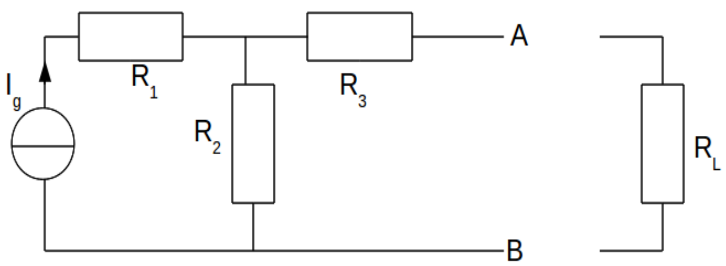
Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

Pour chaque question, indiquez sur le document-réponse si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses.
Lorsqu'une question comporte un résultat numérique à vérifier, ce résultat doit être considéré comme « vrai » si l'égalité est vérifiée à ±10%

ELECTRICITE GENERALE – SYSTEMES LINEAIRES

Question 1

Soit le circuit suivant :



On souhaite déterminer le générateur de Thévenin équivalent entre A et B.

(A) La résistance de Thévenin R_{TH} est égale à la résistance vue entre A et B lorsque $I_g = 0$.

(B) La tension de Thévenin, notée V_{TH}, est égale à la tension vue entre les points A et B lorsque la charge R_L est connectée au circuit.

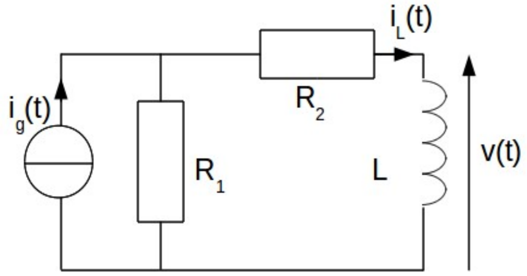
(C) $V_{TH} = R_2 . I_g$

(D) $R_{TH} = \frac{R_2 . R_3}{R_2 + R_3}$

(E) $V_{TH} = R_{TH} . I_g$

Question 2

On considère le montage suivant :



(A) La source de courant $i_g(t)$ en parallèle avec la résistance R_1 peut être remplacée par une source de tension $e_g(t) = R_1.i_g(t)$ en série avec la résistance R_1.

(B) La tension v(t) et le courant $i_g(t)$ sont reliées par l'équation différentielle :

$$R_1.\frac{di_g}{dt}=(R_1+R_2).v+L.\frac{dv}{dt}$$

Dans la suite, le courant $i_g(t)$ est un échelon qui passe de 0 à I_O à t=0.
Les conditions initiales sont les suivantes : A $t = 0^-$, $i_L(0^-)=0$ et $v(0^-)=0$.

(C) A $t=0^+$, la bobine se comporte comme un court-circuit et $v(0^+) = 0$.

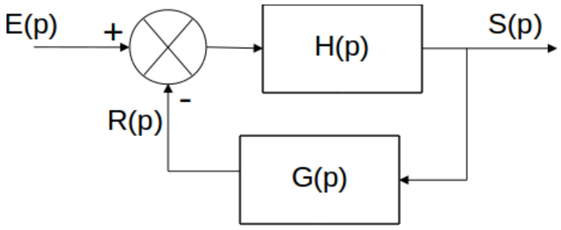
(D) Quand t tend vers l'infini, la bobine se comporte comme un court-circuit et v tend vers 0.

(E) Pour t>0, le courant $i_L(t)$ est de la forme :

$$i_L(t)=\frac{R_1}{R_1+R_2}.I_0.\left(1-e^{\frac{-(R_1+R_2).t}{L}}\right)$$

Question 3

On considère le système bouclé suivant :



E(p), S(p) et R(p) représentent les transformées de Laplace respectives de e(t), s(t) et r(t).

