Etude des condensateurs et bobines

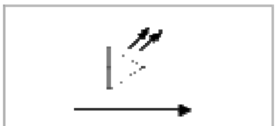
On s'intéresse au montage schématisé ci-contre.

1°) Indiquer ce qu'il se passe au niveau des diodes électroluminescentes (DEL) lorsque l'on ferme l'interrupteur.

2°) Qu'observe-t-on lorsque l'on ouvre l'interrupteur ?

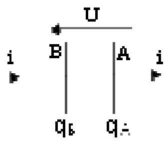
Rappel :  : diode électroluminescente (D.E.L.)

La DEL est un composant ne laissant passer le courant que dans un seul sens : celui indiqué par le triangle.
Elle émet de la lumière (rouge, verte ou jaune, en général) lorsque du courant la traverse.
Les DEL jouent notamment le rôle de voyant lumineux sur les téléviseurs, écrans d'ordinateur…



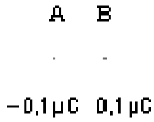
Exercice n°2 :

1°) Considérons le condensateur suivant :



a°) $i = \frac{dq_A}{dt}$ b°) $i = \frac{dq_B}{dt}$ c°) $i = -\frac{dq_A}{dt}$ d°) $U = \frac{q_A}{C}$ e°) $U = \frac{q_B}{C}$ f°) $q_A = -CU$

2°) Considérons le condensateur représenté ci-contre, de capacité C = 1 nF.
La tension U_{AB} vaut :



a°) 0 V b°) 100 V c°) – 100 V

Exercice n°1 :

3°) Si U_{BA} = 5 V et C = 1 µF, alors :

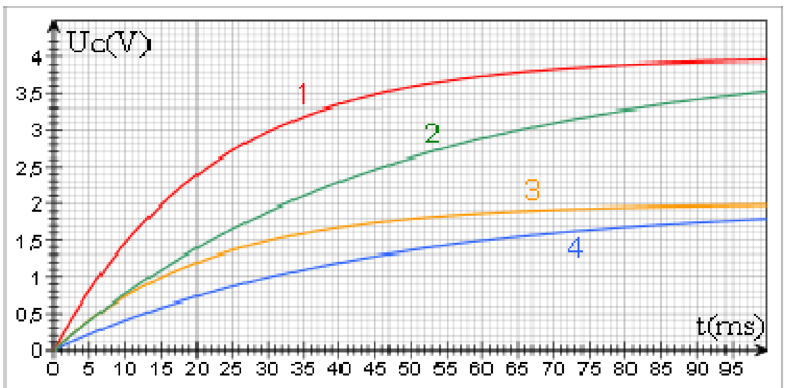
a°) q_A = – 5 µC b°) q_A = 5 µC c°) q_B = 5 µC d°) q_B = – 5 µC

4°) Si un condensateur laisse passer du courant, cela signifie que sa tension :

a°) est constante b°) varie c°) est suffisante.

On donne les courbes d'évolution de la tension $U_C(t)$ du condensateur d'un dipôle RC chargé sous une tension E par un générateur. Compléter le tableau ci-dessous en associant à chaque couple (R ; C) le numéro de la courbe qui lui correspond.

Cas				
R(kΩ)	10	20	10	10
C(µF)	2,2	2,2	2,2	4,7
E(V)	4,0	2,0	2,0	4,0



Un condensateur de capacité $C = 1{,}5$ mF est chargé à l'aide d'un générateur de courant d'intensité constante $I_0 = 20$ µA.
A l'instant $t = 0$, le condensateur est complètement déchargé.

1°) Quelle est la différence entre les générateurs de courant et les générateurs habituellement utilisés ?

2°) Donner l'expression de la charge q de l'armature reliée au point A en fonction de I_0 et t.

3°) Au bout d'une durée de charge d'une minute, que vaut :
 a°) la charge Q_A portée par l'armature A ?
 b°) la charge Q_B portée par l'armature B ?
 c°) la tension du condensateur ?
 d°) l'énergie E emmagasinée par le condensateur ?

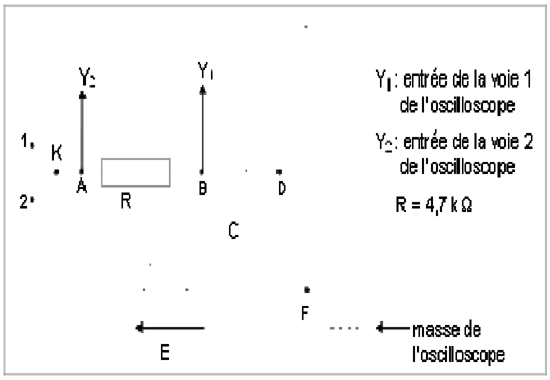
4°) Au bout de combien de temps l'énergie E' emmagasinée par le condensateur vaudra-t-elle 2E ?

5°) La tension du condensateur ne doit pas dépasser 40 V. Déterminer la durée maximale t_{max} de charge.

6°) a°) Ce montage pose un problème. Lequel ?
 b°) Compléter ce schéma afin de résoudre le problème soulevé.

7°) Indiquer comment décharger complètement le condensateur.

Exercice n°3 :
Exercice n°4 :

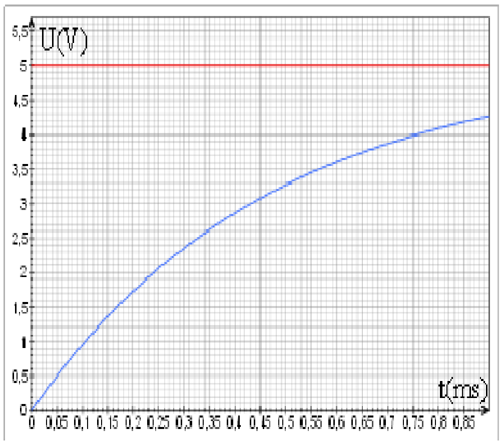


On souhaite étudier la charge d'un condensateur à l'aide du montage schématisé ci-contre.
Les points A et B sont reliés aux entrées d'un oscilloscope à mémoire (ou d'un ordinateur) tandis que le point F est relié à sa masse.

Sous le schéma figure l'enregistrement des tensions visualisées sur les voies 1 et 2 à partir de l'instant $t = 0$ où l'interrupteur bascule de la position 1 à la position 2.

1°) a°) Quelle tension est visualisée sur la voie 1 de l'oscilloscope ?
 b°) Par quelle courbe cette tension est-elle représentée ?

2°) Déterminer les valeurs de :
- la tension E délivrée par le générateur ;
- la tension U_{Cmax} du condensateur lorsque sa charge est terminée ;
- la constante de temps de charge τ du condensateur (en utilisant deux méthodes différentes).



3°) Calculer la capacité C du condensateur.

4°) La tension U_C du condensateur peut être déterminée à partir d'une équation différentielle. Par une analyse dimensionnelle, montrer qu'une seule des équations suivantes peut être correcte :

$$R\frac{dU_C}{dt} + CU_C = E \;;\; RC\frac{dU_C}{dt} + U_C = E \;;\; \frac{dU_C}{dt} + RCU_C = E \;;\; R\frac{dU_C}{dt} + CU_C = \frac{E}{RC}$$

5°) Parmi les expressions suivantes, laquelle correspond à la tension du condensateur ?

$$u_1(t) = 5\,e^{\frac{-t}{0,47}} \;;\; u_2(t) = 5\,e^{0,47t} \;;\; u_3(t) = 5\,e^{\frac{t}{0,47}} \;;\; u_4(t) = 5(1 - e^{\frac{-t}{0,47}}) \;;$$

$$u_5(t) = 5(1 - e^{\frac{t}{0,47}}) \;;\; u_6(t) = 5(1 - e^{0,47t})$$

Exercice n°5 :

6°) A quelle tension correspond la courbe du document ci-dessous ?

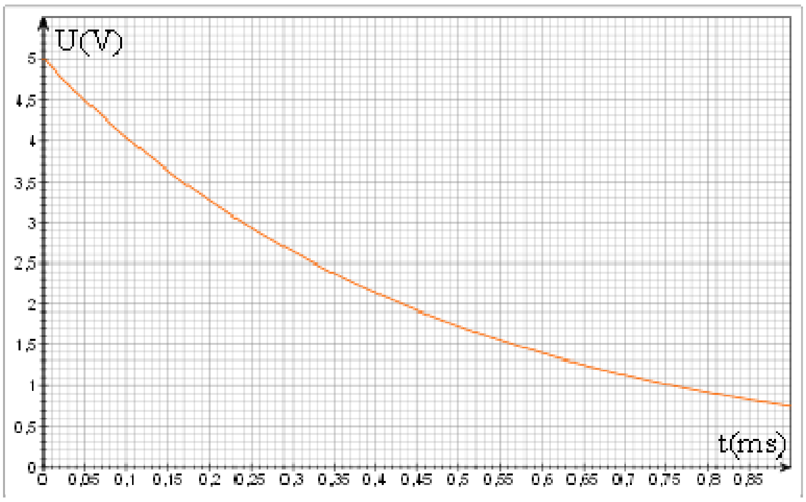
7°) Calculer l'intensité du courant à t = 0.

8°) Parmi les expressions suivantes, laquelle correspond à la tension représentée par la courbe ci-contre ?

$u_1(t) = 5(1 - e^{\frac{t}{0,47}})$; $u_2(t) = 5\,e^{0,47\,t}$;

$u_3(t) = 5\,e^{\frac{t}{0,47}}$; $u_4(t) = 5(1 - e^{\frac{-t}{0,47}})$;

$u_5(t) = 5\,e^{\frac{-t}{0,47}}$; $u_6(t) = 5(1 - e^{0,47\,t})$

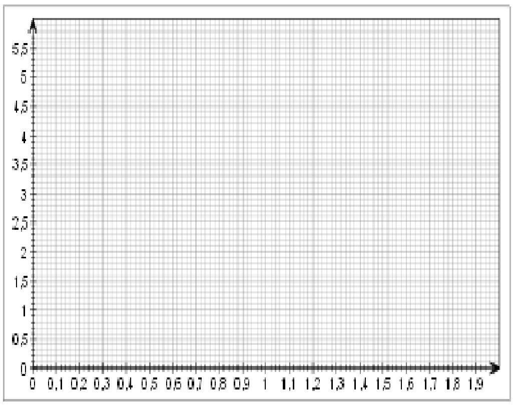


6°) Donner l'allure de $U_C(t)$. Vous tracerez la tangente à la courbe en t = 0 et placerez le point d'abscisse τ. Vous pouvez, si vous le souhaitez, imprimer la grille ci-contre.

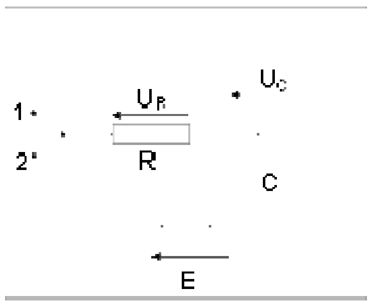
7°) Représenter, sur le même graphique, l'allure des variations de U_C en fonction du temps dans le cas où la résistance R est remplacée par une résistance R' = 2R.

8°) Que vaut l'énergie ε_J dissipée par effet Joule dans le circuit lors de la décharge du condensateur ?

9°) On a tracé la courbe de $U_C(t)$ et sa tangente en t = 0 dans le cas où E = 5,0 V et τ = 1,0 s (R = 50 kΩ ; C = 20 μF). Tracer l'allure de la courbe qu'on aurait obtenue si on avait initialement chargé le condensateur sous la tension E' = 2,5 V.



On souhaite étudier la décharge à travers une résistance R = 10 kΩ d'un condensateur de capacité C = 60 μF initialement chargé sous une tension E = 5,0 V. On utilise, pour cela, le montage schématisé ci-contre.



1°) La décharge du condensateur commence à la date t = 0. Comment sait-on si, à cette date, la charge du condensateur est terminée ?

2°) Calculer l'énergie ε stockée par le condensateur avant que ne commence la décharge.

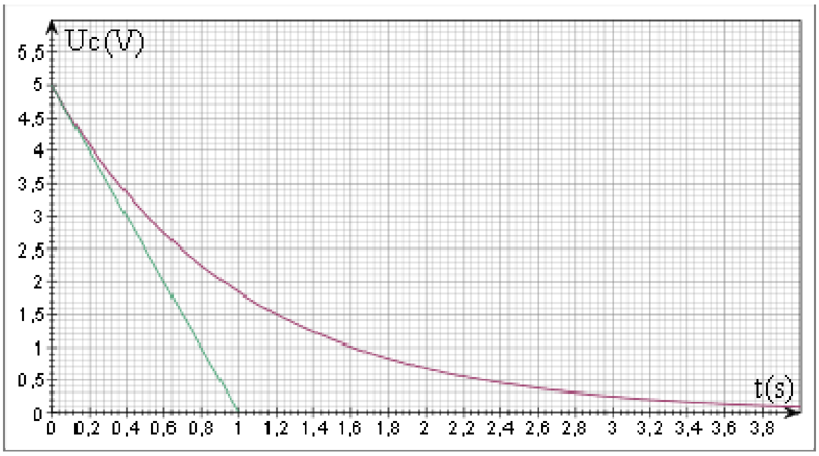
3°) L'équation différentielle vérifiée par $U_C(t)$ est : $RC\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$

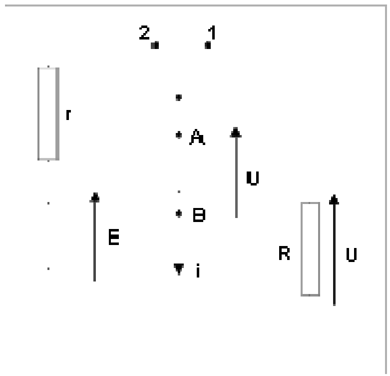
Vérifier que $U_C(t) = Ee^{-t/RC}$ est solution de l'équation précédente et respecte la condition initiale.

