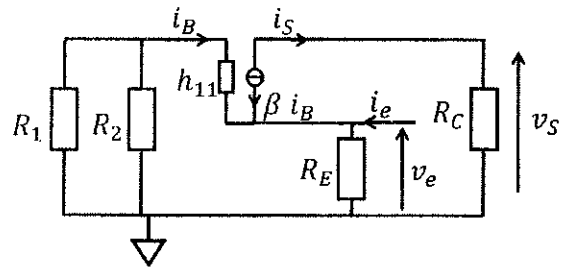
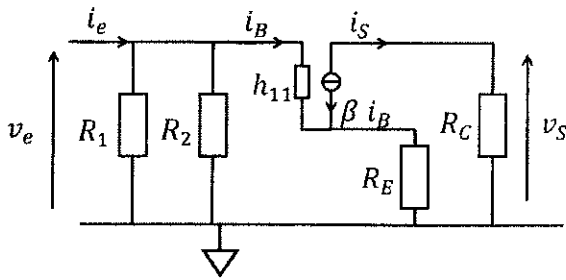


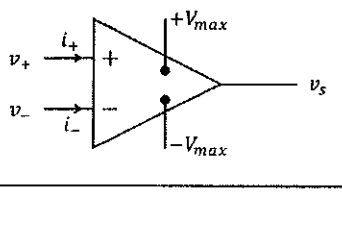
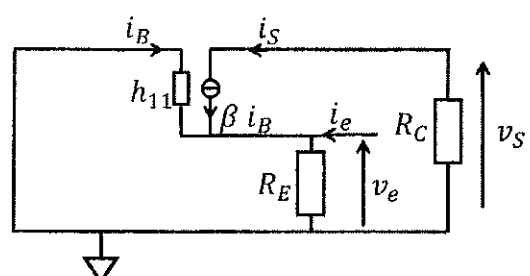
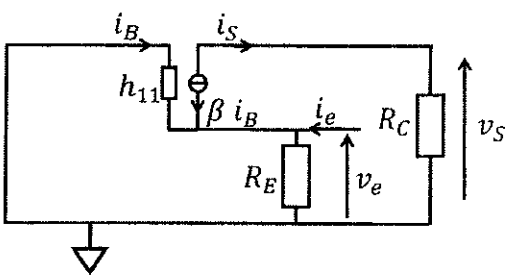
--	--



La fem  $v_e$  d'une source de tension idéale est appliquée à l'entrée du montage amplificateur ci-contre. L'ensemble des dispositifs placés en aval du montage est équivalent à une résistance de charge  $R_C$ .

Le schéma équivalent de ce montage en régime de petits signaux alternatifs est le suivant :



Un amplificateur opérationnel est alimenté par une source symétrique  $\pm 12V$  et possède un gain  $A = 2.5 \cdot 10^5$ . La largeur du domaine linéaire de sa caractéristique  $v_s = f(v_+ - v_-)$  est :

$6.9 \cdot 10^{-6} V$

$8.4 \cdot 10^{-6} V$

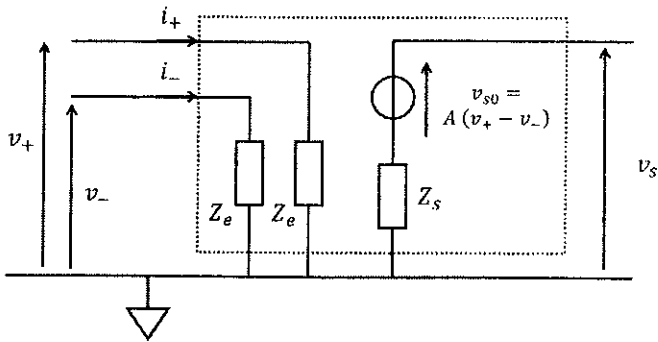
$4.8 \cdot 10^{-5} V$

$9.6 \cdot 10^{-5} V$

$4.8 \cdot 10^{-6} A$

--	--	--	--	--	--	--	--

12

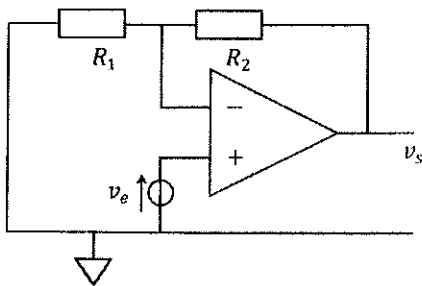


Soit le modèle d'un amplificateur opérationnel en régime linéaire avec  $Z_e$  l'impédance d'entrée,  $Z_S$  l'impédance de sortie et  $A$  le gain interne. Lorsque l'AO est idéal on a :

$Z_e \rightarrow 0$	$Z_e \rightarrow \infty$	$Z_e \rightarrow 0$	$Z_e \rightarrow \infty$	$Z_e \rightarrow \infty$	
$Z_S \rightarrow 0$	$Z_S \rightarrow \infty$	$Z_S \rightarrow \infty$	$Z_S \rightarrow 0$	$Z_S \rightarrow \infty$	
$A \rightarrow 0$	$A \rightarrow 0$	$A \rightarrow \infty$	$A \rightarrow \infty$	$A \rightarrow \infty$	

--	--	--	--	--

1

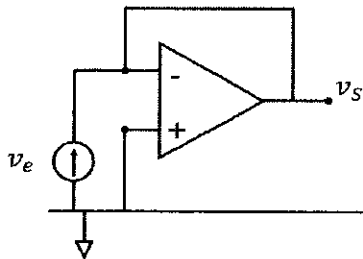


Dans ce montage,  $v_e = 0.1 V$ ,  $R_1 = 40 \Omega$  et  $R_2 = 120 \Omega$ . L'AO idéal est alimenté par une source symétrique  $\pm 12 V$  et possède un gain interne  $A = 2.5 \cdot 10^5$ . La tension de sortie est  $v_s =$

0.1 V	0.2 V	0.3 V	0.4 V	$\pm 12 V$	
-------	-------	-------	-------	------------	--

--	--	--	--	--

13



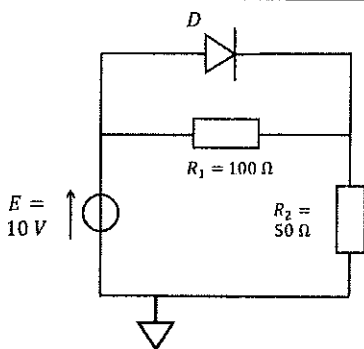
Soit le montage à amplificateur opérationnel idéal ci-contre alimenté en  $\pm 15 V$  avec  $v_e = 1 V$ .

On a :

$v_s = 0$	$v_s = 1 V$	$v_s = 15 V$	$v_s = -15 V$	Schéma incohérent	
-----------	-------------	--------------	---------------	-------------------	--

--	--	--	--	--

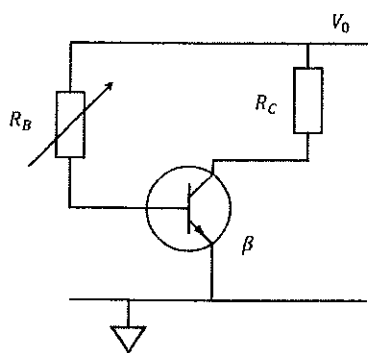
**2. Intensité et puissance dissipée par une diode (3 pts)**



Dans le montage ci-contre, la diode est supposée parfaite. Calculer le courant  $I$  la traversant et la puissance  $P$  qu'elle dissipe.



### 3. Polarisation d'un transistor (3 pts)



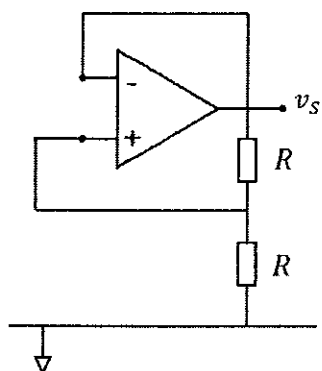
Dans ce montage,  $V_0 = 10\text{ V}$ ,  $R_B$  est une résistance variable,  $R_C = 4\text{ k}\Omega$  et le gain en courant est  $\beta = 10^2$ .

Soit  $I_{C\text{sat}}$  le courant de saturation, c'est-à-dire le courant collecteur lorsque le transistor est saturé.

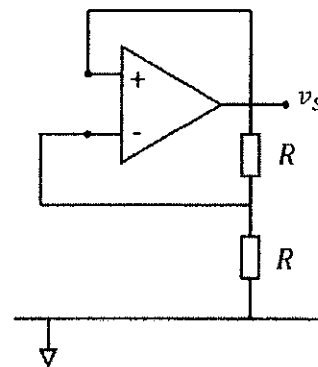
Pour  $R_B \approx 0$  le transistor est forcément saturé car un potentiel  $V_0 = 10\text{ V} \gg 0.7\text{ V}$  est appliqué à la base. Lorsque  $R_B$  augmente, cette résistance est le siège d'une chute de tension qui abaisse le potentiel appliqué à la base et on en déduit qu'il existe une valeur  $R_{B\text{sat}}$  de  $R_B$  au dessus de laquelle le transistor entre dans le régime de fonctionnement linéaire. Calculer cette valeur.

### 4. Stabilité d'un montage avec rétroaction (4 pts)

Lorsqu'on est en présence de rétroaction négative et positive, il est nécessaire d'étudier les solutions régime linéaire (RL) et régime non linéaire (RNL) ainsi que leur stabilité.

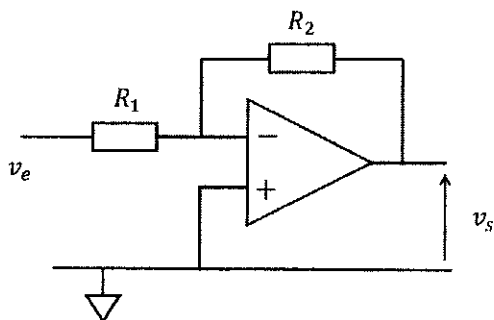


1/ Soit le montage à amplificateur opérationnel idéal ci-contre alimenté en  $\pm 15\text{ V}$  avec  $R = 2\ \Omega$ . Soit  $i$  le courant traversant les résistances  $R$  et orienté vers  $v_s$ . Montrer que seul le RL est stable. En déduire les valeurs de  $v_s$  et de  $i$ .