H(p) et G(p) sont données ci-dessous, où $T_2 > T_1 > 0$.

$$H(p) = \frac{K}{1+T_1.p} \qquad G(p) = \frac{1}{1+T_2.p}$$

A) La chaine de retour G(p) correspond à l'équation différentielle :

$$s(t) = r(t) + T_2 . \frac{dr}{dt}$$

B) La fonction de transfert du système en boucle fermée $H_{BF}(p)$ est donnée par :

$$\frac{S(p)}{E(p)} = \frac{K}{1+K+(T_1+T_2).p+T_1.T_2.p^2}$$

C) L'amplification statique en boucle fermée vaut $\frac{K}{1+K}$.

On note ω_0 la pulsation propre de la boucle fermée.

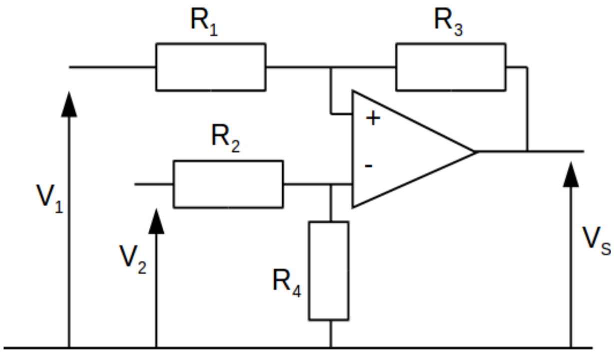
D) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{T_1 . T_2}}$

E) Le système en boucle fermée est stable si et seulement si K est positif.

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

Question 4

Dans le montage suivant, l'amplificateur opérationnel est considéré idéal, il est alimenté entre + 15 V et - 15 V, ses impédances d'entrée sont infinies, sa tension de déchet est nulle et il peut fonctionner en régime linéaire ou saturé.



$R_1 = 10\ k\Omega$, $R_2 = 10\ k\Omega$, $R_3 = 10\ k\Omega$, $R_4 = 10\ k\Omega$

(A) $V_S = V_1 - V_2$

(B) Si $V_1 = 0V$ et $V_2 = 20V$, alors V_s ne peut valoir que - 15 V.

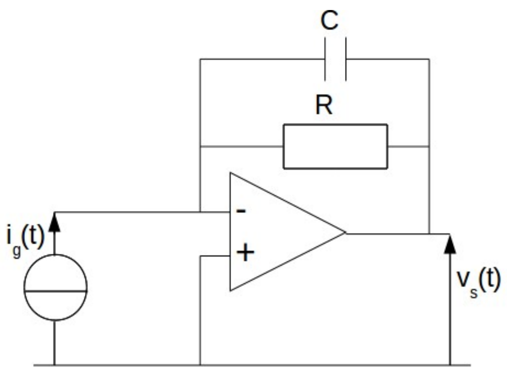
(C) Si $V_1 = -10V$ et $V_2 = -10V$, alors V_S ne peut valoir que - 15 V.

(D) Si $V_1 = 5V$ et $V_2 = 10V$, alors V_S ne peut valoir que + 15 V.

(E) L'impédance d'entrée sur l'entrée V_2 vaut 10 kΩ.

Question 5

Dans le montage suivant, l'amplificateur opérationnel est considéré idéal, il est alimenté entre + 15 V et - 15 V, ses impédances d'entrée sont infinies et il fonctionne en régime linéaire non saturé.



(A) Si $i_g(t)$ est un courant continu de valeur I_0, alors $v_s(t) = -R.I_0$

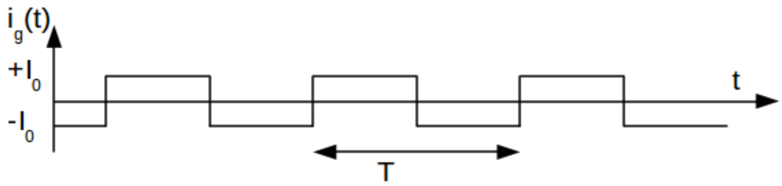
(B) En régime sinusoïdal :

$$\frac{V_s(j\omega)}{I_g(j\omega)} = -\frac{1+jRC\omega}{jC\omega}$$

(C) En régime sinusoïdal :

$$\lim_{\omega \to \infty} \| V_s(j\omega) \| = 0$$

On prend désormais R infiniment grande.
Le courant $i_g(t)$, représenté ci-dessous, est un signal carré de période T et de valeurs extrêmes $-I_0$, $+I_0$:

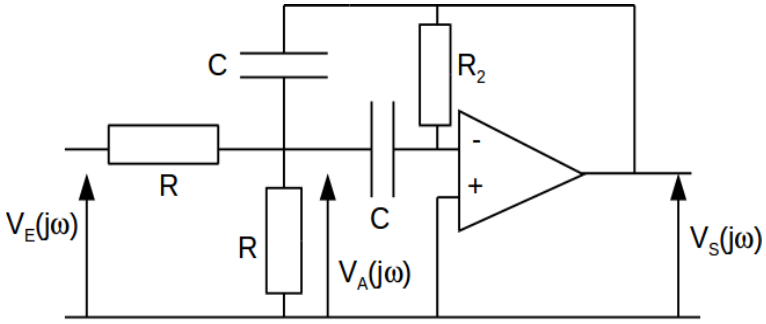


(D) Le signal $v_S(t)$ est de forme triangulaire et de période T.

(E) La valeur absolue de la pente de $v_S(t)$ est égale à $\frac{I_0}{C}$

Question 6

Dans le montage suivant, l'amplificateur opérationnel est considéré parfait, il est alimenté entre + 15 V et - 15 V, ses impédances d'entrée sont infinies.



(A) Les tensions $V_E(j\omega)$, $V_A(j\omega)$ et $V_S(j\omega)$ sont reliées par :

$$2.V_A(j\omega)(1+j\omega RC) = V_E(j\omega)+V_S(j\omega).jRC\omega$$

(B) La fonction de transfert $H(j\omega) = \dfrac{V_S(j\omega)}{V_E(j\omega)}$ réalisée est de type passe-bande d'ordre 2.

(C) Le coefficient d'amortissement m de la fonction de transfert $H(j\omega) = \dfrac{V_S(j\omega)}{V_E(j\omega)}$ s'exprime :

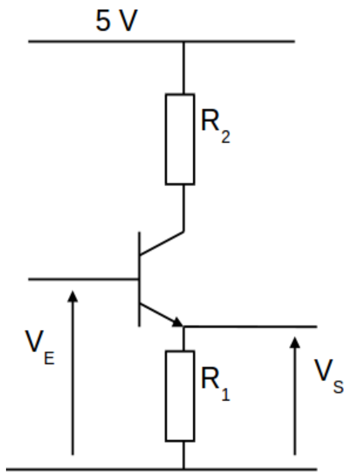
$$m = \frac{R+R_2}{\sqrt{2.R.R_2}}$$

(D) A la pulsation propre ω_0, le signal d'entrée V_E et le signal de sortie V_S sont en phase et $V_S=\dfrac{R_2}{2.(R+R_2)}V_E$.

(E) Pour les pulsations très grandes devant ω_0, le diagramme de Bode asymptotique en gain a une pente de - 20dB/decade et passe à 0 dB pour la pulsation $\omega = \dfrac{1}{R.C}$.

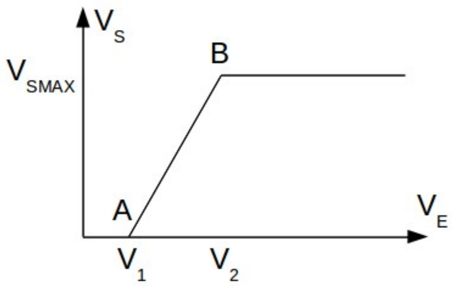
Question 7

Soit le circuit suivant :



On suppose que $V_{CEsat} = 0$ et que $V_{BE} = 0{,}7$ V à l'état passant.

