

Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

Lorsqu'une question comporte un résultat numérique à vérifier, ce résultat numérique doit être considéré comme "vrai" si l'égalité est vérifiée à $\pm 2\%$

ELECTRICITE GENERALE - SYSTEMES LINEAIRES

Question 1

Un opérateur électronique a deux entrées e_1 et e_2 , il réalise la fonction :

$$s = \alpha (e_1 - e_2) + \beta e_2^2 \quad \text{avec} \quad \alpha = \beta = 1V^{-1}$$

On se place dans le cas où $e_1 = a \cos(\omega_1 t)$ avec $a = 1V$ et $\omega_1 = 2\pi \cdot 10^2 \text{ rd/s}$, et $e_2 = b \cos(\omega_2 t)$ avec $b = 2V$ et $\omega_2 = 2\pi \cdot 10^3 \text{ rd/s}$.

(A) Le signal $s(t)$ peut être reconstitué par une combinaison linéaire de signaux de fréquence 0Hz, 900Hz, 1100Hz et 2000Hz.

(B) La composante continue de $s(t)$ vaut 2V.

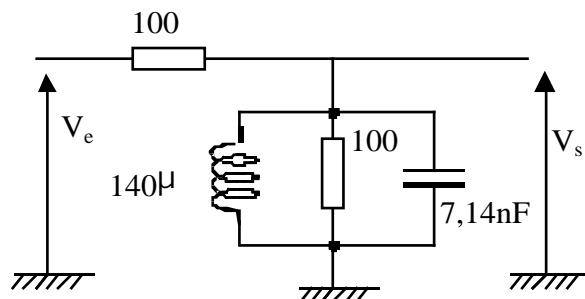
(C) La valeur efficace de $s(t)$ vaut 1,414V.

(D) La valeur moyenne de $s(t)$ est indépendante de e_1 .

(E) La valeur efficace de $s(t)$ ne dépend que de e_2 .

Question 2

On considère le circuit électrique ci-dessous :



(A) Ce système a pour fonction de transfert :

avec $\sigma = 0,7$; $H_0 = 0,5$; $\omega_0 = 10^6 \text{ rd/s}$.

$$\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = H_0 \frac{2 \frac{\sigma}{\omega_0} p}{1 + 2 \frac{\sigma}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

(B) Si $V_e = a \cos(\omega t)$, avec $a = 1V$ et $\omega = 10^6 \text{ rd/s}$, la puissance dissipée dans le circuit vaut $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Watt}$.

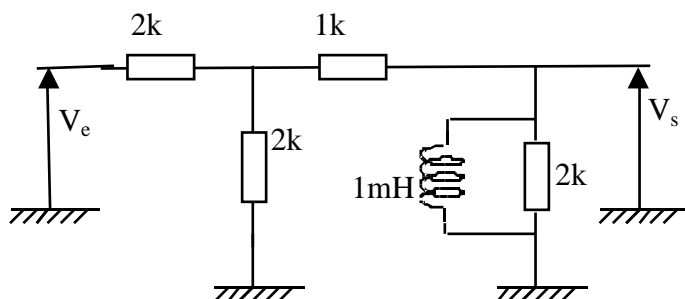
(C) La réponse à un échelon de tension fait apparaître des oscillations amorties.

(D) Si $V_e(t)$ a une pulsation différente de $\omega = 10^6 \text{ rd/s}$, $V_s(t)$ n'est plus sinusoïdale.

(E) Pour les pulsations $\omega \ll 10^6 \text{ rd/s}$ le module de la fonction de transfert présente une pente de +20dB par décade.

Question 3

On considère le circuit électrique ci-dessous. On note ω_c la pulsation de coupure à -3 dB de ce circuit.