2/ Le montage est modifié de façon à ce que la sortie soit directement connectée à l'entrée non inverseuse. Soit  $i$  le courant traversant les résistances  $R$  et orienté vers  $v_s$ . Montrer que seul le RNL est stable. En déduire les valeurs de  $v_s$  et de  $i$ .

### 5. Réglage d'un montage à AO (3 pts)



Soit le montage ci-contre comportant un AO idéal doté d'une alimentation symétrique  $\pm 15\text{ V}$ . On a  $R_1 = 1.2\text{ k}\Omega$  et  $R_2$  une résistance ajustable.

On applique une tension d'entrée  $v_e = 0.3 \cos(\omega t)$ .

Soit  $v_s(t)$  la tension de sortie.

Déterminer la condition sur  $R_2$  qui permette d'amplifier  $v_e$  sans que la sortie  $v_s$  ne sature ( $-15\text{ V} \leq v_s(t) \leq 15\text{ V}$ ).

1)

On définit la suite  $(u_n)$   $n$  positif par la relation de récurrence

$$u_0 = 0$$

$$u_{n+1} = u_n/5 + 1 \text{ pour } n \text{ positif}$$

- Calculer  $u_n$  pour  $n=1, 2, \dots, 20$  et en donner une représentation graphique.
- Quelle est l'éventuelle limite  $l$  de cette suite ?
- Montrer avec Matlab que la suite est majorée par  $5/4$ .
- En déduire quelle est croissante.
- Vérifier que  $u_{n+1} - l = 1/5 (u_n - l)$
- En déduire que  $u_n - l = -5/4 (1/5)^n$

2)

On considère l'équation  $f(x)=0$  avec

$$f(x) = \cos x - x e^x$$

- Etudier les variations de  $f$  et montrer que cette équation admet une unique solution  $s$  dans  $^{\circ}(0, \pi/2)$ .
- Utiliser la méthode de dichotomie pour trouver la valeur approchée de  $s$  avec la précision  $10^{-9}$ .
- Vérifier que la méthode de Newton est applicable pour trouver une valeur approchée de  $s$ . En étudiant le signe de  $f'$ , indiquer un bon choix de  $x_0$ . Calculer alors les 10 premiers itérés de cette méthode.
- On met l'équation  $f(x) = 0$  sous la forme  $x = \cos x/e^x$ .

Montrer que l'hypothèse d'application de la méthode du point fixe ne sont pas vérifiées sur l'intervalle  $(0, \pi/2)$ . Montrer qu'elles le sont sur l'intervalle  $(0.45, 0.6)$ . Combien de termes devrait-on calculer par la méthode du point fixe pour trouver une valeur approchée de  $s$  à  $10^{-6}$  près.

3)

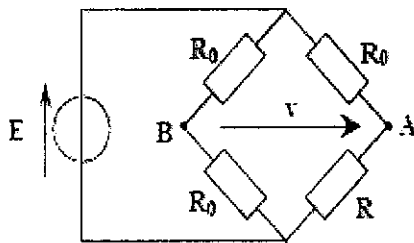
En considérant la fonction  $f(x) = x^2 - 2$ , utiliser la méthode de Newton pour construire une suite convergente vers la racine carré de 2.

### Examen de la première session

- Aucun document n'est autorisé

#### Exercice 1 :

On désire réaliser le circuit électrique ci-dessous qui mesure la différence de pression atmosphérique par rapport à 1013 mb (pression moyenne) avec une sensibilité de 1mV/mb (tableau ci-contre) :



Pression (mb)	Tension $v$ (mV)
900	-113
1013	0
1100	87

$E$  est une source de tension fixe ;  $v$  est la tension à la sortie du pont (image de la pression) ;

$R_0$  sont des résistances ajustables réglées à l'identique ;

$R$  est le capteur résistif linéaire de caractéristiques définies ci-dessous :

Pression (mb)	Résistance $R$ ( $\Omega$ )
0	1000
4000	3000

1. Donner l'expression de la tension  $v$  en fonction de  $E$  ;  $R_0$  et  $R$
2. Montrer qu'à l'équilibre du pont (lorsque  $v = 0V$ ), on a :  $R = R_0$  ;
3. En utilisant le tableau caractérisant le capteur résistif, exprimer  $R$  en fonction de  $P$ . Déterminer alors la valeur des résistances réglables  $R_0$ .
4. Exprimer  $v$  en fonction de  $E$  et  $P$ . La relation «  $v$  fonction de  $E$  et  $P$  » est-elle linéaire ?
5. En prenant  $E=12V$ , calculer les valeurs respectives de  $v$  pour  $P = 900mb$  et  $P=1100mb$ . Calculer les erreurs relatives pour les deux valeurs de  $v$  calculées plus haut.

**Exercice 2 :**

On considère le montage suivant :

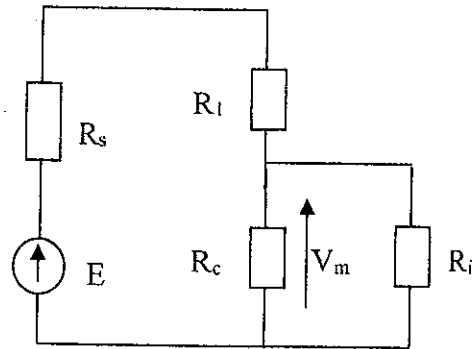
$E$  : Source de tension continue

$R_s$  : résistance interne du générateur

$R_l$  : résistance fixe

$R_c$  : résistance du capteur

$R_i$  : résistance de l'appareil de mesure



a) calculer la résistance équivalente aux bornes de  $V_m$ .

b) Donner une expression de  $V_m$  en fonction de  $E$ ,  $R_s$ ,  $R_l$ ,  $R_c$  et  $R_i$ .

c) Sous quelle condition  $V_m$  est-elle indépendante de l'appareil de mesure ? Et dans ce cas, quelle est son expression ?

On se place dans les conditions définies en c) et on étudie maintenant les variations de la tension mesurée  $\Delta V_m$ , lorsque  $R_c$  varie de  $R_{c0}$  à  $R_{c0} + \Delta R_c$ . On pose  $V_m = V_{m0}$  pour  $R_c = R_{c0}$ . On suppose que  $\Delta R_c \ll R_{c0} + R_l + R_s$

d) calculer  $\Delta V_m$ . On négligera les termes du second ordre.

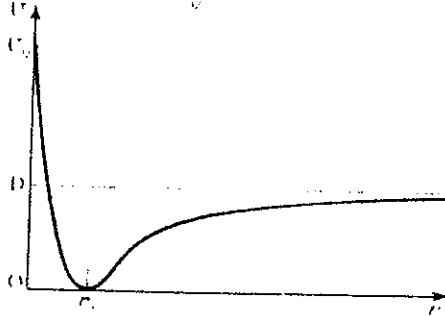
e) que vaut la sensibilité de l'ensemble capteur + conditionneur si  $R_s + R_l = R_{c0}$

**Examen de mécanique du point, licence de physique S3 durée 2 heures. Dec 2018**

A L'énergie potentielle d'interaction entre les atomes d'une molécule diatomique peut être représentée dans le cas d'une liaison covalente par le potentiel de Morse

$$U = D \left[ 1 - e^{-a(r-r_0)} \right]^2 \quad \text{où } r \text{ représente la distance entre les deux atomes, et } D, a, \text{ et } r_0$$

$$U = D \left( 1 - e^{-a(r-r_0)} \right)^2$$



sont des constantes.

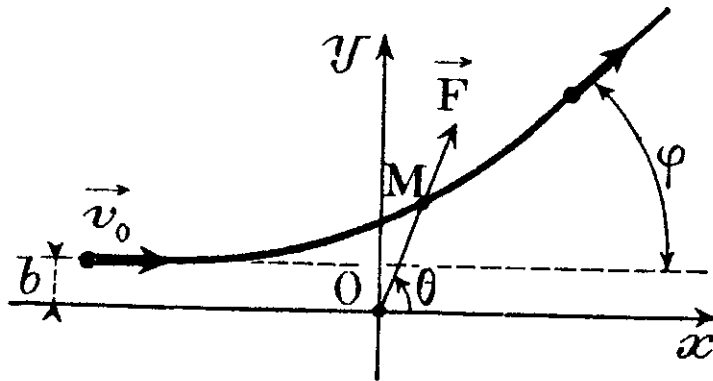
- 1) calculer la composante radiale de la force moléculaire dérivant de ce potentiel
- 2) calculer la valeur de  $r$  pour laquelle cette force est nulle, et discuter la stabilité de cette position d'équilibre.
- 3) Calculer l'énergie de dissociation de la molécule ou en d'autres termes, le travail qu'il faut fournir pour dissocier la molécule en deux atomes au repos, infiniment éloignés l'un de l'autre.

B Une particule  $\alpha$  de masse  $m$  et de charge électrique  $+2e$ , située infiniment loin de l'origine de l'espace, est lancée avec une vitesse  $v_0$  constante parallèle à un axe horizontal  $Ox$ , en direction d'un noyau très lourd de charge électrique  $Q=+Ze$ , placé à l'origine de l'espace. Au voisinage du noyau lourd, la particule  $\alpha$  sera déviée sous l'effet de la force d'interaction électrostatique avec le

noyau  $\vec{F} = \frac{Ze^2}{2\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$ , où  $r$  est la distance entre le noyau et la particule, et  $\epsilon_0$  une constante du vide.

$\vec{u}_r$  est un vecteur unitaire dont la direction est celle de  $\overrightarrow{OM}$ . La force d'interaction est donc une force centrale.

