

**CONCOURS INTERNE DE TECHNICIEN  
DE POLICE TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE  
DE LA POLICE NATIONALE  
SESSION 2013**

***ELECTRONIQUE***

**Épreuve écrite de connaissance se rapportant à la spécialité choisie**

**Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 2**

Il vous appartient de vous assurer que le sujet en votre possession comporte la totalité des pages (17 pages).

Il vous est demandé de répondre avec clarté à chaque question, sur votre feuille de composition (coin gommé).

- *Les pages 13, 14, 15 et 16 sont à rendre avec la copie de composition*
- *Calculatrices autorisées*
- *Ce sujet comporte 6 parties totalement indépendantes*

**Sous peine d'annulation de leur épreuve, les candidats ne devront faire apparaître aucun signe ou mention pouvant permettre l'identification des copies et intercalaires.**

## 1. Electrotechnique : Etude d'un transformateur monophasé (20 points)

On considère un transformateur monophasé 240V/12V constitué de deux enroulements, dit primaire et secondaire, et d'un circuit magnétique comme illustré sur la figure ci-dessous :

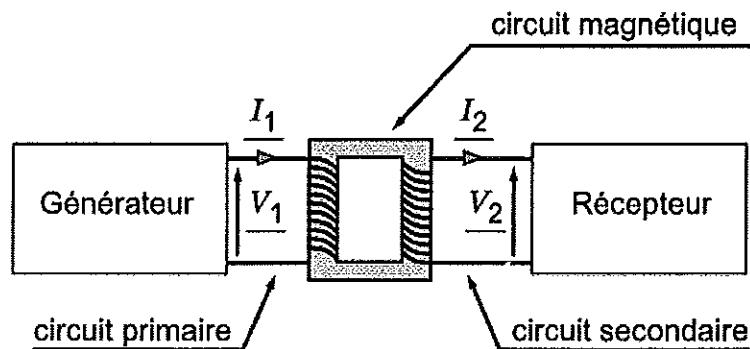


Figure 1

### 1.1 Questions préliminaires

- 1.1.1 Quel est le rôle du circuit magnétique ? (1 point)
- 1.1.2 Le transformateur a une tension efficace nominale  $V_1$  de 240V et une puissance nominale au primaire de 6kW. Calculer l'intensité efficace nominale du courant, notée  $I_1$ , du primaire. (1 point)

### 1.2 Etude statique

Le circuit primaire de ce transformateur est alimenté par une tension continue  $V_1$  telle que  $V_1=12V$ . L'enroulement primaire est alors parcouru par un courant statique  $I_1$  égal à 10 A.

- 1.2.1 Calculer la résistance équivalente  $R_1$  de l'enroulement primaire. (1 point)
- 1.2.2 Quelle est la valeur de la tension  $U_2$  aux bornes de l'enroulement secondaire ? (1 point)

### 1.3 Etude à vide

Une tension sinusoïdale  $V_1$  de valeur efficace égale à 240V et de fréquence de 50Hz est appliquée au primaire. La tension aux secondaires est alors de 12V à vide. La puissance consommée au primaire dans cette configuration est de 100W sous un courant efficace de 1A.

- 1.3.1 Calculer le rapport de transformation de ce transformateur, noté  $m$ . (1 point)
- 1.3.2 Calculer la valeur de l'inductance équivalente au primaire notée  $L_1$ . (3 points)

- 1.3.3 Calculez l'ensemble des pertes par effet Joule à vide. (2 points)
- 1.3.4 Faire un bilan de puissance pour calculez la valeur des pertes fer à vide, en supposant que l'intégralité des pertes sont dues aux pertes Joules et aux pertes fer. (2 points)

1.4 Etude en charge

Une source sinusoïdale de tension efficace 12V et de fréquence 50Hz est appliquée aux bornes de l'enroulement primaire. La puissance délivrée par cette source est de 100W sous un courant efficace de 10A. L'enroulement secondaire est court-circuité. Nous considérons que la puissance délivrée est égale à la perte joule.

