

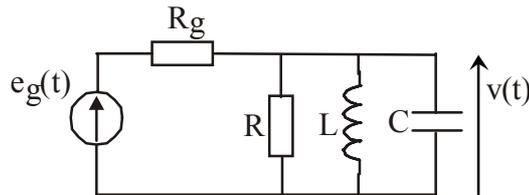
Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

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

ELECTRICITE GENERALE – SYSTEMES LINEAIRES

Question 1

Soit le schéma suivant :



$$e_g(t) = E_g \cdot \sin(\omega_g \cdot t)$$

L'amplitude E_g est constante. Ce montage n'est étudié qu'en régime permanent.

(A) L'amplitude maximale de la tension $v(t)$ est obtenue pour $\omega_g = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ et vaut

$$E_g \frac{R_g}{R_g + R}.$$

(B) Le diagramme asymptotique de Bode du gain de la fonction de transfert $\frac{\bar{V}(j\omega)}{\bar{E}_g(j\omega)}$

possède une asymptote de pente -40 dB/décade.

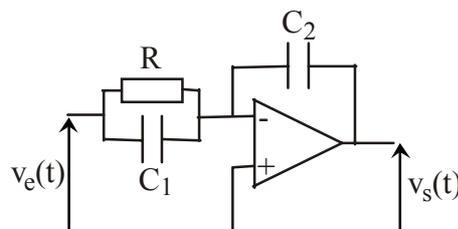
(C) La bande passante à -3 dB est d'autant plus faible que la résistance R est grande.

(D) A la pulsation $\omega_g = \frac{2}{\sqrt{L \cdot C}}$, la tension $v(t)$ est en avance par rapport à la tension $e_g(t)$.

(E) La forme du diagramme de Bode du gain dépend de la résistance R_g .

Question 2

Soit le montage suivant :



$$R = 79,6 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 1 \text{ nF}$$

$$C_2 = 1,41 \text{ nF}$$

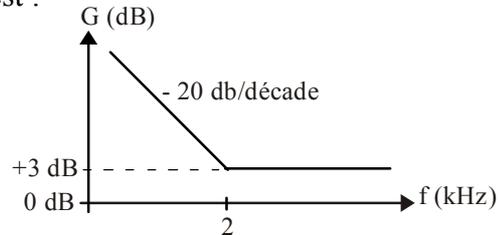
L'amplificateur opérationnel est supposé parfait.

(A) L'équation différentielle liant la tension de sortie et la tension d'entrée est :

$$R.C_2 \cdot \frac{dv_s(t)}{dt} = -v_e - R.C_1 \cdot \frac{dv_e(t)}{dt}$$

(B) La tension d'entrée est un échelon d'amplitude V_0 . La tension de sortie en régime permanent est alors égale à $-V_0 \cdot \frac{C_1}{C_2}$

(C) Le diagramme asymptotique de Bode du gain est :



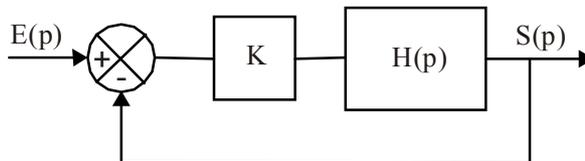
(D) La tension d'entrée est un signal sinusoïdal d'amplitude 2 V et de fréquence 2 kHz. La tension de sortie en régime permanent est alors un signal sinusoïdal d'amplitude 2V et de fréquence 2 kHz.

(E) Le signal d'entrée est $v_e(t) = 2 \cdot \sin(4 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)$. On peut alors écrire :

$$v_s(t) = 2 \cdot \sin(4 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)$$

Question 3

Soit le système bouclé suivant :



$$\text{On a } H(p) = \frac{1}{\frac{p}{20} \left(1 + \frac{p}{10}\right)^2}$$

(A) Le diagramme asymptotique de Bode du gain de la fonction de transfert $H(p)$ présente deux pulsations de cassure : 10 rd.s^{-1} et 20 rd.s^{-1} .

(B) Le gain de la fonction de transfert $H(p)$ est égal à 0 dB à la pulsation 20 rd.s^{-1} .

(C) Avec $K=1,2$ ce système bouclé est instable.

Pour les deux items suivants, on prend $K = 0,1$.