On admettra en première approximation, que lors de l'interaction entre les deux particules, le noyau reste fixe en  $O$  et que la trajectoire rectiligne de la particule avant l'interaction redevient rectiligne après. On rappelle que les paramètres pertinents de la diffusion sont :  $b$  le paramètre d'impact et  $\varphi$  l'angle de diffusion.



- 1) exprimer les composantes  $F_x$  et  $F_y$  de la force  $\vec{F}$  en fonction de  $r$  et de  $\theta$ .  $\theta$  étant l'angle que forme la direction du rayon vecteur  $\overline{OM}$  avec la direction de l'axe polaire  $Ox$ ,  $r$  étant le module de ce rayon vecteur.
- 2) Que peut-on dire du vecteur moment cinétique par rapport à l'origine, de la particule en mouvement ?
- 3) Exprimer ce vecteur moment cinétique, hors de la zone d'interaction (lorsque la particule  $\alpha$  est hors de portée de la force  $\vec{F}$ ) avant celle-ci, puis au point  $M$  dans la zone de diffusion (lorsque la particule  $\alpha$  interagit avec le noyau lourd par l'intermédiaire de la force  $\vec{F}$ ).
- 4) En déduire alors que  $r^2 \frac{d\theta}{dt} + v_0 b = 0$
- 5) L'énergie mécanique étant constante, quel est le module du vecteur vitesse de la particule  $\alpha$  lorsque celle-ci n'est plus soumise à la force  $\vec{F}$ . Expliquer qualitativement sa variation au cours de l'interaction.
- 6) Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la particule  $\alpha$ , dans la zone de diffusion.  
En projetant cette équation vectorielle sur la direction  $Oy$ , et en utilisant la relation établie à la question 4, montrer que  $dv_y = \frac{-Ze^2}{2\pi\epsilon_0 m v_0 b} \sin \theta d\theta$
- 7) Intégrer cette expression d'un bout à l'autre de la trajectoire (soit de  $\pi$  à  $\varphi$ ) de la particule  $\alpha$ , et montrer alors qu'elle permet de retrouver la valeur de l'angle de diffusion en fonction de constantes et du paramètre d'impact.
- 8) Estimer l'angle de diffusion, lorsque la particule  $\alpha$  passe très loin du noyau, puis estimer le paramètre d'impact lorsque l'angle de diffusion est de  $\pi/2$ .

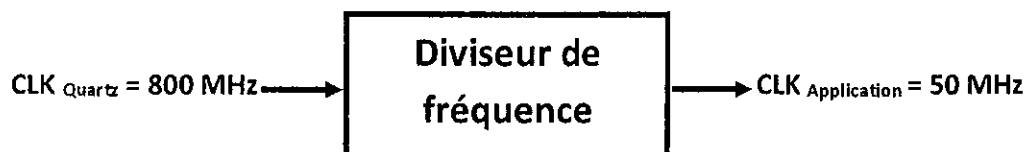
Nom :

Prénom :

**Examen : Electronique numérique (Durée : 2h)****19/12/2018 – Sans document (O. RAMI)****1. Réalisation d'un diviseur de fréquence grâce à un compteur binaire  
(15 points)**

De nombreuses applications de type séquentielles de l'électronique numérique (transmission série, comptage, multiplexage, etc ...) nécessite l'utilisation d'une horloge. Celle-ci est générée à partir d'un oscillateur local ou quartz placé à côté d'un composant programmable à base de microprocesseur installé sur une carte à microcontrôleur (cf TP). Ce signal d'horloge à rarement la fréquence du quartz (beaucoup trop élevée pour la plupart des applications). Ainsi nous avons habituellement besoin d'un diviseur de fréquence basé la plus part du temps sur structure à compteur binaire. **L'horloge de référence du quartz ici de 800 MHz doit être divisée afin d'arriver à 50 MHz nécessaire à notre application.**

**Ainsi l'objectif sera de décrire un diviseur de fréquence grâce au langage VHDL afin d'effectuer l'opération suivante :**



- a) Avec quelle valeur  $k$  devez-vous diviser la fréquence de référence délivrée par le quartz  $CLK_Q$  pour retrouver celle de notre application  $CLK_A$  ? /0,5

$k =$

R.N.:  $k =$

- b) Sachant que  $k = 2^n$ , en déduire le nombre  $n$  de bits du diviseur de fréquence que vous allez décrire par la suite : /1

$n =$

Nous allons maintenant décrire concrètement notre diviseur en créant l'entité, ainsi que l'architecture correspondante en langage VHDL.

- c) Quel devrait être le type du port d'entrée correspondant à  $CLK_Q$  et de sortie pour  $CLK_A$ . Justifiez brièvement votre réponse. / 1

- d) Le module VHDL associé à cette entité et son architecture est le suivant :

```
Entity diviseur is
```

```
  Port (CLKQ : ... STD_LOGIC;
```

```
        CLKA : ... STD_LOGIC);
```

```
end diviseur;
```

```
-- Commentaire :
```

```
architecture divis of diviseur is
```

```
  signal Count : unsigned ( ... downto ... );
```

```
  ..... Data : ..... ( ... downto ... );
```

```
begin
```

```
  Data <= STD_LOGIC_VECTOR (count);
```

```
end divis;
```

```
-- Commentaire :
```

Compléter, au niveau des pontillés, la déclaration précédente des ports d'entrée et de sortie de l'entité « diviseur » en fonction de vos réponses à la question c). Commenter par la suite les 2 parties de sa description en expliquant brièvement leur rôle. **N'oubliez pas de compléter aussi la déclaration des signaux « Count » et « Data ».** / 5



- e) Sachant que la structure d'un diviseur de fréquence se base sur un compteur, il faudra créer le processus « process » permettant d'incrémenter de 1 la valeur de son registre « Count », et ce à chaque front montant de l'horloge « CLKQ ». **Pour cela, complétez, toujours au niveau des pontillés le code suivant, qui devra se placer à la suite du programme précédent, en commentant en plus sa description :** / 3,5

```
process ( ..... )
```

```
begin
```

```
-- Commentaire :
```

```
if RISING_EDGE (.....) .....
```

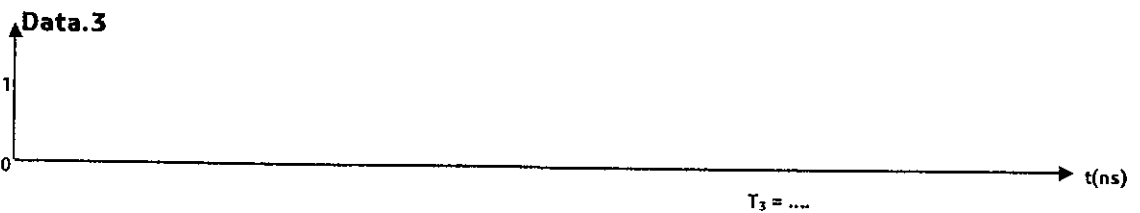
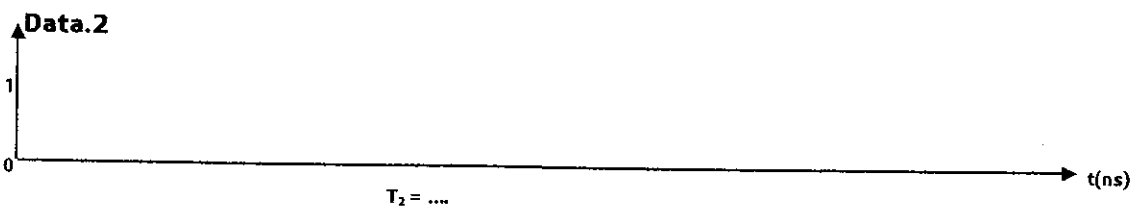
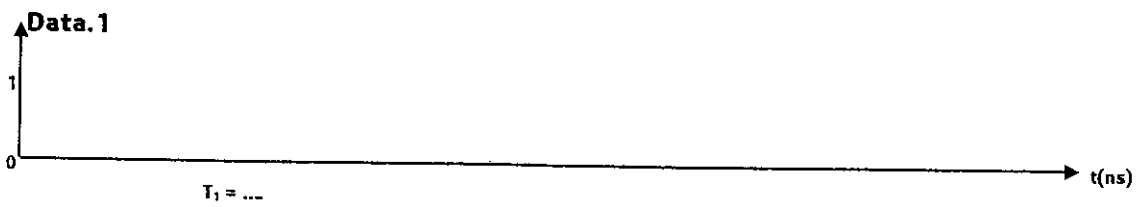
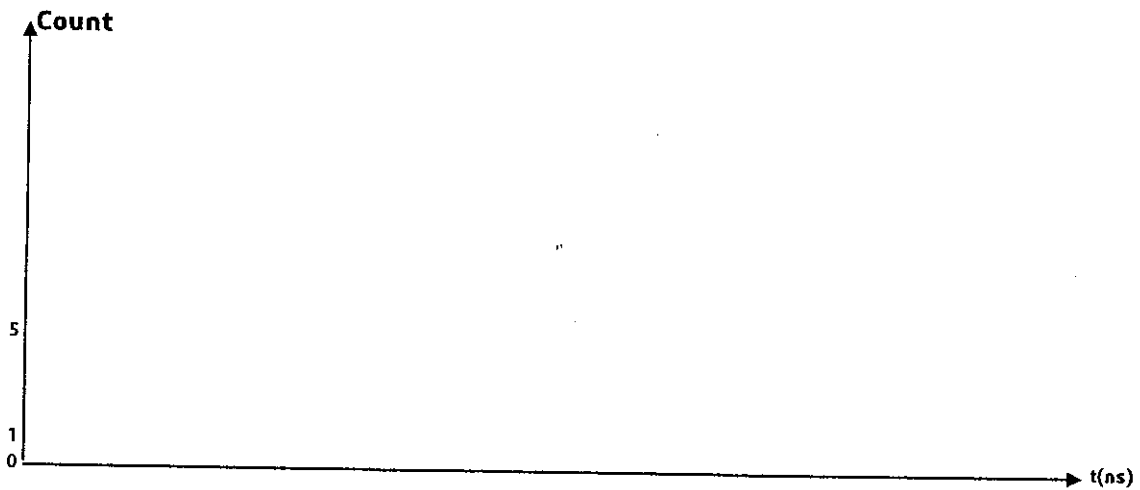
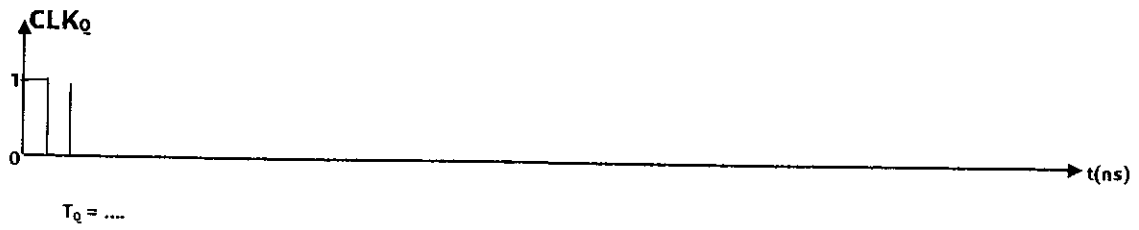
-- Compléter cette description ici avec 1 ligne de programme :

```
end ... ;
```

```
end ..... ;
```

