

## I- Analyse d'une solution d'acide chlorhydrique

### Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique S

- L'étiquette d'une bouteille contenant une solution  $S_0$  d'acide chlorhydrique porte les indications suivantes : « acide chlorhydrique, masse volumique :  $\mu = 1190 \text{ g.L}^{-1}$  ; pourcentage en masse de  $\text{HCl} : 37\%$  »
- On introduit un volume  $V = 4,2 \text{ mL}$  de solution  $S_0$  dans une fiole jaugée de  $500 \text{ mL}$  contenant déjà  $100 \text{ mL}$  d'eau puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- **Données** :  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Comment prélever  $4,2 \text{ mL}$  de solution  $S_0$  ? Pourquoi a-t-on introduit de l'eau distillée dans la fiole jaugée avant d'introduire la solution d'acide chlorhydrique ?

Déterminer l'ordre de grandeur de la concentration molaire de la solution S préparée.

### Dosage pH-métrique

- Afin de vérifier cette concentration, on titre S par une solution B d'hydroxyde de potassium,  $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ , de concentration  $C_B = 4,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Dans  $20,0 \text{ mL}$  de solution B, on verse progressivement la solution S et on mesure le pH après chaque ajout. On obtient les résultats suivants :

$V_S$ (mL)	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
pH	12,6	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1	11,9	11,6	10,7	2,9	2,5	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8

Faire un schéma du dispositif de titrage.

Ecrire l'équation de la réaction de titrage et calculer sa constante d'équilibre K. **Donnée** :  $\text{p}K_E = 14,0$ .

Construire la courbe  $\text{pH} = f(V_S)$ . Déterminer graphiquement le volume équivalent  $V_{SE}$ .

En déduire la concentration de la solution S et celle de  $S_0$ .

Choisir un indicateur coloré adapté pour ce titrage et indiquer l'évolution de teintes lors du virage.

## II- Loi d'action de masse

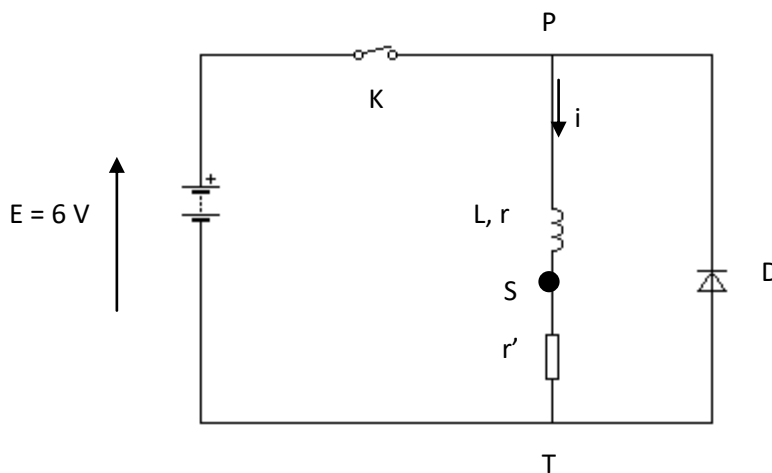
- Soit un système obtenu en mélangeant :
    - $V_1 = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de fer III, ( $2 \text{ Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 \text{ SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ ), de concentration  $C_1 = 10,0 \text{ mmol.L}^{-1}$
    - $V_2 = 10,0 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de fer II, ( $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ ), de concentration  $C_2 = 10,0 \text{ mmol.L}^{-1}$
    - $V_3 = 10,0 \text{ mL}$  d'une solution de diiode  $\text{I}_2_{(\text{aq})}$ , de concentration  $C_3 = 2,00 \text{ mmol.L}^{-1}$
    - $V_4 = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution d'iodure de potassium,  $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$ , de concentration  $C_4 = 200 \text{ mmol.L}^{-1}$
  - **Données** : couples oxydant/réducteur mis en jeu :  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}/\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$  ;  $\text{I}_2_{(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$
- 1) Quelle est la nature de la réaction qui peut se produire ? Ecrire son équation en considérant  $\text{I}_2_{(\text{aq})}$  comme un produit.
  - 2) Donner l'expression du quotient de réaction correspondant.
  - 3) Calculer la concentration initiale en ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ , la concentration initiale des ions  $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ , la concentration initiale du diiode  $\text{I}_2_{(\text{aq})}$  et la concentration initiale des ions iodure  $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ .
  - 4) Déterminer la valeur du quotient de réaction  $Q_{R,i}$  dans l'état initial.
  - 5) La constante d'équilibre correspondante vaut  $K = 1,2 \times 10^5$ . Comment va évoluer le système considéré ?