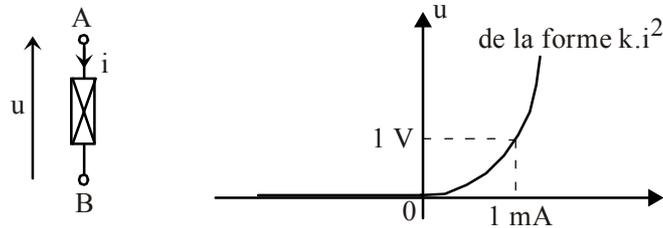
(D) Pour une tension d'entrée constante égale à 1 V, la tension de sortie en régime permanent est égale à 0,666 V.

(E) Le gain statique de la fonction de transfert en boucle fermée $\frac{S(p)}{E(p)}$ est égal à 0 dB.

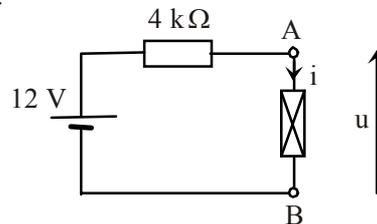
ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

Question 4

On considère le dipôle AB dont la caractéristique est la suivante :

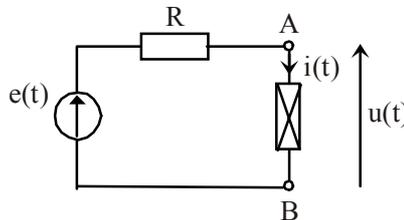


(A) Ce dipôle est utilisé de la façon suivante :



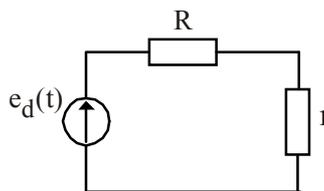
Le point de fonctionnement de ce montage correspond alors à une tension u égale à 4V.

Pour les quatre items suivants, on considère le montage suivant :



avec $e(t) = E_0 + E_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$ $R = 4 \text{ k}\Omega$ $E_0 = 12 \text{ V}$

- (B) Avec $E_m = 4 \text{ V}$, la valeur moyenne du courant est égale à 4 mA.
- (C) La tension $u(t)$ peut s'écrire $u(t) = U_0 + U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$.
- (D) En fonctionnement petits signaux (amplitude E_m très faible), le schéma dynamique est :

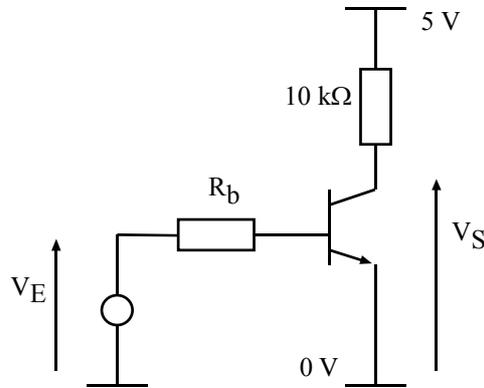


avec $e_d(t) = E_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$ $r = 4 \text{ k}\Omega$ $R = 4 \text{ k}\Omega$

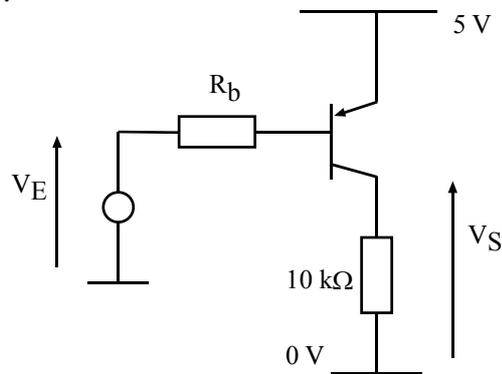
- (E) Dans les conditions citées avant l'item B et pour un fonctionnement en petits signaux ($E_m = 0,1 \text{ V}$), la puissance totale dissipée dans le dipôle est égale à 0,312 μW .