- f) Compléter les chronogrammes (page 4) devant être obtenus par simulation de la description VHDL précédente, sachant que « Data.N » et le N<sup>ème</sup> bit du vecteur de bits « Data » en partant de celui de poids faible : / 3
- g) En vous référant à ces chronogrammes, l'horloge CLKA doit correspondre à quel bit Data.N ? Expliquez pourquoi ? / 0,5
- h) Finaliser votre description VHDL du diviseur de fréquence que l'on désire synthétiser, en rajouter une dernière ligne de programme affectant à son port de sortie CLKA le bit Data.N précédent. / 0,5

**Chronogrammes de fonctionnement du diviseur de fréquence**



## 2. Décodage des ordres reçus par un positionneur d'antenne parabolique (5 points)

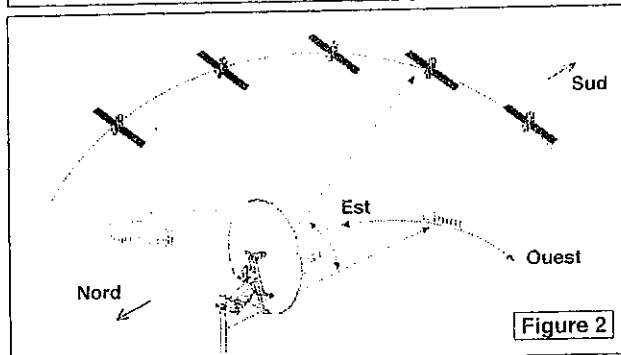
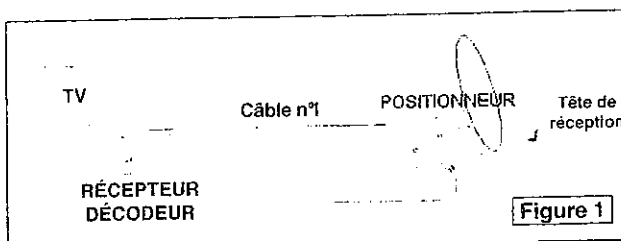
### 1. Présentation

La réception de chaînes de télévision par satellite nécessite un récepteur et une antenne parabolique (figure 1).

Pour augmenter le nombre de chaînes reçues, l'antenne doit pouvoir s'orienter vers plusieurs satellites différents (49 positions possibles).

Le positionneur d'antenne STARLAND, fabriqué par la société STAB, permet d'orienter automatiquement l'antenne parabolique vers un des satellites visibles (figure 2).

Lorsque le changement de chaîne demandé par le téléspectateur nécessite un changement de satellite, le positionneur s'oriente vers le nouveau satellite après en avoir reçu l'ordre du récepteur - décodeur, situé près du téléviseur (figure 1).



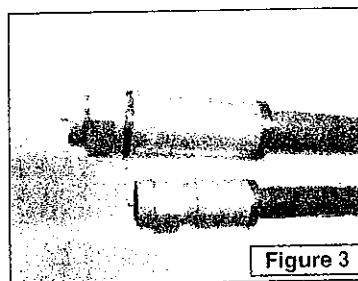
Les mouvements du positionneur d'antenne parabolique sont commandés par le récepteur - décodeur qui envoie séquentiellement des ordres élémentaires tels que « **tourner vers l'Est** », « **arrêter le mouvement** » ou « **rejoindre la position satellite n°3** » préalablement mémorisée.

Ces ordres sont envoyés suivant un protocole spécifique nommé "DISEqC", développé par l'organisation EUTELSAT pour favoriser le développement de composants standard interchangeables (récepteur, tête de réception, positionneur, ...). Les ordres sont décodés par le microcontrôleur implanté sur la carte électronique du positionneur.

### 2. Description du protocole DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control)

Le câble coaxial n°1 (figures 1 et 3) permet de véhiculer trois types de signaux de nature très différente :

1. Signal continu 13 ou 18 V qui permet l'alimentation du positionneur et de la tête de réception. Le courant maximum absorbé par le positionneur ne doit pas excéder 350 mA.
2. Signal modulé \* à 22 kHz qui permet à la fois de commander la fréquence de l'oscillateur local de la tête de réception et de commander le positionneur avec le protocole décrit page suivante.
3. Signal vidéo modulé \* entre 0,95 et 2,15 GHz, retransmettant les images et le son de la chaîne choisie par le téléspectateur.

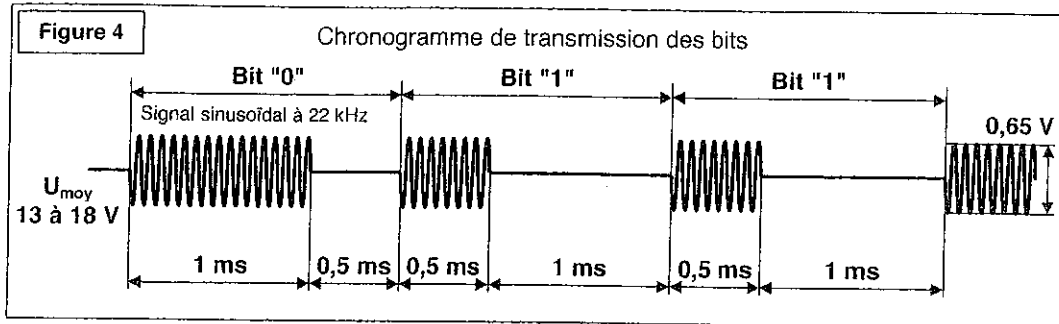


### 3. Vérification de la qualité de la transmission

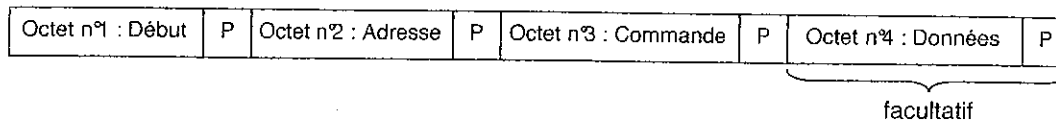
Seul le signal n°2, qui permet de commander le positionneur, sera étudié ici.

Le bus DiSEqC, dans sa version la plus simple, est unidirectionnel : Récepteur → Positionneur.

La figure 4 présente la structure du signal modulé constitué d'une succession de bits d'une durée de 1,5 ms. La différenciation entre un bit "0" et un bit "1" est faite sur la durée de la modulation : 1 ms pour le bit "0", 0,5 ms pour le bit "1".



□ **Description de la trame** : elle comprend 3 octets, suivis si nécessaire d'un octet de données.



Chaque octet est suivi d'un bit de parité impaire **P** pour contrôler l'intégrité de l'octet reçu. La fin de chaque trame est suivie d'un « silence » de 6 ms (absence du signal 22 kHz).

3.1/ **Déterminer** la durée maximale de transmission d'une trame.  
En **déduire** le débit maximum d'information transmissible en bits par seconde.

Le bit de parité impaire **P** d'un octet [  $b_7, b_6, \dots, b_0$  ] est défini de la façon suivante :

- $P = 0$  si l'octet [  $b_7, b_6, \dots, b_0$  ] contient un nombre impair de 1 ;
- $P = 1$  si l'octet en contient un nombre pair.

L'équation du bit de parité impaire **P**, ainsi que celle de la variable **V** qui détermine l'intégrité de la transmission de l'octet, peuvent s'exprimer uniquement en fonction de l'opérateur « **OU exclusif** ».

3.2/ **Développer** sous forme canonique l'opérateur « **OU exclusif** » à 3 variables :  $S = a \oplus b \oplus c$ .

3.3/ **Représenter** dans une table de vérité, l'état de la variable **S** en fonction de l'état des variables **a**, **b** et **c**. **Vérifier** qu'un nombre impair de variables **a**, **b** et **c** à 1 conduit à  $S = 1$  et qu'un nombre pair conduit à  $S = 0$ .

Cette propriété se généralise à l'opérateur « **OU exclusif** » à **n** variables.

Etant donné la définition du bit de parité **P**, le mot de 9 bits constitué de l'octet [  $b_7, b_6, \dots, b_0$  ] suivi du bit **P** contiendra toujours un nombre impair de 1 si la transmission s'est effectuée correctement.

3.4/ En **déduire** l'équation logique de la variable **V** définissant l'intégrité de la transmission de l'octet (on rappelle que  $V = 1$  si la transmission est correcte et  $V = 0$  sinon) en fonction de **P** et  $b_k$  ( $k = 0$  à 7), en utilisant l'opérateur « **OU exclusif** » uniquement.

