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

On considère la tension u(t) telle que $u(t) = 10+3 \sin (\omega_0.t+\phi)$
avec $\omega_0 = 100$ krad/s et $\phi = \pi/8$ rad.
Elle débite dans une résistance R de valeur 100 Ω.

(A) La valeur moyenne de u(t) vaut 10 V.

(B) La valeur efficace de u(t) vaut 12 V.

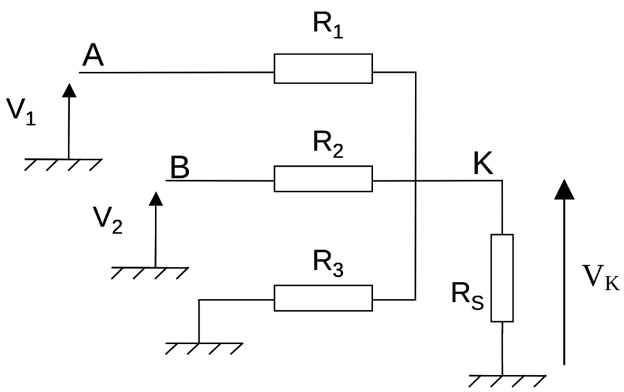
(C) La période T_0 de u(t) vaut 10 µs.

(D) La puissance active consommée dans R vaut 1 W.

(E) La puissance réactive vaut 7 mVAR.

Question 2

On considère le schéma suivant :



avec $R_1 = 18$ kΩ, $R_2 = 6$ kΩ, $R_3 = 6$ kΩ, $R_S = 6$ kΩ,

(A) La tension V_K est égale à $V_K = \dfrac{R_1.V_2+R_2.V_1}{R_1+R_2}$

(B) En reliant les points A et B, la résistance vue entre A et la masse M vaut : $R_{AM}=\dfrac{R_1.R_2}{R_1+R_2}+\dfrac{R_S.R_3}{R_S+R_3}$

On alimente avec $V_1 = 10$ V et $V_2 = 0$ V.

(C) La tension aux bornes de R_S vaut 5 V.

(D) La tension aux bornes de R_1 vaut 9 V.

(E) Le courant i_1 dans la résistance R_1 vaut 2 mA.

Question 3

On considère la fonction de transfert suivante :

$$H(j.\omega)=\frac{-10.\left(1+j.\dfrac{\omega}{\omega_1}\right)}{\left(1+j.\dfrac{\omega}{\omega_2}\right)}$$

avec $\omega_1 = 100$ krad/s et $\omega_2 = 1$ krad/s

(A) Le gain statique vaut –10 dB.

(B) Pour $\omega = 1$ krad/s, le gain vaut 17 dB.

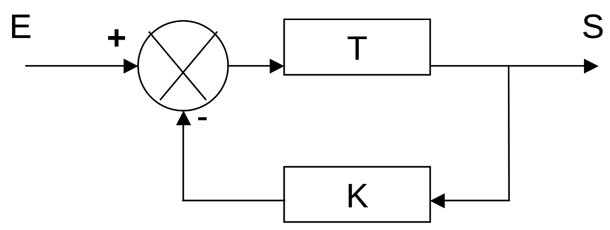
(C) La phase de $H(j\omega)$ prend la valeur 45° pour $\omega = 50,5$ krad/s.

(D) Pour $\omega = 10$ Mrad/s, l'entrée et la sortie ont même module.

(E) Pour $\omega = 10$ Mrad/s, l'entrée et la sortie sont en opposition de phase.

Question 4

On considère le système bouclé suivant :



$$\text{avec } T(j.\omega)=\frac{1}{1+j.\omega.0,16+0,001.(j.\omega)^2}$$

(A) En boucle ouverte, la réponse indicielle ne présente pas de dépassement et la réponse fréquentielle ne présente pas de résonance.