Question 5

On étudie différents montages utilisant un transistor destiné à un fonctionnement en bloqué / saturé. Le transistor utilisé est tel que $V_{CEsat} = 1 \text{ V}$ et $\beta = 100$

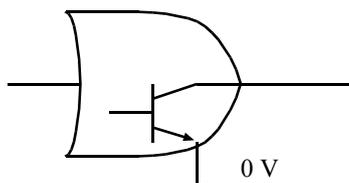


- (A) Pour $V_E = 5 \text{ V}$ et $R_b = 2 \text{ M}\Omega$, on a $V_S = 2,8 \text{ V}$ (à $0,1 \text{ V}$ près).
- (B) Pour $V_E = 0 \text{ V}$ et $R_b = 200 \text{ k}\Omega$, on a $V_S = +5 \text{ V}$.
- (C) Avec $R_b = 200 \text{ k}\Omega$, on réalise une fonction de type suiveur.
- (D) Pour délivrer en sortie une tension inférieure à $0,8 \text{ V}$ à l'état bas, il faut $R_b \ll 2 \text{ M}\Omega$.
- (E) Avec le montage suivant, utilisant un transistor complémentaire du précédent, pour lequel $V_{CEsat} = 1 \text{ V}$, il est possible de délivrer une tension de sortie inférieure à $0,8 \text{ V}$ à l'état bas (en sortie) :

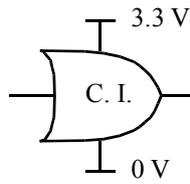


Question 6

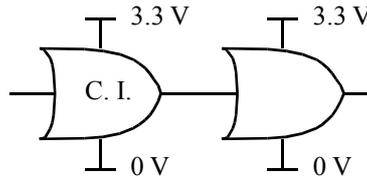
On rappelle qu'un circuit intégré est dit à *collecteur ouvert*, lorsque sa sortie se comporte comme :



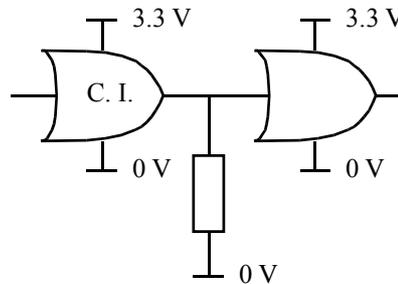
Soit un circuit intégré alimenté en 3.3 V dont la sortie est à *collecteur ouvert* :



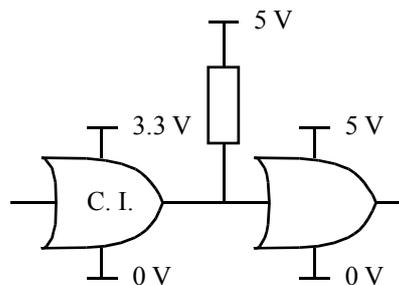
(A) Une utilisation selon le schéma suivant est possible, pour alimenter une autre porte :



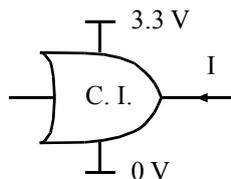
(B) Il faut obligatoirement placer une résistance de charge en sortie du circuit intégré, selon le schéma suivant :



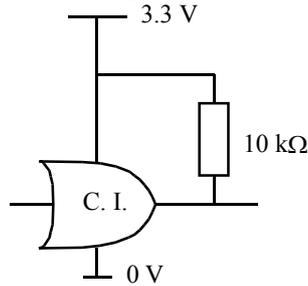
(C) Il est possible d'attaquer une autre porte de technologie 5 V de la façon suivante :



(D) Généralement, le courant de sortie I est positif selon la convention du schéma suivant :

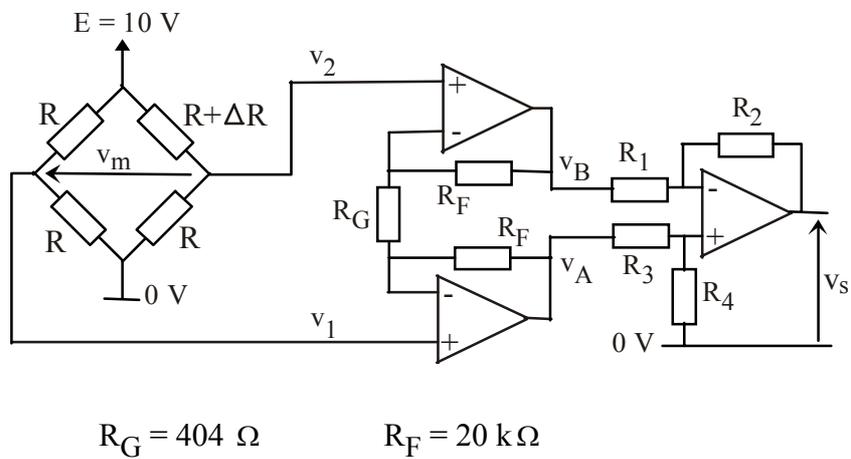


(E) Avec le montage suivant, la sortie de la porte est à l'état haut, quelle que soit l'entrée :



Question 7

Dans le circuit ci-dessous, les trois amplificateurs opérationnels sont supposés idéaux.