4°) Calculer la valeur de k telle que : $U_C(\tau) = kU_{Cmax}$.

5°) On définit la durée $t_{1/2}$ telle que $U_C(t_{1/2}) = \frac{U_{Cmax}}{2}$. Exprimer $t_{1/2}$ en fonction de τ que vous calculerez.

Exercice n°6 :



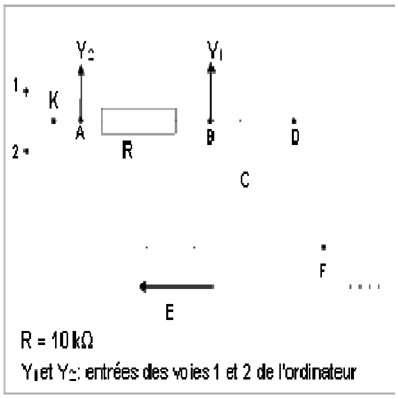


L'interrupteur, qui était en position 2, bascule, à l'instant t = 0, en position 1.

1°) En respectant les conventions d'orientation du schéma du circuit, préciser le signe de l'intensité i lors de la décharge.

2°) Ecrire les relations entre :
- U_C et U_{AB} ;
- l'intensité i du courant et la tension U_R ;
- la charge q_B de l'armature B du condensateur et la tension U_C ;
- les tensions U_R et U_C lors de la décharge ;
- l'intensité i du courant de décharge et la charge q portée par l'armature du condensateur chargée négativement.

3°) Préciser le signe de la tension U_R lors de la décharge.



On souhaite étudier la décharge d'un condensateur à l'aide du montage schématisé ci-contre :
Les points A et B sont reliés aux entrées d'un ordinateur tandis que le point F est relié à sa masse.
En basculant l'interrupteur de la position 2 à la position 1, il apparaît deux représentations graphiques, dont celle-ci :

1°) Sur quelle voie la tension représentée ci-contre est-elle visualisée ? Justifier.

2°) a°) Orienter le circuit de sorte que l'intensité du courant qui y circule soit positive.

b°) Préciser la charge (q ou – q) de chacune des armatures du condensateur si on veut être en mesure de poser : $i = -\frac{dq}{dt}$.

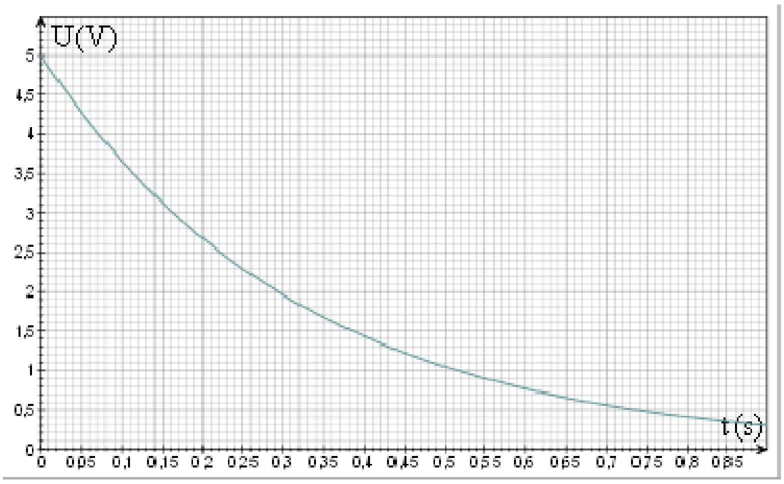
c°) Rajouter, sur le schéma, les flèches-tensions de la résistance et du condensateur en respectant la convention récepteur.

3°) A l'aide de la courbe, déterminer :
- les tensions $U_C(0)$ et $U_R(0)$ du condensateur et de résistance à la date t = 0 ;
- la constante de temps τ de décharge du condensateur ; il vous est suggéré d'imprimer la courbe.
- la capacité C du condensateur.

4°) La tension maximale supportée par le condensateur est de 80 V. Calculer sa charge maximale q_{max}.

5°) Calculer la valeur maximale E_{max} de l'énergie que peut emmagasiner le condensateur.

Exercice n°8 :
Exercice n°7 :



I. Charge d'un condensateur

On a réalisé le montage schématisé ci-contre avec un condensateur de capacité C et deux résistances R et R' égales à 470 Ω.

1°) Indiquer, sur le schéma, l'orientation du courant i(t) ; la convention générateur devra être respectée

2°) Représenter, par des flèches, les tensions U_C et U_R du condensateur et du conducteur ohmique R en respectant la convention récepteur.

3°) Sélectionner les propositions correctes : $U_C = U_{AB}$; $U_C = U_{BA}$; $i = -\frac{dq_A}{dt}$; $i = \frac{dq_A}{dt}$ avec q_A : charge de l'armature A

4°) Exprimer U_R et U_C en fonction de q_A.

5°) Etablir l'équation différentielle vérifiée par $q_A(t)$.

6°) Cette équation différentielle admet pour solution : $q_A(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$. Exprimer A et α en fonction de C, R et E (tension du générateur).

7°) On considère généralement que la charge du condensateur est terminée lorsque la tension U_C atteint 99 % de sa valeur finale théorique.

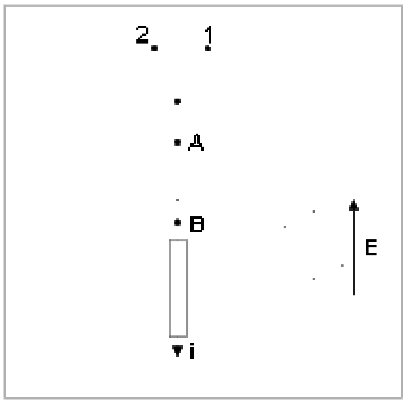
a°) Calculer U_C aux dates 4τ et 5τ, τ étant la constante de charge du condensateur.

b°) Au bout de combien de temps (exprimé en fonction de τ) peut-on considérer que la charge d'un condensateur est terminée ?

8°) Sachant que la tension en fin de charge du condensateur est de 5,0 V, en déduire la valeur de E.

9°) Lorsque le condensateur a atteint sa tension de fin de charge, il emmagasine une énergie ε = 5,0 mJ. En déduire sa capacité C.

10°) A quelles dates t_1 et t_2 a-t-on $q_A = C\frac{E}{2}$? $q_A = C\frac{E}{4}$?



Le montage schématisé ci-dessous est utilisé afin d'étudier les tensions U_R et U_C de la résistance R (10 kΩ) et du condensateur de capacité C.

1°) A t = 0, l'interrupteur, qui était en position 1 depuis longtemps, bascule sur la position 2. Que vaut alors la charge Q_A de l'armature A ?

2°) Représenter sur le schéma, par des flèches, les tensions U_R et U_C. La convention récepteur devra être respectée.

3°) En respectant l'orientation du circuit indiquée sur le schéma (par la flèche intensité), préciser le signe de l'intensité i(t) du courant de décharge du condensateur.

4°) On veut visualiser l'intensité i sur un oscilloscope. Indiquer les branchements à réaliser.

5°) Exprimer U_R en fonction de q (charge de l'armature B) puis de U_C.

6°) En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle vérifiée par U_C. Cette équation devra

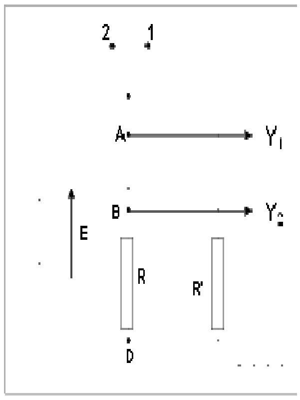
Exercice n°9 :
Exercice n°10 :

apparaître sous la forme : $\frac{1}{\alpha}\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$, α étant une constante que vous exprimerez en fonction des caractéristiques des dipôles du circuit.

7°) Résoudre l'équation différentielle vérifiée par U_C, sachant que sa solution est de la forme : $U_C(t) = Ae^{-kt} + B$

8°) En déduire l'expression littérale de l'intensité i(t).

II. Décharge du condensateur



Le commutateur bascule sur la position 2 à un instant pris comme nouvelle origine des dates. Les points A, B et D sont connectés respectivement aux entrées Y_1, Y_2 et à la masse d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur.

1°) Orienter le circuit de sorte que l'intensité du courant soit positive.

2°) Représenter par des flèches les tensions U_R, $U_{R'}$ et U_C (en respectant la convention récepteur).

3°) Exprimer i en fonction de q_A puis de U_C.

4°) Exprimer $U_C(t)$ en fonction des tensions U_1 et U_2 détectées respectivement en Y_1 et Y_2.

5°) Déterminer, à l'aide de la courbe $U_C(t)$ (que vous pouvez imprimer), l'intensité à l'instant t = 0 (notée i(0)).

6°) Au bout de combien de temps le condensateur est-il déchargé à 99 % (sa charge et sa tension ne valent alors plus que 1 % de leurs valeurs initiales) ?

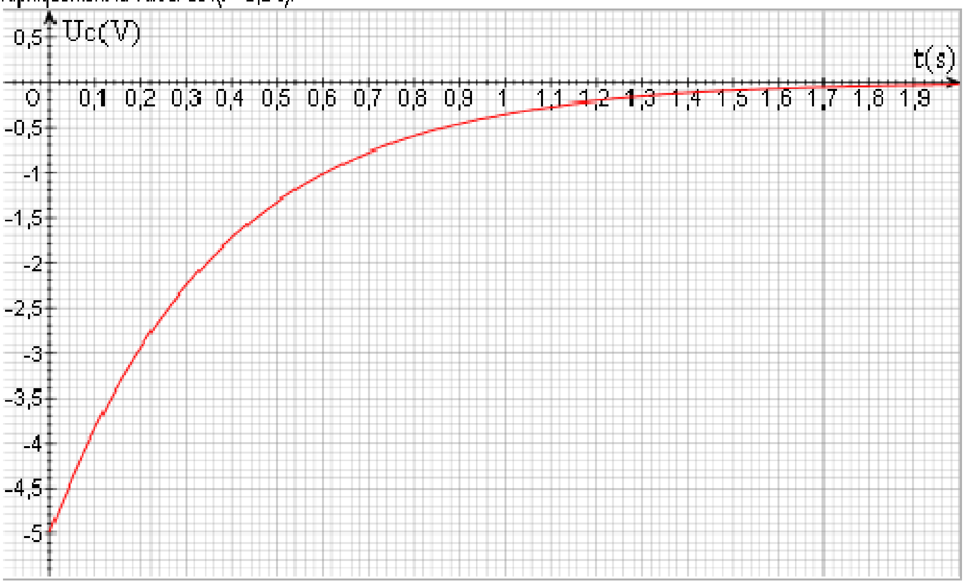
La tension du condensateur est de la forme : $U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau'}}$ avec : τ' : constante de temps de décharge du condensateur.

7°) a°) Donner l'expression de i(t) en fonction de U_0, R, R' et C.

b°) Calculer l'intensité i à la date t = 0,2 s.

c°) Quelle influence aurait une augmentation de la capacité C du condensateur sur les valeurs de i(0) et de i(t = 0,2 s) ?

8°) Retrouver graphiquement la valeur de i(t = 0,2 s).

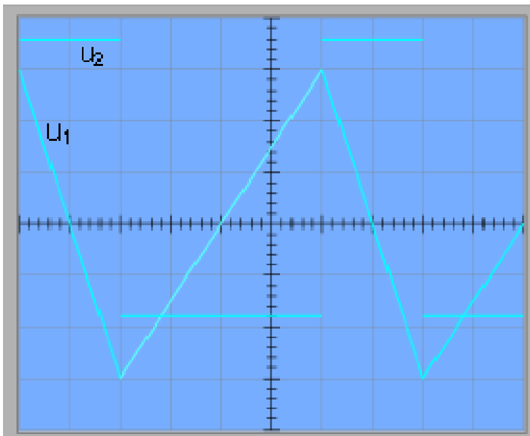


1°) Représenter, sur le schéma, par des flèches, les tensions U_R, U_B et U_G de la résistance, de la bobine et du générateur. La convention récepteur devra être appliquée pour les deux premiers dipôles cités.

2°) Quelles tensions sont représentées sur les voies A et B de l'oscilloscope ?

3°) Reproduire, sur la grille ci-contre, les oscillogrammes des tensions visualisées à l'oscilloscope.