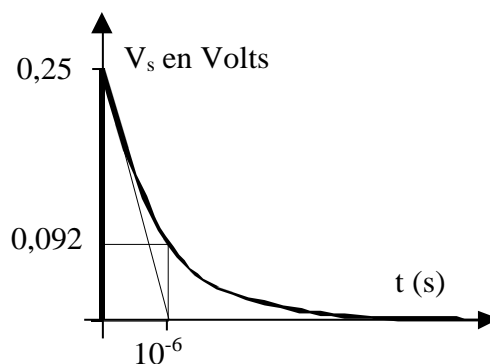
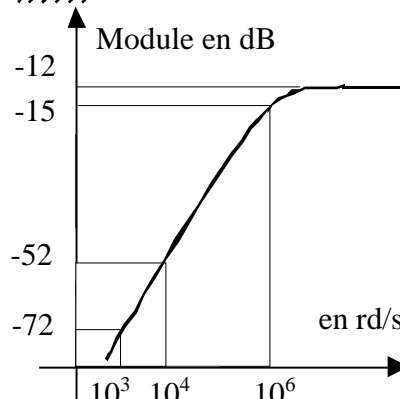
(A) Ce circuit est un passe bas du premier ordre de constante de temps $5.10^{-7} s$.

(B) Si $V_e(t)$ est un signal sinusoïdal de pulsation 10^6 rd/s, alors l'amplitude de $V_s(t)$ est atténuée de 15dB par rapport à celle de $V_e(t)$.

(C) Si $V_e(t)$ est un signal sinusoïdal de pulsation ω_c , alors $V_s(t)$ est un signal sinusoïdal en avance de $\frac{\pi}{4\omega_c}$ par rapport à $V_e(t)$.

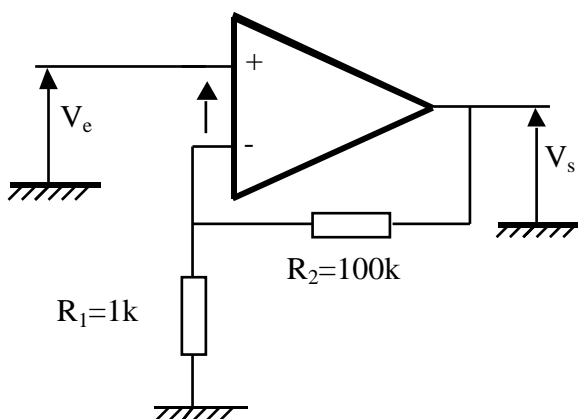
(D) Le diagramme de bode du gain ne peut en aucun cas avoir l'allure donnée ci-contre.

(E) Si $V_e(t)$ est un échelon de tension d'amplitude 1V se produisant à l'instant $t = 0s$, alors $V_s(t)$ à l'allure donnée ci-contre.



Question 4

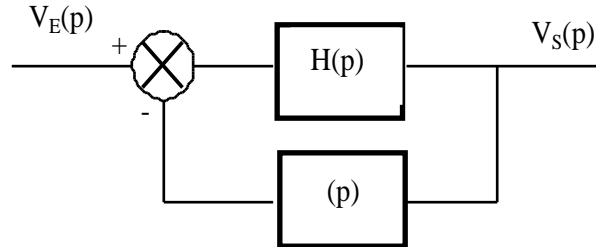
On étudie le système suivant :



On supposera que l'amplificateur opérationnel est idéal, hormis son coefficient d'amplification qui est donné par la relation :

$$\frac{V_s(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{A_0}{1 + \frac{p}{\omega_0}} \quad \text{avec } A_0 = 10^5 \text{ et } \omega_0 = 100 \text{ rd/s}$$

(A) Ce système peut être décrit par le schéma bloc suivant :



$$\text{avec } H(p) = \frac{10^5}{1 + \frac{p}{10^2}} \text{ et } \beta(p) = 10^{-2}$$

(B) Ce système est de type passe bas du deuxième ordre.

