

EMD Implémentation d'une commande
numérique en temps réel

كلية التكنولوجيا
قسم الهندسة الكهربائية
شعبة الالكترونقيا

الجزء الأول: أسئلة حول الأردوينو

قائمة للبرمجة

1. ما هو الأردوينو؟ .. هو لوحة الالكترونية التي تعمل كمتحكم في اي نظام ميكروالكتروني للكمبيوتر
2. ما هي أهم مميزات الأردوينو؟ .. انخفاض السعر - سهولة الاستخدام
3. كم تبلغ سرعة المعالج في الأردوينو اينو؟ .. 16 MHz
4. كم عدد المدخل التماثلية و ما هي أعلى قيمة لجهودها في الأردوينو اينو؟ .. 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0
5. كم هو أقصى جهد و تيار للمنفذ الرقمي في الأردوينو اينو؟ .. أقصى جهد 5V و أقصى تيار 50mA
6. كم عدد المخارج PWM في الأردوينو ميغا؟ .. 12
7. من أي منفذ يتم تغذية الأردوينو اينو بالطاقة الكهربائية؟ .. منفذ 5V B - منفذ 5V A - منفذ GND - منفذ 12V
8. ما ميزة الأردوينو دوو عن باقي الأنواع الأخرى من الأردوينو؟ .. معالجة بعض السرعات 800MHz و 3.3V
9. هل يمكن تغذية حمولة ذات استطاعه كبيرة مباشرة من الأردوينو؟ .. لا يمكن ذلك لان التيار الذي يخرج من الأردوينو هو 50mA ولذلك يجب الاهتمام بدارة الالكترونية

الجزء الثاني: الدارة العملية

1. عرف ما وظيفة الدارات المندجة الآتية : 4N25 - LM324 - NE555 - LM7812 - LM7905

- LM7812 : منظم الجهد لقيمة 12 فولت ثابتة
LM7905 : منظم الجهد لقيمة 5 - فولت ثابتة
LM324 : 4 مكبرات عمل
4N25 : اوفتو كوپلر (دارة العزل الكهربائي)

2. ارسم الدارات المندجة المذكورة في السؤال الأول مع توضيح كيفية التوصيل.

3. ارسم دارة لتغذية مستمرة بجهود ثابتة +12 و -12 و +9 و -9 .

ملاحظة : الإجابة عن السؤالين الأخيرين تكون خلف الورقة

Le 13/06/2019 corrigé type EMDS 2 / Assoc. Machine/Conver

EX1: (10pts)

1 MME

1. b (2pts)

2. a (2pts)

3. a (2pts)

4. manque de données (2pts) (aucune bonne réponse)

5. b (2pts)

EX2: (10pts)

1. $P_g = R_a I_a^2 \Rightarrow R_a = \frac{P_g}{I_a^2}$

$P_g = 0,09 \times 45 \times 400 = 1620 \text{ W} \Rightarrow R_a = \frac{1620}{(45)^2} = 0,8 \Omega$

2. $E = U - R_a I_a = 400 - 0,8 \times 45 = 364 \text{ V}$

$k\phi = \frac{E}{\omega} = \frac{364}{3000 \times \frac{2\pi}{60}} = 1,16 \text{ Wb}$

3. $C_{em} = \frac{P_{em}}{\omega}$ avec $P_{em} = 364 \times 45 = 16380 \text{ W}$

$C_{em} = \frac{16380}{3000 \times \frac{2\pi}{60}} = 52 \text{ N.m}$ ou $C_{em} = k\phi I_a$

4. A vide $E = U = k\phi \omega \Rightarrow \omega = \frac{400}{1,16} = 344,82 \text{ rad/s}$

$n = 3293 \text{ tr/min}$

5. les équations permettant la résolution sont au nombre de deux : une équation électrique de maille sur l'induit et l'égalité des couples en régime permanent :

$U_{\text{moy}} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cos \alpha = R_a I_a + k\phi \omega$