(B) La fonction de transfert en boucle fermée s'exprime :

$$H_{BF}(j.\omega)=\frac{K}{1+K+j.\omega.0{,}16+0{,}001.(j.\omega)^2}\ .$$

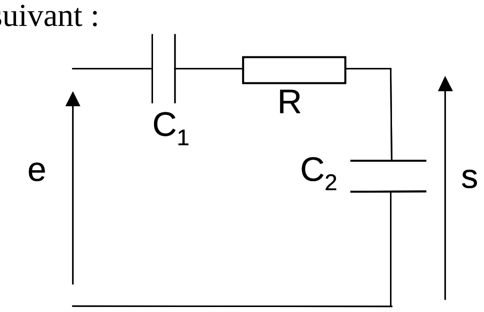
(C) Pour K = 9, les pulsations propres en boucle ouverte et en boucle fermée sont égales et valent ω_0 = 32 rad/s.

(D) Pour K > 0, le système est stable en boucle fermée.

(E) Pour le système en boucle fermée avec K = 9, la réponse indicielle présente un dépassement et la réponse fréquentielle ne présente pas de résonance.

Question 5

On considère le montage suivant :



Avec R = 1 kΩ, C_1 = 10 µF, C_2 = 68 µF.
Initialement, les condensateurs sont chargés à 1 V pour C_1 et 2 V pour C_2.
L'entrée e(t) est un échelon de tension, de transformée de Laplace $E(p) = \frac{E}{p}$ avec E = 10 V.

(A) L'équation différentielle suivante régit le système : $R.C_1.\frac{de}{dt}=R.C_2.\frac{ds}{dt}+\frac{C_1+C_2}{C_1}s(t)$.

(B) A $t = 0^-$, s(t) = 2 V et i(t) = 0.

(C) Les transformées de Laplace de l'entrée et de la sortie sont reliées par l'équation :

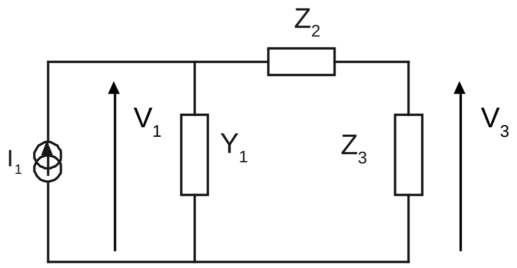
$$S(p)=\frac{E(p)}{\frac{C_1+C_2}{C_1}+R.C_2.p}+\frac{s(0)}{\frac{C_1+C_2}{C_1}+R.C_2.p}$$

(D) La constante de temps du système est $\tau=\frac{RC_1C_2}{C_1+C_2}$

(E) La valeur finale de s(t) vaut $s(t\to\infty)$ = E.

Question 6

On étudie le circuit suivant :



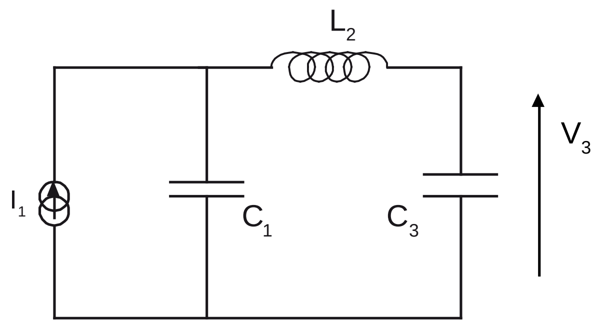
Pour cet exercice, les admittances sont notées Y_i, et les impédances Z_i.

(A) $V_1 = I_1 \dfrac{1}{Y_1 + \dfrac{1}{Z_2 + Z_3}}$

(B) $V_3 = I_1 \dfrac{1}{Y_1 + \dfrac{Z_2 + Z_3}{Z_2 Z_3}} \dfrac{Z_3}{Z_2 + Z_3}$

(C) $V_3 = I_1 \dfrac{1}{Y_1 Y_3 Z_2 + Y_1 + Y_3}$

On étudie maintenant le circuit suivant :