- 1.4.1 Calculez le courant  $I_2$  traversant l'enroulement secondaire. (1 point)
- 1.4.2 Donner le schéma équivalent du transformateur vu au secondaire en faisant intervenir la source de tension induite au secondaire  $E_s$ , la résistance du bobinage du secondaire  $R_s$  et son inductance  $L_s$ . (2 points)
- 1.4.3 Calculer les éléments ( $E_s$ ,  $R_s$ ,  $L_s$ ) du schéma équivalent de la question précédente. (5 points)

## 2. Electronique analogique (50 points)

### 2.1 Etude d'un circuit détecteur de crêtes (25 points)

Soit le schéma électrique de la figure 2 où  $V_e$  est un signal sinusoïdal d'amplitude 3V et de fréquence 10kHz sans composante continu. La diode D sera modélisée par un modèle à seuil avec  $V_s=0.6V$ . On prendra  $C=1\mu F$  et  $R=1k\Omega$ . On note  $v_e(t)$  la tension entre l'entrée du montage et la masse, et  $u_c(t)$  la tension entre la sortie du montage et la masse.

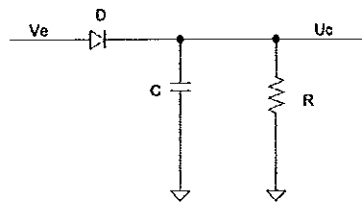


Figure 2

#### 2.1.1 Généralités

2.1.1.1 Rappeler les caractéristiques  $I_D(V_D)$  idéale, réelle et à seuil d'une diode de signal Utiliser la page n°13 pour répondre. (2 points)

2.1.1.2 Rappeler les couleurs des 3 premières bagues sur une résistance de valeur 1kΩ. (1 point)

2.1.1.3 La bague de tolérance à une couleur « or », encadrer la valeur réel, notée  $R_{réel}$ , de cette résistance. (1 point)

2.1.1.4 Le condensateur de 1μF est de type chimique. Quelle précaution d'emploi faut-il prendre lorsque l'on utilise ce type de condensateur ? (1 point)

#### 2.1.2 Cas n°1: On considère dans un premier temps que la diode D est passante.

2.1.2.1 Donner le schéma électrique équivalent au circuit de la figure 2 en utilisant un modèle à seuil pour la diode D. (1 point)

2.1.2.2 Déterminer la relation entre la tension aux bornes du condensateur  $u_c(t)$ , le signal  $v_e(t)$  et la tension de seuil de la diode  $V_s$ . (1 point)

#### 2.1.3 Cas n°2: On considère maintenant que la diode D est bloquée.

2.1.3.1 Tracer le schéma électrique équivalent au circuit de la figure 2 en utilisant un modèle à seuil pour la diode D. (1 point)

2.1.3.2 Rappeler la relation entre la tension aux bornes d'un condensateur C et le courant le traversant en convention récepteur. (1 point)

2.1.3.3 Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur C notée  $u_c(t)$ . (2 points)

2.1.3.4 Résoudre cette équation différentielle pour déterminer l'expression de  $u_c(t)$  en supposant que le condensateur est initialement chargé à la valeur  $E_0$ , c'est-à-dire que  $u_c(t=0)=E_0$ . On posera  $\tau=RC$ . (3 points)

2.1.3.5 Quelle est l'unité dans le système international de  $\tau$ ? (1 point)

2.1.3.6 Tracer  $u_c(t)$  sur 5ms et indiquer un point remarquable. Utiliser la page n°13 pour répondre. (2 points)

2.1.4 Cas général : Le signal  $V_e$  est maintenant le signal sinusoïdal décrit en 2.1

2.1.4.1 Tracer l'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur  $C$ ,  $u_c(t)$ , sur deux périodes du signal d'entrée  $V_e$  en s'appuyant sur les deux cas précédents. Le condensateur  $C$  est initialement déchargé. Utiliser la page n°14 pour répondre. (3 points)

2.1.4.2 Faire apparaître sur le chronogramme précédent les zones de blocage et de conduction de la diode  $D$ . (2 points)

2.1.4.3 Estimer, dans ce cas, le taux d'ondulation de la tension  $u_c(t)$ . (2 points)

2.1.4.4 Reprendre la question 2.1.4.1 si la fréquence du signal  $V_e$  est 1kHz au lieu de 10kHz. Utiliser la page n°14 pour répondre. (1 point)

## 2.2 Etude d'un montage amplificateur à base de transistors (25 points)

Le but de cet exercice de caractériser l'amplificateur de tension suivant, dont la charge sera modélisée par une résistance de  $800\Omega$  :