$k\phi I_a = k_r \omega$

$\alpha = \frac{\pi}{4} \Rightarrow U_{\text{moy}} = 326 \text{ V}$

$$\begin{cases} 0,8I + 1,16\Omega = 326 \\ 1,16I = 0,166\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Omega = 256 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 2447 \text{ tr/min} \quad (1 \text{pt})$$

$$\text{et } I = 36,63 \text{ A} \quad (1 \text{pt})$$

$$C_{em} = C_r = 1,16 \times 36,63 = 42,50 \text{ N}\cdot\text{m} \quad (1 \text{pt})$$

Fin



Département : Génie électrique

Semestre : 2

Corrigé type d'examen

Année universitaire : 2018/2019

Module : Champ magnétique dans les machines électriques Niveau : 1^{ère} Master académique Spécialité: Machines électriques

Durée : 01 h 30 mn

Nom et prénom : Date de naissance : Matricule:.....

Barrer clairement les fausses propositions (L'utilisation du crayon et du stylo rouge est strictement interdite)

Barème : 01 point par réponse juste

- 1- La loi de Faraday implique que :
 - a. quand un conducteur se déplace dans un champ magnétique, en coupant les lignes de flux, une force électromotrice est induite dans le conducteur
 - b. une force électromotrice est induite si le flux magnétique varie à travers un circuit fixe
 - ~~c. une force électromotrice est induite si le flux magnétique varie à travers un circuit variable~~
- 2- Le potentiel vecteur magnétique A est défini par :
 - a. $\nabla \wedge A = B$
 - b. ~~$\nabla \cdot A = B$~~
 - c. ~~$\nabla \wedge B = A$~~
- 3- Le potentiel vecteur magnétique A est compatible avec $\nabla \cdot B = 0$, si on ajoute la condition :
 - a. $\nabla \cdot A = 0$
 - b. ~~$\nabla \wedge A = 0$~~
 - c. ~~$\nabla \wedge A = B$~~
- 4- Le rotationnel d'un champ magnétique est :
 - ~~a. la somme de sa dépendance à la variation du champ électrique au cours du temps et d'un courant variable~~
 - ~~b. la somme de sa dépendance à la variation du champ électrique au cours du temps et d'un courant induit~~
 - ~~c. la somme de sa dépendance à la variation du champ magnétique au cours du temps et d'un courant fixe~~
- 5- L'équation de Maxwell-faraday implique que :
 - ~~a. le rotationnel du champ électrique est directement proportionnel à la variation du champ magnétique au cours du temps~~
 - b. le rotationnel du champ électrique est inversement proportionnel à la variation du champ magnétique au cours du temps
 - ~~c. la variation du champ électrique est directement proportionnelle à la variation du champ magnétique au cours du temps~~

ok

OK

chump

6- L'équation $\text{rot}\left(\frac{1}{\mu} \text{rot} \vec{A}_z\right) = \vec{J}_z$ est seulement valable si :

- a. les courants qui créent le champ magnétique sont orthogonaux au plan d'étude et la coupe de la machine a été réalisée perpendiculairement à l'axe Oz
- ~~b. les courants qui créent le champ magnétique sont verticaux au plan d'étude et la coupe de la machine a été réalisée parallèlement à l'axe Oz~~
- c. les courants qui créent le champ magnétique sont verticaux au plan d'étude et la coupe de la machine a été réalisée parallèlement à l'axe Ox

7- Dans le modèle magnétodynamique d'une machine électrique tournante :

- a. les champs électrique et magnétique sont couplés par les courants induits
- ~~b. les champs électrique et magnétique ne sont couplés~~
- c. les champs électrique et magnétique sont couplés par les courants de Foucault

8- Le modèle magnétodynamique s'applique aux machines électriques dans lesquels :

- a. les sources de courant varient dans le temps
- b. les sources de tension varient dans le temps
- c. les sources de courant et de tension varient dans le temps

9- Dans le modèle magnétostatique vectoriel d'une machine électrique tournante :

- a. la densité du courant électrique doit être connue avant la résolution du modèle
- ~~b. la densité du courant électrique doit être connue après la résolution du modèle~~
- ~~c. la densité du courant électrique n'est pas demandée~~

10- Dans le modèle magnétodynamique d'une machine électrique tournante :

- ~~a. la densité du courant électrique doit être connue avant la résolution du modèle~~
- b. la densité du courant électrique doit être connue après la résolution du modèle
- ~~c. la densité du courant électrique n'est pas demandée~~

