

Circuits linéaires du 1^{er} ordre

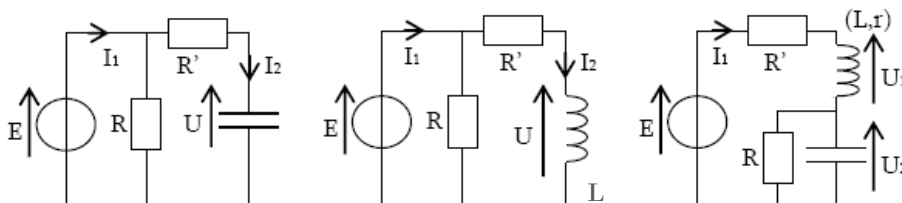
Compétences et capacités scientifiques mises en œuvre dans ce TD

- ☑ **ELEC2-1** Citer les relations entre intensité et tension pour des bobines et des condensateurs
- ☑ **ELEC2-2** Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire du 1^{er} ordre et étudier ses caractéristiques
- ☑ **ELEC2-4** Utiliser un modèle équivalent aux dipôles pour déterminer les grandeurs en régime permanent
- ☑ **ELEC2-5** Interpréter et utiliser les continuités de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité dans une bobine
- ☑ **ELEC2-6** Prévoir qualitativement l'évolution du système avant toute résolution de l'équation différentielle
- ☑ **ELEC2-7** Etablir l'équation différentielle du 1^{er} ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant 1 ou 2 mailles, identifier la constante de temps du circuit, la résoudre
- ☑ **ELEC2-8** Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine et réaliser des bilans d'énergie

Exercice n° 1 : Régime permanent (★)

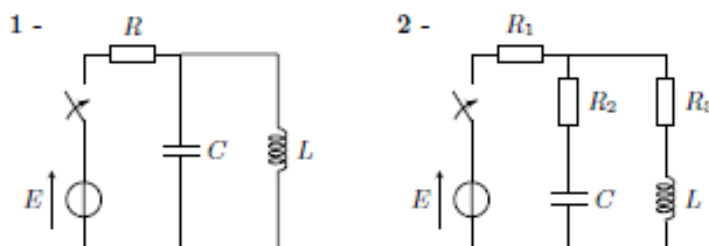
ELEC2-4

Donner les valeurs des tensions et des courants fléchés sur le schéma en régime permanent.

**Exercice n° 2 : Conditions initiales (★★)**

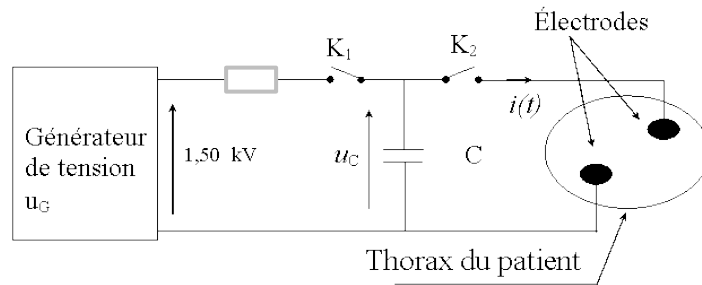
ELEC2-5

Dans chacun des circuits ci-dessous, on ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$, les condensateurs sont initialement déchargés. Déterminer la valeur du courant dans chacune des branches à $t = 0^-$, $t = 0^+$.

**Exercice n° 3 : Défibrillateur cardiaque (★)**

ELEC2-1 / ELEC2-2 / ELEC2-5 / ELEC2-7 / ELEC2-8

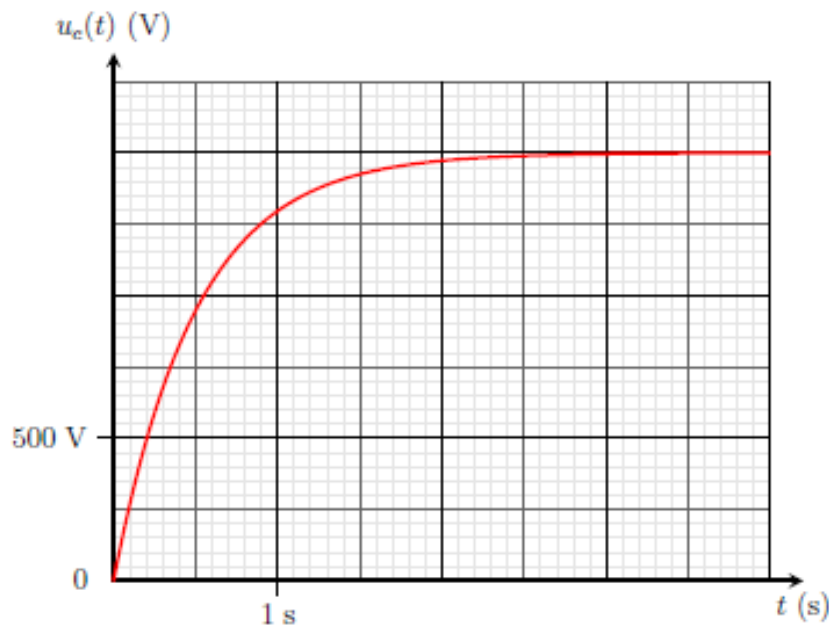
Le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, dont les fibres musculaires du cœur se contractent de façon désordonnée (fibrillation). Le défibrillateur cardiaque peut être représenté de façon simplifiée par le schéma électrique suivant. Le générateur délivre une tension E de 1500 V et la capacité du condensateur C est de 470 μF .



