

TRACÉ ET MODÉLISATION DE CARACTÉRISTIQUES - corrigé du TP2

1. Caractéristique d'une pile Daniell

- Tout dipôle electrocinétique est caractérisé par une relation entre le courant I qui le traverse et la tension U entre ses bornes ; cette relation peut être exprimée sous forme d'équation ou sous forme graphique.
- Les dipôles "linéaires" sont ceux dont la relation caractéristique possède des propriétés de linéarité : $U(\alpha I_1 + \beta I_2) = \alpha U(I_1) + \beta U(I_2)$ et/ou $I(\alpha U_1 + \beta U_2) = \alpha I(U_1) + \beta I(U_2)$.

Ceci comprend essentiellement les dipôles solutions d'équations différentielles de la forme générale :

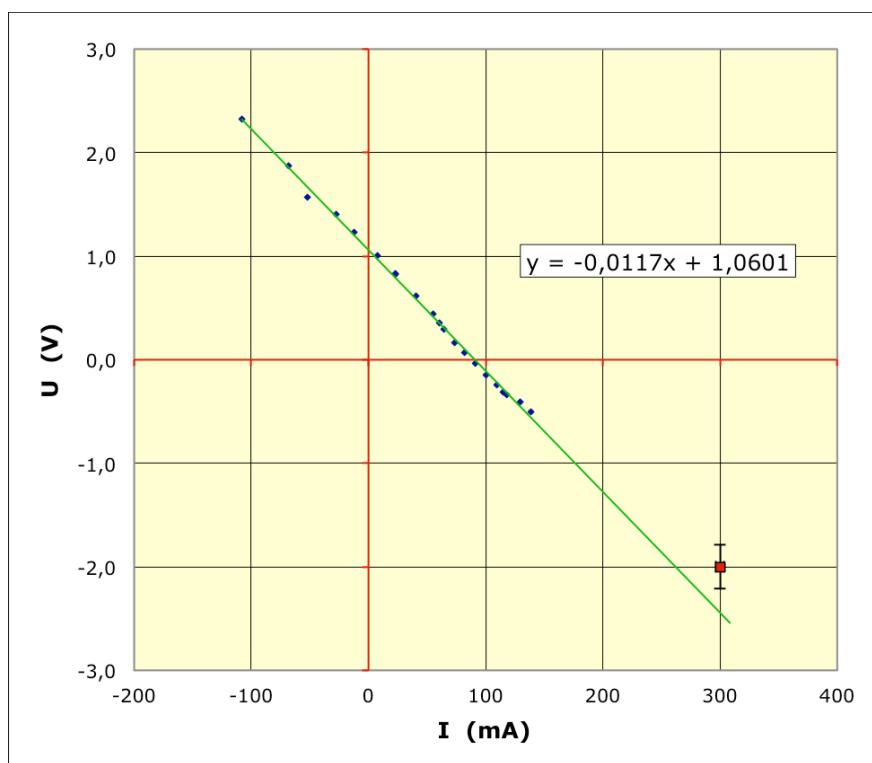
$$\sum \left(\lambda_k \frac{d^k U}{dt^k} \right) + \sum \left(\mu_n \frac{d^n I}{dt^n} \right) = Cste .$$

En régime continu, cela se limite à la forme "affine" : $\lambda U + \mu I = Cste$, généralement notée avec les notations de Thévenin ($U = E - RI$) ou de Norton ($I = I_c - GU$).

◊ remarque : en régime variable, la forme plus générale peut se ramener à cette notation plus simple si on utilise des représentants complexes.

2. Tracé de la courbe "caractéristique" point par point

- Le tracé de la caractéristique montre qu'on obtient en assez bonne approximation une droite ne passant pas par l'origine (forme affine). Le fonctionnement correspondant peut être interprété en trois parties.