On considère que $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0$ pour les quatre premiers items.

- (A) La tension v_m varie linéairement avec $\frac{\Delta R}{R}$.
- (B) On a $v_A - v_B = v_1 - v_2$.
- (C) Pour $\frac{\Delta R}{R} = 0,1\%$ la tension v_s est égale à 0,25 V.
- (D) Avec $\Delta R = 0$, on a $\frac{v_A + v_B}{2} = 5 \text{ V}$.
- (E) On considère maintenant que $R_1 = R_3 = R_4 = R_0$, mais que R_2 est à +1 % par rapport à R_0 . Avec $\Delta R = 0$, la tension v_s est égale à +25 mV.

ELECTRONIQUE NUMERIQUE

Question 8

Soient deux nombres A et B codés sur 16 bits. Pour le nombre A, on appelle a_i le bit de rang i, avec i compris entre 0 et 15, a_0 étant le bit de poids fort. La notation est similaire pour B (b_j).

- (A) Pour un codage en complément à deux, on a : $A = -2^0 \cdot a_0 + \sum_{k=1}^{15} a_k \cdot 2^k$
- (B) Soit un convertisseur analogique numérique fournissant un résultat sur 16 bits en binaire décalé. Pour obtenir un nombre codé en complément à deux, il suffit de prendre le complément du bit de poids fort.
- (C) Pour un codage en complément à deux, A est compris entre -32768 et $+32768$.

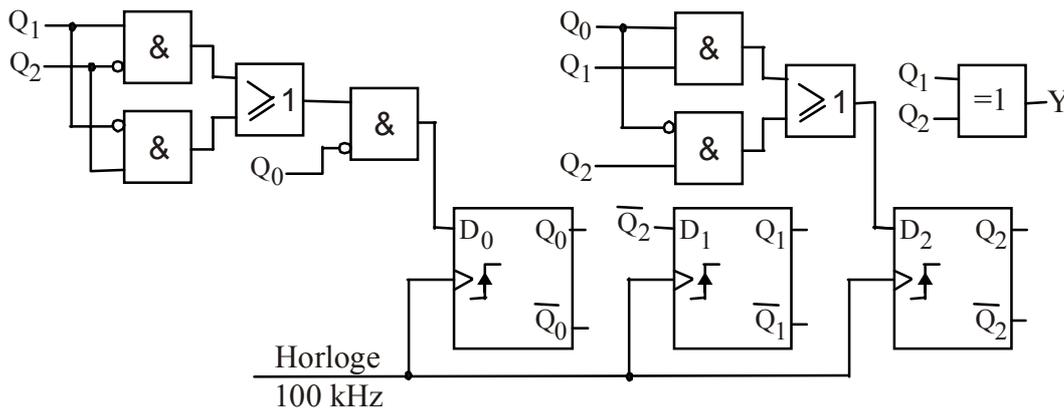
On appelle codage Q1.15 un codage en virgule fixe, la virgule étant placée après le premier bit depuis la gauche. Les poids affectés aux différents bits du nombre binaire sont donc :

-2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}	2^{-7}	2^{-8}	2^{-9}	2^{-10}	2^{-11}	2^{-12}	2^{-13}	2^{-14}	2^{-15}
--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

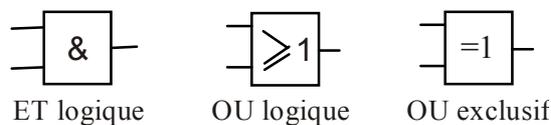
- (D) Avec une telle représentation, on peut coder un nombre réel compris entre -1 et $+1$.
- (E) La somme de $+0,0625$ avec $+0,125$ codés en Q1.15 donne le nombre binaire 0001100000000000, soit 1800 en hexadécimal.

Question 9

Soit un système logique conçu à partir de trois bascules D sensibles sur front montant de l'horloge.



