

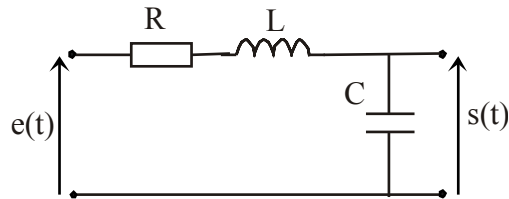
Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

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

On considère le circuit suivant :



$$R = 225 \, \Omega \quad L = 253 \, \mu\text{H} \quad C = 10 \, \text{nF}$$

(A) La fonction de transfert $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$ peut s'écrire sous la forme suivante :

$$H(p) = \frac{2}{1 + 2.m.\frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

(B) Le coefficient d'amortissement de ce filtre du deuxième ordre est égal à 0,71.

(C) La bande passante à -3 dB est égale à 100 kHz.

(D) On applique à l'entrée de ce montage la tension suivante :

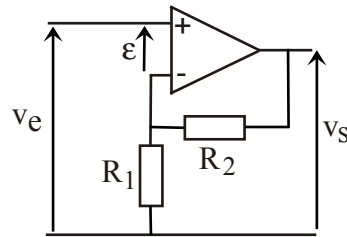
$$e(t) = 0,5 + 2.\sin(2.\pi.200.10^3.t)$$

La tension de sortie en régime permanent est alors $s(t) = 0,48.\sin(2.\pi.200.10^3.t)$

(E) La résistance R est maintenant égale à $100 \, \Omega$. Il existe alors une fréquence pour laquelle l'amplitude du signal de sortie est supérieure à l'amplitude du signal d'entrée.

Question 2

Soit le montage à amplificateur opérationnel suivant :

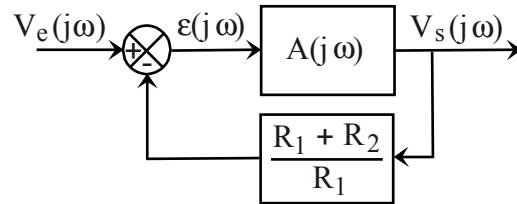


L'amplificateur opérationnel est modélisé de la façon suivante :

$$\overline{V_s}(j\omega) = \overline{A}(j\omega) \cdot \overline{\varepsilon}(j\omega) \quad \overline{A} = \frac{A_0}{1 + j \cdot \frac{f}{f_0}} \quad \text{avec } A_0 = 10^6 \text{ et } f_0 = 10 \text{ Hz.}$$

Les deux résistances R_1 et R_2 sont choisies de telle façon que $\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{100}$.

(A) Le schéma bloc correspondant à ce montage est :



(B) La fonction de transfert $\frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)}$ peut s'écrire sous la forme d'un filtre passe-bas du premier ordre.

(C) Le gain statique de ce montage est égal à 40 dB.

(D) La fréquence de coupure à -3 dB est égale à 10 kHz.

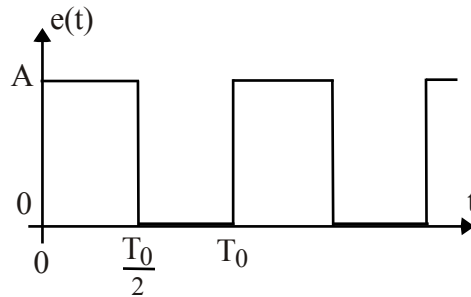
(E) On applique à l'entrée du montage un signal sinusoïdal d'amplitude 2V et de fréquence 100 kHz. L'amplitude du signal de sortie est alors égale à 1,41 V.

Question 3

Soit un système linéaire d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$ dont la fonction de transfert est :

$$H(p) = \frac{2}{1 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot p}$$

$e(t)$ est le signal suivant :



avec $A = 10 \text{ V}$ et $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 200 \text{ rd.s}^{-1}$

