

THÈME 4

ONDES ET SIGNAUX

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers de Strasbourg

Novembre 2020

CHAPITRE 6 : DYNAMIQUE D'UN SYSTÈME ÉLECTRIQUE CAPACITIF

CORRECTION DES EXERCICES

EXERCICES : PP491-503 N°21, 39, 40 et 46

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P492 n°21

- a. Nous savons d'une part que l'intensité du courant I est constante et d'autre part que $I = \frac{dq}{dt}$. La fonction $q(t)$ est donc telle que, lorsqu'on la dérive, on obtienne une constante I . On en déduit que $q(t)$ est une fonction affine du type $q(t) = I \times t + b$ où b est une constante.

Or le condensateur est initialement déchargé car la tension à ses bornes est nulle à l'instant initial comme on peut le voir sur le graphique donné dans l'énoncé. On en déduit que $q(t = 0) = I \times 0 + b = 0$ donc que $b = 0$.

Par conséquent, on obtient $q(t) = I \times t$

- b. Nous savons que $q = C \times u_C$ donc $u_C = \frac{q}{C}$ et par conséquent,
- $$u_C(t) = \frac{I}{C} \times t$$

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P492 n°21 (fin)

- c. La relation précédente traduit le fait que, dans ce contexte, la tension aux bornes du condensateur est proportionnelle au temps. Cela se traduit aussi par le fait que la courbe représentative de $u_C(t)$ est une droite passant par l'origine comme on peut le voir sur le graphique de l'énoncé. Le coefficient de proportionnalité est donc le coefficient directeur de la droite que l'on détermine en choisissant deux points sur la droite.

La droite passe par les points $O(0;0)$ et $M(90;4)$. On obtient donc

$$\frac{I}{C} = \frac{4 - 0}{90 - 0} = 4,4 \times 10^{-2} \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$$

On en déduit la capacité du condensateur :

$$C = \frac{I}{4,4 \times 10^{-2}} = \frac{0,010 \times 10^{-3}}{4,4 \times 10^{-2}} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ F} = 230 \text{ } \mu\text{F}$$

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P496 n°39

- a. Les armatures du condensateur étant circulaires, leur surface est $S = \pi \times r^2$ où r est leur rayon tel que $r = \frac{2,54}{2} = 1,27 \text{ cm}$

Dans ces conditions, on peut calculer la capacité du condensateur :

$$C = \frac{k \times S}{e} = \frac{k \times \pi \times r^2}{e} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times \pi \times (1,27 \times 10^{-2})^2}{20,0 \times 10^{-6}}$$

$$\text{soit } C = 2,24 \times 10^{-10} \text{ F} = 224 \text{ pF}$$

- b. Soit C la capacité lorsque la distance entre les armatures est e et C' la capacité lorsque la distance entre les armatures est $e - \Delta e$ avec $\Delta e = 0,01 \text{ }\mu\text{m}$

La variation de capacité est

$$C' - C = \frac{k \times S}{e - \Delta e} - \frac{k \times S}{e} = \frac{k \times S \times e}{e \times (e - \Delta e)} - \frac{k \times S \times (e - \Delta e)}{e \times (e - \Delta e)} \text{ au-}$$

trement dit $\Delta C = \frac{k \times S \times e - k \times S \times (e - \Delta e)}{e \times (e - \Delta e)} = \frac{k \times S}{e} \times \frac{\Delta e}{e - \Delta e}$

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P496 n°39 (fin)

b. On a donc $\Delta C = C \times \frac{\Delta e}{e - \Delta e} = 224 \times \frac{0,01}{20,0 - 0,01} = 0,1 \text{ pF}$

- c. La variation de charge est donnée par la relation suivante :
 $\Delta q = q' - q = C' \times u_C - C \times u_C = (C' - C) \times u_C = \Delta C \times E$ car le condensateur est chargé sous la tension E du générateur. Ainsi, on obtient $\Delta q = 0,1 \times 10^{-12} \times 48 = 5 \times 10^{-12} \text{ C} = 5 \text{ pC}$

- d. Nous savons que l'intensité du courant correspond au débit des charge électriques dans le circuit. Par conséquent, on obtient une intensité du courant dans le circuit telle que

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{5 \times 10^{-12}}{2 \times 10^{-3}} \simeq 3 \times 10^{-9} \text{ A} = 3 \text{ nA}$$

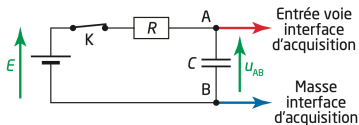
- e. La tension aux bornes de la résistance s'obtient grâce à la loi d'Ohm :
 $u_R = R \times i = 10 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-9} = 3 \times 10^{-2} \text{ V} = 30 \text{ mV}$

Cette tension étant très faible, il est nécessaire de la pré-amplifier avant d'envoyer les signaux électriques sur l'amplificateur de puissance qui, lui, permettra d'augmenter considérablement l'amplitude du signal recueilli par le microphone.

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P497 n°40

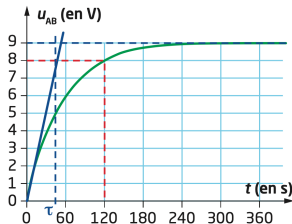
- 1.a. Pour visualiser la tension u_{AB} , il convient de relier la masse de l'interface (borne COM en quelque sorte) au point B et une entrée analogique de l'interface sur la borne A. Voir le schéma ci-dessous.



CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P497 n°40 (suite)

- 1.b. Pour déterminer la valeur de τ , on utilise la tangente à l'origine qui coupe l'asymptote horizontale en point d'abscisse τ . La lecture graphique (peu précise) donne donc $\tau \simeq 50$ s. Voir les tracés bleus sur le schéma ci-dessous.



Par ailleurs, nous savons que $\tau = R \times C = 47 \times 10^3 \times 1,1 \times 10^{-3} = 52$ s. Les deux valeurs sont proches (écart de 4%) donc en accord.

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P497 n°40 (fin)

- 2.a. Il s'agit de déterminer graphiquement l'antécédent de 8,0 V. Le tracé en rouge sur la figure précédente montre que cette tension de 8,0 V est atteinte au bout de 120 s, c'est-à-dire 2 minutes.
- 2.b. Lorsqu'on ferme la porte, cela met le condensateur en court-circuit d'après l'énoncé. Dans ce cas, le condensateur se décharge immédiatement et la tension à ses bornes reste nulle. Comme cette tension n'atteindra jamais 8,0 V tant que la porte reste fermée, l'alarme ne se déclenchera pas.

CORRECTION DES EXERCICES

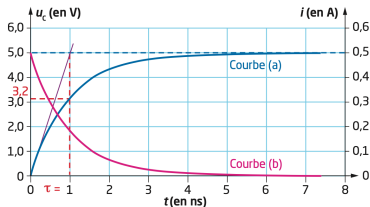
Exercice P502 n°46

- 1.a. Le document 4 indique que les courbes concernent la mise sous tension de l'accéléromètre. D'après l'énoncé, le condensateur est initialement déchargé ce qui signifie que la tension à ses bornes est nulle à l'instant initial. On en déduit que la courbe (a) correspond à la tension aux bornes du condensateur alors que la courbe (b) correspond à l'intensité du courant dans le circuit qui diminue au cours de la charge du condensateur pour s'annuler une fois le condensateur chargé.
- 1.b. Pour $0 < t < 5 \text{ ns}$, les grandeurs électriques varient dans le circuit : il s'agit du régime transitoire. Pour $t > 5 \text{ ns}$, les grandeurs électriques sont constantes dans le circuit et on a atteint le régime stationnaire (ou régime permanent).

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P502 n°46 (suite)

- 1.c. Le temps caractéristique τ du dipôle RC est la durée au bout de laquelle la tension u_C a atteint 63% de sa valeur finale (5 V ici). C'est donc la durée au bout de laquelle on a $u_C = 0,63 \times 5 = 3,2$ V. Par lecture graphique, on trouve $\tau = 1$ ns. Voir les tracés sur le schéma ci-dessous.



- 1.d. Nous savons que $\tau = R \times C$ donc $R = \frac{\tau}{C} = \frac{1 \times 10^{-9}}{100 \times 10^{-12}} = 10 \Omega$
- 1.e. En régime stationnaire, donc pour $t > 5$ ns, on lit graphiquement que $u_C = 5,0$ V et $i = 0$ A
- 1.f. Nous savons que $q = C \times u_C = 100 \times 10^{-12} \times 5,0 = 5,0 \times 10^{-10}$ C en régime stationnaire.

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P502 n°46 (suite)

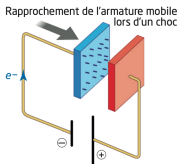
- 2.a. D'après le document 1, les parties de l'accéléromètres correspondant aux armatures mobile et fixe se nomment des peignes.
- 2.b. D'après l'énoncé, le choc provoque un rapprochement des deux armatures (donc d diminue), ce qui entraîne une augmentation de la capacité C . Par conséquent, C et d ne peuvent pas être proportionnels donc la proposition 1 est à rejeter. En revanche, dans la proposition 2, on a bien une augmentation de C si d diminue. C'est donc la proposition 2 qu'il faut conserver : $C = \frac{k}{d}$
- 2.c. Avant le choc, le système est en régime stationnaire donc $u_C = E$ et $q = C \times u_C = C \times E$
- 2.d. L'énoncé indique que la résistance interne de la pile peut être considérée comme nulle. Par conséquent, la pile est considérée comme une source idéale de tension aux bornes de laquelle la tension reste toujours égale à E . Comme le condensateur est considéré comme étant branché directement aux bornes de cette pile (car R est supposée nulle), alors la tension aux bornes du condensateur reste égale à E .

Par conséquent, si C augmente, étant donné que $q = C \times E$ quelle que soit la date t , alors la charge q doit augmenter.

CORRECTION DES EXERCICES

Exercice P502 n°46 (fin)

- 2.e. Si la charge du condensateur augmente, cela signifie que l'armature chargée positivement voit sa charge augmenter donc des électrons supplémentaires quittent cette armature pour rejoindre l'armature que est déjà chargée négativement. Voir le schéma ci-dessous.



- 2.f. Nous savons que $i = \frac{dq}{dt}$
- 2.g. D'après ce qui précède, le choc provoque un rapprochement des armatures du condensateur, ce qui engendre une augmentation de la charge du condensateur donc un déplacement d'électrons dans le circuit. Ce déplacement d'électrons dans le circuit est par définition du courant électrique. Par conséquent, le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation de courant.

NB : on a par ailleurs démontré plus haut que la tension aux bornes du générateur reste constante, de même que celle aux bornes du condensateur .