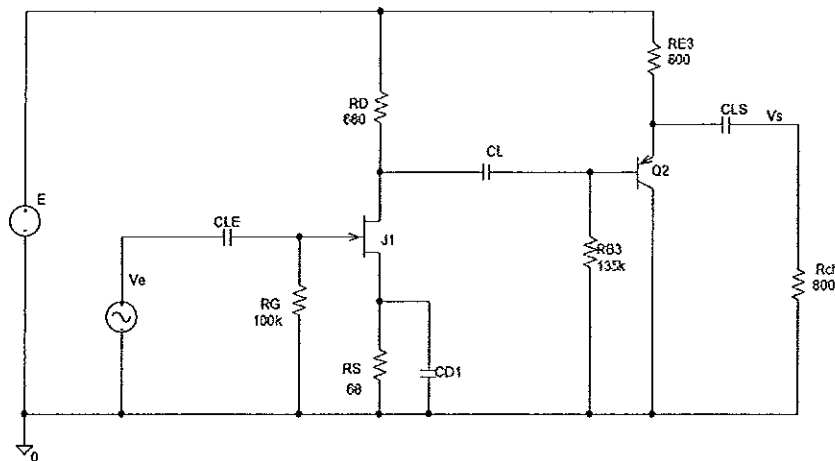


Figure 3

La source  $E$  est une alimentation continue dont la valeur vaut  $E=12V$ . La source  $V_e$  est un signal dynamique (avec une composante continue inconnue) qui modélise le signal d'entrée de ce système.

Les transistors  $J_1$  et  $Q_2$  ont les paramètres suivant :

$J_1 : V_P=3V, I_{DSS}=10mA$

$Q_2 : V_{EBS}=0,6V, \beta=200$

En dynamique,  $J_1$  sera représenté par un modèle à un paramètre ( $g_m$ ) et  $Q_2$  par un modèle à deux paramètres ( $h_{11}, h_{21}$ )

- 2.2.1 Rappeler le type du composant  $J_1$ , ainsi que le nom de ses 3 broches. (1 point)
- 2.2.2 Rappeler le type du composant  $Q_2$ , ainsi que le nom de ses 3 broches. (1 point)
- 2.2.3 Quel est le nombre d'étage de cet amplificateur ? (1 point)
- 2.2.4 Quel est le rôle du condensateur  $C_{1E}$  ? (1 point)
- 2.2.5 Quel est le rôle du condensateur  $C_{D1}$  ? (1 point)
- 2.2.6 Etude statique :
  - 2.2.6.1 Déterminer le point de repos statique de  $J_1$ , c'est-à-dire  $V_{GS1}$  et  $V_{DS1}$ . (3 points)
  - 2.2.6.2 En déduire son régime de fonctionnement. (1 point)
  - 2.2.6.3 Déterminer le point de repos statique de  $Q_2$ , c'est-à-dire  $I_{B2}$  et  $V_{CE2}$ . (2 points)
  - 2.2.6.4 En déduire son régime de fonctionnement. (1 point)
- 2.2.7 Etude dynamique :
  - 2.2.7.1 Réaliser le schéma dynamique équivalent au circuit de la figure 3, en passant l'ensemble des sources statiques. (2 points)
  - 2.2.7.2 Déterminer l'impédance d'entrée  $Z_e$  de cet amplificateur. (1 point)
  - 2.2.7.3 Déterminer l'impédance de sortie  $Z_s$  de cet amplificateur. (2 points)
  - 2.2.7.4 Déterminer le Gain en tension à vide  $A_{V0}$  de cet amplificateur. (2 points)
  - 2.2.7.5 Déterminer le gain en tension réel du montage en charge. (1 point)
  - 2.2.7.6 Calculer la valeur minimale de  $C_{1e}$  sachant que  $v_e$  est un signal de bande passante {300Hz-3.4kHz}. (2 points)
  - 2.2.7.7 Calculer la valeur minimale de  $C_{D1}$  sachant que  $v_e$  est un signal de bande passante {300Hz-3.4kHz}. (3 points)

### 3. Informatique industrielle (50 points)

#### 3.1 Programmation en langage C (11 points)

Soit le code C suivant :

```
int main()
{
    int i = 0;
    for (i = 1 ; i < 4 ; i++) {
        printf("%d ",i);
        if(i==3) printf("Soleil");
    }
    if(i==4) printf("brille\n");
    printf("\n");
    return 0;
}
```