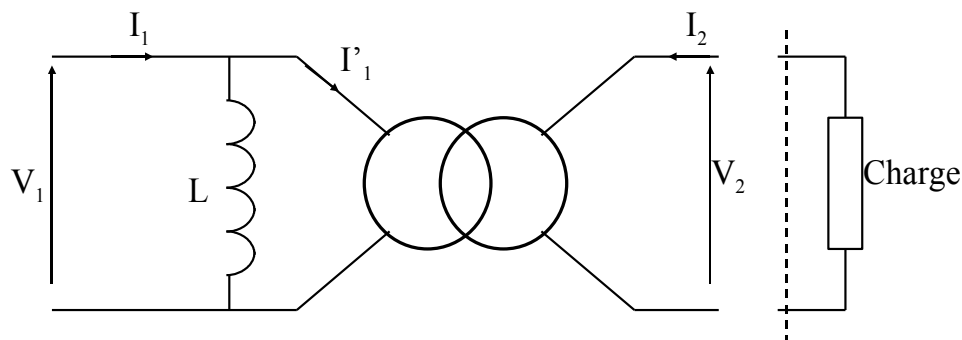
La décomposition en série de Fourier de ce signal est :

$$e(t) = a_0 + \frac{2.A}{\pi} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1} \cdot \sin[(2.k+1).\omega_0.t]$$

- (A) La composante continue du signal de sortie est égale à 10 V.
- (B) Le signal de sortie entre 0 et $\frac{T_0}{2}$ en régime établi peut s'écrire :
 $s(t) = 20.(1 - \exp(-200.t))$
- (C) L'amplitude du troisième harmonique du signal de sortie $s(t)$ est égale à 1,34 V.
- (D) Le terme fondamental du signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée.
- (E) Dans la décomposition en série de Fourier du signal de sortie, la décroissance des amplitudes des harmoniques est en $\frac{1}{2.k+1}$.

Question 4

On étudie le transformateur suivant :



Où le rapport de transformation est donné par : $V_2 = m \cdot V_1$

N.B. : Pour les 5 propositions suivantes, le signe doit impérativement être exact.

- (A) La puissance absorbée à l'entrée du transformateur est égale à $\text{Re}(V_1 I_1^*)$

(B) La puissance délivrée à la charge est égale à $\text{Re}(V_2 I_2^*)$

(C) On a : $I_2 = \frac{1}{m} \cdot I'_1$

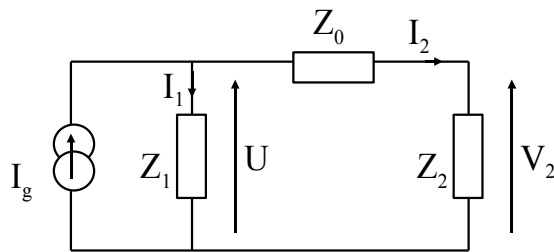
Soit la matrice (G) définie par : $\begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = (G) \begin{pmatrix} V_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$

(D) On a $G_{22} = 0$

(E) On a $G_{11} = \frac{1}{jL\omega}$

Question 5

Soit le circuit suivant :

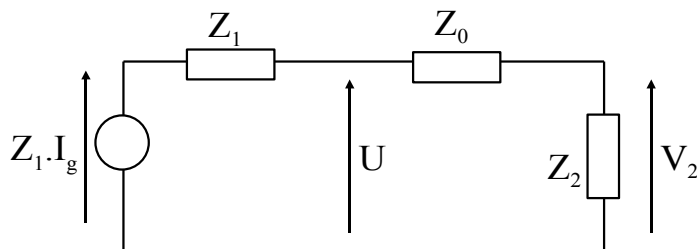


(A) La formule du diviseur de tension donne : $V_2 = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_0} \cdot U$

(B) La formule du diviseur de courant donne : $I_2 = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_0} \cdot I_g$

(C) On a : $V_2 = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_0} \cdot Z_1 \cdot I_g$

(D) Le théorème de Thévenin permet de calculer V_2 à l'aide de :



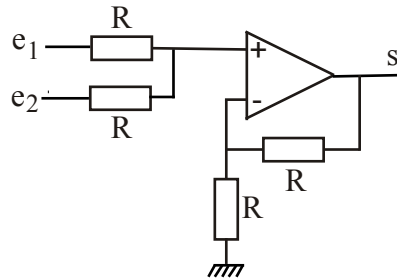
(E) On a : $I_g = \frac{U}{Z_1} + \frac{U - V_2}{Z_0}$

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

Question 6

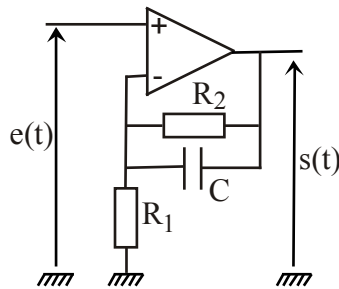
Pour les cinq items suivants, l'amplificateur opérationnel est considéré comme étant parfait, avec une tension de saturation égale à 12 V.