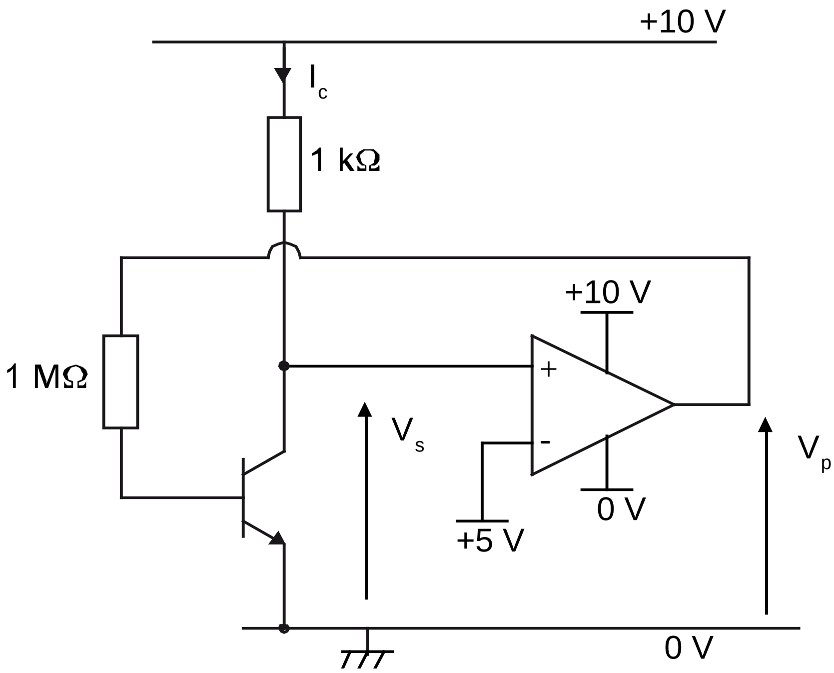


(D) $V_3(p) = I_1(p) \dfrac{1}{C_1 C_3 L_2 p^3 + C_1 p + C_3 p}$

(E) Le gain $\left\| \dfrac{V_3(j\omega)}{I_1(j\omega)} \right\|$ tend vers l'infini pour $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{L_2 (C_1 + C_3)}}$

Question 7

Soit le dispositif suivant, où l'on suppose que l'amplificateur opérationnel est idéal (impédance d'entrée et gain infinis) et qu'il fonctionne en régime linéaire non saturé :



(A) On observe un point de polarisation tel que $V_s = 5$ V

(B) Si $\beta = 100$, $I_C \approx 0.5$ mA

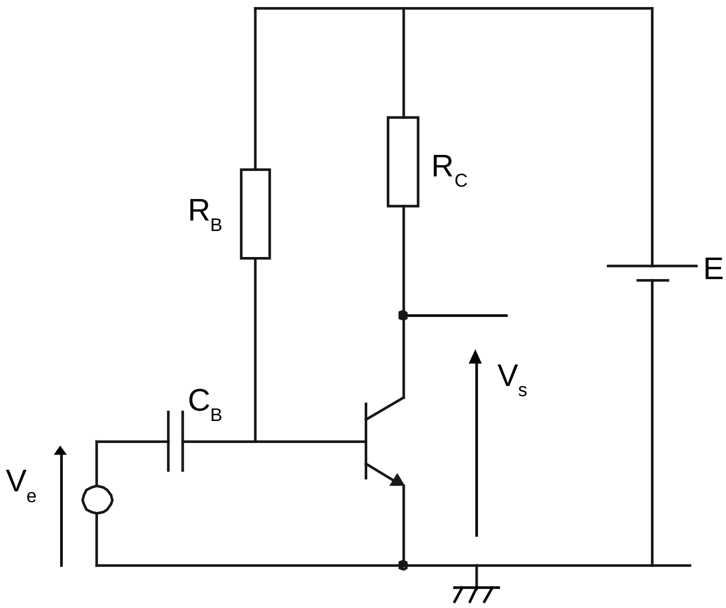
(C) Si $\beta = 200$, $I_B \approx 5$ µA

(D) Pour β variant dans la plage [100, 300], l'amplificateur opérationnel n'est jamais saturé.

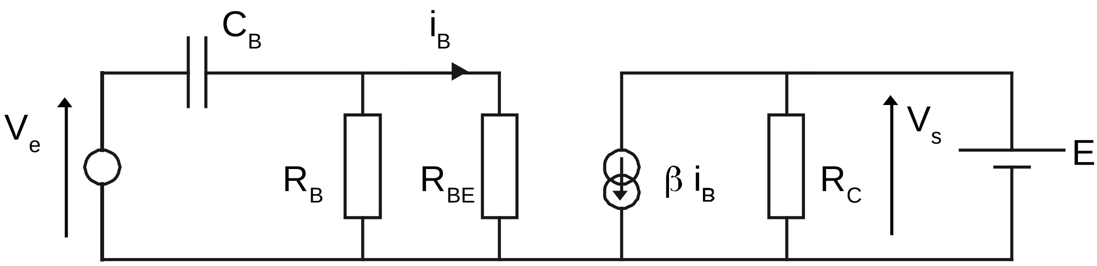
(E) Pour $\beta = 50$, on obtient $V_p = 0$ V