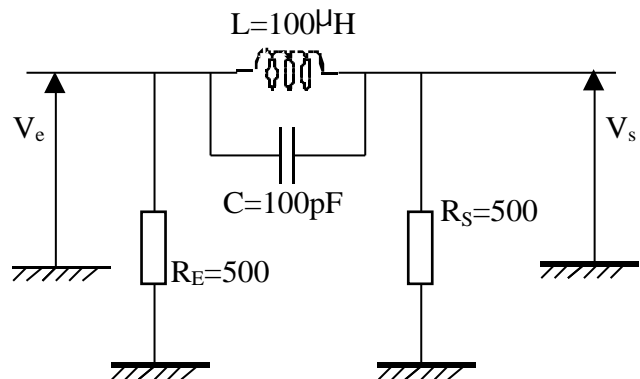
(C) La réponse $V_s(t)$ du système à un échelon de tension positif d'amplitude 10mV se produisant à l'instant $t = 10\mu\text{s}$, a pour transformée de Laplace : $V_s(p) = \frac{10^5 e^{-10^{-5}p}}{p(p + 10^5)}$

(D) La réponse $V_s(t)$ du système à un échelon de tension positif d'amplitude 10mV se produisant à l'instant $t = 0\text{s}$, vaut 0,9 V à l'instant $t = 2,3 \cdot 10^{-5}\text{s}$.

(E) Pour augmenter la bande passante du système on peut augmenter la valeur de son coefficient de réaction $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$.

Question 5

On considère le circuit électrique ci-contre :



(A) Ce système a pour fonction de transfert :

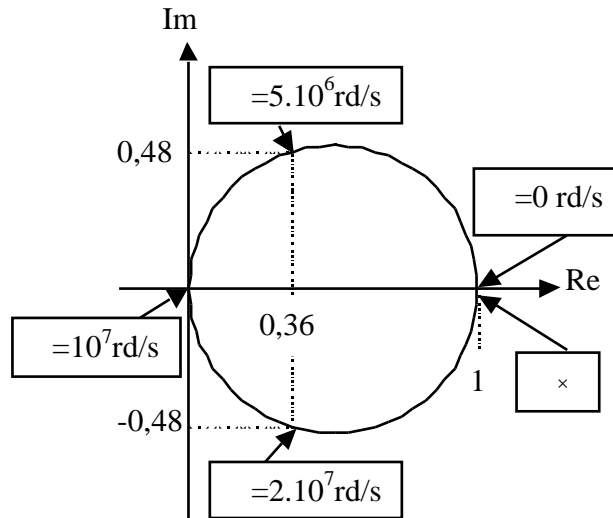
$$\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = H_0 \frac{1}{1 + 2 \frac{\sigma}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}} \quad \text{avec } \sigma = 1 ; H_0 = 1 ; \omega_0 = 10^7 \text{ rd/s.}$$

(B) Ce système a pour fonction de transfert :

$$\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = H_0 \frac{1 + \frac{p^2}{\omega_0^2}}{1 + 2 \frac{\sigma}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}} \text{ avec } \sigma = 1; H_0 = 1; \omega_0 = 10^7 \text{ rd/s.}$$

(C) Si $V_e = a \cos(\omega t)$ avec $a = 1V$ et $\omega = 10^7 \text{ rd/s}$, alors $V_s(t)$ est nulle.

(D) Le diagramme de Nyquist de $\frac{V_s(p)}{V_e(p)}$ ne peut en aucun cas avoir l'allure donnée sur la figure ci-dessous.



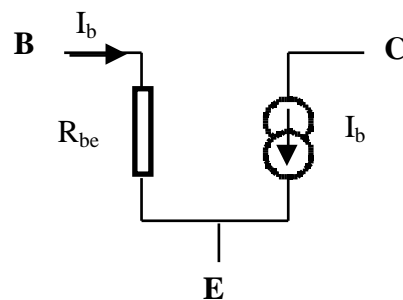
(E) Si $V_e = V_0 [1 + \cos(\omega t)] \cos(\omega_0 t)$ avec $\omega = 10^6 \text{ rd/s}$ et $\omega_0 = 10^7 \text{ rd/s}$, V_s ne contient que deux composantes sinusoïdales de pulsations 9.10^6 rd/s et $1,1.10^7 \text{ rd/s}$.

