

Devoir Surveillé n° 4**En voiture ...****Durée : 4h00****1^{ème} partie : Batterie d'une voiture**

La batterie de démarrage d'une automobile est constituée par l'association, en série, de plusieurs éléments d'accumulateurs au plomb.

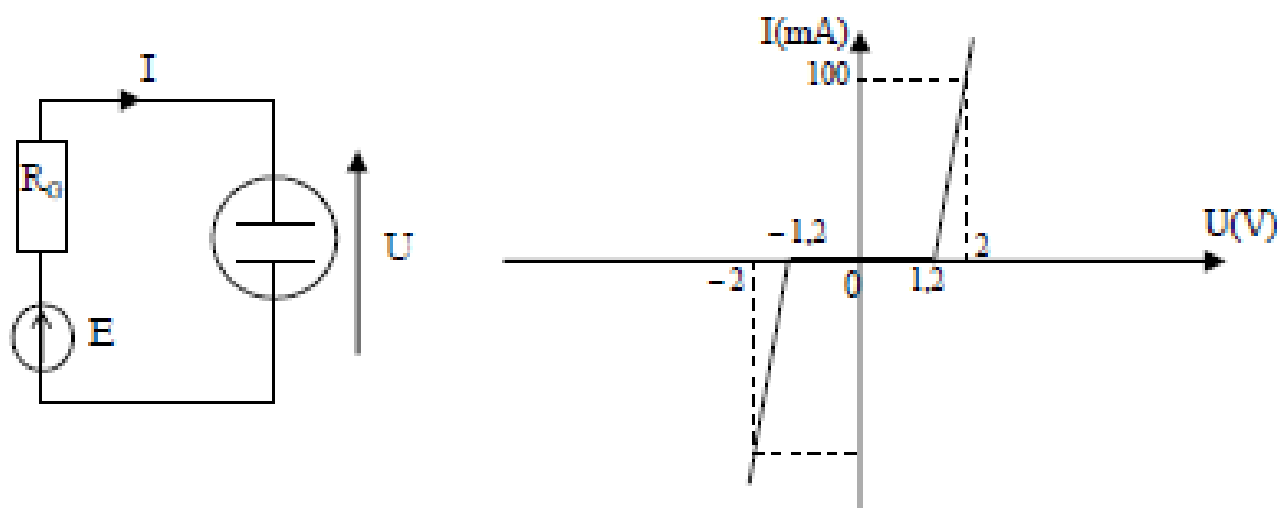
Lorsque la voiture démarre, l'accumulateur fonctionne comme une pile. La tension à vide est de 12 V. Lorsqu'on actionne le démarreur, la tension chute à 10,8 V et l'intensité du courant vaut 90 A.

- 1) Tracer la caractéristique tension-courant $U(I)$ de la batterie d'accumulateurs, dipôle supposé linéaire.
- 2) Donner le modèle équivalent de Thévenin de cette batterie d'accumulateurs. Commenter.
- 3) Quelle est l'intensité du courant de court-circuit ?
- 4) Calculer la puissance fournie par la batterie au moment du démarrage
- 5) Un accumulateur de 12 V d'une voiture a une capacité de 80 A.h (il peut débiter 80 A pendant 1 h). Quelle est l'énergie emmagasinée dans l'accumulateur ? Les lampes du véhicule nécessite une puissance de 60 W, combien de temps l'accumulateur peut-il les maintenir allumées quand le moteur ne tourne pas ?

Lorsque la voiture roule, la batterie se recharge et est le siège d'une électrolyse.

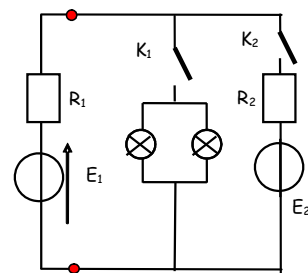
Un circuit est réalisé par l'association en série de la batterie d'accumulateurs étudiée ci-dessus et d'un électrolyseur dont la caractéristique statique est donnée ci-dessous.

- 6) Déterminer l'équation de la caractéristique courant-tension, $I = f(U)$, de l'électrolyseur pour $U > 2,1 \text{ V}$.
- 7) Déterminer l'équation de la caractéristique courant-tension, $I = g(U)$, de la batterie d'accumulateurs.
- 8) Estimer graphiquement le point de fonctionnement.
- 9) Déterminer le point de fonctionnement par le calcul.