11- Dans le modèle magnétostatique scalaire d'une machine électrique tournante :

- ~~a. la densité du courant électrique doit être connue avant la résolution du modèle~~
- ~~b. la densité du courant électrique doit être connue après la résolution du modèle~~
- c. la densité du courant électrique n'est pas demandée

12- Dans le modèle magnétostatique vectoriel les champs magnétique et électrique :

- ~~a. sont couplés par les courants induits~~
- ~~b. sont couplés par la densité du courant électrique~~
- c. ne sont pas couplés

13- Les modèles magnétiques tridimensionnels d'une machine électrique asynchrone de moyenne puissance sont :

- a. très volumineux
- ~~b. aisés à résoudre~~
- c. coûteux à résoudre

OK

cho

- 14- Dans la modélisation magnétique d'une machine électrique, le terme $\partial \vec{B} / \partial t \neq 0$ signifie que :
- a. les champs \vec{B} et \vec{E} sont couplés
 - b. les champs \vec{B} et \vec{E} ne sont pas couplés
 - c. les champs \vec{B} et \vec{E} sont indépendants
- 15- La relation non linéaire existant entre les champs \vec{B} et \vec{H} est due :
- a. à la saturation du matériau ferromagnétique
 - b. à la perméabilité magnétique du matériau ferromagnétique
 - c. à l'induction rémanente
- 16- Le terme $\partial \vec{B} / \partial t$ n'est plus nul dans :
- a. le modèle magnétodynamique
 - b. le modèle magnétostatique vectoriel
 - c. le modèle magnétostatique scalaire
- 17- L'équation $\nabla \wedge \vec{E} = -\partial \vec{B} / \partial t$ fait partie du modèle :
- a. magnétodynamique d'une machine asynchrone triphasée
 - b. magnétostatique vectoriel d'une machine asynchrone triphasée
 - c. magnétostatique scalaire d'une machine asynchrone triphasée
- 18- L'équation $\nabla \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon$ fait partie du modèle :
- a. magnétodynamique d'une machine asynchrone triphasée
 - b. magnétostatique vectoriel d'une machine asynchrone triphasée
 - c. magnétostatique scalaire d'une machine asynchrone triphasée
- 19- L'équation $\vec{B} = \mu \vec{H} + \vec{B}_r$ fait partie du modèle :
- a. magnétodynamique d'une machine électrique tournante
 - b. magnétostatique vectoriel d'une machine électrique tournante
 - c. magnétostatique scalaire d'une machine électrique tournante
- 20- Le modèle bidimensionnel d'une machine électrique tournante est valable si seulement :
- a. la machine est assez longue
 - b. la machine est symétrique
 - c. la machine est volumineuse

OK

Examen: Qualité de l'énergie électrique

A: 11.06.2019

Nom : _____ Prnom: _____

20

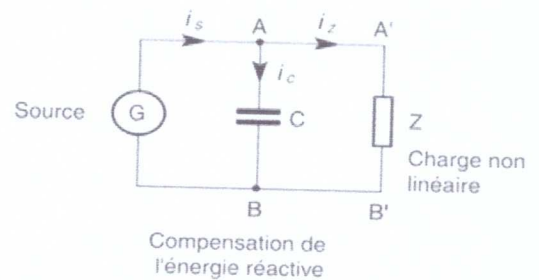
I. Cours (10 pts):

1. Qu'est-ce que la qualité de l'électricité, expliqué ?

- 1- **La continuité d'alimentation** recouvre les coupures, ou interruptions, subies par les utilisateurs. Elle comprend de coupures programmées et coupures non programmées, et entre coupures longues.
- 2- **La qualité de l'onde de tension** recouvre les perturbations liées à la forme de l'onde de tension délivrée par le réseau électrique. Exemple: creux de tension, surtensions, tensions hautes ou basses, variations de fréquence, papillotement, taux d'harmoniques et d'inter-harmoniques, déséquilibre entre phases, etc.
- 3- **La qualité de service** caractérise la relation entre un utilisateur et son gestionnaire de réseau, (délai de (re)mise en service, délai d'intervention d'urgence, délai de raccordement, notification de coupure programmée, tenue des horaires de rendez-vous, etc.).