On donne la courbe $V_S = f(V_E)$:



(A) $V_1 = 0{,}7$ V

(B) La pente entre A et B est égale à $\dfrac{R_1}{R_1 + R_2}$

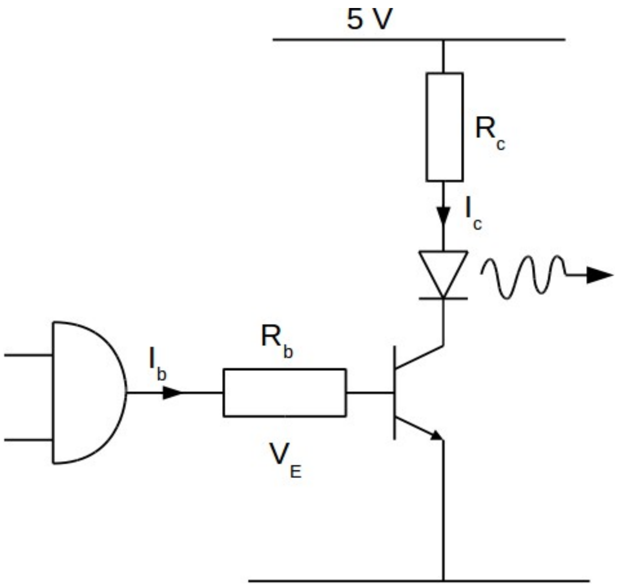
(C) $V_{SMAX} = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} 5$

(D) $V_2 - V_1 = V_{SMAX}$

(E) Lorsque $V_E > V_2$, le courant dans la résistance R_2 est nul.

Question 8

On souhaite commander l'allumage d'une diode électroluminescente (LED) à l'aide d'une porte CMOS alimentée en 3,3 V :



Le gain du transistor bipolaire β est égal à 150.
La tension base émetteur V_{BE} du transistor est égale à 0,7 V à l'état passant.
Lorsque le transistor est saturé, la tension collecteur émetteur V_{CEsat} est égale à 1 V.
La tension de sortie de la porte CMOS vaut 0 V à l'état bas, et 3,3 V à l'état haut.
La diode électroluminescente a une tension seuil V_{LED} égale à 0,7 V à l'état passant.

(A) Lorsque la porte est à l'état haut, le courant de base I_b est donné par :

$$I_b = \frac{2,6}{R_b}$$

(B) Lorsque la porte est à l'état bas, la LED est allumée.

(C) Lorsque la porte est à l'état bas :

$$I_b = -\frac{0,7}{R_b}$$

(D) Lorsque le transistor est saturé :

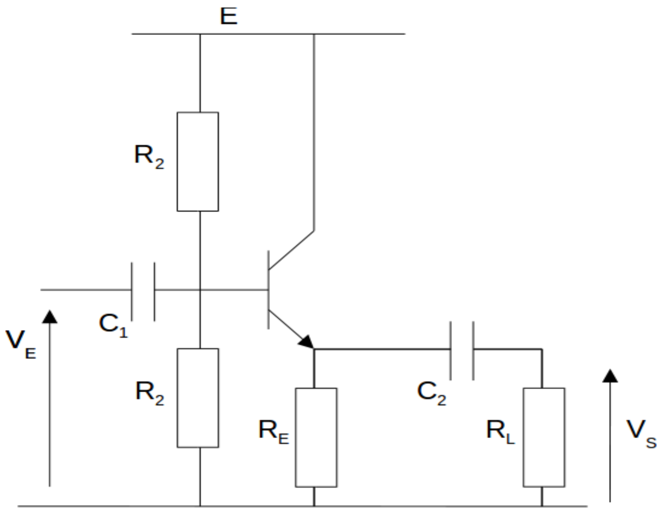
$$I_c = \frac{3,3}{R_c}$$

(E) On souhaite que le transistor soit saturé lorsque la porte est à l'état haut. Cela est réalisé si et seulement si :