10) La batterie sert à alimenter les composants électriques des véhicules à moteur à explosion, notamment les phares et les essuies glaces. Le circuit électrique très simplifié comprend en dérivation :

- une batterie d'accumulateurs de f.e.m $E_1 = 12 \text{ V}$ et de résistance $R_1 = 10 \text{ m}\Omega$
- deux phares ayant chacun une résistance $R = 3.2 \text{ }\Omega$
- un moteur d'essuie-glace de f.e.m $E_2 = 7.5 \text{ V}$ et de résistance interne $R_2 = 1.8 \text{ }\Omega$



- Calculer l'intensité du courant traversant chaque lampe lorsque seul K_1 est fermé.
- Quelle est dans ce cas la puissance reçue par chaque lampe ?
- Calculer l'intensité du courant traversant chaque lampe quand les 2 interrupteurs sont fermés. Commenter.

2^{ème} partie : Airbag et transformations chimiques

Apparu sur le marché automobile à la fin des années 80, l'airbag est un équipement de sécurité d'un véhicule, composé d'un coussin qui se gonfle en cas de choc afin de protéger les passagers.

Données :

$$M(\text{N}) = 14,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \text{ ; mol}^{-1}$$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

C'est grâce à une réaction chimique se produisant suite à un choc dans un générateur de gaz relié au coussin gonflable que se réalise le déploiement de l'airbag.

Ce générateur de gaz contient des pastilles blanches constituées d'azoture de sodium, espèce chimique solide de formule NaN_3 , qui se décompose très rapidement et totalement, libérant ainsi une quantité suffisante de diazote N_2 gazeux pour déployer l'airbag en cas de choc et de sodium solide.

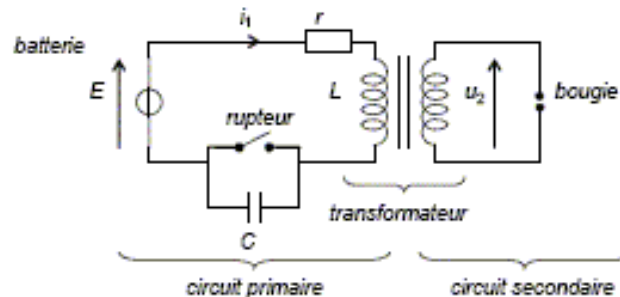
La durée entre le choc et le gonflage du ballon n'est que de 40 millisecondes, d'où l'intérêt de ce mécanisme.

- Ecrire l'équation de la réaction chimique mise en jeu.
- La contenance des airbags est de $V = 70$ litres pour le côté conducteur. On note n la quantité de matière d'azoture de sodium contenue initialement dans le générateur de gaz.
 - Etablir le tableau d'avancement du système.
 - Exprimer l'avancement maximal de la réaction en fonction de n . En déduire la quantité de gaz formé.
 - En considérant que la pression finale P_f dans le coussin gonflable est de 1,0 bar et que la température est $T = 30,0^{\circ}\text{C}$, déterminer la masse nécessaire d'azoture de sodium pour gonfler l'airbag.
- Le sodium métallique a la propriété de réagir très violemment avec l'eau pour former du dihydrogène, gaz explosif. Le dispositif prévoit une réaction de neutralisation du sodium : le sodium va réagir totalement avec le nitrate de potassium KNO_3 ; les produits de cette réaction sont du diazote gazeux supplémentaire N_2 ainsi que deux solides : l'oxyde de potassium K_2O et l'oxyde de sodium Na_2O .
 - Calculer la quantité de matière n_{Na} de sodium formé par la réaction précédente.
 - Ecrire l'équation bilan de la neutralisation.
 - La quantité initiale de nitrate de potassium est de 2 mol, quelle quantité de diazote supplémentaire est alors formée ?

3^{ème} partie : Étude de l'allumage de la voiture

Pour permettre l'allumage des bougies d'une voiture, une étincelle est créée au niveau des bougies. La formation de cette étincelle est liée à la fermeture puis à l'ouverture d'un circuit comprenant une bobine d'allumage, qui est en fait un transformateur. Cette étincelle apparaît lorsque la valeur absolue de la tension aux bornes de la bougie est supérieure à 10 000 volts.

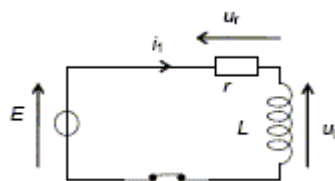
Le circuit primaire comprend la batterie de la voiture, la bobine appelée bobine primaire et le rupteur, un interrupteur commandé par le mouvement mécanique du moteur. **On ne tiendra pas compte de la présence du condensateur au niveau du rupteur.**



Le rôle du transformateur est d'obtenir une tension de sortie u_2 aux bornes de la bougie très élevée. Les propriétés du transformateur sont telles que les grandeurs u_2 et u_1 sont liées par la relation : $u_2 = \alpha u_1$, où u_1 est la tension aux bornes de la bobine primaire et α une constante. Aucune autre connaissance concernant le fonctionnement du transformateur n'est nécessaire pour résoudre l'exercice.