2. Quelle sont les solutions de protection de condensateur ?

1. Fusible
2. Inductance anti-harmonique



3. Pourquoi les condensateurs sont sensibles à la circulation des courants harmoniques, Expliqué ?

Les condensateurs sont particulièrement sensibles à la circulation des courants harmoniques du fait que leur impédance décroît proportionnellement au rang élevé des harmoniques en présence dans le signal déformé (l'impédance du condensateur diminuant avec la fréquence).

$$Z_c = \frac{1}{C \times \omega} = \frac{1}{C \times 2.\pi.f}$$

4. Quel est le rôle d'une inductance anti-harmonique :

1. – elle supprime les risques de claquage de condensateur dus aux forts courants harmoniques (rappelons que l'impédance d'un condensateur diminue avec l'augmentation de la fréquence),
2. – elle réduit les taux de distorsion harmonique en tension sur le réseau considéré.

5. Quelles sont les perturbations liées à la forme de l'onde de tension ?

- Creux de tension, surtensions impulsionnelles, tensions hautes ou basses, variations de fréquence, papillotement, taux d'harmoniques et d'inter-harmoniques, déséquilibre entre phases

OK

Corrigé type d'examen

Exercice N°01 (03 pts)

L'échantillonnage d'un signal temporel $f(t)$ consiste à transformer celui-ci en une suite discrète $f(nT_e)$ de valeurs prises à des instants nT_e .

Exercice N°02 :

a) $F(p) = \frac{4}{p(p+3)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+3}$ (les pôles : $p_1 = 0, p_2 = -3$).

on applique la méthode de résidus à pôles simples, on trouve.

$$F(z) = \sum_{p_i} \frac{N(\xi)}{D'(\xi)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-T_e \xi}} \cdot z^{-1}$$

$N(\xi) = 4, D(\xi) = \xi(\xi+3) = \xi^2 + 3\xi \Rightarrow D'(\xi) = 2\xi + 3$

$$F(z) = \frac{N(0)}{D'(0)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-T_e \cdot 0}} \cdot z^{-1} + \frac{N(-3)}{D'(-3)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-T_e \cdot (-3)}} \cdot z^{-1}$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{z}{z-1} + \frac{4}{3} \cdot \frac{z}{z - e^{-3T_e}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{z(1 - e^{-3T_e})}{(z-1)(z - e^{-3T_e})}$$

b) $F(p) = \frac{1}{p(p+1)^2} = \frac{1}{p} - \frac{1}{(p+1)^2}$

$$F(z) = TZ\left[\frac{1}{p}\right] - TZ\left[\frac{1}{(p+1)^2}\right] = \frac{z}{z-1} - \frac{T_e z \cdot e^{-T_e}}{(z - e^{-T_e})^2}$$

c) $F(p) = \frac{3}{p(p+4)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+4}$

$MA = pF(p) \Big|_{p=0} = A = \frac{3}{4}$; $(p+4)F(p) \Big|_{p=-4} = B = -\frac{3}{4}$

$$F(z) = \frac{3}{4} TZ\left[\frac{1}{p}\right] - \frac{3}{4} TZ\left[\frac{1}{p+4}\right]$$

$$F(z) = \frac{3}{4} \left[\frac{z}{z-1} - \frac{z}{z - e^{-4T_e}} \right]$$

ok

(M2): Les pôles sont: $P_1 = 0$, $P_2 = -4$.

Ass. 2

$$N(s) = 3$$

$$D(s) = s(s+4) = s^2 + 4s \Rightarrow D'(s) = 2s + 4$$

$$F(z) = \frac{N(0)}{D'(0)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-4Te} \cdot z^{-1}} + \frac{N(-4)}{D'(-4)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-4Te} \cdot z^{-1}}$$

$$F(z) = \frac{3}{4} \cdot \frac{z}{z-1} - \frac{3}{4} \cdot \frac{z}{z - e^{-4Te}} = \frac{3}{4} \left[\frac{z}{z-1} - \frac{z}{z - e^{-4Te}} \right] \quad (1,5)$$

c) $f(kT_e) = 2 \cos(kT_e \omega) - kT_e$, $k = 0, 1, 2, \dots$

~~$F(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} f(kT_e) z^{-k}$~~

$$\cos(kT_e \omega) = \frac{e^{jkT_e \omega} + e^{-jkT_e \omega}}{2}$$

Donc:

$$f(kT_e) = e^{jkT_e \omega} + e^{-jkT_e \omega} - kT_e$$

$$F(z) = TZ \left[e^{jkT_e \omega} \right] + TZ \left[e^{-jkT_e \omega} \right] - TZ \left[kT_e \right]$$