## III- Energies de liaison d'isotopes d'un même élément

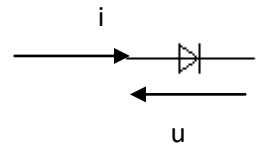
- Parmi les isotopes de l'iode, l'iode  $127$  ( $^{127}_{53}\text{I}$ ) et l'iode  $131$  ( $^{131}_{53}\text{I}$ ), l'un est stable, l'autre est émetteur  $\beta^-$ .
  - **Données** :  $m(^{127}_{53}\text{I}) = 2,106831 \times 10^{-25} \text{ kg}$  ;  $m(^{131}_{53}\text{I}) = 2,173279 \times 10^{-25} \text{ kg}$  ;  $m(\text{neutron}) = 1,00866 \text{ u}$  ;  $m(\text{proton}) = 1,00728 \text{ u}$  ;  $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $1 \text{ u}$  correspond à  $931,5 \text{ MeV}$ .
- 1) Donner la composition de ces deux isotopes.
  - 2) Calculer le défaut de masse de ces deux isotopes en unité de masse atomique.
  - 3) Calculer les énergies de liaison, en MeV, de ces deux isotopes.
  - 4) Quelle énergie faudrait-il fournir à chacun des deux noyaux, au repos, pour le dissocier en nucléons isolés au repos ?
  - 5) Pour chacun des noyaux, calculer les énergies de liaison par nucléon.
  - 6) En déduire l'isotope stable, puis l'isotope radioactif.

## IV- RL: Diode de « roue libre »

- On considère le montage ci-dessous



- Le dipôle D est une diode idéale. En convention récepteur, on la représente comme sur le schéma ci-dessous.
- On peut distinguer deux états de fonctionnement d'une diode idéale :
  - Lorsque la diode est passante, elle se comporte comme un interrupteur fermé ; alors  $u = 0$  et  $i > 0$ .
  - Lorsque la diode est bloquée, elle se comporte comme un interrupteur ouvert ; alors  $i = 0$  et  $u < 0$ .



### Etude du montage

Flécher les tensions  $u_{PS}$  et  $u_{ST}$ .

Quel est le lien entre  $u_{PS}$ , l'intensité  $i$  et sa dérivée par rapport au temps ?

Quel est le lien entre  $u_{ST}$  et l'intensité  $i$  ?

### Etablissement du courant

- A la date  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur K.

Est-ce qu'un courant électrique circule dans la diode ?

Etablir l'expression de l'équation différentielle traduisant l'évolution de l'intensité du courant dans la bobine. Pour plus de simplicité, on notera  $R = r + r'$ .

Vérifier que l'expression  $i(t) = \frac{E}{R} [1 - \exp(-t \frac{R}{L})]$  est solution de l'équation différentielle.

Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant dans la bobine et de la tension aux bornes de la bobine à la date  $t = 0$  (début du régime transitoire), puis lorsque le régime permanent est atteint ?

En régime permanent, l'intensité mesurée est  $I = 200$  mA. Calculer la résistance  $r$  de la bobine sachant que  $r' = 20 \Omega$ .