Question 8

On étudie le circuit ci-dessous :



(A) Le schéma suivant est un schéma équivalent petit signal valide :



(B) L'amplificateur (entrée V_e, sortie V_s) est un amplificateur inverseur.

(C) La présence du condensateur C_B implique que l'amplificateur a un comportement de type passe-bas

(D) En supposant $R_B >> R_{BE}$, le gain de l'amplificateur est donné par : $\frac{V_s}{V_e} = -\beta \frac{R_C}{R_{BE}}$

(E) En supposant $R_B >> R_{BE}$, la fréquence de coupure de l'amplificateur est donnée par :

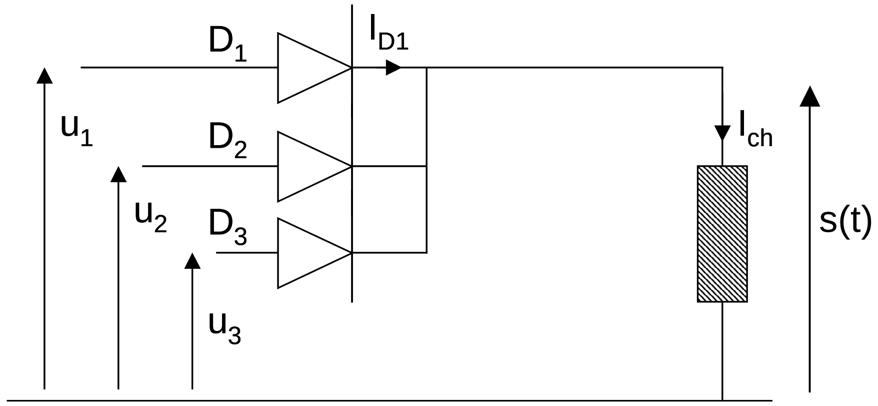
$$f_c = \frac{1}{R_{BE} C_B}$$

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

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

Question 9

On considère le redresseur simple alternance triphasé suivant, relié à une charge qui impose un courant I_{ch} constant.



Les tensions d'alimentation sont notées : $u_1(t)=U_{MAX}.\cos(\omega t)$, $u_2(t)=U_{MAX}.\cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{3}\right)$ et $u_3(t)=U_{MAX}.\cos\left(\omega t-\frac{4\pi}{3}\right)$, la fréquence vaut 50 Hz.

(A) Le signal de sortie s(t) est périodique de fréquence 150 Hz.

(B) La valeur moyenne de s(t) vaut $\frac{3.U_{MAX}}{\pi}$

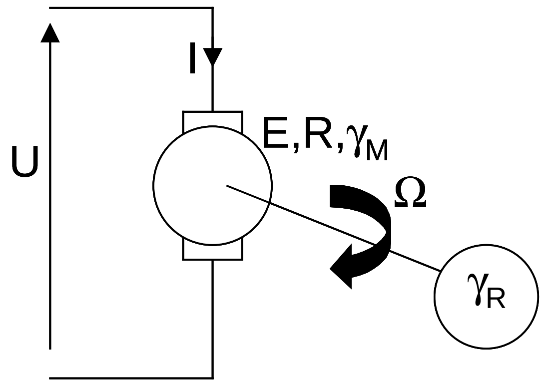
(C) La valeur moyenne du courant dans une diode vaut $\frac{I_{ch}}{3}$.

(D) La valeur efficace du courant dans une diode vaut $\frac{Ich}{\sqrt{2}}$.

(E) La puissance moyenne en sortie vaut $\frac{I_{ch}.U_{MAX}.3\sqrt{3}}{2\pi}$.

Question 10

Un moteur à courant continu à excitation séparée est alimenté avec une tension continue U = 220 V sous un courant I = 12 A. Le moteur à courant continu présente une résistance série d'induit R = 1 Ω. Il entraîne à vitesse constante une charge de moment de couple γ_R = 18 Nm.