(A)



On a $s = 2.(e_1 + e_2)$

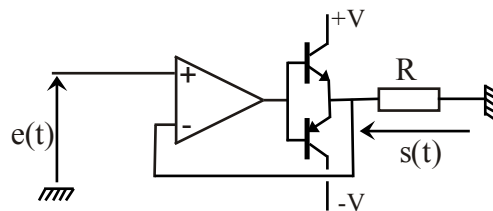
(B)



$R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 6,8 \text{ k}\Omega$ $C = 10 \text{ nF}$

A 4,73 kHz, le gain de ce montage est égal à 6,12 dB.

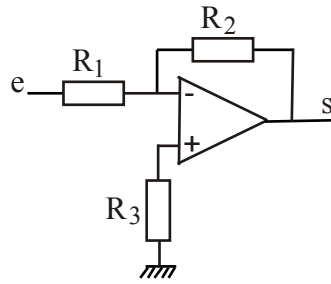
(C)



$e(t) = 10.\sin(\omega.t)$ $R = 4 \Omega$ $V = 15 \text{ V}$

La puissance dissipée dans la résistance R est égale à 12,5 W.

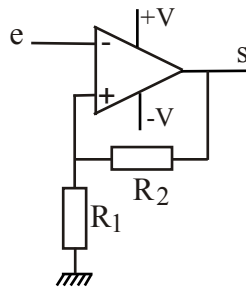
(D)



$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

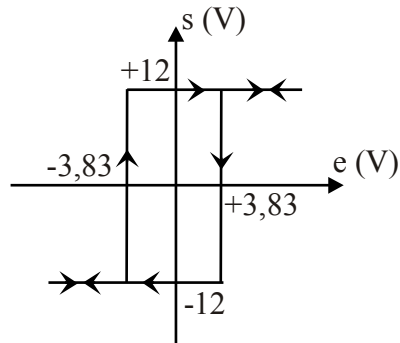
La résistance d'entrée de ce montage est égale à $5,7 \text{ k}\Omega$

(E)



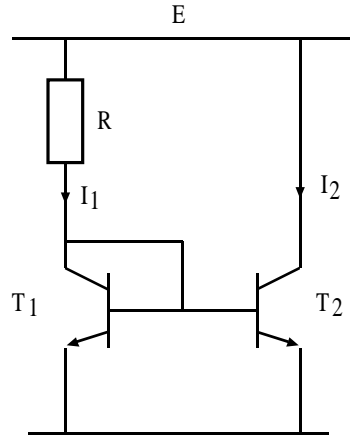
$$R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$$

La caractéristique statique de ce montage est :



Question 7

On étudie le circuit suivant, où l'on considère que les transistors ont une tension base-émetteur égale à 0,7 V :

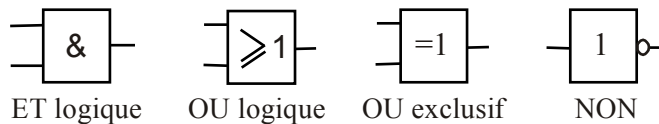


- (A) La jonction base-émetteur d'un transistor bipolaire se comporte comme une diode
- (B) Si les transistors sont identiques, le fait que les tensions base-émetteur soient égales implique que les courants de collecteur de T_1 et T_2 sont égaux.
- (C) On a : $I_2 = \beta \cdot \frac{E - 0,7}{R}$
- (D) Pour le transistor T_2 , la symétrie impose que $V_{CB} = 0$
- (E) Les deux transistors ont la même tension V_{CE}

ELECTRONIQUE NUMERIQUE

- représente le ET logique
- ∨ représente le OU logique
- ⊕ représente le OU exclusif

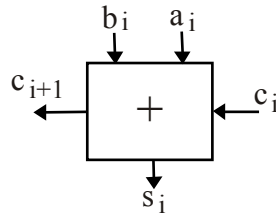
Les symboles logiques sont les suivants :



Question 8

L'objet de cette question est de construire un additionneur binaire de deux nombres de 4 bits, notés A et B, codés en binaire naturel : $A = a_3 a_2 a_1 a_0$ $B = b_3 b_2 b_1 b_0$
 La sortie est le nombre $S = s_3 s_2 s_1 s_0$. s_3 est le bit de poids fort, s_0 le bit de poids faible.