Charge du défibrillateur :

Lors de la mise en fonction du défibrillateur, le manipulateur obtient la charge du condensateur C (initialement déchargé) à travers une résistance de charge R en fermant l'interrupteur K_1 (K_2 étant ouvert).

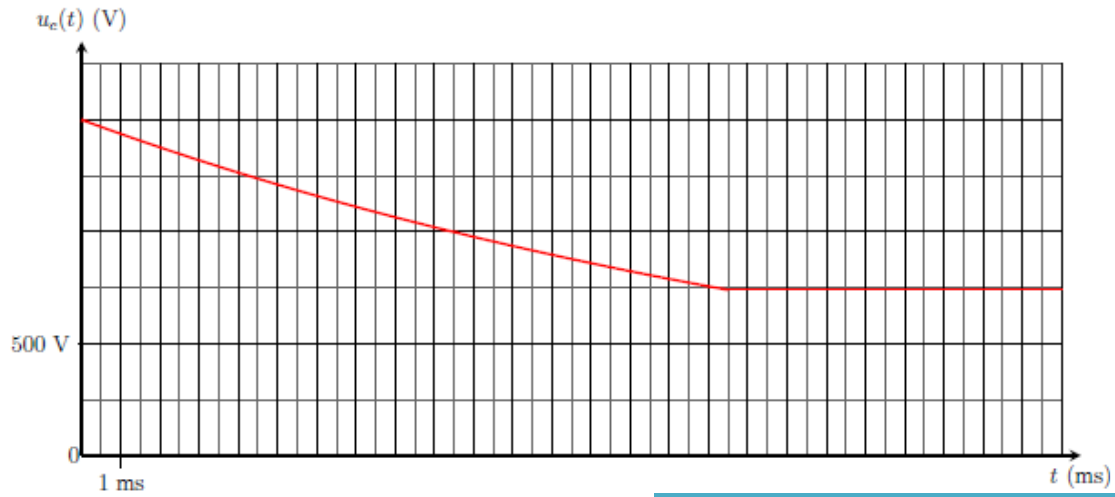
- 1) Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C lors de cette phase.
- 2) Exprimer le temps caractéristique τ .
- 3) Résoudre l'équation différentielle.
- 4) On donne ci-après le graphique représentant l'évolution de la tension aux bornes de C lors de la charge du défibrillateur. Déterminer graphiquement τ . La méthode employée devra être précisée.
- 5) Exprimer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à la fin de la charge. Faire l'application numérique.



Décharge du défibrillateur :

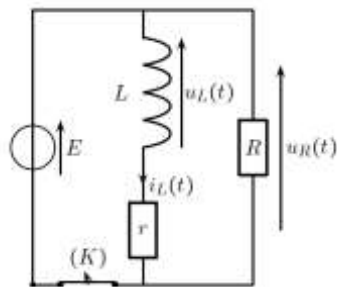
Dès que le condensateur C est chargé le manipulateur peut envoyer le choc électrique en connectant le condensateur aux électrodes posées sur le thorax du patient, assimilé à un conducteur ohmique de résistance $R_0 = 50 \, \Omega$. Il choisit alors le niveau d'énergie du choc électrique qui sera administré au patient, par exemple 400 J. À la date initiale t_0 , le manipulateur ferme l'interrupteur K_2 (K_1 ouvert) ce qui provoque la décharge partielle du condensateur ; la décharge est automatiquement arrêtée dès que l'énergie choisie a été délivrée.