Ramp

$$F(z) = \frac{z}{z - e^{jT_e \omega}} + \frac{z}{z - e^{-jT_e \omega}} - \frac{T_e z}{(z-1)^2}$$

(2) 11

OR

Exercice N°03:

$$s_k = 0,6e_{k-1} + 0,3s_{k-1} - 0,25s_{k-2}$$

$$S(z) = 0,6 \cdot z^{-1} E(z) + 0,3 \cdot z^{-1} \cdot S(z) - 0,25 \cdot z^{-2} \cdot S(z)$$

$$z^2 S(z) = 0,6z \cdot E(z) + 0,3z \cdot S(z) - 0,25 S(z)$$

$$S(z)(z^2 - 0,3z + 0,25) = 0,6z E(z) \quad \text{①}$$

$$\frac{S(z)}{E(z)} = \frac{0,6z}{z^2 - 0,3z + 0,25} \quad \text{②}$$

$$\lim_{z \rightarrow 1} \left[\left(\frac{z-1}{z} \right) \cdot \frac{S(z)}{E(z)} \right] ; E(z) = \frac{z}{z-1} \text{ (échelon unité).}$$

$$\text{Donc: } \lim_{z \rightarrow 1} \left[\left(\frac{z-1}{z} \right) \cdot \frac{0,6 \cdot z}{z^2 - 0,3z + 0,25} \cdot \frac{z}{z-1} \right] = \frac{0,6}{1 - 0,3 + 0,25} = \frac{0,6}{0,95} = \boxed{0,63}$$

Exercice N°04:

$$1) \text{ FTBF: } H(z) = \frac{a(z)}{1+a(z)} = \frac{K}{3z^2 - 2z - 0,1 + K} = \frac{N(z)}{D(z)} ; K > 0$$

$$z \rightarrow \frac{1+w}{1-w} \Rightarrow D(z) = 3z^2 - 2z - 0,1 + K = 0 \quad \text{③}$$

$$\text{On pose: } z = \frac{1+w}{1-w} \Rightarrow D(w) = w^2(4,9+K) + w(6,2-2K) + 0,9+K = 0$$

Tableau de Routh-Hurwitz.

w^2	$4,9+K$	$0,9+K$
w^1	$6,2-2K$	0
w^0	$0,9+K$	0

Le système est stable si:

$$\begin{cases} 4,9+K > 0 \\ 6,2-2K > 0 \Rightarrow K < \frac{6,2}{2} = 3,1 \\ 0,9+K > 0 \end{cases}$$

Donc: $\boxed{0 < K < 3,1}$ ④

ok

Partie 1 :

Solution de la question 1 : 1 point

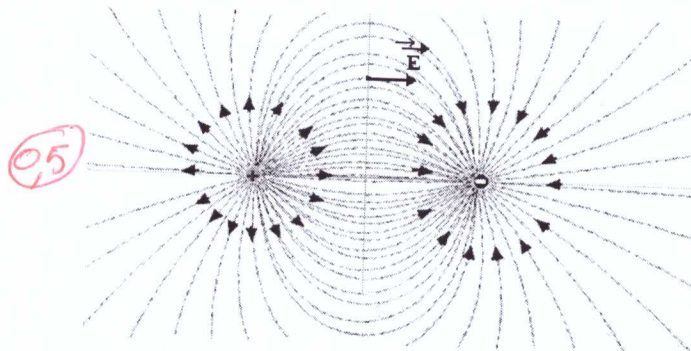
- A : Vrai
- B : Faux (0,5)

En effet l'électron est chargé négativement, donc la force qu'il subit est : $\vec{F} = -e \vec{E}$

Solution de la question 2 : 1 point

Les lignes de champ électrostatique :