- 3.1.1 Indiquer ce que la fonction écrit à l'écran. (3 points)
- 3.1.2 Dans la ligne « **int i = 0;** », que signifie le terme **int** ? (1 point)
- 3.1.3 Quel est le nombre de bit alloué une variable de type **int** ? (2 points)
- 3.1.4 En déduire la valeur numérique maximale possible pour une variable de type **int**. (2 points)
- 3.1.5 Dans la ligne « **printf("%d ",i)** », que signifie la chaîne **"%d"** ? (1 point)
- 3.1.6 Quelle est l'utilité de la ligne « **printf("\n");** » ? (1 point)
- 3.1.7 Quelle est le nom de la librairie à inclure dans les en-têtes de ce programme pour utiliser la commande **printf()** ? (1 point)

#### 3.2 Programmation en langage C (7 points)

Ecrire une fonction nommée « log2 » qui reçoit en paramètre une variable noté **val** de type **int**. Cette fonction renvoie :

- -1 si val est négatif,
- $n$  si val est positif, tel que  $2^n < val < 2^{n+1}$

#### 3.3 Codage (8 points)

- 3.3.1 Coder, en précisant toutes les étapes de calcul, en hexadécimale (base 16) le nombre décimal suivant : 154. (2 points)
- 3.3.2 Coder, en précisant toutes les étapes de calcul, en binaire (base 2) le nombre décimal suivant : 58. (2 points)
- 3.3.3 Lister les dix premiers nombres d'une base 4. (2 points)
- 3.3.4 Soit le nombre 122 codé en base 3. Donner, en justifiant, son écriture en base décimale (base 10) ? (2 points)

### 3.4 Processeurs & Contrôleurs (24 points)

- 3.4.1 Quelle est la principale différence entre un micro-processeur RISC et CISC ? (2 points)
- 3.4.2 Qu'appelle-t-on « mémoire cache » d'un processeur ? (2 points)
- 3.4.3 Expliquer le rôle d'une UART. (2 points)
- 3.4.4 Qu'est-ce qu'une ALU ? (2 points)
- 3.4.5 Donner le nom et le rôle des différents signaux du protocole RS232. (2 points)
  
- 3.4.6 On souhaite utiliser une ROM pour stocker les valeurs d'un signal particulier de durée  $T=1\text{ms}$ . Pour cela, on prendra une valeur codée sur 4 bits toutes les  $T_e=5\mu\text{s}$ .
  - 3.4.6.1 Combien de valeurs doit-on stocker en mémoire ? (1 point)
  - 3.4.6.2 Quelle doit être la capacité de la ROM en octet ? (1 point)
  - 3.4.6.3 En supposant que l'adresse du premier octet de mémoire utilisé pour stocker les valeurs est  $\$010$  et que l'ensemble des données sont stockées de manière successive dans la mémoire, déterminer l'adresse du dernier octet utilisé. (2 points)
  
- 3.4.7 Soit un DSP 8 bits utilisé au format « 3.5 »
  - 3.4.7.1 Que signifie DSP ? (1 point)
  - 3.4.7.2 Quelle est la spécification d'un processeur DSP par rapport à un processeur généraliste ? (1 point)
  - 3.4.7.3 Que signifie le terme « 3.5 » ? (2 points)
  - 3.4.7.4 Quelle est la précision maximale de ce format ? (2 points)
  - 3.4.7.5 Coder, en virgule flottante, au format 3.5 non signé, le nombre 1,25. (2 points)
  - 3.4.7.6 Coder, en virgule flottante, au format 3.5 signé, le nombre -1,25. (2 points)



## 4. Electronique linéaire et Automatique (20 points)

### 4.1 Modélisation d'un système électrique linéaire

Soit le système électrique linéaire représenté sur la figure 4:

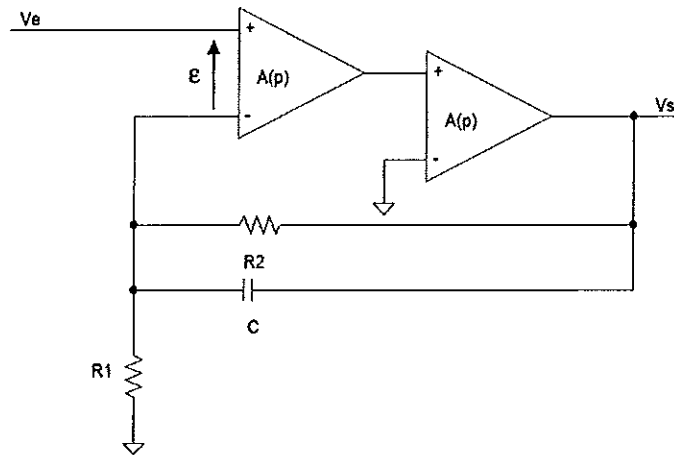


Figure 4

Les amplificateurs opérationnels (AO) seront assimilés à des systèmes du premier ordre avec un gain statique  $K_0=100\text{dB}$  et un pôle de constante de temps  $\tau=0.01\text{s}$ . De plus, on donne  $R_1=1\text{k}\Omega$ ,  $R_2=100\text{k}\Omega$  et  $C=10\text{pF}$ .