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

Pour des petites variations en basse fréquence autour d'un point de repos, on utilisera pour les transistors bipolaires le schéma équivalent ci-contre, où

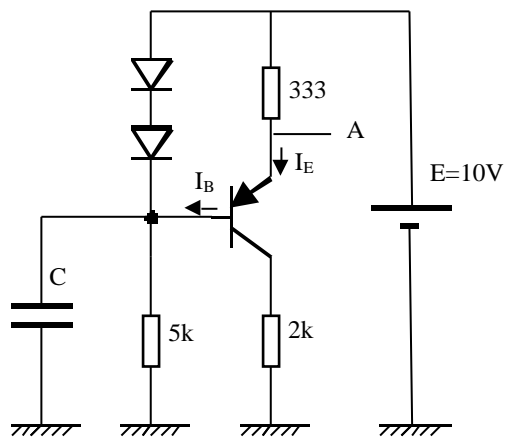
$$R_{be} = \frac{0,025}{I_{B0}}$$

est la résistance dynamique de la jonction base émetteur, et I_{B0} la valeur absolue du courant continu traversant la base du transistor.



Question 6

Soit le circuit électrique suivant :



On supposera que :

- En régime statique lorsque le transistor conduit la différence de potentiel émetteur base vaut $0,6\text{V}$;

- $V_{\text{CEsat}} = 0\text{V}$, $\beta = 100$;

- la différence de potentiel aux bornes d'une diode en direct vaut $0,6\text{V}$;

- La capacité C a une valeur infiniment grande.

(A) $I_E = 3,6\text{mA}$, $I_B = 36\mu\text{A}$.

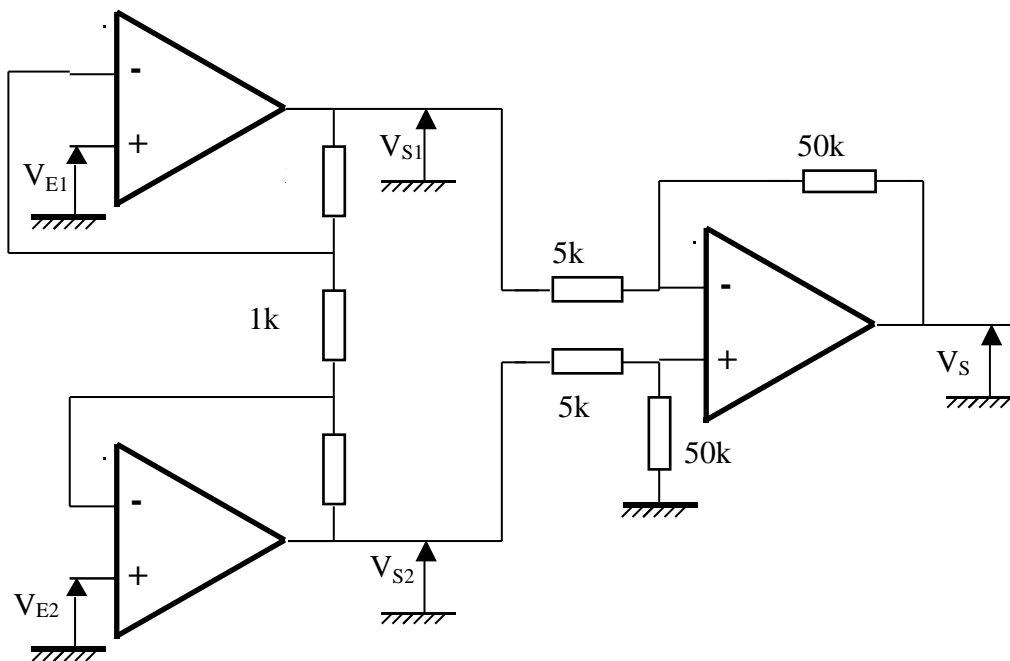
(B) La différence de potentiel entre émetteur et collecteur est égale à $5,8\text{V}$.

(C) Si la tension de l'alimentation $E = 4\text{V}$, alors le transistor est saturé.

(D) Si la tension de l'alimentation E est doublée, alors le courant circulant dans l'émetteur reste inchangé.

(E) L'impédance dynamique présentée par le montage entre le point A et la masse en régime de petits signaux est inférieure à 15Ω .