L'additionneur est réalisé par l'intermédiaire de quatre additionneurs élémentaires de un bit, chaque cellule élémentaire étant :

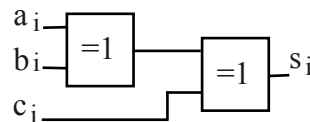


i est compris entre 0 et 3.

c_i est la retenue (carry) d'entrée, c_{i+1} la retenue de sortie.

(A) La valeur maximale de S est égale à 16 en décimal.

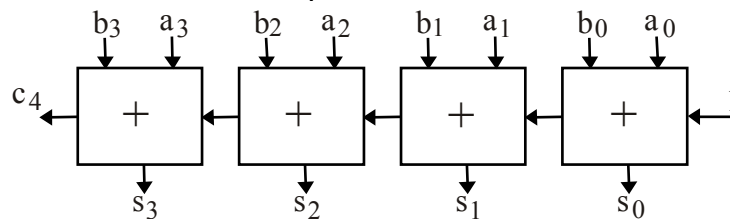
(B) La sortie s_i de chaque cellule élémentaire peut être réalisée par le schéma suivant :



(C) L'équation logique de c_{i+1} est :

$$c_{i+1} = a_i \bullet b_i \vee \overline{c_i} \bullet (a_i \vee b_i)$$

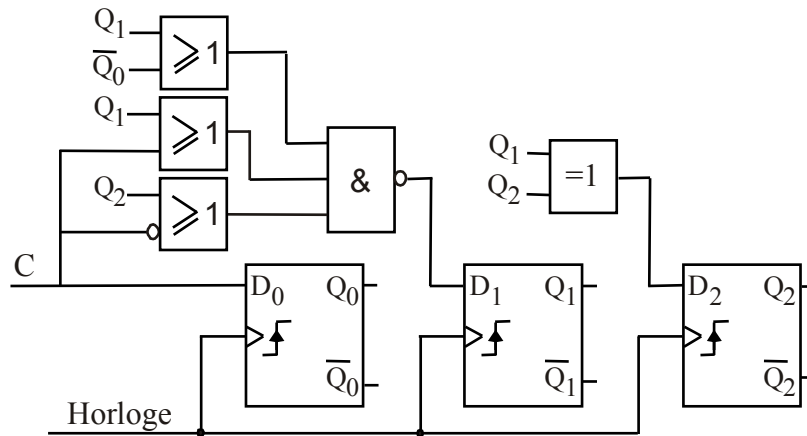
(D) La structure de l'additionneur complet est :



(E) On peut aussi utiliser cet additionneur pour des nombres codés en complément à deux.

Question 9

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



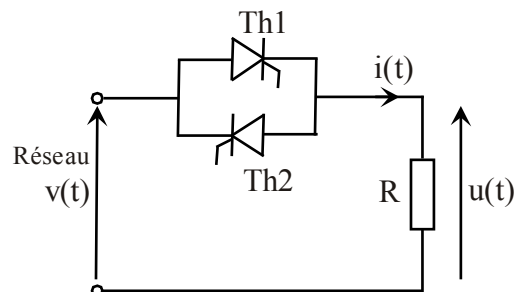
C est une entrée de commande.

- (A) $D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_0 \vee \overline{C} \cdot \overline{Q_1} \vee C \cdot \overline{Q_2}$
- (B) Pour C égal à 1, la fréquence de Q_0 est égale à la moitié de la fréquence de l'horloge.
- (C) Il existe deux cycles indépendants en fonction de l'état de C.
- (D) Il existe un état $Q_2Q_1Q_0$ tel que si l'on initialise le système dans cet état, on reste bloqué sur cet état.
- (E) En changeant l'état de l'entrée de commande C, il ne faudra qu'un seul coup d'horloge pour passer d'un cycle à l'autre cycle.