#### 4.1.1 Questions préliminaires

- 4.1.1.1 Que vaut le gain statique  $K_0$  d'un AO en boucle ouverte exprimé en valeur décimale ? (1 point)
- 4.1.1.2 Rappeler l'expression de la fonction de transfert  $A(p)$  d'un AO lorsqu'il est assimilé à un système du premier ordre et qu'il fonctionne en régime linéaire. (1 point)
- 4.1.1.3 Calculer le produit gain bande des AOs. (1 point)
- 4.1.1.4 Justifier le régime de fonctionnement (linéaire ou saturé) des deux AOs du montage de la figure 4. (1 point)

#### 4.1.2 Cas où $C=0$

- 4.1.2.1 Réaliser le schéma bloc équivalent au système de la figure 4. Utiliser la page n°15 pour répondre. (1 points)
- 4.1.2.2 En déduire l'expression de sa fonction de transfert en boucle ouverte FTBO(p). (1 point)
- 4.1.2.3 Tracer les diagrammes de Bode du gain et de la phase de FTBO. (1 point)
- 4.1.2.4 En déduire une valeur approchée de la marge de phase du système. (1 point)

#### 4.1.3 Cas où $C=10\text{pF}$

- 4.1.3.1 Réaliser le schéma bloc équivalent au système de la figure 4. Utiliser la page n°15 pour répondre. (3 points)
- 4.1.3.2 En déduire l'expression de sa fonction de transfert en boucle ouverte FTBO(p). (2 points)

- 4.1.3.3 Calculer l'ensemble des fréquences caractéristiques de cette fonction de transfert. (2 points)
- 4.1.3.4 Tracer le diagramme de Bode du gain et de la phase de FTBO. (2 points)
- 4.1.3.5 En déduire une valeur approchée de la marge de phase du système. (2 points)
- 4.1.3.6 Conclure sur le rôle de C. (1 point)

## 5. Electronique numérique (30 points)

### 5.1 Logique Combinatoire (8 point)

Soit l'équation logique suivante, où S, a, b, c, d sont des signaux binaires :

$$S = \bar{c}(ab\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{d}) + b\bar{d}(\bar{a}c + ac) + \bar{d}c\bar{a}\bar{b} + \bar{a}bcd$$

- 5.1.1 Dresser la table de Karnaugh de S. (2 points)
- 5.1.2 En utilisant la table précédente, donner l'expression la plus simplifiée de S. (2 points)
- 5.1.3 Tracer le schéma électrique de S simplifiée à l'aide uniquement de porte logique de type « inverseuse », « ET », « OU ». Utiliser la page n°15 pour répondre. (4 points)

### 5.2 Logique Séquentielle (14 points)

- 5.2.1 Rappeler le schéma et la table de vérité d'une bascule D. (2 points)
- 5.2.2 Donner le schéma d'un décompteur asynchrone 3 bits réalisé à l'aide de bascule D. (6 points)
- 5.2.3 Soit le schéma de la figure 6. Tracer l'évolution de signal S sur 13 périodes d'horloges. Utiliser le chronogramme de la page n°16 pour répondre. (6 points)

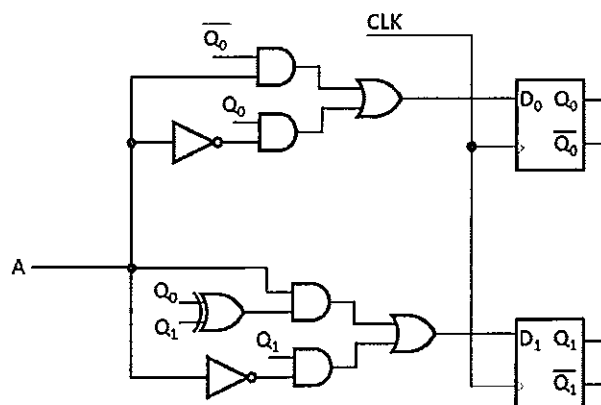


Figure 6

### 5.3 Conversion Analogique Numérique (8 points)

Un signal analogique audio de bande passante 24kHz est numérisé en utilisant un CAN de résolution 12 bits échantillonnée à la fréquence Fe.