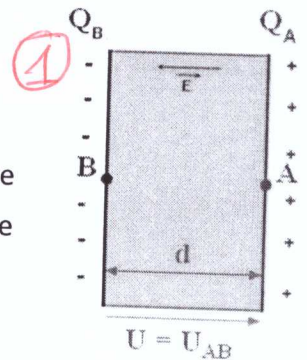
- A : sont toujours orientées de la charge positive vers la charge négative (0,5)
- B : sont toujours orientées de la charge négative vers la charge positive
- C : ne sont pas orientées



Solution de la question 3 : 2 points

Le champ créé par un condensateur plan :

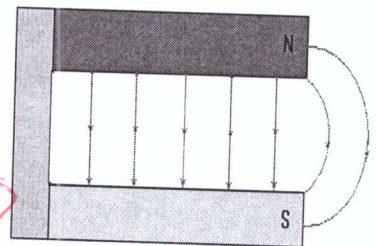
- A : est uniforme entre les armatures (0,5)
- B : a des lignes de champ orientées de l'armature positive vers l'armature négative (0,5)
- C : a des lignes de champ orientées de l'armature négative vers l'armature positive



Solution de la question 4 : 1 point

Dans l'entrefer d'un aimant en U, le champ magnétique \vec{B} est uniforme :

- A : La valeur du champ magnétique \vec{B} dépend du point
- B : Le champ magnétique \vec{B} est perpendiculaire aux lignes de champ
- C : Le champ magnétique \vec{B} est identique dans tout l'espace de l'entrefer (0,5)



Solution de la question 5 : 2 points

- A : Vrai
- B : Faux (1)

Le flux qui traverse la spire est donné par $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$. Le vecteur \vec{S} est ici dirigé suivant z, la spire étant placée parallèlement au plan xy. Le vecteur \vec{S} s'écrit donc : $\vec{S} = 5 \times 10^{-4} \vec{k} \text{ m}^2$. On a alors :

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = (40 \vec{i} - 18 \vec{k}) 10^{-4} \cdot (5,0) \times 10^{-4} \vec{k} = - 900 \text{ nWb. (Remarquez bien le signe « moins »)}$$

Mater

0,5

$$B_n = \frac{I}{\frac{l_1}{\mu_0 \mu_r S_1} + \frac{l_2}{\mu_0 \mu_r S_2} + \frac{\delta}{\mu_0 S_\delta} + \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r S_3} + \frac{l_4}{\mu_0 \mu_r S_4}} \frac{1}{S_n}$$

5

2. Le champ d'induction magnétique dans l'entrefer :

De l'équation 5 le champ d'induction magnétique dans l'entrefer

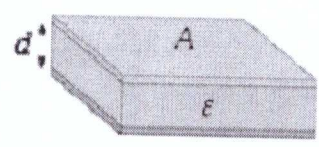
1

$$B_\delta = \frac{I}{\frac{l_1}{\mu_0 \mu_r S_1} + \frac{l_2}{\mu_0 \mu_r S_2} + \frac{\delta}{\mu_0 S_\delta} + \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r S_3} + \frac{l_4}{\mu_0 \mu_r S_4}} \frac{1}{S_\delta}$$

6

Exercice 2 : 4 points

On considère un condensateur plan dont les armatures ont une surface A et sont séparées d'une distance d dans le vide.



1. Expression de la capacité C de ce condensateur. On rappelle que le champ E entre les armatures d'un condensateur plan vaut $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, σ étant la densité surfacique de charge.

$$\Delta V = E \times d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \times d = \frac{1}{\epsilon_0} \times \frac{Q}{A} d = \frac{1}{\epsilon_0} \times \frac{1}{A} \times (C \times \Delta V) d \Rightarrow$$

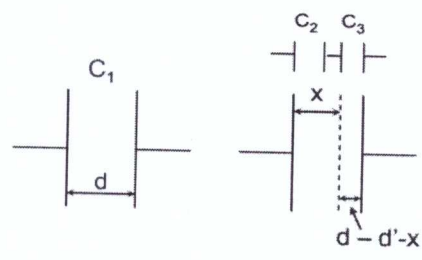
Or la tension V est telle que

$$\Delta V = \frac{1}{\epsilon_0} \times \frac{1}{A} \times (C \times \Delta V) d \Rightarrow$$

1

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

2. On glisse entre les armatures une lame de cuivre initialement neutre (parallèlement aux armatures et possédant la même surface A), d'épaisseur $d' = 1$ mm.