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Question 10

On considère le gradateur suivant constitué de deux thyristors supposés idéaux (circuit ouvert à l'état bloqué et court-circuit à l'état passant) :



avec $v(t) = 311 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t)$ et $R = 12 \Omega$

Les thyristors sont amorcés avec un retard angulaire Ψ par rapport aux passages à 0 de la tension $v(t)$.

Pour les cinq items, on prendra Ψ égal à 90° .

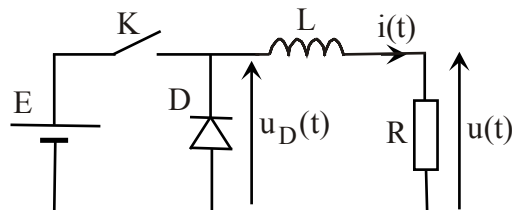
- (A) La valeur efficace de la tension $u(t)$ est égale à 155,5 V.
- (B) La valeur moyenne du courant $i(t)$ est égale à 13 A.
- (C) La puissance active fournie par le réseau est égale à 2,86 kW.
- (D) Le facteur de puissance de l'installation est égal à 0,71.
- (E) Le courant $i(t)$ est décomposé en série de Fourier, et on s'intéresse au terme fondamental :

$$i_1(t) = I_1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t - \varphi_1)$$

$I_1 = 15,36$ A et $\varphi_1 = 32,5^\circ$ sont des valeurs possibles.

Question 11

On considère le hacheur série suivant :



$$E = 120 \text{ V} \quad R = 20 \Omega \quad L = 100 \text{ mH}$$

La valeur de l'inductance est telle que l'on considère un régime continu du courant $i(t)$, autrement le courant $i(t)$ ne s'annule pas.

L'interrupteur K est fermé entre 0 et $\alpha \cdot T$, et ouvert pendant le reste de la période T. La fréquence de hachage est égale à 20 kHz.

La diode D est supposée parfaite.

- (A) Pour $\alpha = 0,25$ la valeur moyenne de la tension $u_D(t)$ est égale à 30V.
- (B) En régime permanent et pour $\alpha = 0,25$ la valeur moyenne du courant $i(t)$ est égale à 1,5 A.
- (C) Pour $\alpha = 0,5$ l'ondulation du courant $i(t)$, c'est à dire l'écart entre la valeur maximale et la valeur minimale, est égale à 15 mA.
- (D) Pour $\alpha = 0,5$ la puissance fournie par la source E est égale à 180 W.
- (E) Pour $\alpha = 0,25$ la puissance moyenne dissipée dans la résistance R est égale à 45 W.

ELECTROMAGNETISME

Question 12

Soit un repère orthonormé $Oxyz$, dont les vecteurs i, j, k sont les vecteurs unitaires des axes.