En régime transitoire, la constante de temps  $\tau$  est égale à 220 ms. Déterminer l'inductance  $L$  de la bobine.

### Rupture du courant

- Une fois le régime permanent atteint, on ouvre l'interrupteur K à une date choisie comme nouvelle origine des dates. Justifier le fait que, juste après l'ouverture, un courant circule dans la bobine et dans la diode.

Etablir l'expression de l'équation différentielle traduisant l'évolution de l'intensité du courant dans la bobine. Pour plus de simplicité, on notera  $R = r + r'$ .

Vérifier que l'expression  $i(t) = \frac{E}{R} [\exp(-t \frac{R}{L})]$  est solution de l'équation différentielle.

Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant dans la bobine et de la tension aux bornes de la bobine à la date  $t = 0$  (début du régime transitoire), puis lorsque le régime permanent est atteint ?

Comparer les valeurs de l'intensité du courant  $S$  juste avant et juste après l'ouverture de l'interrupteur.

## Correction

### I. Analyse d'une solution d'acide chlorhydrique

#### 1. Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique S

**1.1.** Il faut une pipette graduée de 5,0 mL pour prélever les 4,2 mL de la solution  $S_0$ .

Il faut introduire de l'eau distillée avant de verser les 4,2 mL de la solution  $S_0$  sinon lors de l'ajout de l'acide dans l'eau, la réaction fortement exothermique provoque la vaporisation de l'eau qui emporte de l'acide très concentré ce qui peut être dangereux pour les yeux.

**1.2.** Pour 1 L de solution  $S_0$ , la masse d'acide présente est de 1190 g (d'après la masse volumique)

Toujours pour 1 L de solution  $S_0$ , la masse d'acide pur est de  $37\% \times 1190$  g soit 440 g

Cette dernière masse correspond à une quantité de matière  $n = \frac{m}{M} = \frac{440}{36,5} = 12,1$  mol

La solution  $S_0$  a donc pour concentration  $C_0 = 12,1 \text{ mol.L}^{-1}$

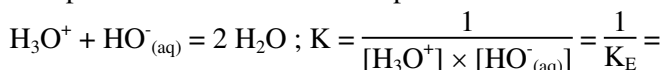
Lors de la dilution de la solution  $S_0$ , la quantité prélevée est  $n_0 = C_0 V_0 = C V$  d'où  $C = \frac{C_0 V_0}{V}$

La solution S préparée a pour concentration molaire  $C = \frac{12,1 \times 4,2}{500} = 0,102 \text{ mol.L}^{-1}$ .

#### 2. Dosage pH-métrique

**2.1.** ① : noix de serrage ; ② : support de burette ; ③ : burette ; ④ : becher ; ⑤ : pH-mètre

**2.2.**  $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}) + (\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}) = 2 \text{H}_2\text{O} + (\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})})$ .  
ions potassium et chlorure sont spectateurs donc :



$\frac{1}{10^{-14}} = 10^{14,0}$  donc la réaction est quasi totale.

**2.3.** Voir feuille annexe.  $V_{\text{SE}} = 8,25$  mL

**2.4.** A l'équivalence, les réactifs sont dans les conditions stœchiométriques soit  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HO}^-_{(\text{aq})})$  car la réaction se mole à mole.  $C \times V_{\text{SE}} = C_B \times V_B$

$$C = \frac{C_B \times V_B}{V_{\text{SE}}} = \frac{4,00 \times 10^{-2} \times 20,0}{8,25} = 9,70 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