(A) Le f.e.m. du moteur à courant continu vaut E = 232 V.

(B) Le moment du couple moteur γ_M vaut 18 Nm.

(C) La vitesse de rotation du moteur vaut Ω = 3000 tr/mn.

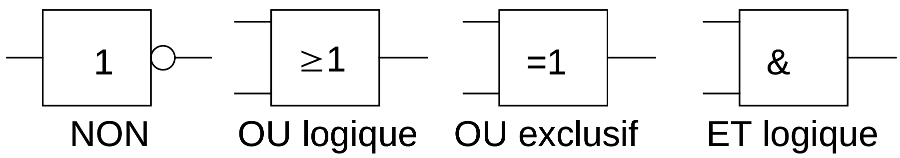
(D) La puissance mécanique vaut P = 900 kW.

(E) En divisant le courant d'excitation par 2, la vitesse angulaire du moteur à courant continu est aussi divisée par 2.

ELECTRONIQUE NUMERIQUE

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

Les symboles logiques sont les suivants :



Question 11

On souhaite réaliser un codeur de priorité à 4 entrées E0,E1, E2 et E3 et 2 sorties S0 et S1.
S0.S1 prend la valeur 00 si seul E0 est à 1.
S0.S1 prend la valeur 01 si E1 est à 1, E2 à 0 et E3 à 0.
S0.S1 prend la valeur 10 si E2 est à 1 et E3 à 0.
S0.S1 prend la valeur 11 si E3 est à 1.
Notons que les entrées ne peuvent être toutes simultanément à 0.

(A) La table de vérité du codeur est la suivante :

E0	**E1**	**E2**	**E3**	**S0**	**S1**
1	0	0	0	**0**	**0**
x	1	0	0	**0**	**1**
x	x	1	0	**1**	**0**
x	x	x	1	**1**	**1**

où x indique 0 ou 1 indifféremment.

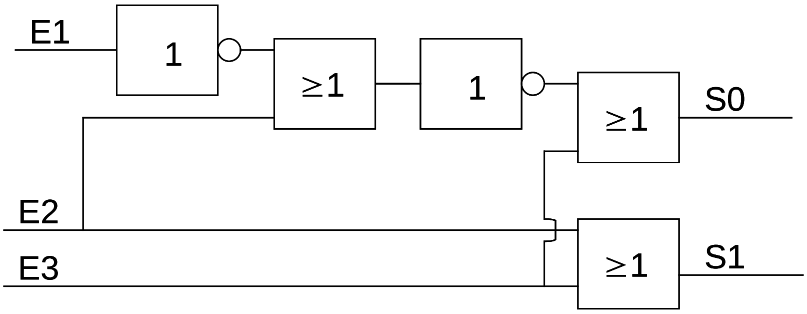
(B) La table de Karnaugh de la sortie S0 est la suivante :

E1 \ **E2E3**	**00**	**01**	**11**	**10**
0	0	1	1	1
1	0	1	1	1

(C) S0=E2+E3

(D) $S1=\overline{E1}.E2+E3$

(E) Le montage suivant réalise la fonction demandée :