- **Données** : Code hexadécimal des octets transmis
- Octet n°1 « Début » : **E0**
  - Octet n°2 « Adresse » : **31** pour le positionneur
  - Octet n°3 « Commande » (liste partielle) et octet n°4 « Données » :
    - 68** pour faire tourner le positionneur vers l'Est, suivi d'un octet de données contenant la durée de fonctionnement en secondes codée en binaire ;
    - 69** pour faire tourner le positionneur vers l'Ouest, suivi d'un octet de données contenant la durée de fonctionnement en secondes codée en binaire ;
    - 60** pour arrêter le positionneur ;
    - 6A** pour mémoriser la position d'un satellite, suivi d'un octet contenant le numéro de la position du satellite (49 positions possibles) ;
    - 6B** pour rejoindre la position mémorisée d'un satellite, suivi de l'octet contenant le numéro de la position.

- **Exemple de 2 trames transmises au positionneur** :

	Octet n°1	P	Octet n°2	P	Octet n°3	P	Octet n°4	P
Code binaire + Parité :	1110 0000	0	0011 0001	0	0110 1001	1	0001 0100	1
Code binaire + Parité :	1110 0000	0	0011 0001	0	0110 0000	1		

- 3.5/ **Convertir** le code binaire de chaque octet en code hexadécimal puis **déterminer** les ordres transmis au positionneur par la succession des 2 trames données dans l'exemple ci-dessus.

#### 4. Impact du temps de transmission de données sur la précision du positionneur

Les ordres transmis au positionneur sont décodés par le microcontrôleur implanté sur la carte électronique du positionneur. Ce décodage nécessite 3 opérations ou fonctions :

- Démodulation du signal modulé à 22 kHz ;
- **Lecture de la trame** ;
- Identification de l'ordre.

Parmi les 3 fonctions listées ci-dessus, la fonction « **Lecture de la trame** » est celle qui prend le plus de temps. On fera l'hypothèse que la durée des 2 autres fonctions est négligeable devant celle-ci. Le temps d'arrêt du moteur du positionneur (entre la prise en compte de la commande et l'arrêt effectif du moteur) est de **100 ms**.

- 4.1/ **Déterminer** l'angle parcouru par le positionneur entre l'instant de début de réception de l'ordre d'arrêt et l'arrêt effectif du positionneur, lorsque le mouvement s'effectue à la vitesse maximale de 2 degrés par seconde.

- 4.2/ **Comparer** cette valeur avec la précision de positionnement souhaitée de 0,1°. **Conclure**.

- fin énoncé -

## Examen d'Electromagnétisme

Durée : 2h

Aucun document n'est autorisé.

Les deux parties sont à traiter sur copies séparées

### Partie 1 (M. Bouyanfif)

On a un dispositif formé d'un circuit magnétique canalisant les lignes de champ magnétique sur lequel sont bobiné trois solénoïdes (considérées comme "infinies") (figure 1). Dans le matériau ferromagnétique  $\mu_0$  est remplacée par le produit  $\mu_0\mu_r$  ( $\mu_r$  étant très élevée).

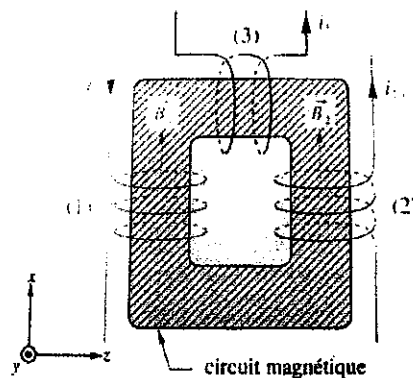


Figure 1 : Solénoïdes

- 1.) Etablir les expressions des champs magnétiques créés dans les bobinages (1) et (2) par les courants d'intensités respectives  $i_1$  et  $i_2$ . En déduire le champ magnétique total  $\mathbf{B}_3$  créé dans le bobinage (3). On supposera que  $\mathbf{B}_1$  et  $\mathbf{B}_2$  sont amenés dans le solénoïde (3) parallèles à son axe. On notera  $N_1$  et  $N_2$  les nombres totaux respectifs de spires pour (1) et (2). La longueur de chaque solénoïde est la même :  $L$ .
- 2.) En utilisant la loi de Faraday, calculer le courant induit  $i_3$  dans le bobinage (3), sachant que la résistance du fil conducteur est  $R$ . On notera  $S_3$  la section droite de (3) et  $N_3$  le nombre total de ses spires. On posera  $N_1 = N_2 = N$ ,  $i_1 = I_{1,m} \sin \omega t$  et  $i_2 = I_{2,m} \sin \omega t$ .
- 3.) Quelle(s) application(s) peut avoir un tel dispositif ? On pensera à la sécurité des installations électriques domestiques.

## Partie 2 (M. Gagou)

Dans le vide de constante diélectrique  $\epsilon_0$ , de perméabilité  $\mu_0$  et rapporté au référentiel orthonormé  $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ , les champs électrique  $\vec{E}(E_x, E_y, E_z)$  et magnétique  $\vec{B}(B_x, B_y, B_z)$  d'une onde électromagnétique plane en un point  $M(x, y, z)$ , ne dépendent que de la cote  $z$  et du temps  $t$ .

- 1.) Quelle est la direction de propagation de cette onde ?
- 2.) Rappeler les quatre équations de Maxwell régissant la propagation de cette onde.
- 3.) Etablir les équations de propagation de cette onde.
- 4.) Ecrire huit relations aux dérivées partielles liant les composantes des champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ . En déduire que les composantes  $E_z$  et  $B_z$  sont nulles.
- 5.) On admet que les champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  de cette onde sont liés par la relation matricielle :

$$\begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \end{bmatrix}$$

- a.) Déterminer, en fonction de  $\epsilon_0$  et  $\mu_0$ , les quatre coefficients  $a_1, a_2, a_3$ , et  $a_4$  de la matrice précédente qui lie les champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ .
  - b.) Calculer en fonction de  $\epsilon_0$  et  $\mu_0$ , le rapport des modules des champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ . Conclure.
- 5.) Etablir la relation  $a_1 + a_2 = 0$ , et en déduire que les champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  sont orthogonaux.
- 6.) L'onde plane en M est représentée par le champ magnétique,  $\vec{B} = \vec{B}_0 e^{-i(\omega t - k.z)}$ , avec  $k$  réel positif ou négatif et  $\vec{B}_0 = B_0 \vec{u}_x$  un vecteur constant dirigé suivant  $\vec{u}_x$ .

- a) A quoi correspond le coefficient  $k$  ? Le définir en fonction de  $\epsilon_0, \mu_0$  et  $\omega$ .
- b) Quelle est la longueur d'onde de cette onde ?
- c) Quel est l'état de polarisation de cette onde ? Calculer le champ électrique  $\vec{E}$  correspondant.
- d) Définir le plan d'onde, le plan de polarisation et le plan de vibration de cette onde.

## **Examen : Notions de télécommunication (Durée : 2h)**

**Le 02/05/2019 de 16h à 18h – Sans document (O. RAMI)**

### **Supervision à distance par réseau ETHERNET d'un centre de tris**

La Poste s'est fixée comme objectif de qualité (certifiée ISO 9002), la transmission de tout courrier présentant une adresse manuscrite ou dactylographiée, dans un délai de J+1 (inférieur à 48 heures).

Pour faire face à la future concurrence européenne, la Poste n'a cessé de réduire le temps de tri du courrier par l'introduction régulière de machines de tri automatique.

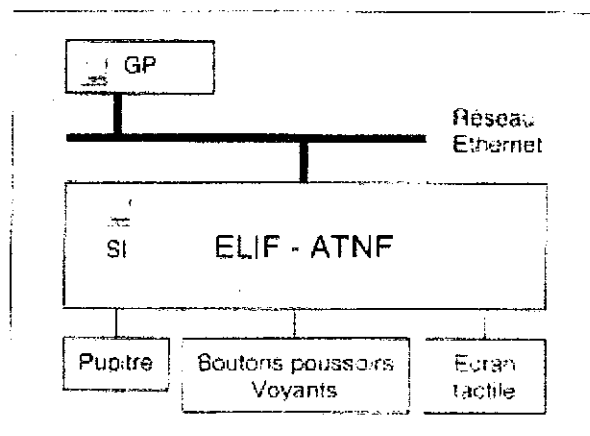
Pour le traitement des petits formats, la machine **ELIT-ATNF** (Equipement Lecture Indexation et Tri - Adaptation des Trieuses aux Nouvelles Fonctionnalités) permet de trier jusqu'à **30 000 plis par heure**.



Photo de la Machine ELIT - ATNF du centre de tri de la Poste d'Evreux

La partie commande de l'**ELIT-ATNF** est constituée d'un **ordinateur SI** (Système d'Information) équipé d'un processeur **1 GHz**, et d'une **carte réseau Ethernet**.

Une fois que le poste de **gestion de production (GP)**, ou poste informatique distant de la partie opérative, a envoyé le plan de tri à l'**ELIT-ATNF** via le **réseau Ethernet** (voir document technique **DT2** page 299), l'opérateur peut ouvrir une vacation (travailler sur le système) à l'aide de l'**écran tactile**. Le **pupitre** dispose des **boutons de mise en service de l'ELIT-ATNF** (Mise en marche, arrêt, arrêt d'urgence, ...).



**Après avoir validé le choix du protocole ETHERNET pour notre application, l'objectif de ce sujet sera double :**

- **Décoder la trame contenant les informations du plan de triage envoyé par le poste distant GP à la machine ELIT-ATNF, et contrôlées localement par un écran tactile (temps conseillé : 1h 15min).**
- **Analyser la façon dont ces informations sont envoyées par la borne WI-FI que le superviseur du centre de tris a souhaité rajouter au réseau déjà existant afin que celui-ci les reçoive sur sa tablette tactile pour un contrôle supplémentaire cette fois-ci à distance (temps conseillé : 45 min).**



I. Analyse de la trame envoyée par le poste GP à la machine ELIT-ATNF (13 pts).

Ce poste a pour principales fonctions d'envoyer tout d'abord des plans de tri à l'ELIT-ATNF, et de recevoir par la suite ses comptes-rendus de triage. Pour ce faire, il faudra installer physiquement ce premier sur le réseau ETHERNET déjà présent, et le configurer correctement de façon logicielle afin de le rendre compatible avec celui-ci.