$$R_b > \frac{2,6\,.\beta.R_c}{3,3}$$

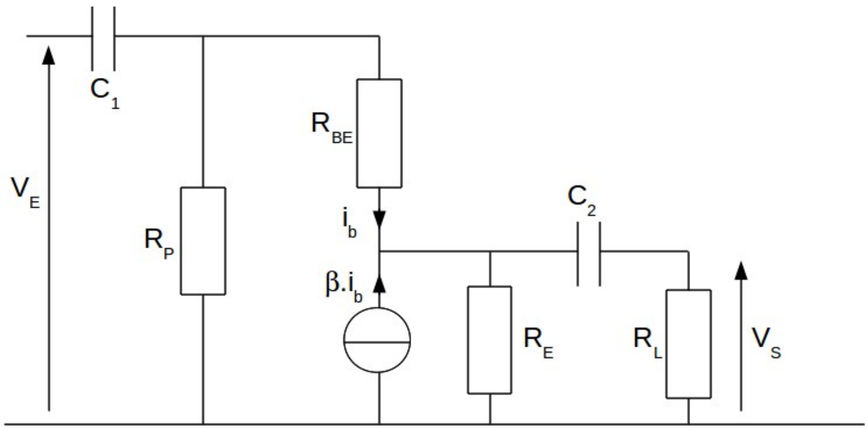
Question 9

On étudie l'amplificateur petit signal suivant :



On suppose que les condensateurs C_1 et C_2 sont des condensateurs de liaison parfaits

(A) Le schéma équivalent petit signal est représenté ci-dessous, avec R_P résistance équivalente qui dépend de R_1 et de R_2 :



(B) Si R_L tend vers l'infini, alors :

$$\frac{V_S}{V_E}=\frac{1}{1+\frac{R_{BE}}{(\beta+1)R_E}}$$

(C) Un montage de ce type, avec les valeurs usuelles est appelé « montage suiveur ».

(D) $R_P = R_1 + R_2$

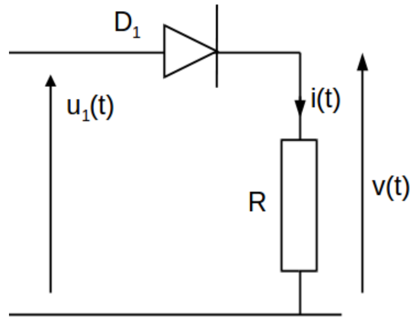
(E) Le gain pour $R_L = \infty$ est de valeur deux fois plus élevée que le gain pour $R_L = R_E$

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Les interrupteurs et les diodes sont considérés parfaits et sans seuil.

Question 10

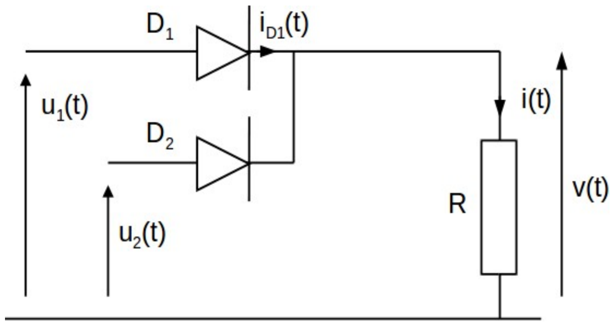
On étudie le montage suivant :



La tension u_1 est de la forme $u_1(t) = 100+230.\sqrt{2}.\sin(2.\pi.f_0.t)$ avec $f_0 = 50$ Hz

(A) La diode D_1 conduit la moitié du temps.

On s'intéresse maintenant au montage suivant :



La tension u_1 est continue et vaut 100 V.
La tension u_2 est de la forme $u_2(t) = 100+230.\sqrt{2}.\sin(\omega.t)$
La résistance R est égale à 1 kΩ.

(B) Le courant i(t) est nul la moitié du temps.

(C) La valeur moyenne de v(t) vaut :

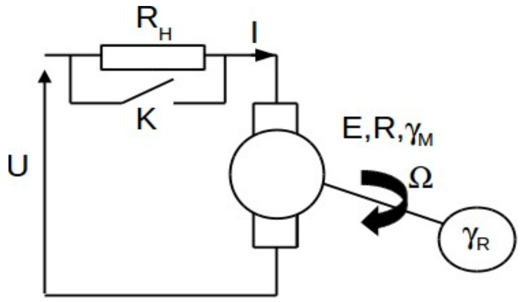
$$<V>=100+\frac{230}{2\sqrt{2}}$$

(D) La valeur moyenne de $i_{D1}(t)$ vaut 50 mA.

(E) La valeur efficace de $i_{D1}(t)$ est $I_{D1eff}=\frac{100}{\sqrt{2}}$ mA.

Question 11

Le montage étudié est représenté ci-dessous.