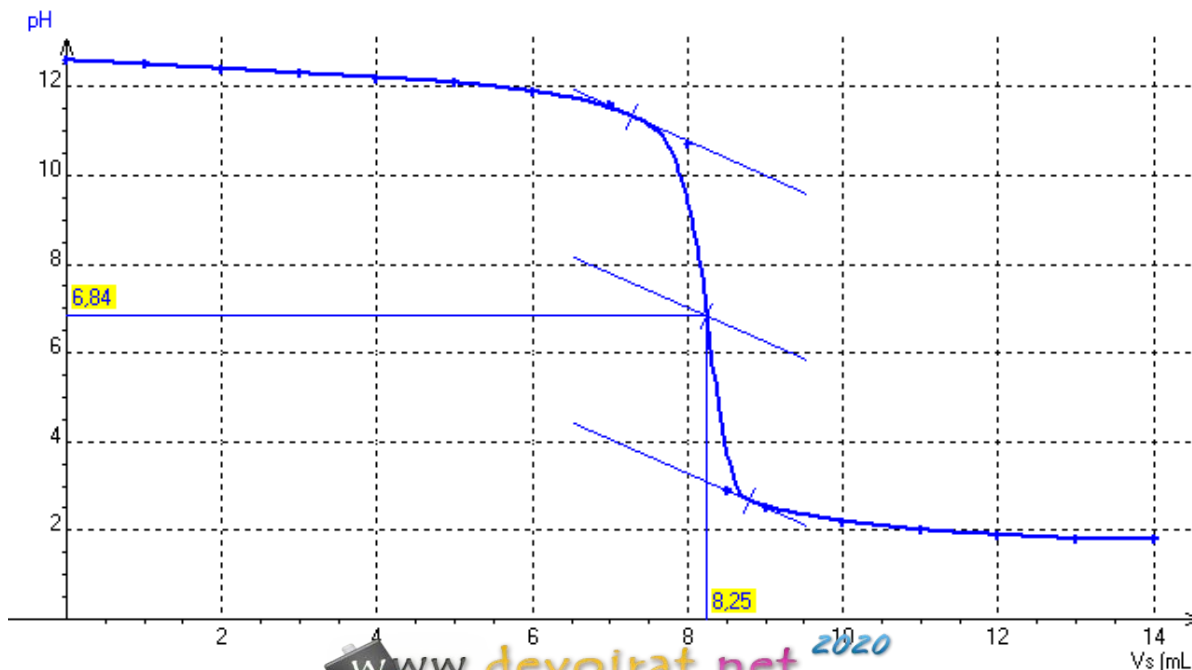
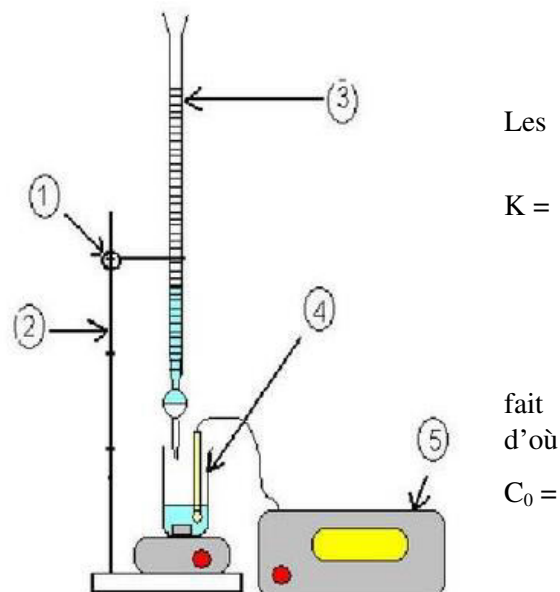
$$\frac{C \times V}{V_0} = \frac{9,70 \times 10^{-2} \times 500}{4,2} \text{ soit } C_0 = 11,5 \text{ mol.L}^{-1} \text{ valeur assez}$$

proche de la valeur calculée au 1.