Question 7



On considère le circuit électrique représenté sur la figure ci-dessus. On supposera, sauf indication contraire que les amplificateurs opérationnels sont idéaux (amplification en tension et impédance d'entrée infinies, impédance de sortie nulle, excursion en tension entièrement définie par les tensions d'alimentation), et qu'ils sont alimentés entre -15V et $+15\text{V}$

(A) Si les amplificateurs opérationnels ne sont pas saturés, alors $V_{S1} - V_{S2} = 21 (V_{E1} - V_{E2})$.

(B) Si les amplificateurs opérationnels ne sont pas saturés, alors $V_S = 11 (V_{S2} - V_{S1})$.

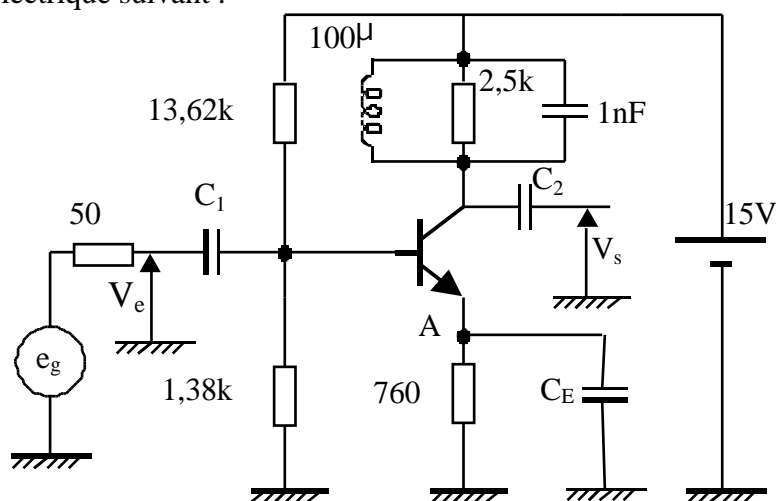
(C) Si $V_{E1} = 1\text{V}$ et $V_{E2} = 0\text{V}$, alors $V_S = -15\text{V}$.

(D) On considère pour cet item uniquement que les amplificateurs opérationnels ont une tension de décalage ramenée en entrée identique de valeur 2mV . Si $V_{E1} = 0\text{V}$ et $V_{E2} = 0\text{V}$, alors $V_{S1} = V_{S2}$.

(E) On considère pour cet item uniquement que les amplificateurs opérationnels ont une tension de décalage ramenée en entrée identique de valeur 2mV . Si $V_{E1} = 0\text{V}$ et $V_{E2} = 0\text{V}$, alors la valeur absolue de V_S vaut 22mV .

Question 8

Soit le circuit électrique suivant :



On supposera que:

- En régime statique lorsque le transistor conduit la différence de potentiel base émetteur vaut 0,6V,
- $V_{CEsat} = 0V$, $\beta = 100$,
- Les capacités C_1 , C_2 , et C_E ont une valeur infiniment grande.

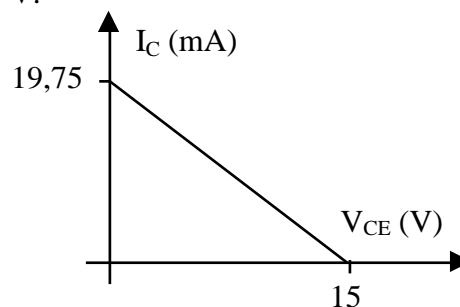
(A) Le courant continu de collecteur vaut 2mA.

(B) Si $V_e(t)$ est une tension sinusoïdale d'amplitude 2,5mV et de fréquence 500kHz, alors l'amplitude de $V_s(t)$ vaut 250mV.

(C) Le potentiel au niveau du collecteur vaut 12,5 V.

(D) La droite de charge statique est différente de celle représentée sur la figure ci-contre.

(E) Pour cet item uniquement on enlève la capacité C_E . L'impédance dynamique présentée par le montage entre le point A et la masse est inférieure à 50 Ω .