- 5.3.1 Afin de respecter la condition de Shannon, quelle est la valeur minimale de Fe ? (2 points)
- 5.3.2 Dans ce cas, que vaut approximativement le rapport signal à bruit, exprimé en décibel, entre le signal numérique et le bruit de quantification du CAN ? (3 points)
- 5.3.3 Sur le graphique de la page 16, placer approximativement les familles de CAN suivantes : « CAN Flash », « CAN SAR », « CAN Sigma-Delta ». (3 points)

## **6. Mathématiques (10 points)**

6.1 Calculer l'intégrale suivante :  $\int_0^1 (3x - 5) dx$  (3 points)

6.2 Soit l'équation différentielle suivante :  $\dot{y} - 2y = e^t$ , d'inconnue  $y(t)$

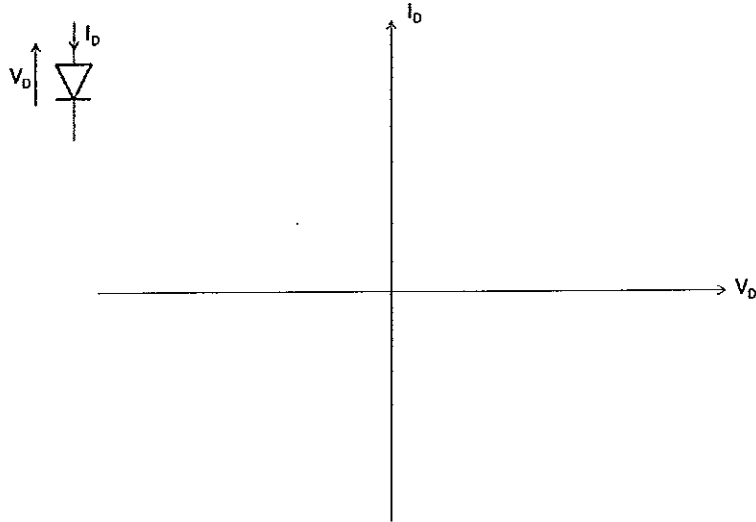
Une table des transformées de Laplace usuelles est disponibles en annexes.

- 6.2.1 Ecrire cette équation dans le domaine de Laplace en supposant toutes les conditions initiales nulles. (2 points)
- 6.2.2 Donner alors l'expression de  $Y(p)$ . (1 point)
- 6.2.3 Décomposer  $Y(p)$  en éléments simples. (2 points)
- 6.2.4 Par transformé de Laplace inverse, en déduire  $y(t)$ , solution de l'équation différentielle précédente. (2 points)