En insérant une lame de cuivre, nous avons créé deux condensateurs C_2 et C_3 associés en série.

2

$$C_{eq} = \frac{C_3 \times C_2}{C_3 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon_0 A}{x} \times \frac{\epsilon_0 A}{(d-d'-x)}}{\frac{\epsilon_0 A}{x} + \frac{\epsilon_0 A}{(d-d'-x)}} = \epsilon_0 A \times \frac{\frac{1}{x} \times \frac{1}{(d-d'-x)}}{\frac{1}{x} + \frac{1}{(d-d'-x)}} = \frac{\epsilon_0 A}{d-d'}$$

La variation relative vaut

1

$$\frac{C_{eq} - C_1}{C_1} = \frac{1}{9} \approx 11\%$$

Solution de la question 6 : 2 points

A : Vrai

B : Faux

En effet le flux est $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$. Comme \vec{B} et \vec{S} sont perpendiculaires entre eux, $\Phi = 0$

Solution de la question 7 : 1 point

Soit un dipôle électrique composé de 2 charges $q+$ et $q-$ espacés de A mètres.

A : Vrai

B : Faux

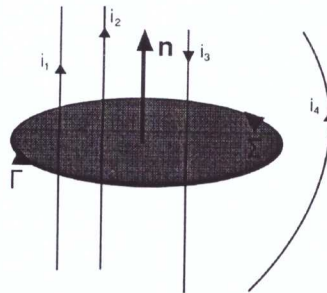
Le moment dipolaire correspondant correspond alors à $p = A \cdot q$.

Solution de la question 8 : 2 points

A : $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0(i_1 + i_2 - i_3)$

B : $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0(i_1 + i_2 - i_3 + i_4)$

C : $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$



Dans l'exemple ci-dessus, les intensités enlacées par Γ sont i_1 , i_2 et i_3 . i_4 n'intervient pas dans l'application du théorème d'Ampère à Γ . i_1 et i_2 sont orientées en concordance avec, tandis que i_3 est dans le sens contraire.

Partie 2 :

Exercice : 4 points

1. Le champ d'induction magnétique B dans chaque branche :

Loi d'ampère : $I = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_{\delta} \delta + H_3 l_3 + H_4 l_4$

Conservation du flux : $B_1 S_1 = B_2 S_2 = B_{\delta} S_{\delta} = B_3 S_3 = B_4 S_4$

Caractéristique des matériaux : $B_1 = \mu_0 \mu_r H_1$

$B_2 = \mu_0 \mu_r H_2$

$B_{\delta} = \mu_0 H_{\delta}$

$B_3 = \mu_0 \mu_r H_3$

$B_4 = \mu_0 \mu_r H_4$

Champ d'induction magnétique dans chaque branche :

$I = \frac{B_1}{\mu_0 \mu_r} l_1 + \frac{B_2}{\mu_0 \mu_r} l_2 + \frac{B_{\delta}}{\mu_0} \delta + \frac{B_3}{\mu_0 \mu_r} l_3 + \frac{B_4}{\mu_0 \mu_r} l_4$

$I = \frac{B_1}{\mu_0 \mu_r} l_1 + \frac{S_1}{S_2} \frac{B_1}{\mu_0 \mu_r} l_2 + \frac{S_1}{S_{\delta}} \frac{B_1}{\mu_0} \delta + \frac{S_1}{S_3} \frac{B_1}{\mu_0 \mu_r} l_3 + \frac{S_1}{S_4} \frac{B_1}{\mu_0 \mu_r} l_4$

$\Rightarrow B_1 = \frac{I}{\frac{l_1}{\mu_0 \mu_r S_1} + \frac{l_2}{\mu_0 \mu_r S_2} + \frac{\delta}{\mu_0 S_{\delta}} + \frac{l_3}{\mu_0 \mu_r S_3} + \frac{l_4}{\mu_0 \mu_r S_4}}$

Plus généralement le champ d'induction magnétique dans la branche n :