Le moteur à courant continu à excitation séparée présente les caractéristiques suivantes :

Résistance d'induit $R = 2\ \Omega$,
Tension nominale $E' = 200$ V,
Courant nominal $I' = 10$ A,
Vitesse nominale $N' = 1500$ tours/minute.

Le moteur entraîne une charge de moment de couple γ_R.

Le rhéostat de démarrage R_H est court-circuité en fonctionnement nominal (interrupteur K fermé sur le montage ci dessous).

(A) En fonctionnement nominal, la tension d'alimentation U est continue et vaut 220 V.

(B) En fonctionnement nominal, le couple moteur γ_M vaut 1,33 N.m.

Au démarrage, le moteur est arrêté, le courant I ne doit pas dépasser 4 fois le courant nominal. Le rhéostat de démarrage est inséré (l'interrupteur K est ouvert).

(C) Un rhéostat de démarrage R_H de 0,5 Ω est suffisant.

(D) Au démarrage, la puissance fournie par l'alimentation P vaut 8,8 kW.

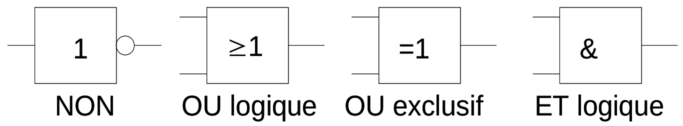
On souhaite régler la vitesse du moteur à 750 tours/minutes, sans changer le couple moteur. Pour cela, une résistance R_2 est insérée en série, le rhéostat de démarrage R_H est court-circuité.

(E) $R_2 = 10\ \Omega$.

ELECTRONIQUE NUMERIQUE

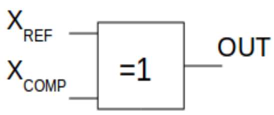
. représente le ET logique
+ représente le OU logique
⊕ représente le OU exclusif

Les symboles logiques sont les suivants :



Question 12

On considère le montage suivant :



(A) Si X_{COMP} est toujours à l'état haut, alors OUT = X_{REF} .

Dans la suite, X_{REF} et X_{COMP} sont des créneaux périodiques de fréquence identique et de rapport cyclique 1/2.

(B) Dans le cas où X_{REF} et X_{COMP} sont en phase, la tension OUT est nulle.

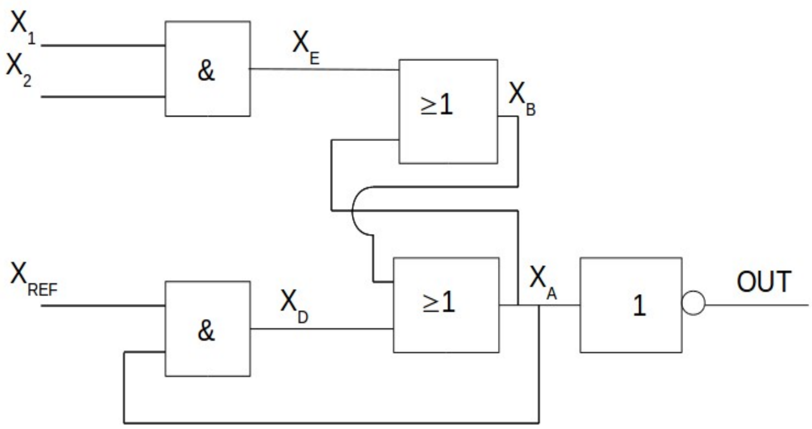
(C) Dans le cas où X_{REF} et X_{COMP} sont déphasés de $\pi/2$, la tension OUT a un rapport cyclique de 50% et est la même fréquence que X_{REF} et X_{COMP}.

(D) Dans le cas où X_{REF} et X_{COMP} sont déphasés de $\pi/2$, la valeur moyenne de la tension OUT vaut 2,5 V.

(E) Un filtre passe-bas suffit pour obtenir la valeur moyenne de la tension OUT.

Question 13

On considère le montage suivant :



X_{REF}, X_1 et X_2 sont des signaux créneau périodique de fréquence identique.