I.1- D'après le DT3, donner 2 raisons qui ont conduit, dans le cadre de notre application, au choix du protocole ETHERNET par rapport au RS 232.

/1

I.2- D'après l'organisation informatique globale adoptée pour le contrôle/commande local et distant de la trieuse (représentée sur le document technique DT1 page 5), donner la topologie de sa structure « réseau », **en justifiant votre réponse.**

/1

I.3- Déterminer la classe d'adressages IP utilisée par la poste pour ce centre de tris.

/0,5

I.4 – Affecter à l'ordinateur GP une adresse IP pour que ce dernier appartienne logiquement au réseau auquel il est relié physiquement. **Justifier votre réponse.**

/1

I.5 – Qu'est-ce que l'adresse MAC d'un appareillage ? Quel est sa différence principale avec une adresse IP ?

/1

I-6 - Nous allons maintenant décoder la trame ETHERNET contenant des informations sur le plan de triage ordonné par un ordinateur distant. **Le but étant d'obtenir des informations sur celui-ci.** Celle-ci, codée en hexadécimal, est la suivante :

08 12 1F 2E FF 8C 08 12 1F 2E FF 8B 08 00 0F 00 00 00 03 06 12 01 FF FF FF FF

FF CRC

a) D'après le document technique DT2 page 6, segmenter cette trame afin d'y faire apparaître ses 10 segments informatifs en les encadrant.

/2,5

b) Citer ainsi les périphériques source et de destination de ce message en le justifiant.

/1

c) Quel type de trame est utilisé ?

/ 0,5

d) Décoder enfin les informations transmises **par les 5 segments correspondant aux données applicatives significatives de cette trame** en remplissant le tableau suivant (que vous reprendrez sur votre copie), et en vous aidant aussi de la documentation technique DT3 page 7 : / 4

Noms des segments	Codes hexadécimaux	Informations correspondantes

e) A votre avis, à quoi correspond le champ « CRC » dans une trame de type ETHERNET (faites l'analogie avec un bit particulier de celle du protocole RS 232)?

/ 0,5

II. Etude de la modulation numérique du protocole WI-FI reliant sa borne à la tablette tactile du superviseur (7 pts).

Nous allons maintenant étudier de façon sommaire la manière dont la borne WI-FI communique de façon hertzienne avec la tablette du superviseur. En effet celle-ci transmet ses informations à travers le protocole WI-FI IEEE 802.11n selon une modulation QAM 64.

II.1- Donner la signification des initiales de l'acronyme QAM. Quel est son principale avantage par rapport aux modulations de types ASK, FSK, ou PSK ?

/1

II.2 – Affecter à la borne WI-FI une adresse IP pour que cette dernière appartienne aussi au même réseau que l'ordinateur SI :

/0,5

II.3 - Nous allons maintenant nous intéresser seulement à un paquet de données envoyé par la borne au superviseur correspondant aux 5 segments précédents à savoir :

« 0F 00 00 00 03 06 12 01 FF »

Par ailleurs, nous allons utiliser, afin de simplifier l'étude, la transposition de fréquence d'une modulation QAM 16, à savoir avec le signal modulé suivant :

$s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_p t + \varphi_A) + B \cdot \sin(2\pi f_p t + \varphi_B)$ , avec :

$$\begin{cases} A \text{ et } B = 1 \text{ ou } 3V. \\ \varphi_A \text{ et } \varphi_B = 0 \text{ ou } \pi. \\ f_p = 5 \text{ GHz : Fréquence de la porteuse du signal modulant (ici le paquet)}. \end{cases}$$

a) En réalité la communication se fait après codage du paquet précédent au format MANCHESTER. Quel est le principal avantage de ce dernier par rapport au code NRZ dans une transmission par voie hertzienne ?

/0,5

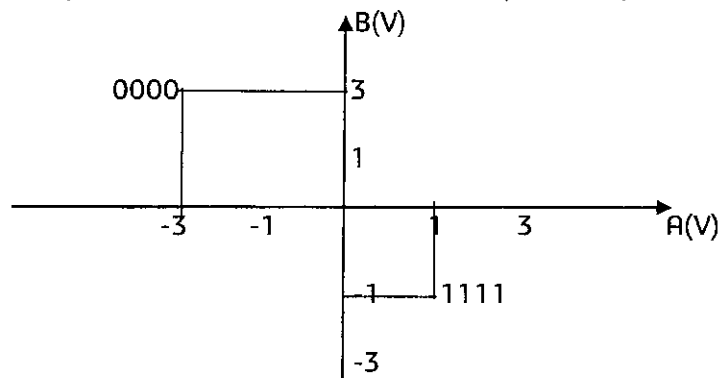
b) Convertir ce paquet en binaire en formant 18 parties de 4 bits :

/1

c) Afin de déterminer le débit binaire de leur transmission, **placer les 7 points différents** correspondant à ces 18 parties dans la constellation suivante (que vous reprendrez aussi sur votre copie), sachant que ces 4 bits  $b_3 b_2 b_1 b_0$  se transposent en QAM 16 de la manière suivante : / 2,5

Bits transmis	Paramètres QAM 16	Valeurs du codage
$b_3$	$\varphi_A$	$\varphi_A = 0$ si $b_3 = 1$ , $\pi$ sinon
$b_2$	A	A = 1 si $b_2 = 1$ , 3V sinon
$b_1$	$\varphi_B$	$\varphi_B = \pi$ si $b_1 = 1$ , 0 sinon
$b_0$	B	B = 1 si $b_0 = 1$ , 3V sinon

Ainsi le placement du 1<sup>er</sup> octet donne les 2 premiers points suivants :



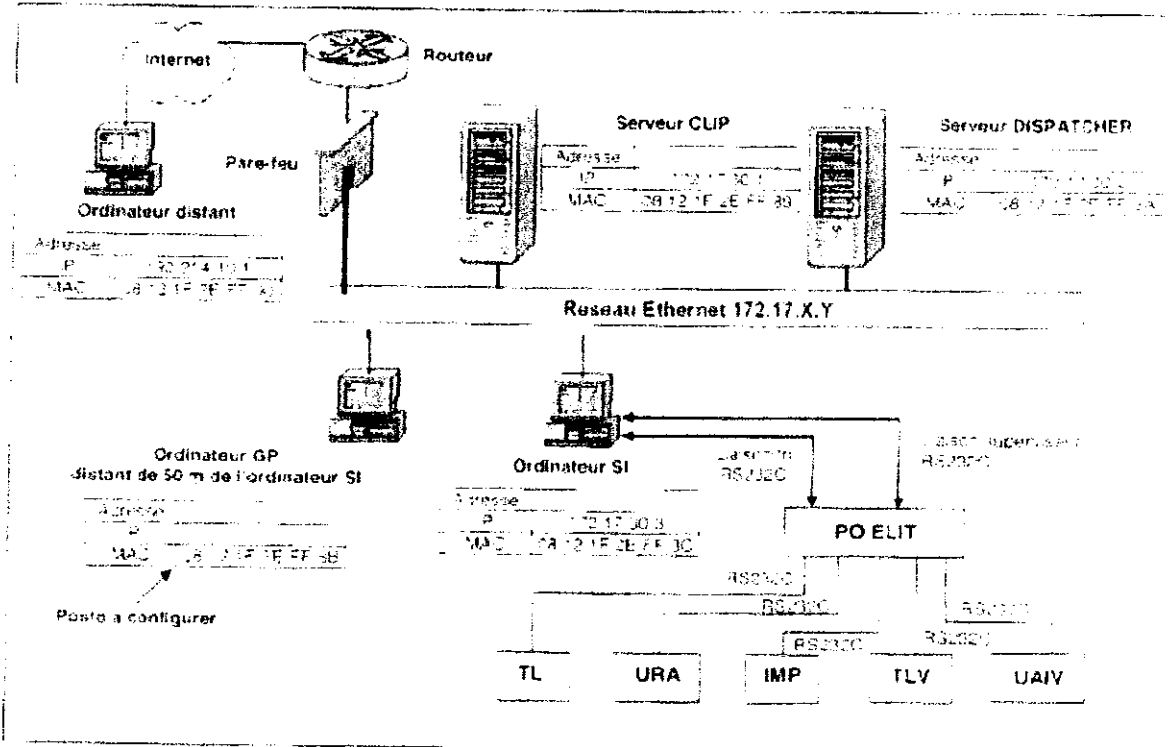
d) Pourquoi rajoute-t-on le nombre «16» pour qualifier cette modulation ?

/ 0,5

d) Déterminer ainsi grâce à sa constellation son nombre de bits  $n_s$  par symbole, et en déduire le débit binaire  $d_B$  de la transmission WI-FI de type IEEE 802.11n : / 1

## DOCUMENT TECHNIQUE DT1

### Organisation informatique de la Poste



### Définition des classes d'adresses IP (l'adresse MAC peut être différente de l'adresse IP)

Plus précisément, une adresse IP (32 bits) est constituée d'une paire (adresse de réseau, adresse de la machine) et appartient à une certaine classe (A, B, C, D ou E) selon la valeur de son premier octet. Elle donne l'espace d'adresses possibles pour chaque classe. Ainsi, les adresses de classe A sont utilisées pour les très grands réseaux qui comportent plus de  $2^{16} = 65\ 536$  ordinateurs. La politique actuelle est de ne plus définir de tels réseaux.

Les adresses de classe B sont utilisées pour les réseaux ayant entre  $2^8 = 256$  et  $2^{16} = 65\ 536$  ordinateurs. 14 bits définissent l'adresse du réseau et 16 bits celle d'une machine sur le réseau.