4°) A quel problème aurait-on été confronté si l'on n'avait pas utilisé un générateur à masse flottante ?



Base de temps : 1 ms/div.
Voie 1 : sensibilité verticale : 2 V/div.
Voie 2 : sensibilité verticale : 5 mV/div.

On branche en série, aux bornes d'un générateur, un conducteur résistance R = 1,0 kΩ et une bobine d'inductance L et de résistance
Les tensions u_1 et u_2 sont appliquées aux bornes d'un oscilloscope.
Les oscillogrammes obtenus sont donnés ci-contre.

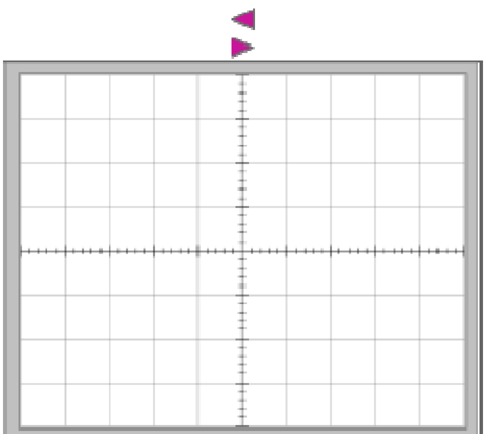
1°) La tension u_1 détectée sur la voie 1 est-elle u_{BA} ou u_{AB} ?

2°) Exprimer u_1 en fonction de R et de i.

3°) Etablir une relation entre L, R, u_2 et $\frac{du_1}{dt}$.

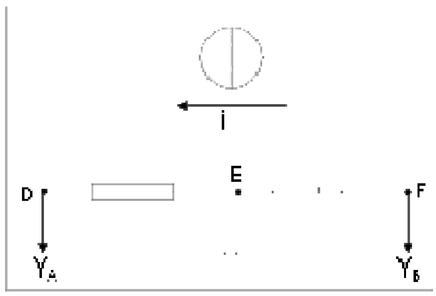
4°) Calculer l'inductance L de la bobine.

Exercice n°11 :
Exercice n°12 :



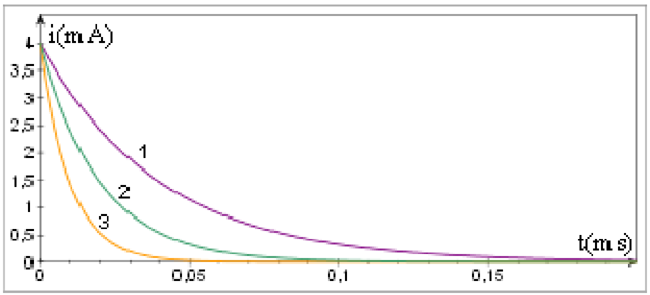
Base de temps : 0,1 ms/div.
Sensibilité verticale : 0,5 V/div.

On réalise un circuit électrique en série constitué d'une résistance R = 200 Ω, d'une bobine idéale (c'est-à-dire : de résistance interne nulle) d'inductance L = 60 mH et d'un générateur de courant. Les variations de l'intensité en fonction du temps sont représentées ci-dessous :



Un oscilloscope permet de relever la tension entre les bornes de la bobine et celles de la résistance. Le générateur de courant est à masse flottante : sa masse électrique n'est pas reliée à la borne terre (la tige métallique des prises de courant).

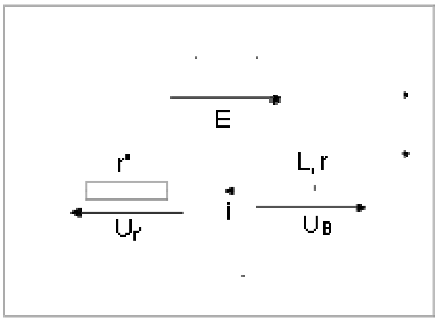
On donne les courbes d'intensité i(t) traduisant la rupture du courant dans différents dipôles RL. Compléter le tableau ci-dessous en associant à chaque couple (R ; L) le numéro de la courbe qui lui correspond.



Cas			
R(Ω)	1 000	1 000	2 000
L(mH)	20	40	20

On s'intéresse au montage schématisé ci-contre.

Exercice n°13 :



On réalise le circuit électrique schématisé ci-contre avec : $R = 1{,}00\ k\Omega$ et $E = 10\ V$.
On enregistre ensuite, à l'aide d'un ordinateur muni d'une carte d'acquisition, l'intensité i du courant traversant la bobine lo rupture du courant. On obtient alors la courbe donnée à la page suivante.

1°) Quelle est l'utilité de la branche comportant la diode ?

2°) On ouvre l'interrupteur. Orienter la maille traversée par du courant (en y indiquant le sens du courant lors du régime trans représenter par des flèches les tensions U_b et U_R de la bobine et de la résistance R en respectant la convention récepteur.

3°) a°) Montrer qu'à la rupture du courant, l'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité i s'écrit : $\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = 0$. On considè la tension de la diode est nulle lorsqu'elle est branchée dans le sens passant.

b°) Exprimer τ en fonction de caractéristiques du circuit électrique.

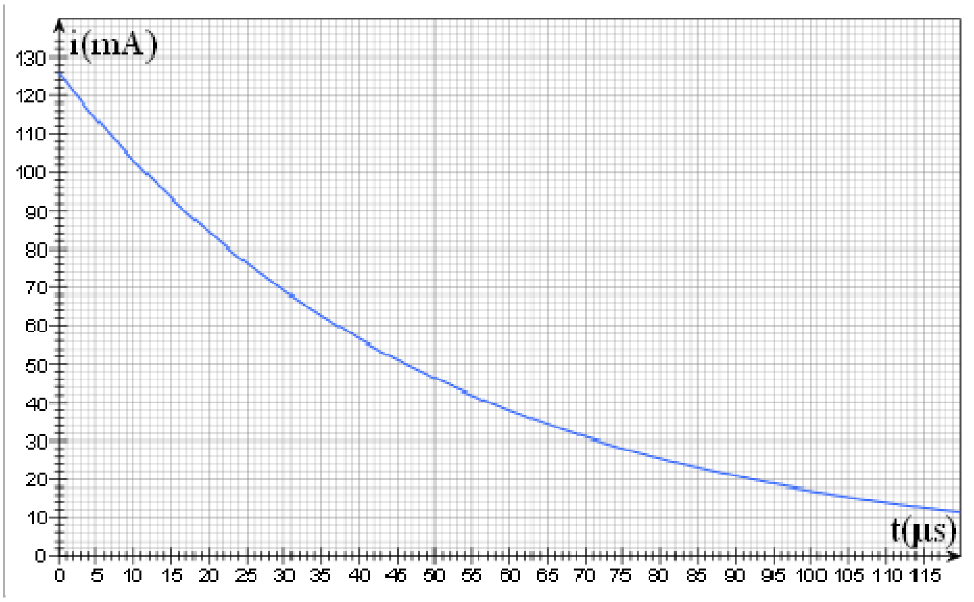
Exercice n°15 :
Exercice n°14

1°) a°) Indiquer les branchements à réaliser pour visualiser les tensions U_b et U_r respectivement sur les voies A et B d'un oscil

b°) Pourquoi le générateur doit-il être à masse flottante ?

2°) Exprimer U_r en fonction de r' et de i.

3°) On provoque une rupture du courant à t = 0.
Calculer l'intensité i(0) du courant dans la bobine et la tension $U_b(0)$. On considèrera que la diode a une tension nulle lorsq est passante.



On réalise le montage schématisé ci-contre, dans lequel une diode a une tension seuil que l'on négligera. Le moteur N entraîner une poulie. A l'extrémité du fil qui s'enroule sur cette poulie est suspendu un objet de poids P = 2,5 N. La d'inductance L a une résistance négligeable.

1°) Expliquer pourquoi le moteur ne tourne pas lorsque l'interrupteur est fermé.

2°) A l'ouverture de l'interrupteur, le moteur se met à fonctionner pendant un court instant, entraînant l'objet vers le haut. Ex quelle est l'origine de l'énergie mettant le moteur en rotation et préciser, sur le schéma, dans quelles branches et dans quel s courant circule.

3°) Quelle est l'énergie ε_b stockée par la bobine lorsque le régime permanent est établi ?

4°) De quelle hauteur h devrait s'élever l'objet si toute l'énergie de la bobine était restituée sous forme d'énergie potenti pesanteur ?

Données : E = 12 V ; R = 2,0 Ω ; L = 0,12 H.

Exercice n°16 :

5°) Calculer l'inductance L de la bobine.

6°) a°) Etablir l'équation différentielle satisfaite par l'intensité i.

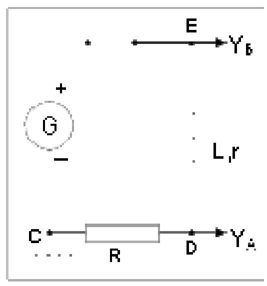
b°) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $i(t) = Ae^{k.t} + B$. Donner les expressions littérales de i(t) et de délivrée par le générateur.

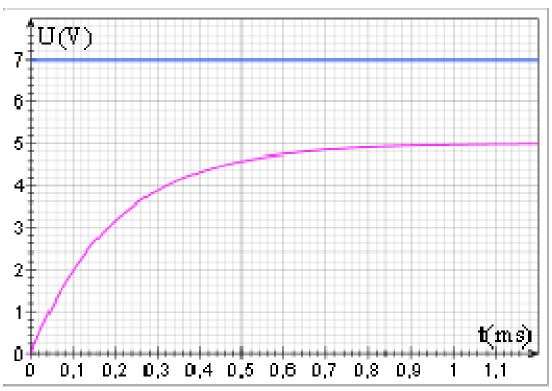
7°) Calculer puis retrouver graphiquement la valeur de la constante de temps τ du circuit.

8°) Donner l'allure de la courbe que l'on obtiendrait (sur la voie A) si l'on remplaçait la bobine par une autre dont l'inductance s

Exercice n°17 :

1°) Que visualise-t-on sur les voies A et B de l'oscilloscope dans le cas schématisé ci-contre ?



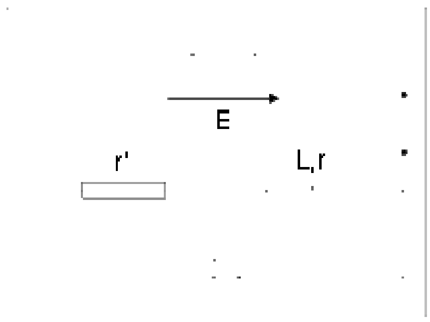


2°) On a représenté les tensions visualisées sur les voies A et B lors de la fermeture de l'interrupteur à l'instant t = 0.
Calculer l'intensité (notée i_p) lorsque le régime permanent est établi, sachant que R = 100 Ω.

3°) A partir des courbes, donner la valeur U_{Bp} de la tension U_B en régime permanent. En déduire la valeur de la résistance r de la bobine.

4°) Déterminer, à partir de la courbe de la voie A, la valeur de $\frac{di}{dt}$ à l'instant t = 0.

On ferme, à la date $t = 0$, l'interrupteur du montage suivant.



1°) Orienter la branche contenant la bobine de sorte que l'intensité i du courant qui la traverse soit positive lorsque l'interrupteur est fermé. Indiquer les tensions $U_{r'}$ de la résistance r' et U_b de la bobine en respectant la convention récepteur.

2°) Indiquer, sur le schéma, les branchements à réaliser afin d'obtenir une image de l'intensité.

3°) Etablir l'équation différentielle satisfaite par l'intensité i du courant dans le circuit à partir de l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur.

4°) a°) Vérifier que la solution de l'équation différentielle s'écrit : $i(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$, A et α étant des constantes que vous exprimerez en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit.

b°) A quoi correspond la constante A ?

Exercice n°18 :

5°) a°) Exprimer, en fonction de la constante de temps τ, la date $t_{1/2}$ au bout de laquelle l'intensité du courant est égale à la mo

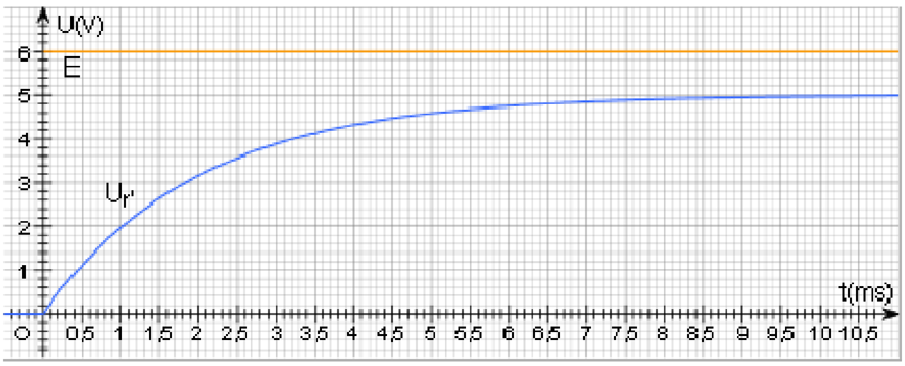
b°) En déduire, à l'aide de la courbe de i(t) (que vous pouvez imprimer), la valeur de τ.