ELECTROMAGNETISME

Question 9

Un condensateur est formé par deux armatures métalliques de surface S séparées par un diélectrique. On maintient une charge constante Q sur les armatures et on néglige les effets de bord. Dans le cas où l'on utilise un diélectrique n°1 d'épaisseur e_1 et de permittivité ϵ_1 le condensateur présente une capacité de valeur C_1 , la différence de potentiel mesurée à ses bornes vaut V_1 , et l'énergie emmagasinée W_1 .

On rappelle les conditions aux limites sur le champ électrique à la surface de séparation entre un conducteur et un diélectrique :

$$E_T = 0, \quad E_N = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

et à la surface de séparation entre deux diélectriques :

$$E_{T1} = E_{T2}, \quad \epsilon_1 E_{N1} = \epsilon_2 E_{N2} \text{ si } \sigma_s = 0$$

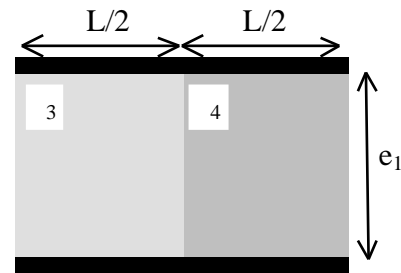
Dans ces expressions σ_s est la densité surfacique de charge, E_N la composante du champ électrostatique normale à la surface de séparation, et E_T sa composante tangentielle.

Pour tous les items on maintient la charge sur les armatures constante et égale à Q .

(A) Si on remplace le diélectrique n°1 par le diélectrique n°2 ($\epsilon_2=2\epsilon_1, e_2=e_1$), alors la d.d.p. aux bornes du nouveau condensateur devient : $V_2=2V_1$.

(B) Si on remplace le diélectrique n°1 par le diélectrique n°2 ($\epsilon_2=2\epsilon_1, e_2=e_1$), alors l'énergie emmagasinée dans le nouveau condensateur devient : $W_2=2W_1$.

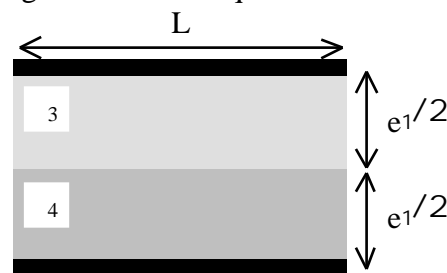
(C) On remplace le diélectrique n°1 par deux diélectriques n°3 ($\epsilon_3=4\epsilon_1, e_3=e_1$) et n°4 ($\epsilon_4=2\epsilon_1, e_4=e_1$) comme indiqué sur la figure ci-contre. La valeur de la capacité devient alors égale à $3C_1$.



Coupe transversale

(D) Dans les conditions de l'item précédent, la densité de charge n'est plus uniformément répartie sur les armatures métalliques, et la densité de charge en regard du diélectrique n°3 est deux fois plus grande que celle en regard du diélectrique n°4.

(E) On remplace le diélectrique n°1 par les deux diélectriques n°3 ($\epsilon_3=4\epsilon_1, e_3=e_1/2$) et n°4 ($\epsilon_4=2\epsilon_1, e_4=e_1/2$) comme indiqué sur la figure ci-contre. La valeur de la capacité devient alors $8C_1/3$.

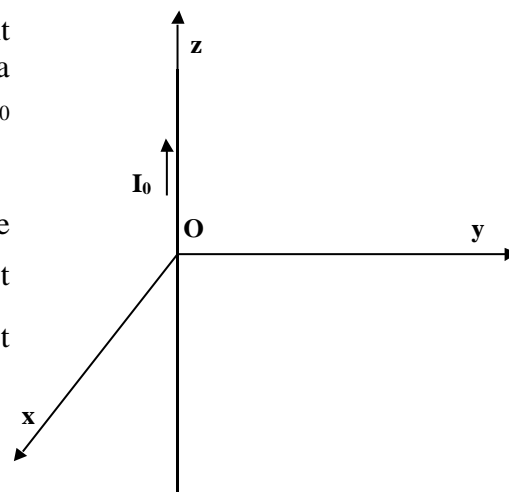


Coupe transversale

Question 10

Un fil conducteur infini conduisant un courant $I_0 = 1000A$ est situé sur l'axe des Z. La perméabilité magnétique du milieu vaut $\mu = \mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} S.I.$

(A) L'intensité du champ magnétique \vec{B} créé par le courant I_0 en un point P est donnée par l'expression : $|\vec{B}| = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi d}$, où d est la distance du point P à l'axe Z.