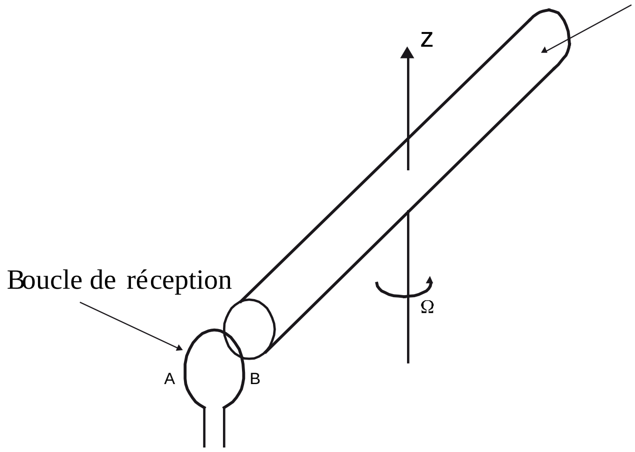


ELECTROMAGNETISME

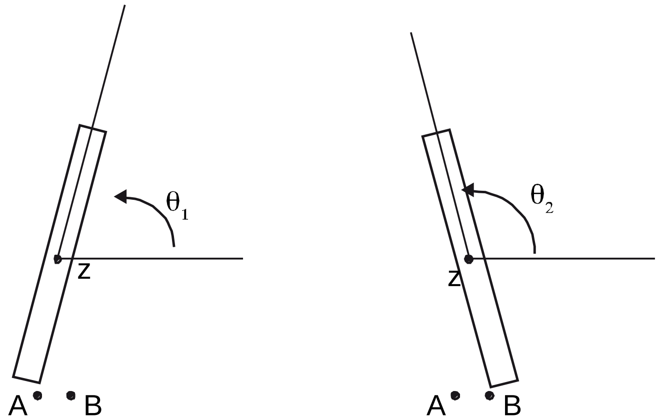
Question 12

Un aimant cylindrique de section Φ = 5 cm^2 est rotation autour de l'axe Oz, la vitesse de rotation est notée Ω (tr s^{-1})
On a Ω = 1,67 tr s^{-1}
L'induction magnétique au bout de l'aimant vaut B = 0.5 T

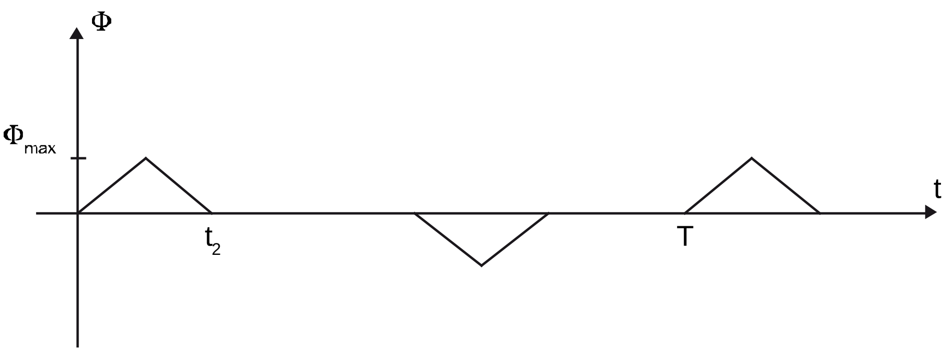
La rotation de l'aimant induit l'existence d'une tension V_A-V_B aux bornes de la spire dont les extrémités A et B sont laissées en circuit ouvert.



Le diamètre AB de la spire est tel que $\theta_2 - \theta_1 = 30°$:



Le flux induit aux bornes de la spire a l'allure temporelle suivante :

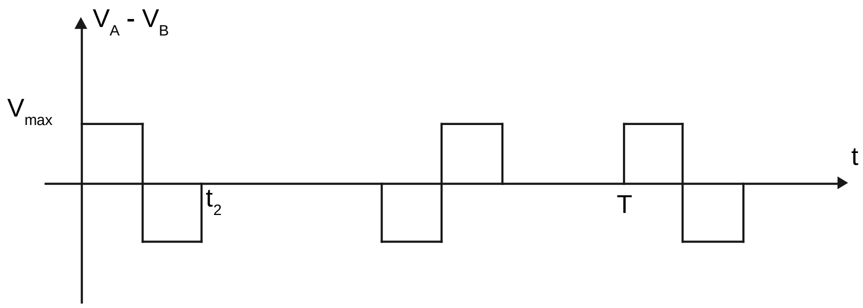


(A) Le flux maximale Φ_{max} vaut 2,5 10^{-4} Wb.

(B) La période T vaut 1,2 s.

(C) Le temps t_2 est égal à 50 ms.