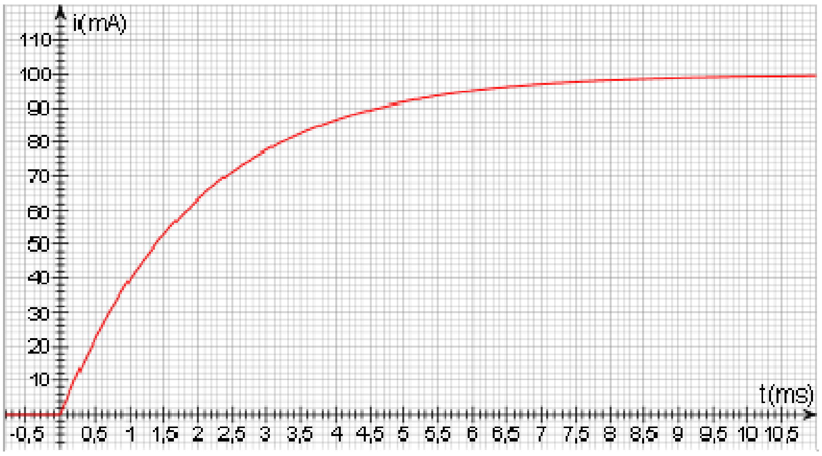
6°) Déduire des représentations graphiques de i(t), E(t) et $U_{r'}(t)$ les valeurs de r, r' et L.

7°) On ouvre l'interrupteur à un instant pris comme nouvelle origine des dates. Représenter, sur le graphique comportant les courbes de E(t) et $U_{r'}(t)$, l'allure de la nouvelle courbe de $U_{r'}(t)$.
Vous tracerez auparavant la tangente en $t = 0$ et placerez le point d'abscisse τ.

8°) Calculer l'énergie dissipée par effet Joule (notée ε_{Joule}) après l'ouverture de l'interrupteur.

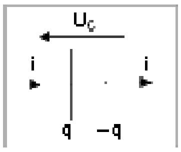
9°) On rajoute une résistance $R' = 100(r+r')$ en série avec la diode (voir schéma ci-contre). Exprimer en fonction de E la ter entre les bornes de la résistance R' à l'instant précis où l'on ouvre l'interrupteur.





CORRECTION

1°) b°), c°), e°) et f°) *Rappel* : $q_B = -q_A$ donc : $\frac{dq_B}{dt} = -\frac{dq_A}{dt}$ 2°) c°) $U_{AB} = \frac{q_A}{C}$ 3°) a°) et c°) $q_B = CU_{BA} = -q_A$

4°) b°) 

$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CU_C)}{dt} = C\frac{dU_C}{dt} \Rightarrow i \neq 0$ si $\frac{dU_C}{dt} \neq 0$ donc si la tension U_C du condensateur varie.

La durée du régime transitoire est d'autant plus courte que la constante de temps $\tau = RC$ est petite.

Etude des condensateurs et bobines

Exercice n°1 :

Exercice n°3 :

Cas	1	4	3	2
R(kΩ)	10	20	10	10
C(µF)	2,2	2,2	2,2	4,7
E(V)	4,0	2,0	2,0	4,0

1°) La DEL D_3 brille en continu. D_1 ne brille que durant le régime transitoire et D_2 est éteinte (voir schéma n°1).

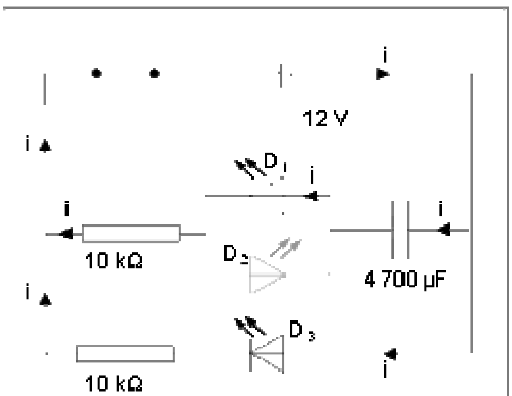


Schéma n°1

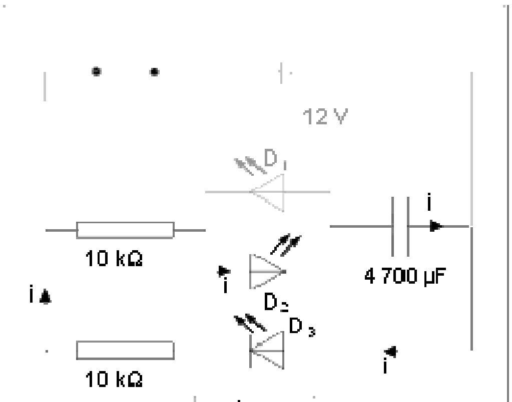


Schéma n°2

Exercice n°2 :

Rappel : le condensateur ne laisse passer du courant que lors du régime transitoire.

2°) Le condensateur se décharge, faisant briller pendant un bref instant (régime transitoire) les DEL D_2 et D_3 (voir schéma n°2).

Remarque :
Lors de la décharge du condensateur, le sens du courant dans la branche contenant le condensateur est contraire de celui lors de la charge.

1°) Un générateur de courant est conçu pour fournir un courant dont l'intensité (constante ou périodique) est réglable et ne doit, en princip
résistance du circuit alimenté.
Quant aux générateurs habituellement utilisés (générateurs de tensions), leur rôle consiste à délivrer une tension (constante ou périodique) qu
affectée par la résistance du circuit alimenté.

2°) Puisque $i = \frac{dq}{dt} = I_0$ (= constante) alors : $q = I_0 t$

3°) a°) $Q_A = q = I_0 t$ $\quad Q_A = 20.10^{-6} \times 60$ $\quad Q_A = 1,2.10^{-3}$ C $\qquad$ b°) $Q_B = -Q_A$ $\quad Q_B = -1,2.10^{-3}$ C

c°) $U_C = \frac{q}{C}$ $\quad U_C = \frac{1,2.10^{-3}}{1,5.10^{-3}}$ V $\quad U_C = 0,8$ V $\qquad$ d°) $E = \frac{1}{2} C U_C^2$ ou $E = \frac{q^2}{2C}$ d'où : $E = 4,8.10^{-4}$ J

4°) $E = \frac{q^2}{2C}$; le condensateur aura emmagasiné l'énergie E' = 2 E lorsque la charge q' vaudra $q\sqrt{2}$, c'est-à-dire : $1,70.10^{-3}$ C.

$q' = I_0 t'$ donc $t' = \frac{q'}{I_0}$ $\quad t' \approx 85$ s

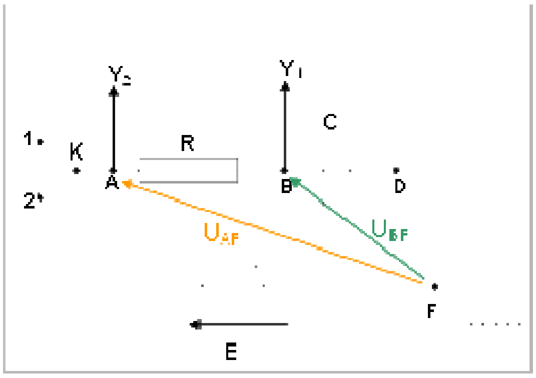
5°) $t_{max} = \frac{q_{max}}{I_0} = \frac{CU_{max}}{I_0}$ $\quad t_{max} = 3,0.10^3$ s

6°) a°) La tension U_C va augmenter continûment jusqu'à ce que le condensateur claque.
b°) Il faut rajouter un interrupteur en dérivation avec le condensateur

7°) Il faut fermer l'interrupteur rajouté.

Exercice n°4 :
Exercice n°5 :

1°) Sur la voie 1 est visualisée la tension entre le point B (relié à l'entrée Y_1 de l'oscilloscope) et le point F (relié à la masse de l'oscilloscope), c'est-à-dire : la tension U_{BF} (et non pas U_{FB}). Cette tension, qui correspond à la tension du condensateur, est représentée par la courbe bleue.
Sur la voie 2 est visualisée la tension U_{AF} entre les points A et F. Celle-ci correspond à la tension délivrée par le générateur. Elle est représentée par la courbe rouge.



2°) - E = 5,0 V

- Lorsque la charge du condensateur est achevée, l'intensité du courant traversant le circuit est nulle. On a alors : $U_R = U_{Rmin} = 0$.
$U_{Cmax} = E - U_{Rmin}$ $\quad U_{Cmax} = 5,0$ V

- Le point (de la courbe bleue) d'ordonnée $U_{Cmax}(1 - e^{-1})$ ($\approx 5,0 \times 0,63 = 3,15$) a pour abscisse $t = \tau$ $\Rightarrow$ $\tau = 0,47$ ms

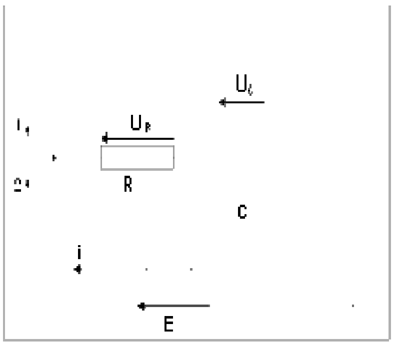
3°) $\tau = RC$ donc $C = \frac{\tau}{R}$ avec : $R = 4,7.10^3\ \Omega$ $\Rightarrow$ $C = 1,0.10^{-7}$ F $= 0,10$ µF

- La 4ème équation n'est pas homogène :

$[U_C] = [E]$ et $[R][C] = [t]$ donc : $\frac{[U_C]}{[t]} = \frac{[E]}{[R][C]}$. Alors : $[R]\frac{[U_C]}{[t]} \neq \frac{[E]}{[R][C]}$ $\Leftrightarrow$ $R\frac{dU_C}{dt}$ n'est pas homogène à $\frac{E}{RC}$

5°) On sait, grâce à la courbe bleue, que $U_C(0) = 0$ et $\lim_{t\to\infty} U_C(t) = 5,0$ V. Par conséquent, la seule expression convenable est : $U_C(t) = 5(1 - e^{\frac{-t}{0,47}})$

6°) La courbe orange peut correspondre à la tension $U_R(t)$ entre les bornes de la résistance. En effet :
$E = U_R + U_C$; $U_C(0) = 0$ et $\lim_{t\to\infty} U_C(t) = 5,0$ V. Donc : $U_R(0) = 5,0$ V et $\lim_{t\to\infty} U_R(t) = 0$.



7°) $i(0) = \frac{U_R(0)}{R}$
$i(0) \approx 1,06.10^{-3}$ A

8°) $U_R(0) = 5,0$ V et $\lim_{t\to\infty} U_R(t) = 0$.

La seule expression convenable est donc : $U_R(t) = 5e^{-\frac{t}{0,47}}$

4°) - La 1ère équation est obligatoirement fausse puisqu'elle n'est pas homogène. En effet, les trois termes de l'équation n'ont pas la même dimension :
$[R]\frac{[U_C]}{[t]} \neq [E]$ et $[C][U_C] \neq [E]$. Autrement dit : $R\frac{dU_C}{dt}$ et CU_C ne sont pas homogènes à E (tension). Cela revient à dire que $R\frac{dU_C}{dt}$ et CU_C ne peuvent pas être exprimés avec la même unité que E. En effet, $R\frac{dU_C}{dt}$, CU_C et E sont respectivement en $\Omega.V.s^{-1}$, en F.V et en V.

- La 2ème équation est susceptible d'être juste car elle est homogène.

- La 3ème équation est obligatoirement fausse puisqu'elle n'est pas homogène. En effet :
$[R][C] = [t]$ (RC est homogène à un temps) donc : $[R][C]\frac{[U_C]}{[t]} = [U_C]$. De plus : $[U_C] = [E]$ alors : $\frac{[U_C]}{[t]} \neq [E]$ et $[R][C][U_C] \neq [E]$

Exercice n°6 :

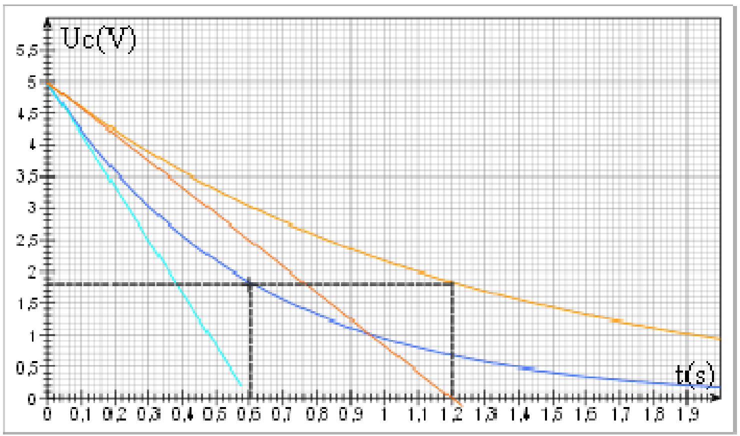
⇒ $t_{1/2} = \tau \ln 2$ avec : $\tau\,(= RC) = 0{,}60$ s

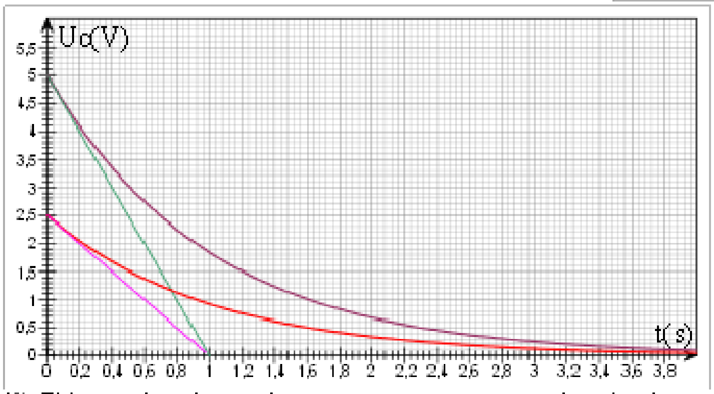
6°) voir courbe bleue

7°) voir courbe orange ; la tangente à l'origine a été tracée et on a placé le point de coordonnées (τ ; $0{,}37\,U_{Cmax}$) avec $\tau = 1{,}2$ s

8°) $\varepsilon_J = \varepsilon = 6{,}25.10^{-4}$ J
La totalité de l'énergie emmagasinée par le condensateur est dissipée par effet Joule.