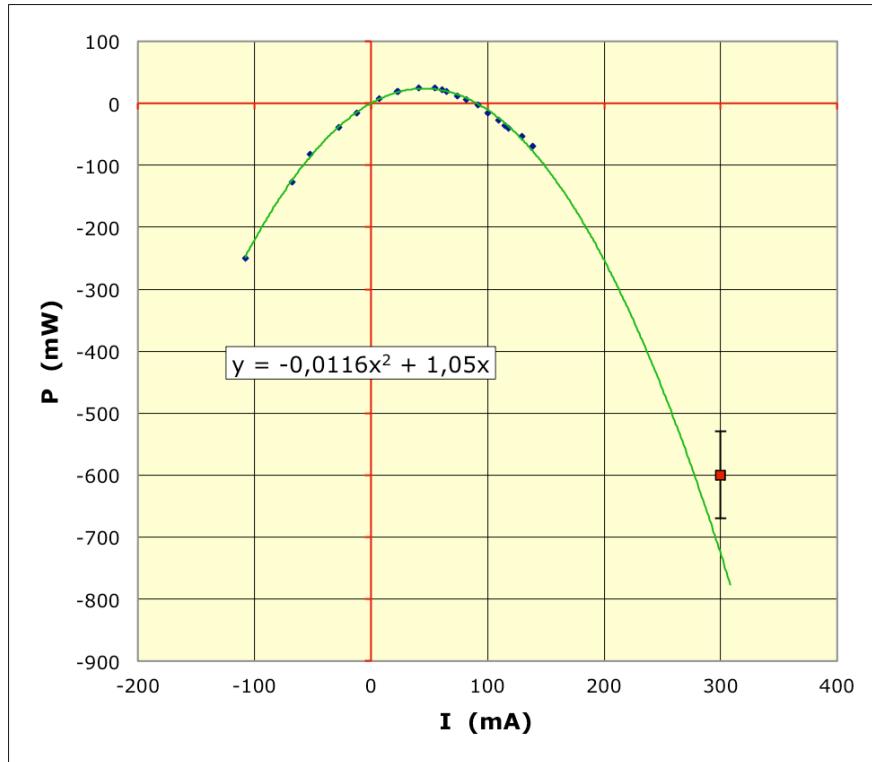


- Pour $U > E$ les électrodes sont à des potentiels $V(\text{Cu}) > E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$ et $V(\text{Zn}) < E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$; ceci provoque l'oxydation des atomes de cuivre de l'électrode (qui passent en solution sous forme d'ions Cu^{2+}) et la réduction des ions zinc de la solution (qui se déposent sur l'électrode de zinc sous forme d'atomes Zn). Ceci correspond à une recharge de la pile.

L'électrode Cu est donc l'anode (par définition : borne par laquelle entre le courant, ce qui est associé à une oxydation) et l'électrode Zn est la cathode (par définition : borne par laquelle sort le courant, ce qui est associé à une réduction). Le courant I est ainsi négatif (en convention générateur).

L'électrode de cuivre peut être qualifiée de “borne (+)” et l'électrode de zinc de “borne (-)” puisque cela correspond à l'ordre de leurs potentiels : $V(\text{Cu}) > V(\text{Zn})$ pour $U > 0$.

En convention générateur, la puissance électrique fournie par la pile au circuit est : $P = U I = E I - R I^2 < 0$ ($-P > 0$ est reçue par la pile). La puissance “générée” est $E I < 0$ (dans ce cas $-E I$ correspond à de l'énergie électrique transformée en énergie chimique : recharge de la pile) ; la puissance consommée par effet Joule correspond à $-R I^2 < 0$ (énergie “perdue” dans la pile, non disponible pour la recharge).



- Pour $0 < U < E$ les électrodes sont à des potentiels $V(\text{Cu}) < E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$ et $V(\text{Zn}) > E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$; ceci provoque l'oxydation des atomes de zinc de l'électrode (qui passent en solution sous forme d'ions Zn^{2+}) et la réduction des ions cuivre de la solution (qui se déposent sur l'électrode de cuivre sous forme d'atomes Cu). Ceci correspond à une décharge de la pile.

L'électrode Zn est donc l'anode (par définition : borne par laquelle entre le courant, ce qui est associé à une oxydation) et l'électrode Cu est la cathode (par définition : borne par laquelle sort le courant, ce qui est associé à une réduction). Le courant I est ainsi positif (en convention générateur).

L'électrode de cuivre peut être qualifiée de “borne (+)” et l'électrode de zinc de “borne (-)” puisque cela correspond à l'ordre de leurs potentiels : $V(\text{Cu}) > V(\text{Zn})$ pour $U > 0$.

En convention générateur, la puissance électrique fournie par la pile au circuit est : $P = U I = E I - R I^2 > 0$. La puissance “générée” est $E I > 0$ (dans ce cas $E I$ correspond à de l'énergie chimique transformée en énergie électrique : décharge de la pile) ; la puissance consommée par effet Joule correspond à $-R I^2 < 0$ (une partie de l'énergie générée est “perdue” et non transmise au circuit).

- Pour $U < 0$ les électrodes sont à des potentiels $V(\text{Cu}) < E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$ et $V(\text{Zn}) > E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$; ceci correspond encore à une décharge de la pile, mais dans des conditions “anormales” : sur-décharge forcée par le générateur annexe (très forcée pour $U = -2$ V).

L'électrode Zn est donc l'anode (par définition : borne par laquelle entre le courant, ce qui est associé à une oxydation) et l'électrode Cu est la cathode (par définition : borne par laquelle sort le courant, ce qui est associé à une réduction). Le courant $I > I_c$ est ainsi positif (en convention générateur).

L'électrode de cuivre peut être qualifiée de “borne (-)” et l'électrode de zinc de “borne (+)” puisque cela correspond à l'ordre de leurs potentiels : $V(\text{Cu}) < V(\text{Zn})$ pour $U < 0$.

En convention générateur, la puissance électrique fournie par la pile au circuit est : $P = U I = E I - R I^2 < 0$ ($-P > 0$ est reçue par la pile et gaspillée en effet Joule). La puissance “générée” est $E I > 0$ (dans ce cas $E I$ correspond à de l'énergie chimique transformée en énergie électrique : décharge de la pile gaspillée en effet Joule) ; la puissance consommée par effet Joule correspond à $-R I^2 < -E I < 0$ (plus d'énergie “perdue” que d'énergie générée).

3. Mesure d'une f.e.m. par la méthode d'opposition

- La caractéristique obtenue précédemment correspond à : $E = 1,060 \pm 0,015 \text{ V}$; $R = 11,7 \pm 0,1 \Omega$; $I_c = 90,6 \pm 0,2 \text{ mA}$; $G = 85,5 \pm 0,2 \text{ S}$.

La mesure de la f.e.m. par méthode d'opposition est en attente de données fournies par les étudiants...