L'allure de la tension aux bornes de la spire est donnée par :

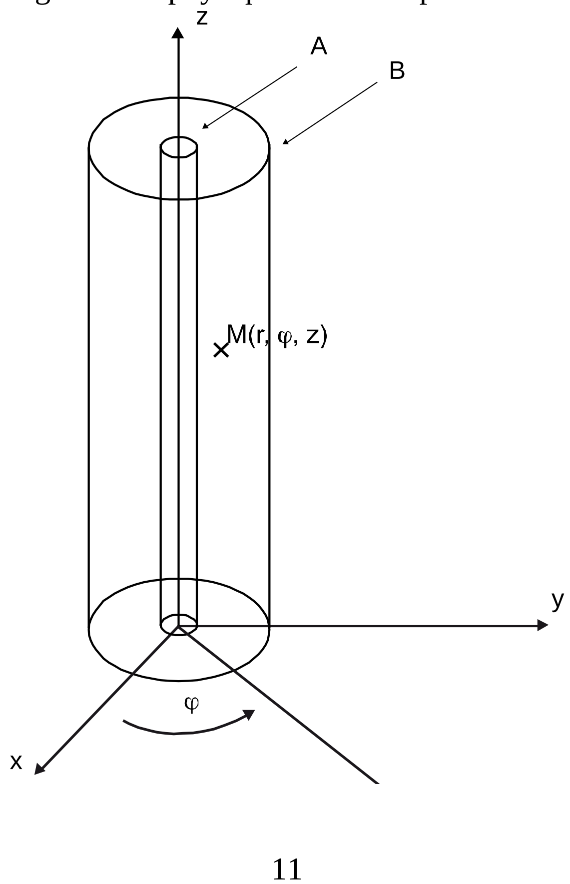


(D) La tension maximale V_{max} est égale à 10 mV

(E) La valeur efficace de V_{AB} est voisine de 4 mV

Question 13

Soit un condensateur constitué de 2 cylindriques coaxiaux d'axe Oz, le cylindre intérieur A, et le cylindre extérieur B.
Les cylindres A et B sont des conducteurs parfaits, la zone comprise entre les 2 cylindres est remplie de diélectrique de constante diélectrique relative notée ε_r
On pourra supposer que la hauteur du condensateur est très grande, et que, sur toute la hauteur du condensateur, toutes les grandeurs physiques sont indépendantes de z :

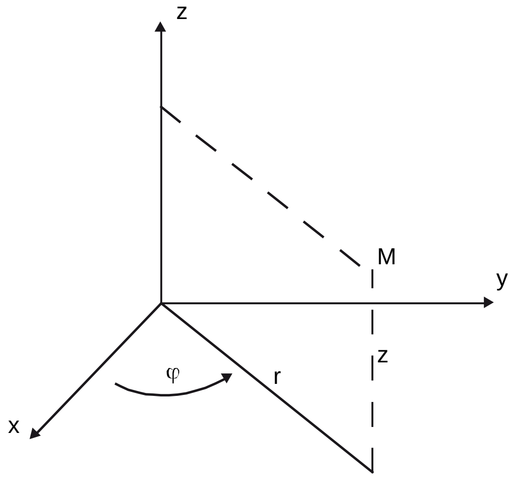


(A) Sur toute la hauteur du condensateur, on a : $\frac{\partial V}{\partial \varphi}=0$ et $\frac{\partial V}{\partial z}=0$

On cherche à déterminer une expression de V(r, φ, z) vérifiant la condition $\Delta V=0 \quad \forall(r,\varphi,z)$
On donne l'expression du gradient et du Laplacien en coordonnées cylindriques :

$$\vec{\text{grad}}(V)=\begin{array}{c|c} r & \frac{\partial V}{\partial r} \\ \varphi & \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \varphi} \\ z & \frac{\partial V}{\partial z} \end{array} \qquad \Delta V=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial V}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$$

Les coordonnées sphériques étant celles de la figure :



(B) L'expression $V(r,\varphi,z)=\frac{K}{r}$, vérifie la condition $\Delta V=0$ pour $r_A<r<r_B$

(C) Si $V(r,\varphi,z)$ vérifie $\Delta V=0$, et si $E(r,\varphi,z)$ est le champ électrique correspondant, on a :
$E(r,\varphi,z)=-\frac{K}{r^2}$

(D) On note r_A et r_B le rayon des deux cylindres A et B. On a : $V_A-V_B=K.\text{Ln}\left(\frac{r_A}{r_B}\right)$

(E) Si E_A est l'intensité du champ électrique au niveau du cylindre A, et h la hauteur du cylindre, la charge Q_A portée par le cylindre A est donnée par : $Q_A=\varepsilon_0\varepsilon_r 2\pi r_A h E_A$