9°) La courbe rajoutée est rouge, accompagnée de sa tangente à l'origine.





1°) Si la tension du condensateur est constante, alors la charge est terminée.

2°) $\varepsilon = \frac{1}{2}CU_C^2$ avec : $U_C = E$ lorsque la charge est terminée (*) ⇒ $\varepsilon = \frac{1}{2}CE^2$ ⇒ $\varepsilon = 6{,}25.10^{-4}$ J

(*) Lorsque la charge du condensateur est terminée, l'intensité du courant est nulle, donc $U_R = 0$.

3°) Si $U_C = Ee^{-t/RC}$ alors $\frac{dUc}{dt} = -\frac{1}{RC}Ee^{-\frac{t}{RC}}$ et : $RC\frac{dUc}{dt} + U_C = RC\left(-\frac{1}{RC}Ee^{-\frac{t}{RC}}\right) + U_C = -Ee^{-t/RC} + Ee^{-t/RC} = 0$

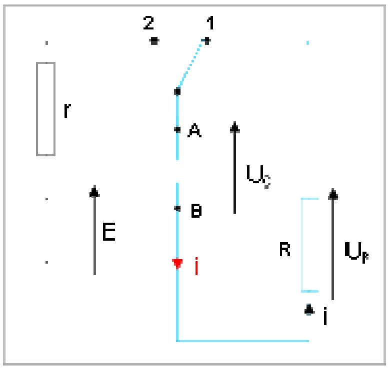
On a bien : $RC\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$ si $U_C(t) = Ee^{-t/RC}$ ⇒ $U_C(t) = Ee^{-t/RC}$ est bien solution de l'équation : $RC\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$

La condition initiale (c'est-à-dire à t = 0) est : $U_C(0) = E$ ⇒ Cette condition est vérifiée si $U_C(t) = Ee^{-t/RC}$ car $Ee^{-t/RC} = E$

4°) $\tau = RC$ donc : $U_C(\tau) = Ee^{-1} = e^{-1}U_{Cmax}$. ($U_{Cmax} = E$)

5°) $U_C(t_{1/2}) = U_{Cmax}\,e^{-\frac{t}{\tau}}$ et $U_C(t_{1/2}) = \frac{1}{2}U_{Cmax}$ ⇒ $e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{1}{2}$ ⇒ $\ln\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \ln\frac{1}{2}$ ⇒ $-\frac{t_{1/2}}{\tau} = \ln\frac{1}{2}$ ⇒ $t_{1/2} = -\tau\ln\frac{1}{2}$

1°) L'intensité i du courant traversant le condensateur est positive lors de la charge du condensateur ; elle est donc négative lors de la décharge, à condition que l'orientation (indiquée par la flèche intensité rouge) de la branche comportant le condensateur ne soit pas modifiée.



2°) $U_C = U_{AB}$;

- $U_R = -Ri$ (la relation $U_R = Ri$ est vraie lorsque la convention récepteur est vérifiée ; dans le cas inverse, c'est-à-dire lorsque les flèches intensité et tension sont de même sens, on a : $U_R = -Ri$)
- $q_B = -CU_C$ (et $q_A = CU_C$)
- En appliquant la loi d'additivité des tensions à la maille bleue décrite dans le sens positif (indiqué par les flèches intensité), on a : $U_R - U_C = 0$ d'où : $U_C = U_R$;

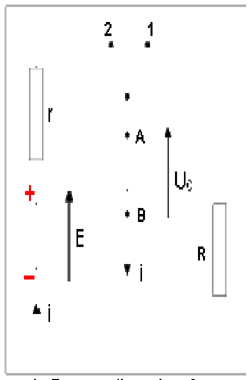
- Lors de la charge du condensateur, la borne + du générateur était reliée à l'armature A tandis que la borne – était reliée à l'armature B. Alors : $q_A > 0$ et $q_B < 0$.

Lorsque le courant circule dans le sens indiqué par les flèches intensité, il entre dans le condensateur par l'armature A et en ressort par l'armature B. Alors : $i = -\frac{dq_B}{dt}$ (et $i = \frac{dq_A}{dt}$)

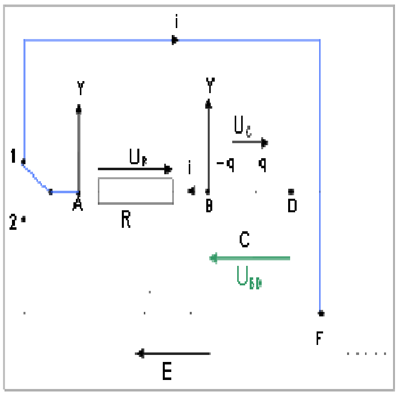
Ces relations sont vraies : - tant qu'on inverse pas le sens des flèches intensité ;

- même si le sens réel du courant est contraire à celui indiqué par les flèches intensité (on a alors : $i < 0$).

3°) $U_R = -Ri$ et $i < 0$ donc : $U_R > 0$.



1°) La tension représentée n'est pas nulle ; il ne peut donc s'agir que de la tension sur la voie 1 (U_{BF}). En effet, la tension U_{AF} envoyée sur la voie 2 est nulle puisqu'on peut aller du point A au point F en passant uniquement par des fils de connexion (en bleu sur le schéma) et un interrupteur (toujours supposé parfait dans les exercices).



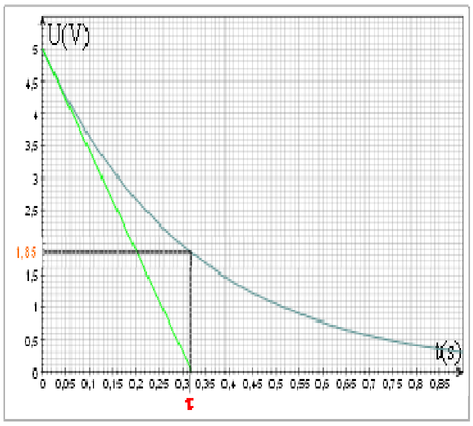
2°) Lors de la charge du condensateur (interrupteur en position 2), le courant circule de A vers B. Il circule donc de B vers A lors de la décharge.

3°) - D'après la courbe de la voie 1, on sait que $U_{BF}(0) = 5,0$ V. Or, U_{BF} (= U_{BD}) = $-U_C$. Alors : $U_C(0) = -5,0$ V.

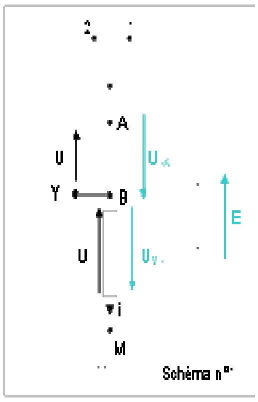
- D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $U_R + U_C = 0$ donc $U_R(0) = 5,0$ V.

- $\tau = 0,32$ s τ : abscisse du point de la courbe d'ordonnée : $U_{BF}(\tau) = U_{BF}(0)e^{-\tau/\tau} = U_{BF}(0)e^{-1}$
$\approx 0,37U_{BF}(0) = 1,85$ V.

- $\tau = RC$ donc $C = \frac{\tau}{R}$ d'où : $C = 3,2.10^{-5}$ F



Exercice n°7 :
Exercice n°8 :



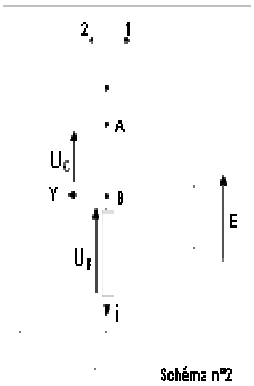
1°) Considérons l'instant juste avant le basculement de l'interrupteur de la position 1 à la position 2 (voir schéma n°1).
D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $U_{BA} + U_{MB} - E = 0$ donc $-U_C - U_R + E = 0$
La charge du condensateur est terminée car l'interrupteur est en position 1 depuis longtemps. Par conséquent :
$i = 0$ donc : $U_R = 0$ alors : $U_C = E$. Or : $Q_A = CU_C$ donc : $Q_A = CE$
La tension du condensateur ne peut pas subir de discontinuité. Par conséquent, on a encore, à l'instant $t = 0$ où le basculement d
l'interrupteur a lieu : $U_C = 0$. Alors : $Q_A(0) = (CU_C(0^-)) = CE$

2°) voir schéma n°2.

3°) Lors de la charge, le courant circule dans le sens indiqué par la flèche intensité. Il circule donc dans le sens inverse lors de l décharge ; l'intensité est alors négative.

4°) La tension U_R de la résistance étant proportionnelle à l'intensité i, visualiser U_R revient à visualiser l'évolution de l'intensité i.

5°) $U_R = Ri$ et $i = \frac{dq}{dt}$ donc $U_R = R\frac{dq}{dt}$



De plus, $q = CU_{AB}$ $(= CU_C)$ alors $U_R = RC\frac{dU_C}{dt}$

6°) Considérons le schéma n°2 représentant la situation à $t \geq 0$.

D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $U_R - U_C = 0$. De plus : $U_R = RC\frac{dU_C}{dt}$ alors $RC\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$

Cette dernière équation peut s'écrire sous la forme $\frac{1}{\alpha}\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$ avec $\alpha = \frac{1}{RC}$.

7°) $\frac{dU_C}{dt} + \alpha U_C = 0$ et $U_C(t) = Ae^{kt} + B$ $\Rightarrow$ $kAe^{kt} - \alpha(Ae^{kt} + B) = 0$ $\Rightarrow$ $(k + \alpha)Ae^{kt} + \alpha B = 0$ (1)

L'égalité (1) est vraie pour tout t $\Rightarrow$ $k = -\alpha$. On a alors : $\alpha B = 0$ d'où : $B = 0$.

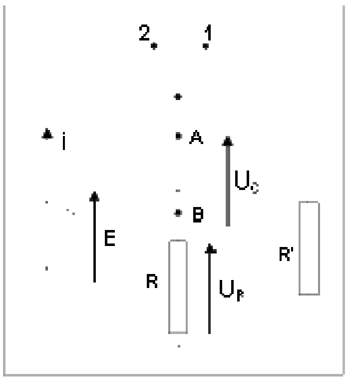
Donc : $U_C(0) = Ae^0 = A$. De plus : $U_C(0) = E$ donc $A = E$.

Finalement : $U_C(t) = Ee^{-\alpha t} = Ee^{-\frac{t}{RC}}$.

8°) $i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d(CU_C)}{dt} = C\frac{dU_C}{dt}$ $\Rightarrow$ $i(t) = CEe^{-\frac{t}{RC}} \times (-\frac{1}{RC})$ $\Rightarrow$ $i(t) = -\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$

Exercice n°9 :

I. Charge d'un condensateur



1°) et 2°) voir schéma

3°) $i = \frac{dq_A}{dt}$ $(= -\frac{dq_B}{dt})$; $U_C = U_{AB}$ $(= -U_{BA})$.

4°) $U_R = R\frac{dq_A}{dt}$; $U_C = \frac{q_A}{C}$ *Remarque* : $U_{AB} = \frac{q_A}{C}$ et $U_{BA} = \frac{q_B}{C}$

5°) $U_R + U_C = E$ donc : $R\frac{dq_A}{dt} + \frac{q_A}{C} = E$

6°) En remplaçant, dans l'équation différentielle, q_A par son expression : $A(1 - e^{-\alpha t})$,
on obtient : $R\alpha Ae^{-\alpha t} + \frac{A}{C}(1 - e^{-\alpha t}) = E$ $\Rightarrow$ $(R\alpha A - \frac{A}{C})e^{-\alpha t} + \frac{A}{C} = E$ (1)

Exercice n°10 :

Cette équation devant être vérifiée pour toute valeur de t, alors : $(R\alpha A - \frac{A}{C})e^{-\alpha t} = 0$ donc $R\alpha A - \frac{A}{C} = 0$, d'où : $\alpha = \frac{1}{RC}$

Puisque : $R\alpha A - \frac{A}{C} = 0$, l'équation (1) devient : $\frac{A}{C} = E$ d'où : $A = CE$ $\Rightarrow$ On peut donc écrire : $q_A(t) = CE(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

Remarque :

Puisque l'on a pu déterminer les expressions de A et α, alors on a prouvé que la solution de l'équation différentielle est de la forme $q_A(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$. En effet, si la solution n'avait pas été de cette forme, la détermination des expressions de A et α aurait été impossible.