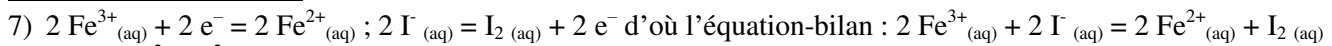
**2.5.** Le bleu de bromothymol est l'indicateur coloré adapté à ce dosage car le pH à l'équivalence est de 6,8 qui est compris dans la zone de virage de l'indicateur coloré (entre 6,0 et 7,6)

Le bleu de bromothymol est bleu en milieu basique (au début du dosage) puis jaune en milieu acide (à la fin du dosage)

➤ **Remarque** : ce dosage est particulier car la solution titrée est dans le becher alors qu'en général celle-ci est dans la burette.



## II. Loi d'action de masse



8)  $Q_R = \frac{[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]^2 \times [\text{I}_{2(aq)}]}{[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]^2 \times [\text{I}^-_{(aq)}]^2}$

9)  $[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]_i = \frac{n_i(\text{Fe}^{3+}_{(aq)})}{V_{\text{total}}}$  ;  $n_i(\text{Fe}^{3+}_{(aq)}) = 2 C_1 V_1$  car pour une concentration en soluté apporté  $C_1$ , il se forme 2 fois plus

d'ions  $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$  ;  $[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]_i = \frac{2 C_1 V_1}{V_{\text{total}}} = \frac{2 \times (10,0 \times 10^{-3}) \times 5,0}{30,0} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]_i = \frac{n_i(\text{Fe}^{2+}_{(aq)})}{V_{\text{total}}}$  ;  $n_i(\text{Fe}^{2+}_{(aq)}) = C_2 V_2$  ;  $[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]_i = \frac{C_2 V_2}{V_{\text{total}}} = \frac{(10,0 \times 10^{-3}) \times 10,0}{30,0} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{I}_{2(aq)}]_i = \frac{n_i(\text{I}_{2(aq)})}{V_{\text{total}}}$  ;  $n_i(\text{I}_{2(aq)}) = C_3 V_3$  ;  $[\text{I}_{2(aq)}]_i = \frac{C_3 V_3}{V_{\text{total}}} = \frac{(2,00 \times 10^{-3}) \times 10,0}{30,0} = 6,7 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{I}^-_{(aq)}]_i = \frac{n_i(\text{I}^-_{(aq)})}{V_{\text{total}}}$  ;  $n_i(\text{I}^-_{(aq)}) = C_4 V_4$  ;  $[\text{I}^-_{(aq)}]_i = \frac{C_4 V_4}{V_{\text{total}}} = \frac{(200 \times 10^{-3}) \times 5,0}{30,0} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

10)  $Q_{R,i} = \frac{[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]_i^2 \times [\text{I}_{2(aq)}]_i}{[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]_i^2 \times [\text{I}^-_{(aq)}]_i^2} = \frac{(3,3 \times 10^{-3})^2 \times (6,7 \times 10^{-4})}{(3,3 \times 10^{-3})^2 \times (3,3 \times 10^{-2})^2} = 6,0 \times 10^{-1}$  (sans arrondir) ou  $6,2 \times 10^{-1}$

11)  $Q_{R,i} < K$  donc le système va évoluer dans le sens direct donc dans le sens de la formation du diiode.  
Comme  $K > 10^4$ , la réaction est quasi-totale.

## III. Energies de liaison d'isotopes d'un même élément

12) L'isotope  $^{127}_{53}\text{I}$  est formé de 53 protons et de  $(127 - 53) = 74$  neutrons

L'isotope  $^{131}_{53}\text{I}$  est formé de 53 protons et de  $(131 - 53) = 78$  neutrons

13)  $\Delta m(^{127}_{53}\text{I}) = 53 m(\text{proton}) + 74 m(\text{neutron}) - m(^{127}_{53}\text{I}) = 53 \times 1,00728 \text{ u} + 74 \times 1,00866 \text{ u} - \frac{2,106831 \times 10^{-25}}{1,66054 \times 10^{-27}} \Delta m(^{127}_{53}\text{I})$   
 $= 1,15042 \text{ u}$