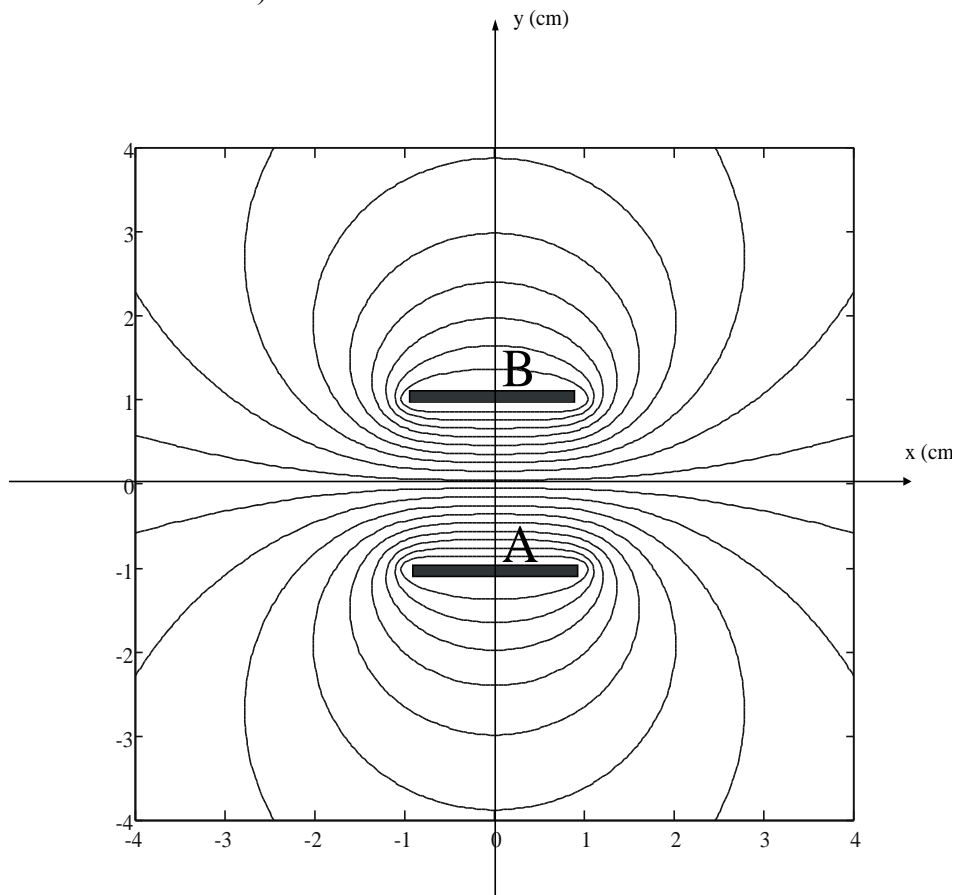
On étudie les propriétés d'un potentiel électrique donné par : $V(x,y,z)=2x^2y+4z$

- (A) Le gradient du potentiel $V(x,y,z)$ est un scalaire
- (B) La composante sur Oz du gradient de $V(x,y,z)$ est une constante
- (C) Le produit scalaire du gradient de $V(x,y,z)$ avec le vecteur j est égale à $2x^2$
- (D) La composante sur Ox du gradient est égal à $\frac{\partial V}{\partial z}$
- (E) La divergence du gradient de $V(x,y,z)$ est égale à $4y$

Question 13

Soit un potentiel électrique $V(x,y,z)$ dans un repère orthonormé, invariant selon Oz .

On donne la carte des équipotentielles dans le plan xOy (avec un ΔV constant entre 2 équipotentielles consécutives) :

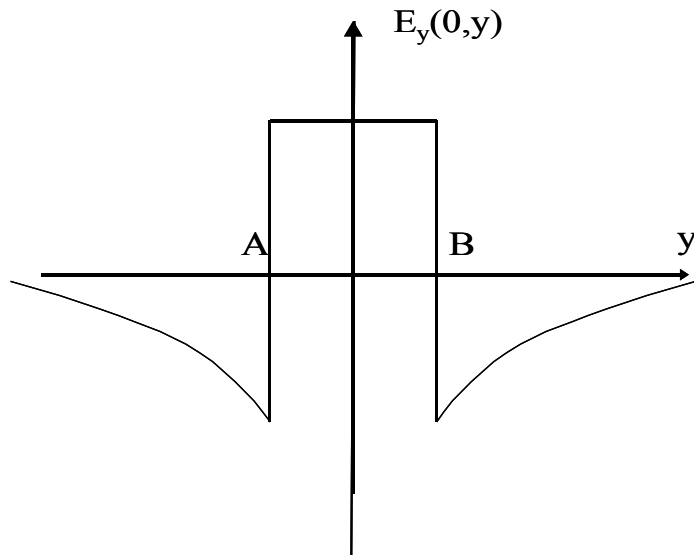


Les points A et B sont des points de l'axe Oy

Les rectangles grisés qui contiennent les points A et B sont des zones équipotentielles avec :

$V_A = +5 \text{ V}$, et $V_B = -5 \text{ V}$

- (A) De façon générale, le champ électrique est parallèle au gradient du potentiel électrique
- (B) De façon générale, le champ électrique est parallèle aux équipotentielles
- (C) Entre A et B, le champ électrique est vertical et orienté dans le même sens que l'axe Oy
- (D) La courbe suivante représente bien l'allure générale des variations de E_y le long de l'axe Oy :



- (E) Entre les points A et B, l'intensité du champ électrique est voisine de 500 V/m