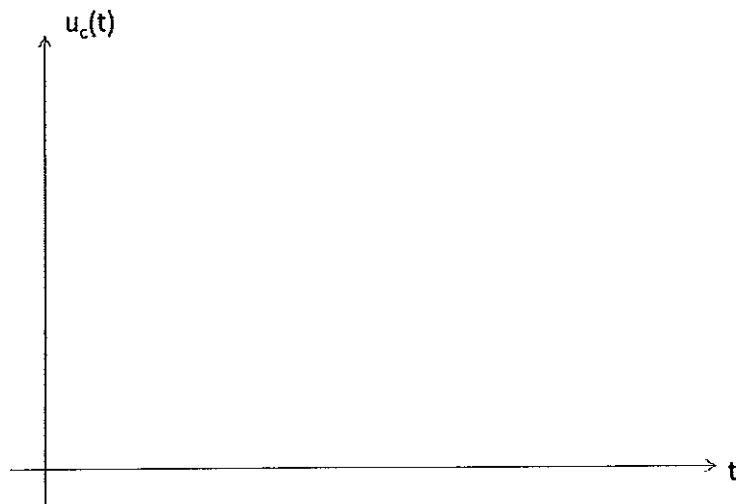
## Document réponse – 4 pages

- A rendre avec la copie de composition -

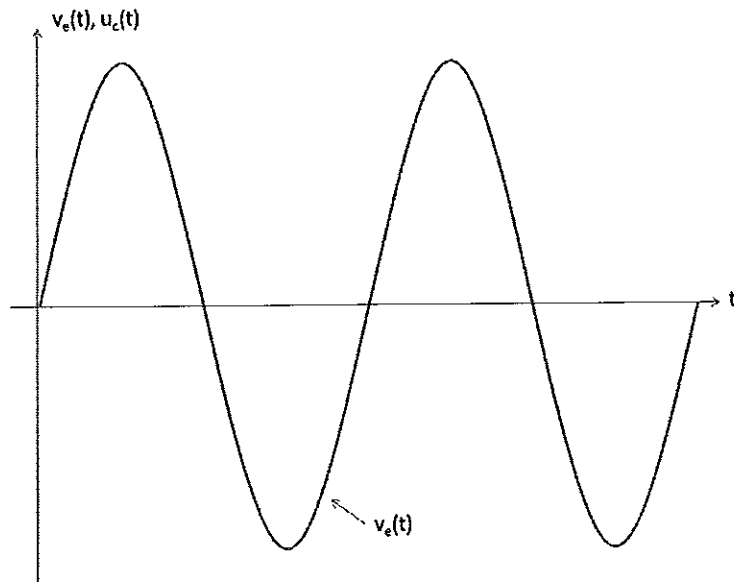
- Question 2.1.1.1



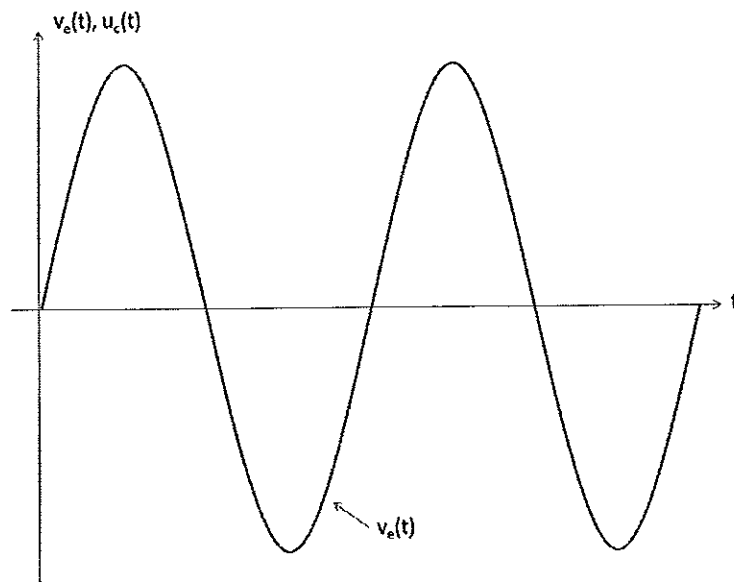
- Question 2.1.3.6



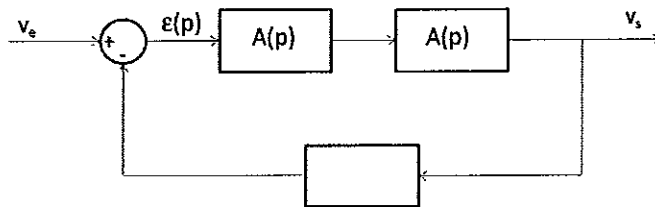
- Question 2.1.4.1



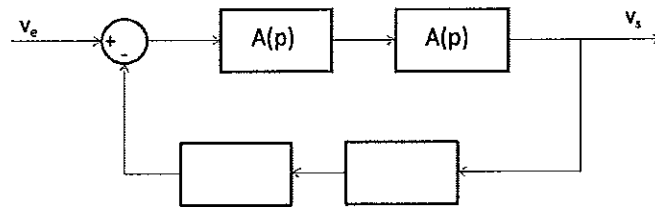
- Question 2.1.4.4



- Question 4.1.2.1



- Question 4.1.3.1

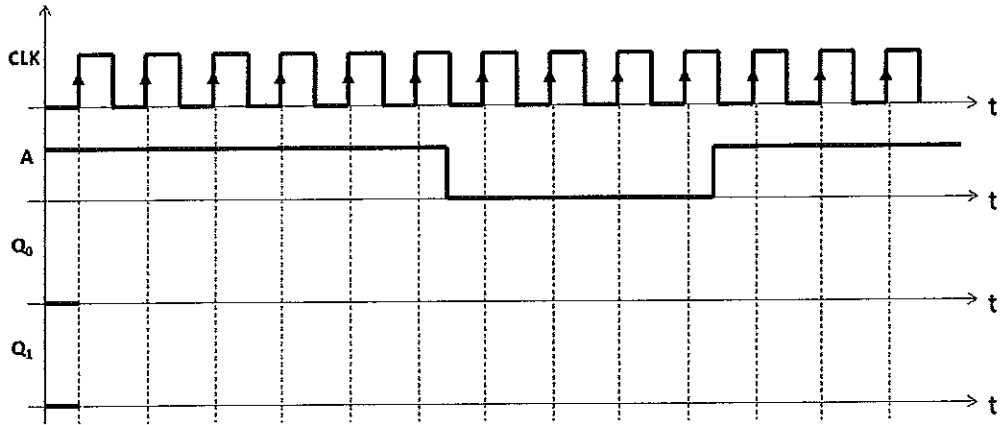


- Question 5.1.3

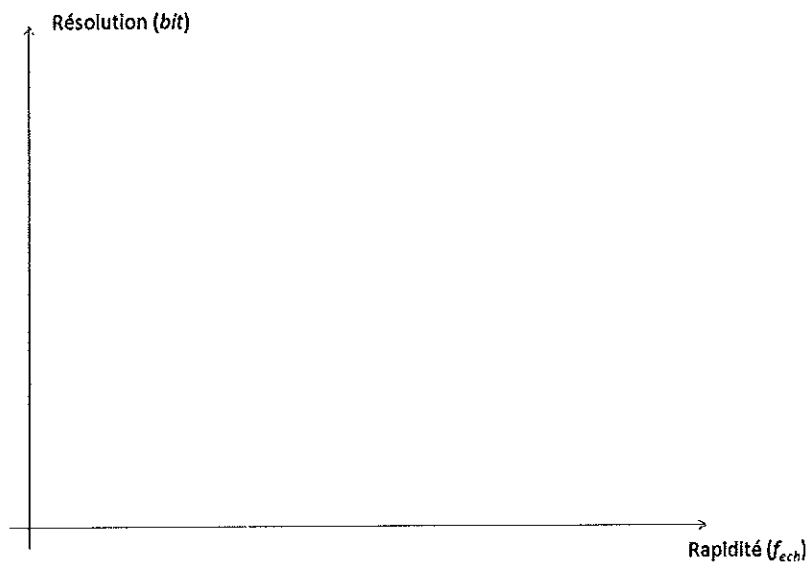
a	b	c	d

S = \_\_\_\_\_

- Question 5.2.3



- Question 5.3.3





## Annexes

F(p)	f(t) t > 0
1	Impulsion unitaire $\delta(t)$ de durée $t_0$ et d'amplitude $1/t_0$
l	Impulsion $\delta(t)$ de durée $t_0 \rightarrow 0$ , d'amplitude A et d'intensité $I = A \cdot t_0$
$e^{-\tau p}$	Impulsion unitaire retardée $\delta(t-\tau)$
$\frac{1}{p}$	Echelon unitaire $u(t)$