La signification des symboles est la suivante :



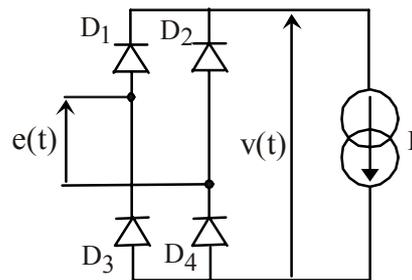
Les bascules sont initialisées telles que $Q_2Q_1Q_0 = 010$.

- (A) Ce système séquentiel fonctionne suivant un cycle de cinq états.
- (B) La fréquence du signal Q_0 est égale à 50 kHz.
- (C) Le rapport cyclique du signal Q_2 est égal à $\frac{1}{2}$.
- (D) La valeur moyenne du signal Y est égale à $\frac{2}{3} \cdot V_{DD}$, V_{DD} étant l'amplitude des signaux logiques.
- (E) Si les bascules sont initialisées avec $Q_2Q_1Q_0 = 111$, il faudra deux fronts actifs de l'horloge pour revenir dans le cycle normal.

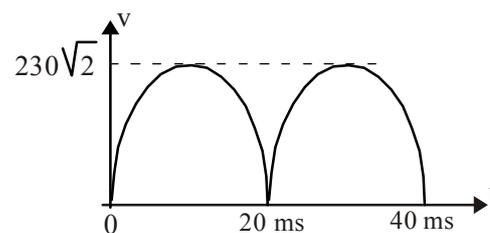
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Question 10

On considère un pont PD2 alimenté par le réseau monophasé (fréquence 50 Hz et tension efficace 230 V). La charge est modélisée par un générateur de courant constant.



- (A) Le chronogramme de la tension $v(t)$ est :



- (B) Le courant dans chaque diode est un signal carré de rapport cyclique 0,5.

Pour les trois items suivants, on observe la tension $v(t)$ par l'intermédiaire d'un filtre passe-bas du premier ordre, d'amplification statique 1 (gain statique 0 dB) et de fréquence de coupure à -3 dB notée f_c . On note $u(t)$ la tension en sortie de ce filtre.

- (C) La valeur moyenne de la tension $u(t)$, notée U_0 , est égale à 207,1 V.

Pour les items D et E, on utilise la décomposition en série de Fourier du signal $u(t)$:

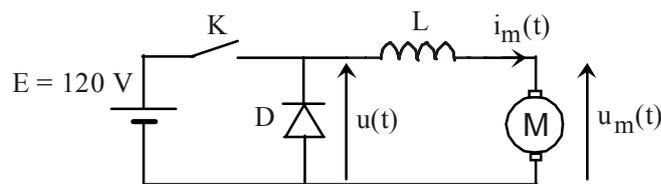
$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot \sin(k \cdot \omega_0 \cdot t)$$

(D) La pulsation ω_0 est égale à 314 rd/s.

(E) On prend $f_c = 50$ Hz. La valeur efficace du fondamental de $u(t)$ est alors égale à 115 V.

Question 11

Soit le montage suivant :



M est un moteur à courant continu et à aimants permanents, avec une constante de fem égale à $0,458 \text{ V/rd.s}^{-1}$, ainsi qu'une résistance et une inductance négligeables. D est une diode parfaite, et on suppose que la valeur de l'inductance L est suffisamment élevée pour considérer que le courant dans le moteur ne s'annule jamais.

Sur une période T, l'interrupteur K est fermé de 0 à $\alpha \cdot T$ et ouvert de $\alpha \cdot T$ à T.

Ce montage ne sera étudié qu'en régime permanent.

(A) La valeur moyenne de la tension $u(t)$ est égale à celle de la tension aux bornes du moteur $u_m(t)$.

(B) Pour $\alpha = 0,4$ la vitesse de rotation du moteur est égale à 1500 tr/mn.

(C) Pour $t \in [0, \alpha \cdot T]$, le courant dans le moteur est de forme exponentielle.

(D) L'ondulation maximale du courant, définie comme étant l'écart entre la valeur maximale et la valeur minimale du courant dans le moteur est égale à $\frac{E_0 \cdot T}{4 \cdot L}$.

(E) Pour un couple résistant égal à 0,5 Nm et pour une valeur de α égale à 0,6 la source de tension constante E_0 fournit une puissance égale à 101,5 W.