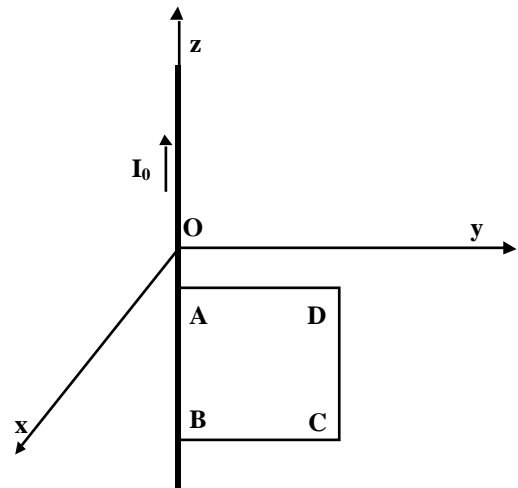
(B) Au point de coordonnées ($x = 1m, y = 1m, z = 1m$) les coordonnées cartésiennes du champ magnétique \vec{B} valent : $(-10^{-4} \text{ tesla}, +10^{-4} \text{ tesla}, 0)$.

(C) Un cadre métallique circulaire de rayon $r = 1m$, perpendiculaire à l'axe Z, se déplace à la vitesse de $1m/s$ dans la direction des Z. Le centre du cadre suit une trajectoire

confondue avec l'axe Z et est situé à l'instant $t = 0$ au point $(x = 0, y = 0, z = 0)$. La force électromotrice induite dans ce cadre a une valeur absolue inférieure à 1 mV.

(D) Un cadre métallique carré ABCD de 1m de côté se déplace dans le plan YOZ à la vitesse de 1m/s dans la direction OY. A l'instant initial le côté AB est sur l'axe Z et le côté CD est situé sur la droite $X=0 Y=1m$ (voir figure ci-contre). Le flux du champ magnétique B à travers le cadre vaut $1,386 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ en valeur absolue à l'instant $t = 1s$.

(E) Dans les conditions de l'item précédent, la force électromotrice induite dans le cadre vaut 10^{-4} V en valeur absolue à l'instant $t = 1s$.



LOGIQUE

Question 11

'.' représente le ET logique.

'v' représente le OU logique.

$S = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} \vee \bar{A}.B.\bar{C}.D \vee \bar{A}.\bar{B}.C.D \vee \bar{A}.B.C.\bar{D} \vee \bar{A}.B.C.D \vee A.B.C.D \vee A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D}$ On donne la fonction logique de 4 variables :

(A) Le tableau de KARNAUGH de cette fonction est :

(B)

S peut s'écrire :

L'équation logique suivante est équivalente à S :

$\bar{A}.(B \vee C) \vee (C \vee \bar{D}) \vee \bar{B}.\bar{C}.\bar{D} \vee B.C$ (D) On peut réaliser le circuit avec 3 portes ET à 3 entrées et 4 OR à 2 entrées.

(C)

(E) Si les combinaisons d'entrées ABCD = 1011 et 0100 n'apparaissent jamais en entrée lors de l'utilisation

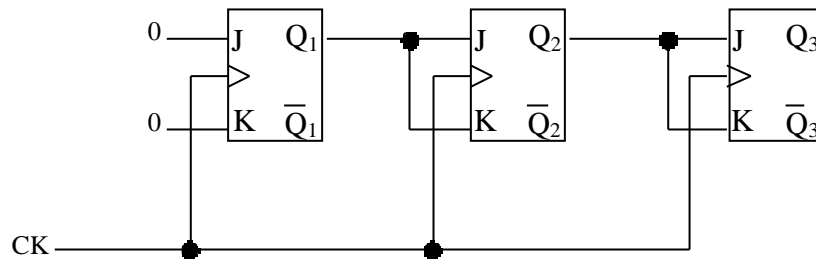
du circuit, l'équation de S est équivalente à :