$\Delta m(^{131}_{53}\text{I}) = 53 m(\text{proton}) + 78 m(\text{neutron}) - m(^{131}_{53}\text{I}) = 53 \times 1,00728 \text{ u} + 78 \times 1,00866 \text{ u} - \frac{2,173279 \times 10^{-25}}{1,66054 \times 10^{-27}} \Delta m(^{131}_{53}\text{I})$   
 $= 1,18347 \text{ u}$

14)  $E_L(^{127}_{53}\text{I}) = \Delta m(^{127}_{53}\text{I}) \times 931,5 \text{ MeV/u} = 1,15042 \times 931,5 = 1,072 \times 10^3 \text{ MeV}$  (4 chiffres significatifs seulement)

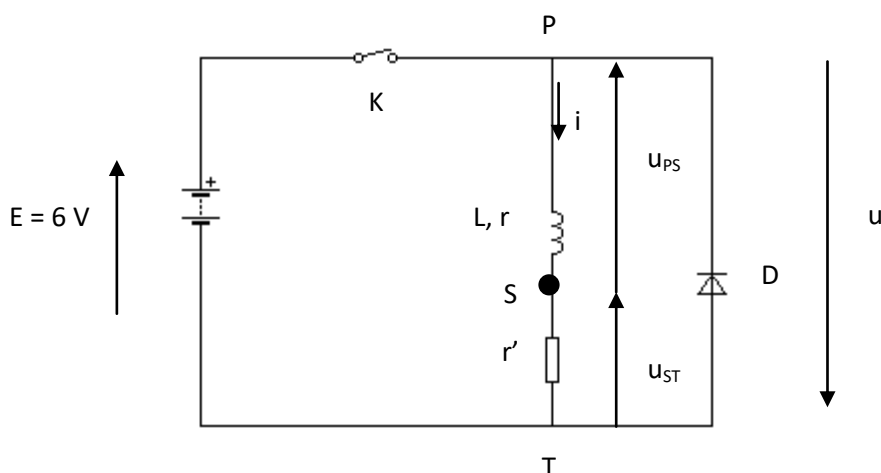
$E_L(^{131}_{53}\text{I}) = \Delta m(^{131}_{53}\text{I}) \times 931,5 \text{ MeV/u} = 1,18347 \times 931,5 = 1,102 \times 10^3 \text{ MeV}$  (4 chiffres significatifs seulement)

15) L'énergie qu'il faut fournir à chacun des deux noyaux, au repos, pour le dissocier en nucléons isolés au repos est l'énergie de liaison soit respectivement 1072 MeV et 1102 MeV.

16)  $\frac{E_L(^{127}_{53}\text{I})}{A} = \frac{1072}{127} = 8,441 \text{ MeV/nucléon}$  ;  $\frac{E_L(^{131}_{53}\text{I})}{A} = \frac{1102}{131} = 8,412 \text{ MeV/nucléon}$

17) L'isotope stable correspond à la valeur de  $-E_L/A$  la plus faible soit la valeur de  $E_L/A$  la plus élevée donc à l'isotope  $^{127}_{53}\text{I}$ . L'isotope radioactif est donc  $^{131}_{53}\text{I}$ .

## IV. RL: Diode de « roue libre »



### 1. Etude du montage

1.1. Voir schéma.

1.2.  $u_{PS} = L \frac{di}{dt} + r i$

1.3.  $u_{ST} = r' i$  (loi d'Ohm)

### 2. Etablissement du courant

• A la date  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur K.