Seules 256 machines sont possibles sur un réseau de classe C dont le nombre de réseaux possible dépasse les 2 millions ( $= 2^{21}$ ).

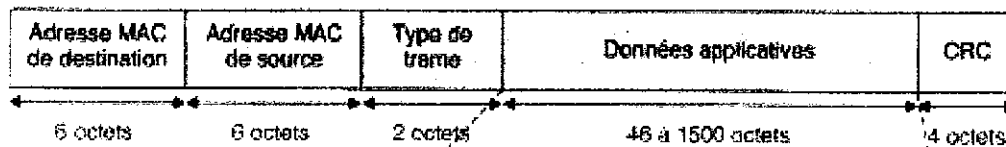
			Plage d'adresses IP	
			Adresse min	Adresse max
Classe A	0	Adresse réseau	0 0 0 0	127 255 255 255
	7 bits / 24 bits			
Classe B	1 0	Adresse réseau	128 0 0 0	191 255 255 255
	14 bits / 16 bits			
Classe C	1 1 0	Adresse réseau	192 0 0 0	223 255 255 255
	21 bits / 8 bits			
Classe D	1 1 1 0	Adresse multibroadcast	224 0 0 0	239 255 255 255
28 bits				
Classe E	1 1 1 1 0	Reserve pour usage ultérieur	240 0 0 0	247 255 255 255

## DOCUMENT TECHNIQUE DT2

### Le réseau Ethernet

Ethernet est le nom donné à une des technologies les plus utilisées pour les réseaux locaux en bus. Elle a été inventée par Xerox au début des années 70 et normalisée par l'IEEE (Institute for Electrical and Electronics Engineers) vers 1980 sous la norme IEEE 802.

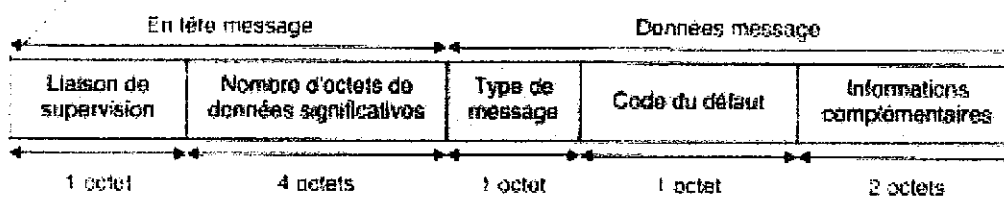
▣ Structure d'une trame (ou paquet) Ethernet :



▣ Informations définissant le type de trame :

Code (en hexadécimal)	Description
08 06	Requête ARP
80 35	Requête RARP
08 00	Protocole utilisé TCP/IP
06 00	Protocole utilisé XNS
< 00 00	Utilisé en 802.3 pour indiquer la longueur de la trame

▣ Informations définissant les données applicatives significatives :



**Remarque :** Les données applicatives non significatives prennent la valeur FF.

▣ Extrait du tableau de codes hexadécimaux de la liaison de supervision :

Liaison de supervision	Code hexadécimal
INFORMATION_TRI	A
CONFIRMATION_TRI	B
FERMETURE_SESSION	C
LISTE_USAGERS	E
ETAT_PO	F
DEFAULT	10
ARRET_DEPILAGE	11
AUTORISATION_CONVOYAGE	12
INTERDICTION_CONVOYAGE	13
DEMANDE_PERIPHERIQUES	1C
REPONSE_PERIPHERIQUES	1D

## DOCUMENT TECHNIQUE DT3

- Extrait du tableau de codes hexadécimaux du message « ETAT\_PO » :

Le tableau ci-dessous indique pour chaque état de la PO la valeur du champ « Type de message » du message ETAT\_PO.

Signification	Code hexadécimal
Initialisation	0
Machine arrêtée	3
Exploitation, dépileur arrêté	5
Exploitation, dépileur en marche	6
Arrêt machine	7

- Extrait du tableau de codes hexadécimaux des champs « Code du défaut » et « Informations complémentaires » :

Code hexadécimal	Libellé du code du défaut	Information complémentaire (octet 1)	Information Complémentaire (octet 2)
0	Défaut chaîne de conditionnement	Apparition / disparition	
1	Défaut chaîne de sécurité		
2	Bourrage	Type de bourrage (voir ci-après)	Numéro de ligne ou de réceptacle
3	Réceptacle plein	Numéro du réceptacle concerné	

4	Réceptacle dégradé	Numéro du réceptacle concerné	
E	Défaut URA	Type du défaut (voir ci-après)	
F	Défaut UAI	Type du défaut	
10	Défaut IER	Numéro de l'IER	Type du défaut
11	Défaut IPJE	Type du défaut	Apparition / disparition
12	Défaut TL	Type du défaut (voir ci-après)	
13	Défaut TLV	Type du défaut	
14	Panne GIO		

**Remarque :** Lorsqu'il n'est pas significatif, un champ d'informations complémentaires prend la valeur hexadécimale FF.

- Tableau de codes hexadécimaux de la valeur du champ « Type du défaut » du défaut TL :

Libellé	Code hexadécimal
Défaut tête de lecture	0
Défaut cellules tête de lecture	1

- Tableau comparatif liaison RS232 et réseau Ethernet :

Type	Genre	Mode	Débit	Longueur de câble
RS232	Point à point	Asynchrone	115 000 bauds	15 m max
Ethernet	Réseau local	Synchrone	10 Mbits/s max	≥ 100 m

2018-2019

Contrôle Continu

## Outils mathématiques

L2S4

1h30

Calculatrices interdites

ATTENTION : La rédaction et la clarté des explications et des raisonnements entreront pour une part importante de la notation

### Exercice 1 : Séries de Fourier

On donne la fonction  $f$   $2\pi$ -périodique paire définie sur  $[0; \pi]$  par  $f(x) = 1 - \frac{2x}{\pi}$

1. Faire un dessin sur  $[-5\pi, 5\pi]$
2. Démontrer de 2 façons différentes que cette fonction est développable en série de Fourier
3. Déterminer le développement de  $f$  en série de Fourier
4. En déduire les valeurs de :  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2}$  ;  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n^2}$  ;  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n^4}$

### Exercice 2 : Diagonalisation

Soit la matrice  $M = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$

1. Déterminer le polynôme caractéristique de cette matrice.
2. Puis déterminer les valeurs propres
3. Expliquer pourquoi  $M$  est diagonalisable.
4. Déterminer la matrice diagonale  $D$  associée à la matrice  $M$ , déterminer la matrice de passage  $P$  et son inverse.
5. Vérifier que les deux matrices  $M$  et  $D$  sont semblables
6. Calculer  $M^{10}$

### Exercice 3 : Trigonalisation

Soit la matrice  $M = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 4 \\ 4 & -7 & 8 \\ 6 & -7 & 7 \end{pmatrix}$

7. Déterminer le polynôme caractéristique de cette matrice.
8. Puis déterminer les valeurs propres
9. Expliquer pourquoi  $M$  n'est pas diagonalisable.
10. Déterminer la matrice trigonale  $T$  associée la matrice  $M$ , déterminer la matrice de passage  $P$  et son inverse.
11. Vérifier que les matrices  $T$  et  $M$  sont semblables

**Examen du Module Electronique Analogique 2 – Session 1**  
**Cours de M. HENAO (Durée 2h00, aucun document autorisé)**

Le correcteur attachera **beaucoup** d'importance à la présentation de la copie, à la rédaction de la solution, à la position du problème dans son contexte, à la pertinence de l'analyse et des notations définies. Les réponses littérales et numériques seront bien mises en évidence (encadrées) !

**Problème n°1 – Correcteur proportionnel-intégral-dérivée**

Le montage de la figure 1 représente un correcteur proportionnel-intégral-dérivée. L'amplificateur opérationnel est considéré idéal.

- Calculer la fonction de transfert de ce montage.
- Montrer qu'elle à la forme suivante :

$$\frac{V_S(p)}{V_E(p)} = k_p + k_i \frac{1}{p} + k_d p$$

- Déterminer les valeurs des composants  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  et  $C_2$ , qui permettent d'avoir un gain proportionnel  $k_p=2$ , un gain intégral  $k_i=1000$  et un gain dérivée  $k_d=0,001$ .

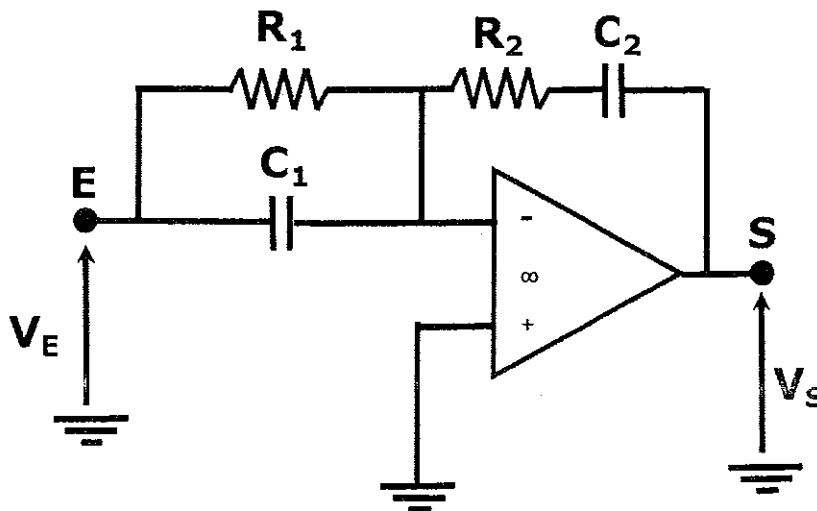


Figure 1.



## Problème n°2 – Étude de filtres actifs de type Tow-Thomas

Pour le montage à amplificateurs opérationnels idéaux de la figure 2, calculer les fonctions de transfert suivantes:  $V_{S1}(p)/V_E(p)$ ,  $V_{S2}(p)/V_E(p)$  et  $V_{S3}(p)/V_E(p)$ .