7°) $U_C(4\tau) = \frac{q_A(4\tau)}{C}$ $\Rightarrow$ $U_C(4\tau) = E(1 - e^{-\frac{4\tau}{RC}})$ avec $\tau = RC$ $\Rightarrow$ $U_C(4\tau) = E(1 - e^{-4})$ $\Rightarrow$ $U_C(4\tau) \approx 0{,}982\ E$

$U_C(5\tau) = E(1 - e^{-5})$ soit : $U_C(5\tau) \approx 0{,}993\ E$

La tension et la charge du condensateur atteignent 99 % de leurs valeurs finales théoriques (E et CE) au bout d'une durée comprise entre 4τ et 5τ. On peut donc considérer que la charge d'un condensateur est terminée au bout de 5τ.

8°) $U_R + U_C = E$ Or, lorsque la charge du condensateur est terminée, plus aucun courant ne circule dans le circuit. On a alors : $U_R = 0$ et $E = U_C = 5{,}0$ V.

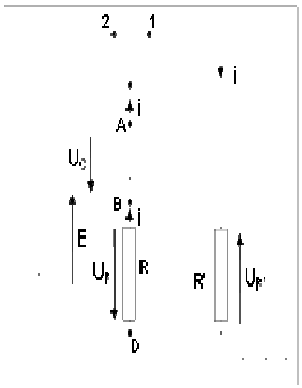
9°) $\varepsilon = \frac{1}{2}CU_C^2$ avec : $U_C = E$ lorsque la charge est terminée $\Rightarrow$ $\varepsilon = \frac{1}{2}CE^2$ donc $C = \frac{2\varepsilon}{E^2}$ $\Rightarrow$ $C = 4{,}0.10^{-4}$ F

10°) $q_A(t_1) = CE(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ et $q_A(t_1) = C\frac{E}{2}$, d'où : $1 - e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{1}{2}$

$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{1}{2}$ $\Rightarrow$ $\ln(e^{-\frac{t}{RC}}) = \ln\frac{1}{2}$ $\Rightarrow$ $-\frac{t_1}{RC} = \ln 1 - \ln 2$ $(\ln 1 = 0)$ $\Rightarrow$ $t_1 = RC\ln 2 \approx 0{,}13$ s

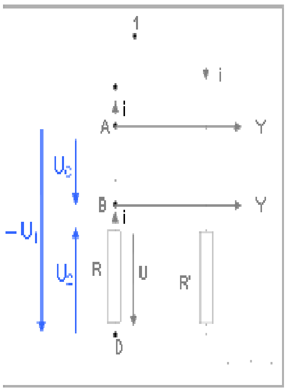
$t_2 = RC\ln 4 = RC\ln 2^2 = 2\,RC\ln 2 = 2\,t_1 \approx 0{,}26$ s

II. Décharge du condensateur



1°) Lors de la charge, le courant allait de B vers D. Lors de la décharge, il circule donc de D vers B.
L'intensité du courant est positive si l'orientation du circuit (indiquée par une flèche intensité) est conforme au sens réel de circulation du courant.

2°) Il faut appliquer la convention récepteur, donc orienter les flèches tensions dans le sens contraire de celui de la flèche intensité.



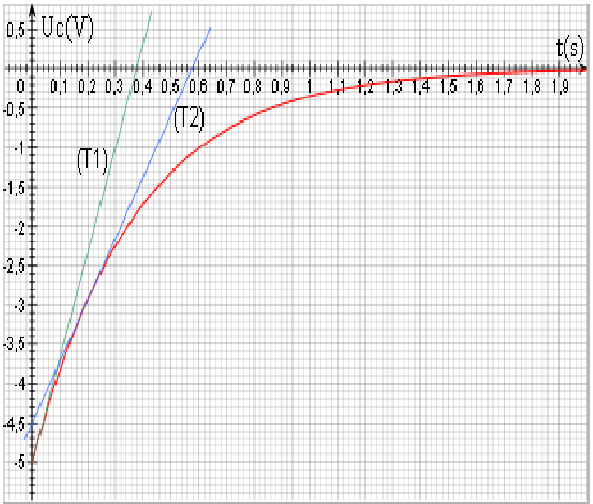
3°) $i = -\frac{dq_A}{dt}$ $(= \frac{dq_B}{dt})$

$U_C = U_{BA} = \frac{q_B}{C} = -\frac{q_A}{C} \Rightarrow q_A = -CU_C$

$\Rightarrow i = -\frac{dq_A}{dt} = -\frac{d(-CU_C)}{dt} = C\frac{dU_C}{dt}$

4°) $U_C = -U_1 + U_2$ (voir schéma ci-contre)

5°) $i(0) = C(\frac{dU_C}{dt})_{t=0}$



$(\frac{dU_C}{dt})_{t=0}$ signifie : $\frac{dU_C}{dt}$ en t = 0 ; sa valeur est égale au coefficient directeur de la tangente (T1) à la courbe $U_C(t)$ en t = 0. Cette tangente passe par les points A(0 ; −5) et B(0,19 ; 0) ; son coefficient directeur vaut donc :

$\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{0-(-5)}{0,19-0} \Rightarrow i(0) = 4,0.10^{-4}\times(\frac{0-(-5)}{0,19-0}) \Rightarrow i(0) = 0,011$ A

Remarque : le point B a pour abscisse : $\tau' = (R+R')C$

6°) Calculons la date t à laquelle $U_C(t) = 0,01\ U_0$.

$U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} (= U_C(t)) = 0,01\ U_0 \Rightarrow e^{-\frac{t}{\tau}} = 0,01 \Rightarrow \ln(e^{-\frac{t}{\tau}}) = \ln 0,01 \Rightarrow -\frac{t}{\tau'} = \ln 0,01$

$\Rightarrow t = -\tau' \ln 0,01$ avec : $\tau' = (R+R')C$ soit : $t \approx 4,6\tau' \approx 1,7$ s

7°) a°) $i = C\frac{dU_C}{dt}$ et $U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = U_0 e^{-\frac{t}{(R+R')C}} \Rightarrow i(t) = CU_0 e^{-\frac{t}{(R+R')C}} \times (-\frac{1}{(R+R')C}) \Rightarrow i(t) = -\frac{U_0}{R+R'} e^{-\frac{t}{(R+R')C}}$

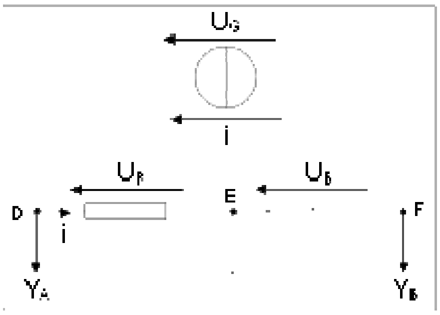
b°) $i(t) = -\frac{U_0}{R+R'} e^{-\frac{t}{(R+R')C}}$ avec : $U_0 = U_C(0) = -5,0$ V $\Rightarrow i(0,2) = 3,1.10^{-3}$ A

c°) $i(t) = -\frac{U_0}{R+R'} e^{-\frac{t}{(R+R')C}}$ ⇒ une augmentation de la capacité C provoquerait une augmentation de i(0,2) mais ne modifierait pas i(0) $(= -\frac{U_0}{R+R'} = 5,3$ mA).

8°) $i(0,1) = C(\frac{dU_C}{dt})_{t=0,2s}$; $(\frac{dU_C}{dt})_{t=0,2s}$ = coefficient directeur de la tangente (T2) à la courbe $U_C(t)$ en t = 0,2 s.

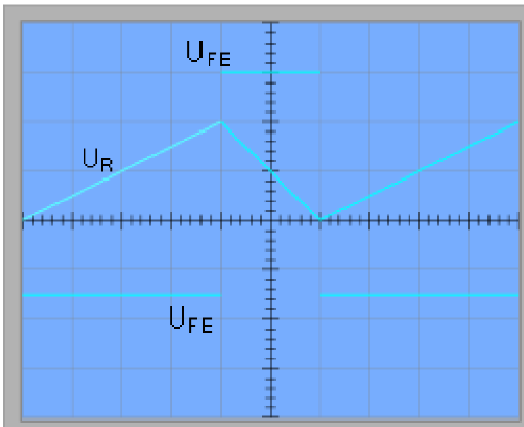
Cette tangente passe par les points (0,58 ; 0) et (0 ; −4,5). Alors : $(\frac{dU_C}{dt})_{t=0,1s} = \frac{0-(-4,5)}{0,29-0} = 7,8\ V.s^{-1}$ Donc : $i(0,2) = 4,0.10^{-4}\times 7,8 \Rightarrow i(0,2) = 3,1.10^{-3}$ A

1°) voir schéma ci-contre



2°)
voie A : tension U_{DE} (= U_R) (tension entre le point relié à Y_A et celui relié à la masse (⏚).

voie B : tension U_{FE} (= – U_B)



Base de temps : 0,1 ms/div.
Sensibilité verticale : 0,5 V/div.

Exercice n°11 :

3°) **voie A :** $U_R = Ri$ avec $0 \le i \le 5{,}0.10^{-3}$ A et $R = 200\ \Omega$. Alors : $0\ V \le U_R \le 1{,}0\ V$

La sensibilité verticale étant de 0,5 V, l'oscillogramme montera jusqu'à la 2[ème] graduation au-dessus de l'axe du temps.

voie B : $U_{FE} = -U_B = -L\dfrac{di}{dt} - ri = -L\dfrac{di}{dt}$ (r = 0)

Cas où l'intensité i est croissante :

L'intensité i passe de 0 à $5{,}0.10^{-3}$ A en 0,4 ms, soit : $4{,}0.10^{-4}$ s. Donc : $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{5{,}0.10^{-3}}{4{,}0.10^{-4}}$ A.s^{-1}

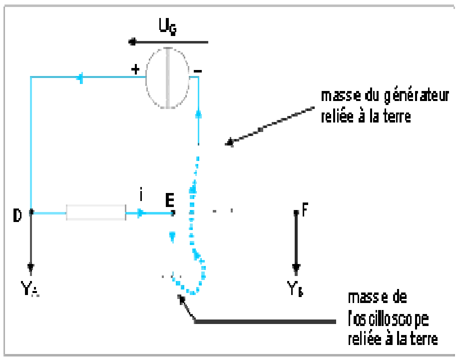
Alors : $U_{FE} = -L\dfrac{di}{dt} = -0{,}060 \times \dfrac{5{,}0.10^{-3}}{4{,}0.10^{-4}} = -0{,}75$ V

Cas où l'intensité i est décroissante :

A l'instant t = 0,4 ms = $4{,}0.10^{-4}$ s, on a : $i = 5{,}0.10^{-3}$ A
A l'instant t = 0,6 ms = $6{,}0.10^{-4}$ s, on a : i = 0.

Donc : $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{0 - 5{,}0.10^{-3}}{6{,}0.10^{-4} - 4{,}0.10^{-4}} = \dfrac{-5{,}0.10^{-3}}{2{,}0.10^{-4}}$ A.s^{-1}. Alors : $U_{FE} = -0{,}060 \times \dfrac{-5{,}0.10^{-3}}{2{,}0.10^{-4}} = 1{,}5$ V

4°) Si la masse du générateur n'était pas flottante, alors sa borne – serait reliée à la terre, donc à la masse de l'oscilloscope (toujours reliée à la terre). La bobine serait alors court-circuitée (voir schéma ci-contre).



1°) $u_1 = u_{AB}$

2°) $u_1 = -Ri$; on aurait eu : $u_1 = Ri$ si la flèche tension u_1 et la flèche intensité avaient été de même sens.

3°) $u_2 = L\dfrac{di}{dt}$ (la résistance de la bobine est négligée) et $i = -\dfrac{u_1}{R}$ $\Rightarrow$ $u_2 = L\dfrac{d}{dt}\left(-\dfrac{u_1}{R}\right) = L\left(-\dfrac{1}{R}\right)\dfrac{du_1}{dt}$ $\Rightarrow$ $u_2 = -\dfrac{L}{R}\dfrac{du_1}{dt}$

4°) L'oscillogramme de u_2 est constitué de segments situés à 3,6 divisions au-dessus ou 1,8 divisions au-dessous de l'axe du temps. Or, la sensibilité verticale pour cet oscillogramme (sur la voie 2) est : 5 mV/div. La tension u_2 alterne donc entre deux valeurs : (3,6 × 5 =) 18 mV et (– 1,8 × 5 =) – 9,0 mV.
L'oscillogramme de la tension u_1 monte jusqu'à 3,0 divisions au-dessus de l'axe du temps et descend jusqu'à 3,0 divisions au-dessous de cet axe. La sensibilité verticale étant de 2 V/div. pour la tension u_1 (sur la voie 1), alors u_1 oscille entre 6,0 V et – 6,0 V.