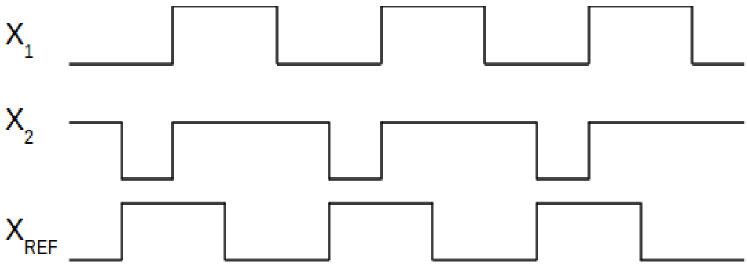
(A) $X_A = \overline{OUT}$

On s'intéresse au cas où $X_{REF} = 0$ et X_1 et X_2 sont deux créneaux identiques en phase, de rapport cyclique 50%.

(B) $X_D = 0$ et $X_B = X_1$

(C) $OUT = X_1$

On s'intéresse désormais au cas où les entrées sont les suivantes :



(D) X_E est un créneau périodique de rapport cyclique 50% et de même fréquence que X_1.

(E) $OUT = X_2$

ELECTROMAGNETISME

Question 14

Soit un potentiel électrique donné par :

$$V(x,y,z) = x^2.y + \sin(z)$$

On rappelle la définition du Laplacien et de la divergence :

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$$

$$\mathrm{div}(\vec{A}) = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

(A) Le Laplacien de V est tel que $\Delta V = 0$ pour tout {x, y, z}

(B) En tout point du plan yOz, $\overrightarrow{\mathrm{grad}}(V)$ est parallèle à l'axe Oz.

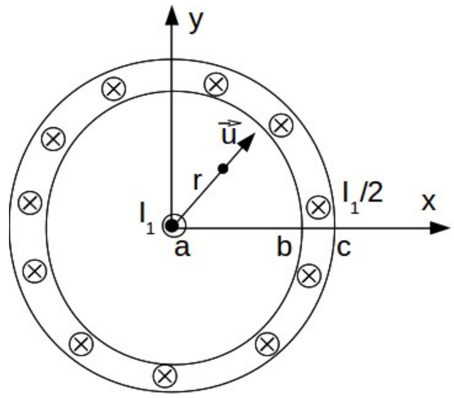
(C) La composante sur Oz de $\overrightarrow{\mathrm{grad}}(V)$ est indépendante de x.

(D) $\Delta V = \mathrm{div}(\overrightarrow{\mathrm{grad}}(V))$

(E) Pour toute courbe fermée C, $\oint_C \overrightarrow{\mathrm{grad}}(V)\,\vec{dl} = 0$

Question 15

Soient deux conducteurs cylindriques, infinis selon Oz, et parcourus par le courant I_1, pour le conducteur interne, et – $I_1/2$ pour le conducteur externe. Le conducteur interne est de rayon a, et le conducteur externe est un tube métallique « plein » entre b et c. L'espace entre a et b est vide :



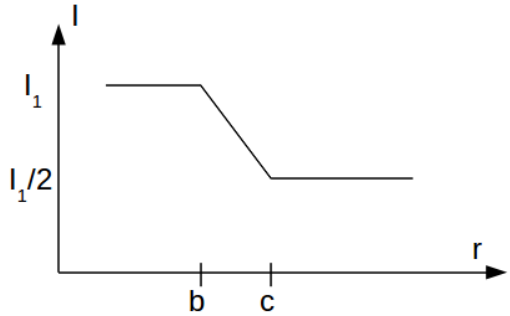
On s'intéresse aux propriétés de l'induction magnétique B(r).

(A) La structure ayant Oz comme axe de symétrie, $\vec{B}(\vec{r}) // \vec{u}$

(B) Pour r ∈ [a ; b], $B(r) = \frac{\mu_0 . I_1}{2.\pi . r}$

(C) Pour r ∈ [c ; ∞[, $B(r) = \frac{\mu_0 . I_1}{4.\pi . r^2}$

(D) Pour r ∈ [b ; c], le « courant enlacé » au sens du théorème d'Ampère est donné par :



(E) $B(c) = \frac{\mu_0 . I_1}{4.\pi . c}$