2.1. Aucun courant ne circule dans la diode car la tension  $u = u_{TP} = -E$  à ses bornes est négative.

2.2.  $E = u_{PS} + u_{ST} = L \frac{di}{dt} + ri + r'i = L \frac{di}{dt} + (r + r')i$  d'où l'équation différentielle :  $E = L \frac{di}{dt} + Ri$

2.3. Si  $i(t) = \frac{E}{R} [1 - \exp(-t \frac{R}{L})]$  alors  $\frac{di}{dt} = \frac{E}{R} [0 - (-\frac{R}{L})\exp(-t \frac{R}{L})] = \frac{E}{R} \times \frac{R}{L} [\exp(-t \frac{R}{L})] = \frac{E}{L} \exp(-t \frac{R}{L})$

On reporte les expressions de  $i(t)$  et de  $\frac{di}{dt}$  dans l'équation différentielle

$$L \frac{E}{L} \exp(-t \frac{R}{L}) + R \frac{E}{R} [1 - \exp(-t \frac{R}{L})] = E \exp(-t \frac{R}{L}) + E [1 - \exp(-t \frac{R}{L})] = E \exp(-t \frac{R}{L}) + E - \exp(-t \frac{R}{L})$$

soit  $E$  qui est bien le second membre de l'équation différentielle donc  $i(t) = \frac{E}{R} [1 - \exp(-t \frac{R}{L})]$  est solution de l'équation différentielle

2.4. Juste avant de fermer l'interrupteur, l'intensité est nulle donc à  $t = 0$ , l'intensité est nulle car celle-ci est une fonction continue du temps.

Lorsque le régime permanent est atteint,  $\frac{di}{dt} = 0$  donc  $E = Ri = 6 \text{ V}$  soit  $i_{\infty} = \frac{E}{R} = 200 \text{ mA}$

2.5.  $R = r + r' = \frac{E}{i_{\infty}}$  d'où  $r = \frac{E}{i_{\infty}} - r' = \frac{6}{0,200} - 20 = 10 \Omega$

2.6.  $\tau = \frac{L}{R}$  soit  $L = R \tau$  ;  $L = 30 \times 220 \times 10^{-3} = 6,6 \text{ H}$  (valeur un peu élevée pour une inductance)

### 3. Rupture du courant

3.1. Après l'ouverture de l'interrupteur, l'intensité garde la même valeur que juste avant soit  $i = 200 \text{ mA}$ . Le courant ne peut circuler que dans la diode dans le sens passant donc la tension  $u$  aux bornes de la diode est nulle.

3.2.  $u + u_{PS} + u_{ST} = 0$  soit  $0 + u_{PS} + u_{ST} = 0$  ;  $L \frac{di}{dt} + ri + r'i = 0$  ;  $L \frac{di}{dt} + (r + r')i = 0$  d'où l'équation différentielle :

$$L \frac{di}{dt} + Ri = 0$$

3.3. Si  $i(t) = \frac{E}{R} [\exp(-t \frac{R}{L})]$  alors  $\frac{di}{dt} = \frac{E}{R} \times (-\frac{R}{L}) [\exp(-t \frac{R}{L})]$  ;  $\frac{di}{dt} = -\frac{E}{L} \exp(-t \frac{R}{L})$

On reporte les expressions de  $i(t)$  et de  $\frac{di}{dt}$  dans l'équation différentielle

$$L \times (-\frac{E}{L} [\exp(-t \frac{R}{L})]) + R \times \frac{E}{R} [\exp(-t \frac{R}{L})] = -E [\exp(-t \frac{R}{L})] + E [\exp(-t \frac{R}{L})] = 0$$
 qui est bien le second membre de

l'équation différentielle donc  $i(t) = i(t) = \frac{E}{R} [\exp(-t \frac{R}{L})]$  est solution de l'équation différentielle

3.4. Au début du régime transitoire, l'intensité est de  $200 \text{ mA}$  (valeur atteinte avant l'ouverture de l'interrupteur)  
Lorsque le régime permanent est atteint, soit pour  $t \rightarrow \infty$  alors  $i \rightarrow 0 \text{ A}$

3.5. L'intensité du courant  $S$  juste avant et juste après l'ouverture de l'interrupteur sont égales car l'intensité est une fonction continue du temps.