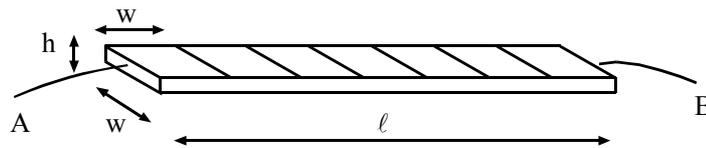
ELECTROMAGNETISME

Question 12

On étudie la résistance électrique d'objets découpés dans un matériau plat d'épaisseur h et de résistivité ρ .

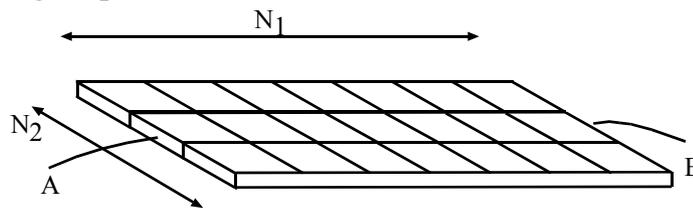
(A) L'unité de résistivité est $\Omega \cdot m^{-2}$.

On étudie la résistance d'une bande rectangulaire de largeur w et de longueur ℓ , décomposée en N carrés de côté w :



- (B) La résistance vue entre les points A et B est égale à N fois la résistance d'un carré élémentaire.
- (C) La résistance vue entre les points A et B varie proportionnellement à ρh .

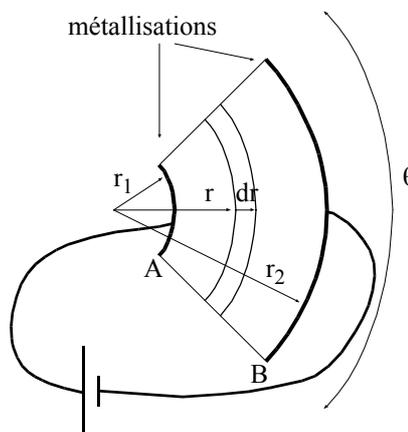
L'objet est constitué de $N_1 \times N_2$ carrés :



- (D) La résistance vue entre les points A et B varie en $1/N_2$.
- (E) Si on augmente la taille des carrés, la résistance vue entre les points A et B ne varie pas.

Question 13

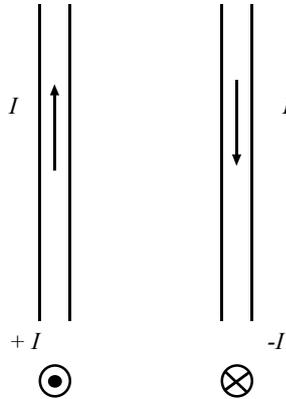
On étudie la résistance électrique entre les points A et B de l'objet suivant découpé dans un matériau plat d'épaisseur h et de résistivité ρ :



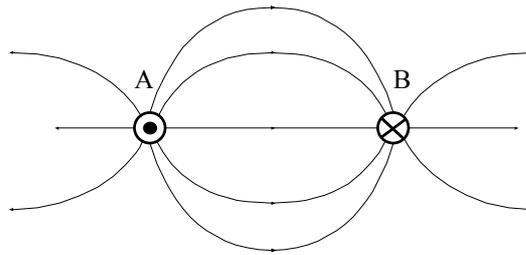
- (A) La résistance totale varie proportionnellement à θ .
- (B) La résistance de la tranche d'épaisseur dr est proportionnelle à $\frac{dr}{r}$.
- (C) La résistance totale entre A et B est proportionnelle à $r_2 - r_1$.
- (D) Les potentiels décroissent de A vers B, et les équipotentielles sont des arcs de cercle.
- (E) Le potentiel varie selon la loi : $V(r) = \frac{K_1}{r} + K_2$

Question 14

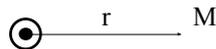
On étudie le champ magnétique créé par deux fils rectilignes infinis parcourus par un courant continu I :



(A) Les lignes de champ magnétique ont la forme suivante :



(B) Le champ magnétique créé en M, par le fil de gauche varie en $\frac{1}{r}$:



(C) Le long de la ligne AB, les champs magnétiques créés par chacun des deux fils sont de mêmes signes, et s'additionnent.

(D) Soit d la distance entre les centres des deux fils. Le long de la ligne AB, et dans l'hypothèse de fils infiniment minces, le champ magnétique varie selon :

$$H(r) = \frac{K I}{r(d-r)}$$

(E) Compte-tenu du sens des courants, la force qui s'exerce entre les deux fils est attractive.