- 6) Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C lors de cette phase. Introduire la constante de temps de la décharge τ' .
- 7) Résoudre l'équation différentielle.
- 8) La décharge s'arrête dès que l'énergie électrique choisie a été délivrée. Déterminer graphiquement la date t_1 à laquelle la décharge partielle du condensateur est arrêtée et la valeur de la tension $u_C(t_1)$ à cette date.
- 9) En vous appuyant sur la variation de l'énergie du condensateur entre les dates t_0 (début de la décharge) et t_1 retrouvez la valeur de la tension $u_C(t_1)$.

**Exercice n° 4 : Circuit d'allumage (★★)**ELEC2-1 / ELEC2-4 / ELEC2-5 / ELEC2-6
/ ELEC2-7 / ELEC2-8

L'inflammation du mélange air-essence dans le moteur d'une voiture est provoquée par une étincelle qui jaillit entre les bornes d'une bougie d'allumage. Cette étincelle apparaît lorsque la valeur absolue de la tension aux bornes de la bougie est supérieure à 10 000 volts.

Le circuit simplifié d'allumage d'un moteur à essence est schématisé par la figure ci-contre.
On supposera que : $E = 12 \text{ V}$, $L = 0,8 \text{ H}$, $r = 8 \Omega$ et $R = 1 \text{ k}\Omega$



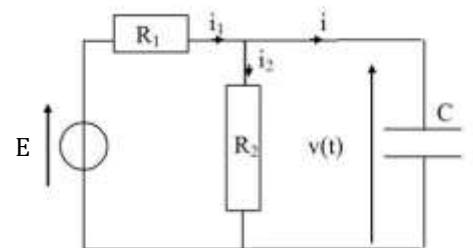
- 1) L'interrupteur K est fermé depuis une durée longue. Quel courant I_0 traverse la bobine ?
- 2) L'interrupteur est ouvert à l'instant $t = 0$. Prévoir qualitativement l'évolution de $i_L(t)$.
- 3) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par le courant $i_L(t)$ qui traverse la bobine.
- 4) En déduire la constante de temps du circuit.
- 5) Quelle est la tension maximale qui apparaît aux bornes de la bougie modélisée par une résistance R ?
- 6) Quelle énergie est dissipée dans les résistances ?

Exercice n° 5 : Charge d'un condensateur réel (★★★)

ELEC2-1 / ELEC2-4 / ELEC2-5 / ELEC2-7

On considère le circuit ci-dessous. Initialement, le condensateur est déchargé. A $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

- 1) Déterminer les valeurs de v , i , i_1 et i_2 en régime permanent.
- 2) Ecrire la loi des mailles en fonction de E , R_1 , i_1 et v .
- 3) Exprimer l'intensité du courant i_1 en fonction de i et i_2 .
- 4) Exprimer i et i_2 en fonction de v .
- 5) Etablir l'équation différentielle de la tension v .
- 6) Quelle est l'expression de la constante de temps du circuit ? Comparer au cas d'un condensateur idéal (absence R_2).
- 7) Résoudre l'équation différentielle.



Exercice n° 6 : Ar Vag Tredan (résolution de problème)



Document n° 1 : D'après www.supercondensateur.com

Le premier bateau électrique au monde alimenté à 100% par des supercondensateurs vient d'être baptisé ce mercredi 18 septembre 2013 à Lorient. Ce transbordeur électrique qui fera la navette entre Lorient et Pen-Mané (Locmiquélic) porte bien son nom ; Ar Vag Tredam veut dire « bateau électrique » en breton.

La capacité des supercondensateurs est suffisante pour alimenter le bateau sur un aller-retour. La recharge des supercondensateurs se fait pendant le chargement et le déchargement des passagers à terre en seulement 4 minutes. Elle se fait à l'aide d'un connecteur à deux broches à une tension de 400 V. Le bateau est équipé de 128 supercondensateurs de grande capacité pour un poids total de 6 tonnes réparti dans les deux coques du catamaran. Celui-ci va pouvoir effectuer chaque jour 28 aller-retours, à raison d'un par demi-heure, pour un trajet de 7 minutes entre Lorient et Locmiquélic, de l'autre côté de la rade.

Document n° 2 : D'après www.usinenouvelle.com

L'Ar Vag Tredan a commencé jeudi 19 septembre 2013 ses traversées de la rade de Lorient. Ce catamaran électrique pour le transport des passagers fabriqué par le chantier naval STX est unique en son genre. À la différence de ses homologues utilisés dans les ports de la Rochelle ou de Marseille, l'alimentation des deux moteurs de 100 chevaux est assurée par des condensateurs « super capacités » fournis par Bolloré. Le gros avantage de cette technologie par rapport à l'utilisation de batteries est la très grande vitesse de rechargement.

Déterminer la capacité totale des condensateurs et estimer la résistance du circuit de charge.

Donnée : Un cheval vapeur correspond à une puissance de 735 W.