$u_2 = -\dfrac{L}{R}\dfrac{du_1}{dt}$ $\Rightarrow$ $L = -\dfrac{Ru_2}{\dfrac{du_1}{dt}}$

Lorsque $u_2 = 18$ mV, la tension u_1 est décroissante ($\Rightarrow \dfrac{du_1}{dt} < 0$) : elle passe de 6,0 V à – 6,0 V en 2,0 ms. Donc : $\dfrac{du_1}{dt} = \dfrac{-12}{2{,}0.10^{-3}} = -6{,}0.10^3\ V.s^{-1}$

$\Rightarrow$ $L = -\dfrac{1{,}0.10^3 \times 18.10^{-3}}{-6{,}0.10^3}$ H soit : $L = 3{,}0.10^{-3}$ H = 3,0 mH

Autre possibilité :

Lorsque $u_2 = -9{,}0$ mV, la tension u_1 est croissante : elle passe de –6,0 V à 6,0 V en 4,0 ms. Donc : $\dfrac{du_1}{dt} = \dfrac{12}{4{,}0.10^{-3}} = 3{,}0.10^3\ V.s^{-1}$

$\Rightarrow$ $L = -\dfrac{1{,}0.10^3 \times (-9{,}0.10^{-3})}{3{,}0.10^3}$ H soit : $L = 3{,}0.10^{-3}$ H = 3,0 mH

Exercice n°12 :

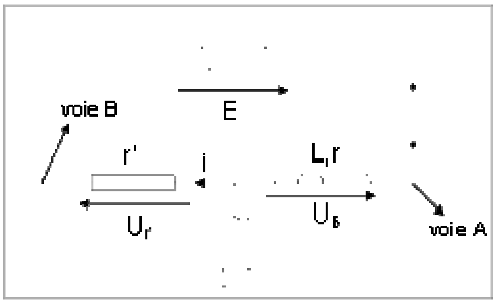
La durée du régime transitoire est d'autant plus courte que la constante de temps $\tau = \dfrac{L}{R}$ est petite.

Cas	2	1	3
R(Ω)	1 000	1 000	2 000
L(mH)	20	40	20
τ (s)	$2{,}0.10^{-5}$	$4{,}0.10^{-5}$	$1{,}0.10^{-5}$

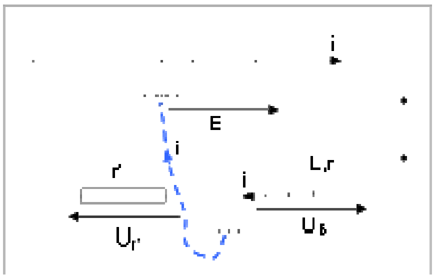
Exercice n°13 :

1°) a°) voir schéma ci-contre.

Pour visualiser une tension sur un oscilloscope, il faut que la base de la flèche représentative de la tension soit du côté de la masse tandis que la pointe doit être orientée vers le point relié à la voie A ou B.



b°) La masse d'un oscilloscope est toujours reliée à la terre. Si la borne – du générateur l'est également, alors elle est aussi reliée à la masse de l'oscilloscope ; dans ce cas, la résistance r' est court-circuitée (voir schéma ci-contre). Afin d'éviter cela, il faut utiliser un générateur à masse flottante, c'est-à-dire non relié à la terre, donc non relié à la prise de terre (tige métallique des prises de courant).



Exercice n°14 :

Remarque :

On peut remplacer l'oscilloscope par un ordinateur muni d'une carte d'acquisition. Ce type de carte n'est généralement pas relié à la terre. Dans ce cas, le fait que les générateurs soient ou non reliés à la terre ne pose aucun problème.

2°) $U_{r'} = -r'i$; on aurait eu : $U_{r'} = r'i$ si la flèche intensité et la flèche tension de $U_{r'}$ avaient été de sens opposés.

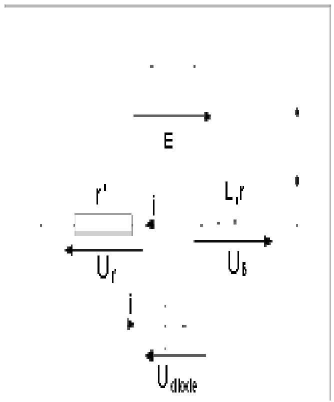
3°) $t < 0$: interrupteur fermé $t \geq 0$: interrupteur ouvert

Calculons l'intensité I du courant traversant la bobine à $t < 0$, lorsque le régime permanent est établi, donc lorsque la bobine est équivalente à une résistance r.

D'après la loi d'additivité des tensions, on a, lorsque $t < 0$, c'est-à-dire lorsque l'interrupteur est fermé : $E - U_b + U_{r'} = 0$

$\Rightarrow E = -U_{r'} + U_b = r'I + rI = (r+r')I \Rightarrow I = \dfrac{E}{r+r'}$

A l'instant $t = 0$, l'interrupteur vient juste d'être ouvert ; l'intensité i du courant dans la bobine n'a pas eu le temps de changer car elle ne peut pas subir de discontinuité ; elle est donc encore égale à I.



$\Rightarrow i(0) = \dfrac{E}{r+r'}$

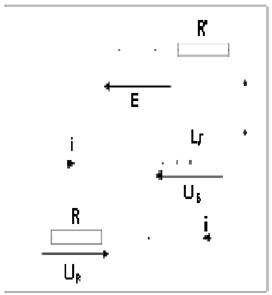
D'après la loi d'additivité des tensions : $U_b + U_{diode} - U_{r'} = 0$; or : $U_{diode} = 0$ car la diode laisse passer le courant (*).

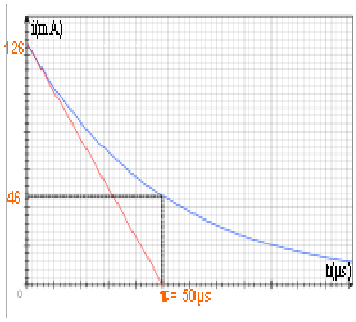
$\Rightarrow U_b(0) = U_{r'}(0) = -r'i(0) = -\dfrac{r'E}{r+r'}$

(*) En réalité, $U_{diode} \approx 0{,}3$ V ou 0,7 V suivant qu'il s'agit d'une diode au germanium ou au silicium. Mais on considère toujours, dans les exercices, que $U_{diode} = 0$ lorsqu'elle est branchée dans le sens passant. Cela vous sera rappelé, si nécessaire, au bac.

1°) Après ouverture de l'interrupteur, la bobine fait le nécessaire (en imposant si nécessaire une tension très élevée entre ses bornes) pour que du courant continue à la traverser pendant un court instant. Ce courant peut passer par la branche contenant la diode, ce qui permet d'éviter, qu'il soit obligé de passer par l'interrupteur. S'il devait passer par l'interrupteur, cela occasionnerait des étincelles entre les contacts de l'interrupteur (elles seraient probablement tellement petites qu'on ne pourrait pas les voir, mais elles risqueraient, à terme, d'endommager les contacts de l'interrupteur).

Remarque : la diode est dite « de roue libre ».





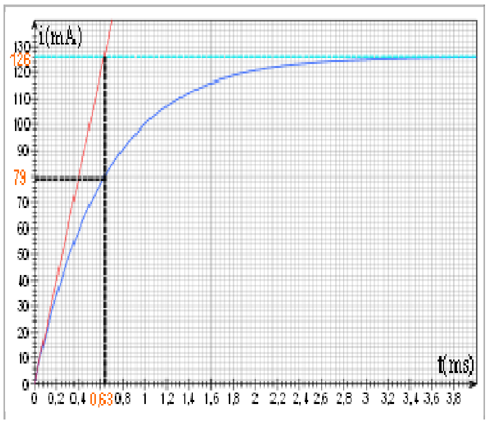
2°) Le sens du courant dans la bobine ne change pas lors de l'ouverture de l'interrupteur.

3°) D'après la loi d'additivité des tensions : $U_b + U_R = 0$. Or : $U_b = L\frac{di}{dt} + ri$ et $U_R = Ri$.

Alors : $L\frac{di}{dt} + ri + Ri = 0 \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L}i = 0 \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = 0$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$

4°) En utilisant la méthode des tangentes ou le fait que $i(\tau) = 0{,}37\ I_{max} = 46$ mA, on obtient : $\tau = 50\ \mu s = 5{,}0.10^{-5}$ s (voir premier graphique ci-contre).

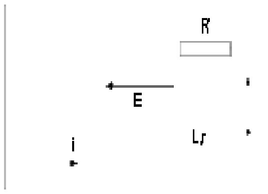
$\frac{L}{R+r} = \tau$ or $r << R$ donc $\frac{L}{R} \approx \tau$. Par conséquent : $L \approx R\tau \Rightarrow L \approx 0{,}050$ H



5°) Juste avant $t = 0$, c'est-à-dire à la date $t = 0^-$, l'interrupteur est fermé et on considère que le régime permanent est établi. On a donc :

$i(0^-) = \frac{E}{R'+r}$. Or, l'intensité du courant dans une bobine est continue.

Alors : $i(0) = i(0^-)$. De plus : $i(0) = Ae^0 = A$ donc : $A = \frac{E}{R'+r}$

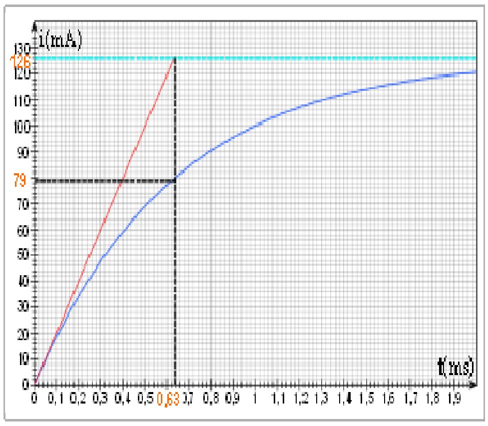


6°) $i(0) = \frac{E}{R'+r}$; la résistance R n'a aucune influence sur la valeur de i(0).

$i(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} = Ae^{-\frac{(R+r)t}{L}} \Rightarrow$ i(t) décroît d'autant plus rapidement que la résistance R est importante.

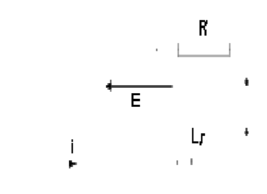
7°) A = 126 mA = 0,126 ampère (= i(0)) (voir courbe)

$\frac{E}{R'+r} = i(0) \Rightarrow r = \frac{E}{i(0)} - R'$ (i(0) doit être exprimé en ampère) $\Rightarrow r = 29\ \Omega$



8°) r = 0,029 R ; on peut donc négliger r devant R.

9°) On cherche à représenter l'allure de la courbe i(t) d'établissement du courant, c'est-à-dire la courbe de i(t) lorsqu'on ferme l'interrupteur. Le montage que l'on a est alors équivalent à celui-ci :



L'asymptote de i(t) a pour équation : $i = \frac{E}{R'+r} = 0{,}126$ A = 126 mA.

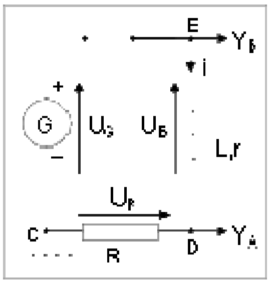
Cette intensité est celle du courant en régime permanent.

$\tau' = \frac{L}{r+R'} = 6{,}25.10^{-3}$ s (? τ) et $i(\tau') \approx 0{,}63\ I_{max} = 79$ mA (voir cours). Suivant l'échelle choisie, vous devez obtenir l'une ou l'autre des deux courbes ci-contre.

Exercice n° 15 :

≠

1°) On visualise sur les voies A et B les tensions U_{DC} ($= U_R$) et U_{EC} ($= U_R + U_B$).



2°) Lorsque l'interrupteur est fermé, la tension U_{EC} correspond à la tension délivrée par le générateur ; U_{EC} est alors constante.
Lors de l'établissement du courant, l'intensité i(t) augmente ; $U_R(t)$ augmente donc également.
Les courbes bleue et rose représentent alors respectivement U_{EC} et $U_R(t)$.