$\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} \vee \bar{A}.B.(C \vee D) \vee C.D.(\bar{A} \vee B)$

$\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} \vee \bar{A}.B \vee C.D$

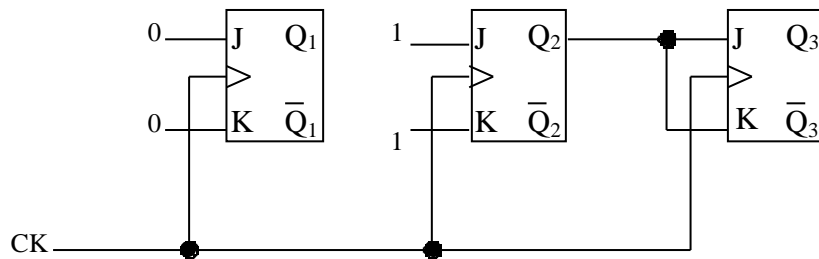
Question 12

Soit le compteur suivant synthétisé à l'aide de bascules JK sensibles au front montant du signal d'horloge CK. Les bascules sont initialisées telles que $Q_3Q_2Q_1 = 001$.



(A) La séquence de ce compteur obéit au chronogramme suivant :

(B) Le compteur aura le même comportement s'il est construit selon le schéma suivant :



(C) Si le compteur construit sur le schéma du (B) est initialisé à la valeur $Q_3Q_2Q_1=000$, la séquence de comptage sera 0, 2, 4, 6, 8 en binaire naturel.

(D) Les bascules 2 et 3 forment à elles seules un compteur 2 bits en binaire réfléchi.

(E) La même fonction de comptage peut être synthétisée uniquement au moyen de bascules D.

Question 13

Soit le schéma ci-contre, constitué de 2 portes OU.

(A) S_1 est le complément de S_2 si $E_1E_2 = 00$.

(B) Le circuit obéit au chronogramme suivant :

- (C) Ce circuit est synchrone.
- (D) Positionner les 2 entrées à 0 provoque un état indéterminé.
- (E) Le circuit est un montage de type « Maître/Esclave ».

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Question 14

Le convertisseur statique suivant est alimenté par une tension alternative de valeur efficace V et de fréquence $f=50$ Hz. L'angle d'amorçage des thyristors (angle par rapport à l'amorçage naturel) est α . Les composants sont idéaux.

$$v(t) = V\sqrt{2} \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$

- $\langle U_c \rangle = \frac{3 \cdot V \sqrt{6}}{\pi} \cdot \cos(\alpha)$
- (A) La tension moyenne sur la charge R_{ch} est :
 - (B) Le courant est mieux lissé à $f=100$ Hz.
 - (C) La tension aux bornes de R_{ch} diminue lorsque L_c augmente.
 - (D) Ce convertisseur est réversible en tension mais pas en courant.
 - (E) On considère pour cet item uniquement que le courant dans la charge est parfaitement lissé. Le courant $i_s(t)$ est alors de forme carrée à valeur moyenne nulle.

Question 15

On remplace dans le montage précédent la résistance R_{ch} par une machine à courant continu parfaitement compensée, câblée en excitation séparée.

- (A) L'ondulation résiduelle de tension diminue le rendement de la machine.
- (B) Si $\alpha > 90^\circ$, le sens de rotation de la machine s'inverse.

Dans les 3 items suivants, la machine entraîne une charge offrant un couple résistant constant de 20 N.m. L'induit de la machine sera modélisé comme la mise en série d'une résistance $r=0,3$ et d'une force électromotrice E . L'inductance interne est considérée comme nulle.

- (C) A 1500 tr/mn, le courant absorbé est de 20 A et la valeur moyenne de la tension U_c vaut 163 V.
- (D) Pour réduire la vitesse à 1000 tr/mn, il suffit de réduire d'un tiers la valeur moyenne de U_c .
- (E) Dans les conditions de (D), le courant absorbé par la machine vaut alors toujours 20 A.