$\frac{E}{p}$	Echelon d'amplitude E. $u(t)$
$\frac{1}{p} e^{-\tau p}$	Echelon unitaire retardé $u(t-\tau)$
$\frac{1}{p} (1 - e^{-\tau p})$	Impulsion rectangulaire $u(t) - u(t-\tau)$
$\frac{1}{p+a}$	$e^{-at} \cdot u(t)$
$\frac{1}{1+\tau p}$	$\frac{e^{-\nu t}}{\tau} u(t)$
$\frac{1}{p^2}$	Rampe unité : $t \cdot u(t)$
$\frac{1}{p^n}$ n entier positif	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} u(t)$
$\frac{1}{p(p+a)}$	$\frac{1 - e^{-at}}{a} u(t)$
$\frac{1}{p(1+\tau p)}$	$(1 - e^{-\nu t}) \cdot u(t)$
$\frac{1}{(p+a)^2}$	$t \cdot e^{-at} \cdot u(t)$
$\frac{1}{(1+\tau p)^2}$	$\frac{t}{\tau^2} e^{-\nu t} \cdot u(t)$
$\frac{1}{(p+a)^n}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} \cdot e^{-at} \cdot u(t) \quad n \in \mathbb{N}^*$
$\frac{1}{(1+\tau p)^n}$	$\frac{1}{\tau^n (n-1)!} t^{n-1} \cdot e^{-\nu t} \cdot u(t) \quad n \in \mathbb{N}^*$