$i_p = \dfrac{U_{Rp}}{R}$ avec U_{Rp} : valeur de U_R en régime permanent et $U_{Rp} = 5{,}0$ V (voir courbe)

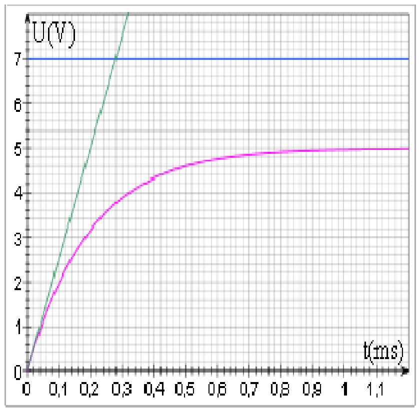
$i_p = 0{,}050$ A $= 50$ mA

3°) $U_{EC} = U_R + U_B \Rightarrow U_B = U_{EC} - U_R$
D'après le graphique, on a : $U_{EC} = 7{,}0$ V et, en régime permanent : $U_{Rp} = 5{,}0$ V. Donc : $U_{Bp} = 2{,}0$ V

$U_{Bp} = L\dfrac{di}{dt} + ri$ avec $i = i_p$ et $\dfrac{di}{dt} = 0$ (régime permanent) donc : $U_{Bp} = ri_p \Rightarrow r = \dfrac{U_{Bp}}{i_p} \Rightarrow r = 40\ \Omega$

Exercice n°16 :

4°) $i = \dfrac{U_R}{R}$ donc $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{R}\dfrac{dU_R}{dt}$



La tangente à $U_R(t)$ en t = 0 passe par les points de coordonnées (0 ; 0) et ($0{,}20.10^{-3}$ s ; 5,0 V). Donc :

$$\frac{dU_R}{dt}(0) = \frac{5{,}0-0}{0{,}20.10^{-3}-0} = 2{,}5.10^{4}\ V.s^{-1}$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt}(0) = \frac{1}{100} \times 2{,}5.10^{4} = 2{,}5.10^{2}\ A.s^{-1}$$

5°) $U_R(t) + U_B(t) = 7{,}0$ V et $U_R(0) = 0 \Rightarrow U_B(0) = 7{,}0$ V

De plus : $U_B(0) = L\dfrac{di}{dt}(0) + ri(0) = L\dfrac{di}{dt}(0)$ (*) d'où : $L = \dfrac{U_B(0)}{\frac{di}{dt}(0)} \Rightarrow L = 28$ mH (*) $i(0) = 0$ car $U_R(0) = 0$

6°) a°) $U_G = U_R + U_B$ (U_G : tension du générateur) $\Rightarrow U_G = Ri + L\dfrac{di}{dt} + ri \Rightarrow \dfrac{di}{dt} + \dfrac{R+r}{L}i = \dfrac{U_G}{L}$

b°) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $i(t) = Ae^{kt} + B$ (1)

On a donc : $\underbrace{kAe^{kt}}_{\frac{di}{dt}} + \underbrace{\dfrac{R+r}{L}(Ae^{kt} + B)}_{\frac{R+r}{L}i} = \dfrac{U_G}{L} \Rightarrow Ae^{kt}\left(k + \dfrac{R+r}{L}\right) + \dfrac{R+r}{L}B = \dfrac{U_G}{L}$ pour tout t donc : $k + \dfrac{R+r}{L} = 0 \Rightarrow k = -\dfrac{R+r}{L}$. Alors : $\dfrac{R+r}{L}B = \dfrac{U_G}{L} \Rightarrow B = \dfrac{U_G}{R+r}$

- $i(0) = 0$ (car $U_R(0) = 0$) et, d'après l'équation (1) : $i(0) = Ae^{0} + B = A + B$ donc : $A + B = 0 \Rightarrow A = -B$

Finalement : $i(t) = Ae^{kt} + B = -Be^{kt} + B = B(1 - e^{kt}) = \dfrac{U_G}{R+r}\left(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t}\right)$

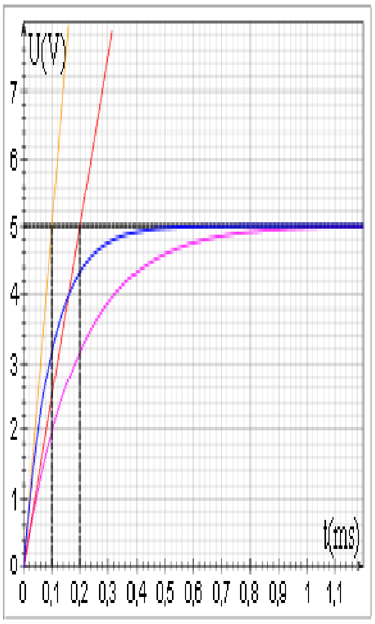
$U_b(t) = L\frac{di}{dt} + ri$ avec : $i(t) = \frac{U_G}{R+r}\left(1 - e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right)$

$\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{U_G}{R+r}\left(1 - e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right)\right) = \frac{U_G}{R+r}\frac{d}{dt}\left(1 - e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right) = \frac{U_G}{R+r}\frac{d}{dt}\left(-e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right) = \frac{U_G}{R+r}\left[-e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\left(-\frac{R+r}{L}\right)\right] \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{U_G}{L}e^{-\frac{(R+r)t}{L}}$

$U_b(t) = L\frac{di}{dt} + ri = U_G e^{-\frac{(R+r)t}{L}} + r\frac{U_G}{R+r}\left(1 - e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\right) = U_G e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\left(1 - r\frac{1}{R+r}\right) + r\frac{U_G}{R+r} = U_G e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\left(\frac{(R+r)-r}{R+r}\right) + r\frac{U_G}{R+r}$

$U_b(t) = U_G e^{-\frac{(R+r)t}{L}}\frac{R}{R+r} + r\frac{U_G}{R+r} = \frac{U_G}{R+r}\left(Re^{-\frac{(R+r)t}{L}} + r\right)$

On a aussi : $U_G = (R+r)i_p$ donc : $\frac{U_G}{R+r} = i_p \Rightarrow U_b(t) = i_p\left(Re^{-\frac{(R+r)t}{L}} + r\right)$

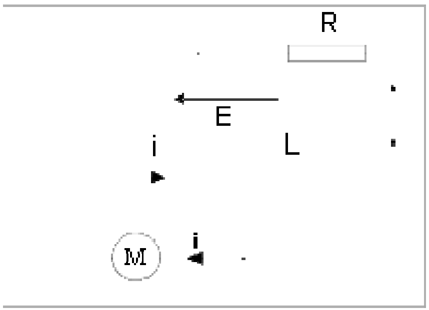


7°) $\tau = \frac{L}{R+r}$ $\tau = 2{,}0.10^{-4}$ s $= 0{,}20$ ms (confirmé graphiquement par la méthode des tangentes)

8°) La courbe que vous devez tracer est représentée en bleu. La tangente en t = 0 coupe l'asymptote horizontale $U_r = 5{,}0$ V en $t = \tau' = \frac{\tau}{2} = 0{,}10$ ms

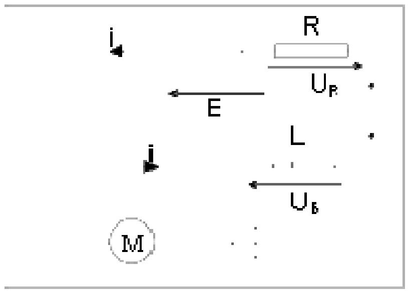
1°) Lorsque l'interrupteur est fermé, le moteur ne tourne pas car la diode empêche le courant de le traverser.

2°) L'énergie mettant le moteur en rotation provient de la bobine.
Le sens du courant dans la bobine ne change pas lorsqu'on ouvre l'interrupteur.
Le courant généré par la bobine n'a pas d'autre choix que de passer par la diode et le moteur.



Remarque :
Si la diode avait été branchée dans l'autre sens, la bobine aurait quand même produit son courant qui aurait alors été obligé de passer par la diode (en la grillant) ou par l'interrupteur ouvert en provoquant une étincelle.

3°) Soit I_p l'intensité du courant débité par le générateur et traversant la bobine en régime permanent.



$E - U_b - U_R = 0$ et $U_b = L\frac{di}{dt} + ri \approx 0$ car $\frac{di}{dt} = 0$ (régime permanent) et $r \approx 0$ (résistance de la bobine négligeable).

$\Rightarrow E - U_R = 0 \Rightarrow E = U_R = Ri$ avec : $i = I_p \Rightarrow I_p = \frac{E}{R}$

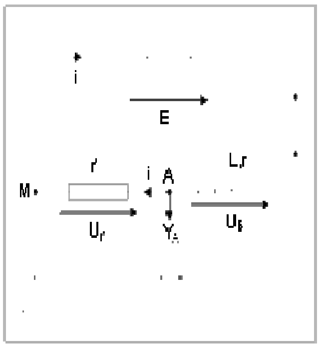
$\mathcal{E}_b = \frac{1}{2}LI_p^2 = \frac{1}{2}L\left(\frac{E}{R}\right)^2 \Rightarrow \mathcal{E}_b = 2{,}16\ J$

4°) Soit ΔE_{pp} la variation d'énergie potentielle de pesanteur de l'objet.

$\Delta E_{pp} = mgh$ (h : variation d'altitude de l'objet) (voir cours de 1ère S) et $mg = P \Rightarrow h = \frac{\Delta E_{pp}}{mg} = \frac{\Delta E_{pp}}{P}$

Si la bobine a cédé la totalité de son énergie (magnétique) à l'objet, alors : $\Delta E_{pp} = \mathcal{E}_b \Rightarrow h = \frac{\mathcal{E}_b}{P} = 0{,}86\ m$

1°) Voir schéma ci-contre.



2°) On obtient une image de l'intensité i(t) (c'est-à-dire une courbe évoluant comme i(t)) en visualisant U_r. En effet, $U_r(t)$ et i(t) sont proportionnels.
Pour cela, il faut relier le point M à la masse d'un oscilloscope ou d'une carte d'acquisition et le point A à une de leurs entrées (notée Y_A sur le schéma).

3°) En procédant comme à la question 6.a de l'exercice n°16, on obtient : $\frac{di}{dt} + \frac{r+r'}{L}i = \frac{E}{L}$ (1)

4°) a°) En utilisant l'équation (1) et la solution : $i(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$, on aboutit à :

$\alpha Ae^{-\alpha t} + \frac{r+r'}{L}A(1 - e^{-\alpha t}) = \frac{E}{L} \Rightarrow Ae^{-\alpha t}(\alpha - \frac{r+r'}{L}) + A\frac{r+r'}{L} = \frac{E}{L}$; cette équation devant être vérifiée pour toute valeur de t, on a : $\alpha - \frac{r+r'}{L} = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{r+r'}{L}$. D'où : $A\frac{r+r'}{L} = \frac{E}{L} \Rightarrow A = \frac{E}{r+r'}$

$\Rightarrow$ La solution de l'équation différentielle s'écrit bien : $i(t) = A(1 - e^{-\alpha t})$, à condition que $A = \frac{E}{r+r'}$ et $\alpha = \frac{r+r'}{L} = \frac{1}{\tau}$

b°) A : intensité en régime permanent.

5°) a°) $i(t_{1/2}) = \frac{A}{2} \Leftrightarrow A(1 - e^{-\alpha t_{1/2}}) = \frac{A}{2} \Rightarrow \frac{A}{2} = Ae^{-\alpha t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\alpha t} \Rightarrow \ln\frac{1}{2} = \ln e^{-\alpha t} \Rightarrow \ln\frac{1}{2} = -\alpha t_{1/2}$ avec : $\alpha = \frac{1}{\tau}$ et $\ln\frac{1}{2} = \ln 1 - \ln 2 = -\ln 2$

$\Rightarrow -\ln 2 = -\frac{1}{\tau}t_{1/2} \Rightarrow t_{1/2} = \tau\ln 2$

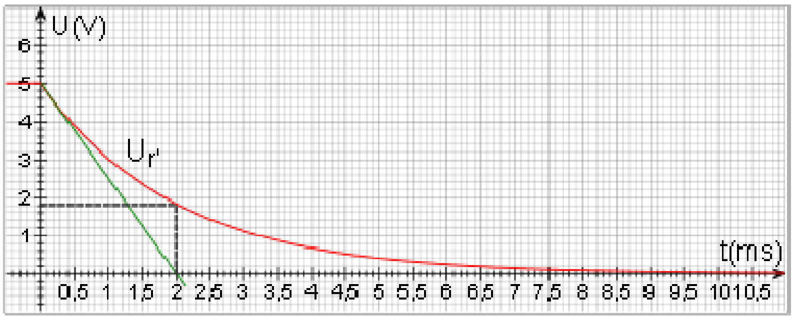
b°) $\tau = 2{,}0$ ms

Exercice n°18 :

6°) $r' = \frac{U_{r'}}{i}$ $r' = 50\ \Omega$

$E = (r+r')i_p$ $r = \frac{E}{i_p} - r'$ $r = 10\ \Omega$ (i_p : intensité en régime permanent)

$L = \tau(r+r')$ $L = 0{,}12$ H



7°) La tangente en t = 0 coupe l'axe des abscisses en $t = \tau = 2{,}0$ ms

$U_{r'}(\tau) = 1{,}8$ V ($= U_{max}e^{-1}$)

8°) Après ouverture de l'interrupteur, la totalité de l'énergie ε_b de la bobine est perdue par effet Joule.

$\varepsilon_{Joule} = \varepsilon_b$; $\varepsilon_b = \frac{1}{2}Li_p^2$ et $i_p = 0{,}100$ A

$\Rightarrow$ $\varepsilon_{Joule} = 6{,}0.10^{-4}$ J

9°) $E = U_{r'} + U_b$ avec, en régime permanent : $U_b = ri_p$ et $U_{r'} = r'i_p$ $\Rightarrow$ $E = (r' + r)i_p$
De plus : $U_{R'} = R'i_p$ et $R' = 100(r + r')$ alors : $U_{R'} = 100(r+r')i_p = 100\ E$