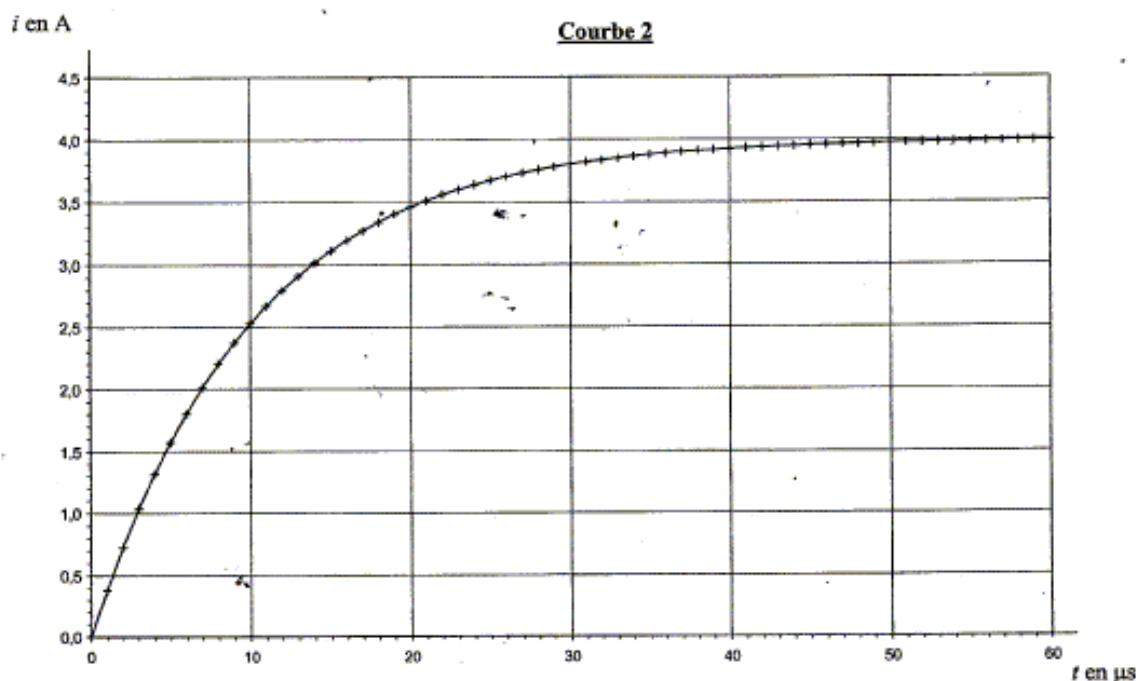
On considérera que la batterie de la voiture est une source de tension idéale qui délivre une tension continue qui vaut $E = 12 \text{ V}$. La bobine primaire est caractérisée par une inductance L et une résistance interne $r = 3 \Omega$.

Le schéma simplifié du principe est donné ci-dessous :



À $t < 0$, aucun courant ne circule pas dans le circuit, puis l'interrupteur est fermé à $t = 0$.

- 1) Que valent i_1 et u_1 en régime permanent ? Justifier.
- 2) Que valent i_1 et u_1 juste après fermeture de l'interrupteur ? Justifier.
- 3) Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de i_1 .
- 4) En déduire la constante de temps du circuit τ en fonction des paramètres du circuit.
- 5) Résoudre l'équation.
- 6) Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du circuit à partir de la courbe 2. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine primaire.

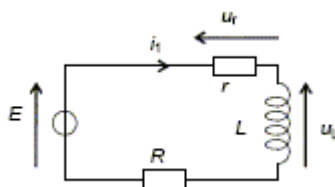


7) Quelle est l'énergie emmagasinée dans la bobine primaire durant cette phase.

Étude de la formation de l'étincelle dans la bougie

Après la phase précédente, on ouvre l'interrupteur à un instant pris à nouveau comme origine des temps. Il apparaît alors une surtension à ses bornes : l'air devient conducteur et le rupteur se comporte alors comme une résistance R de l'ordre de plusieurs mégaoohms.

Le circuit primaire peut alors être modélisé par le circuit suivant :



- 8) Que vaut i_1 juste après ouverture de l'interrupteur ? Justifier.
- 9) En déduire u_1 juste après l'ouverture. Expliquer alors la phrase « Il apparaît alors une surtension à ses bornes ».
- 10) Etablir l'équation différentielle vérifiée par $i_1(t)$. Quelle est l'expression de la nouvelle constante de temps du circuit τ ? Commenter.
- 11) Résoudre.
- 12) A votre avis, quel est l'intérêt de mettre un condensateur en parallèle du rupteur ?