Normaliser la réponse obtenue pour le numérateur et le dénominateur de chaque transmittance, en fonction de l'équation caractéristique suivante :

$$p^2 + \frac{\omega_n}{Q}p + \omega_n^2$$

Donner les expressions de  $\omega_n$  et de  $Q$ .

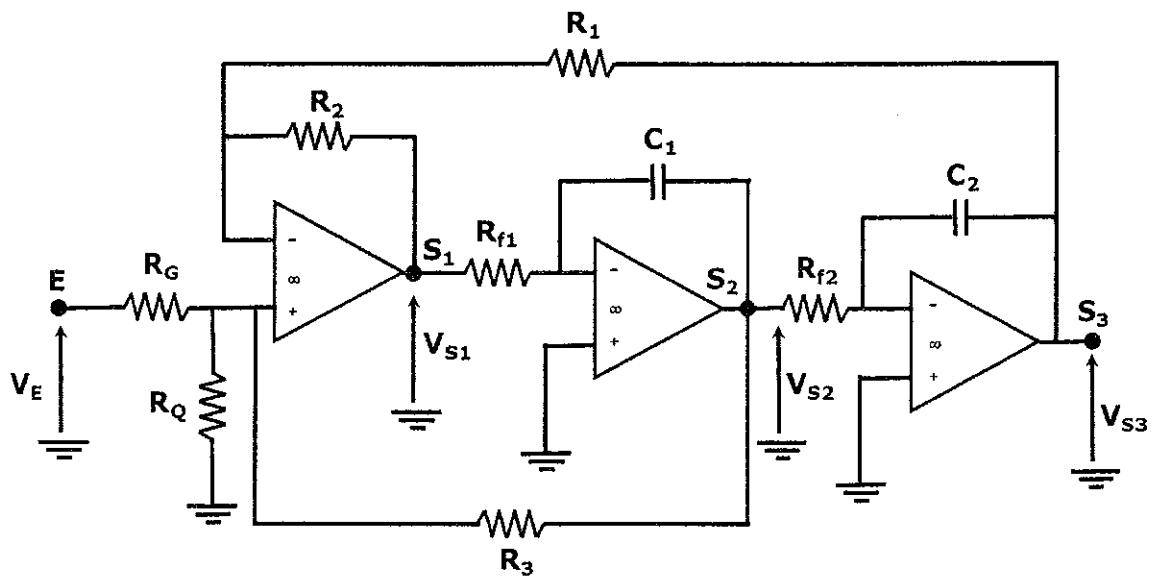


Figure 2.

### Problème n°3 – Étude d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) à approximations successives

On considère le convertisseur analogique numérique de la figure 3 où  $V_a$  est la tension analogique à convertir,  $a_0$  est le bit de poids faible,  $a_2$  le bit de poids fort et  $V_n$  ( $a_2, a_1, a_0$ ) est la sortie binaire générée.

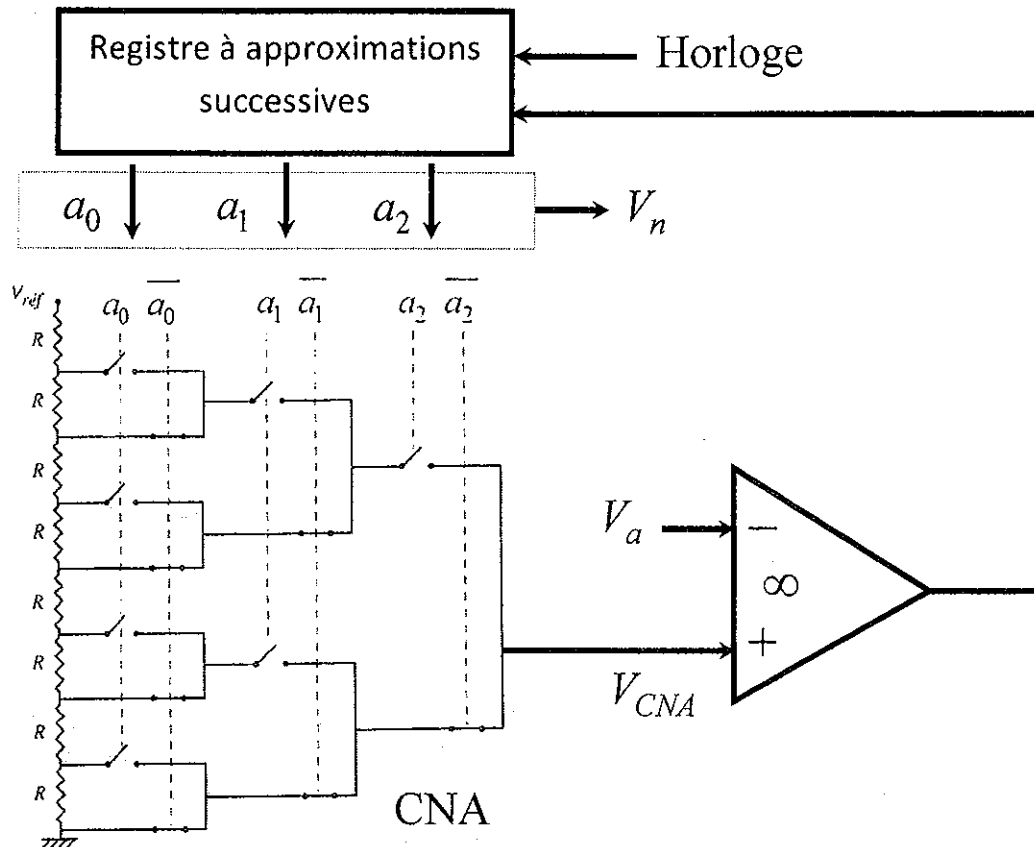


Figure 3.

La logique de contrôle du registre à approximations successives essaie successivement tous les bits en commençant par le bit de poids fort. Le convertisseur numérique-analogique (CNA) à division de tension associé à ce montage convertit chaque nombre essayé en une tension analogique  $V_{CNA}$  qui est comparée à l'entrée analogique  $V_a$ . La fréquence du signal d'horloge est de 500kHz.

1. Sachant que si pour chaque essaie  $V_a > V_{CNA}$  le bit en question est maintenu à 1, sinon forcé à 0, établir le diagramme en arbre de tous les mots binaires possibles pour  $V_n$  en commençant par  $a_2=1$ .
2. Pour un quantum  $q=1,0V$  :
  - a. Donner toutes les valeurs d'entrée susceptibles d'être converties par ce CAN.

- b. Donner les différents niveaux de tension possibles associés à la sortie  $V_{cna}$ .
- c. Déterminer la valeur de  $V_{réf}$  du CNA à division de tension.
- d. Avec  $V_a=12,9V$ , établir par approximations successives la réponse de ce CAN. Déterminer la durée de conversion.
- e. Avec  $V_a=7,7V$ , établir par approximations successives la réponse de ce CAN. Déterminer la durée de conversion.

**Problème n°4 – Convertisseur analogique-numérique parallèle.**

- 1. Donner le schéma de principe d'un convertisseur analogique-numérique parallèle à 3 bits.
- 2. Quelle est la logique de codage ?
- 3. Quelle est l'avantage de ce type de convertisseur ?

Examen final, mai 2019

## Méthodes numériques

(Seules les notes de cours sont autorisées)

### Exercice 1 : Interpolation de Lagrange

Soit  $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$

- 1.) Déterminer le polynôme d'interpolation de Lagrange pour les points d'appui d'abscisses : -2, -1, 0, 1, 2.
- 2.) Tracer sur le même graphique avec deux couleurs différentes, la fonction  $f$  et ce polynôme en fonction de  $x \in [-5, 5]$  (on prendra un pas régulier de 0.01)

### Exercice 2 : Dichotomie

On désire trouver un zéro de la fonction ci-après, en utilisant la méthode de dichotomie :

$$f(x) = x \cdot \sin(x) - 1$$

1. Calculer  $f(0)$  et  $f(\frac{\pi}{2})$ . Montrer que l'intervalle  $[0, \frac{\pi}{2}]$  peut être choisi comme intervalle initial pour cette recherche.
2. Quel est le nombre maximal d'itérations nécessaires pour atteindre le résultat avec une précision à  $10^{-3}$  près. (rappel : l'erreur de dichotomie sur la  $n^{\text{ième}}$  itération est  $\varepsilon = \frac{1}{2^{n+1}}$ )
3. Ecrire l'algorithme qui calcule la valeur approchée du zéro de cette fonction par la méthode de dichotomie, pour une erreur donnée.

### Exercice 3 : Intégration numérique

On lance une fusée verticalement du sol et l'on mesure pendant les premières 80 secondes l'accélération :

t	(en s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
a	(en m/s <sup>2</sup> )	30	31.63	33.44	35.47	37.75	40.33	43.29	46.70	50.67

- 1.) Calculer la vitesse  $v$  de la fusée sur l'intervalle  $[0, 80]$  en utilisant la méthode des trapèzes, du point milieu, puis par la méthode de Simpson.
- 2.) Que vaut la vitesse à l'instant  $t = 80$  s ?
- 3.) Tracer sur le même graphique le résultat des 3 méthodes.

### Exercice 4 : Equation différentielle ordinaire

Soit l'équation différentielle

$$y' = f(x, y) = -2xy, \quad x \in [-5, 5], \quad y_0 = y(-5) = 2 \cdot e^{-25}$$

1. Calculer la solution exacte de cette équation différentielle. La constante d'intégration est  $K=2$ .
2. Par les méthodes d'Euler, Runge et Heun, trouver les valeurs approchées  $y_1$  et  $y_2$  de la fonction solution de cette équation différentielle au point  $N^{\circ}2$  et  $N^{\circ}3$  avec un pas  $h = 0.02$ .
3. Tracer sur le même graphique les 3 solutions numériques et la solution exacte sur un même graphique.