

Autonomie de fonctionnement d'une brosse à dents électrique (sans recharge)

Doc 1 :

Le problème d'autonomie énergétique conditionne l'évolution des produits de consommation électriques courants. On va prendre l'exemple d'une brosse à dent électrique (moins complexe qu'un smartphone...). Les offres des industriels se portent, suivant le prix du produit, vers l'utilisation de piles ou d'accumulateurs. Les brosses à dents destinée aux enfants peuvent être de conception simple : un moteur entraîne une brosse en rotation. Les modèles, les moins coûteux, utilisent 2 piles type AAA. Les brosettes, dans ce cas, sont fixes, impossibles à changer. Les modèles plus sophistiqués (et plus chers) fonctionnent avec des accumulateurs, qui sont rechargeables.



De manière à les rendre plus efficaces, les brosses à dents électrique, sont pour certaines, gérées automatiquement : le temps de brossage est calibré sur une durée de 2 mn, la pression exercée sur les dents par la brosse (tourmant à une fréquence de 8000 tours/mn) est contrôlée par un capteur. De multiples modes de brossage sont proposés mais modifie peu la consommation d'énergie nécessaire, le moteur se comportant globalement comme une résistance de 6 à 7 Ω.

<https://lajoliemaison.fr/comparatif/la-meilleure-brosse-dents-electrique-pour-enfant/> + <https://www.lereviewer.com/brosse-a-dent-electrique/oral-b-genius-9000-n/>

Doc 2 :

Pour une brosse à dents électrique, l'«énergie électrique» peut être fournie par :
 une pile alcaline de 1,5 V (non rechargeable) ou par un accumulateur - batterie de 1,2 V (pile rechargeable).
 Ce sont des convertisseurs d'énergie chimique (stockable) en «énergie électrique» (seulement transférable).
 La taille de ces générateurs doit rester mesurée afin de pouvoir être contenue dans le manche de la brosse
 A raison de 3 brossages par jour (de 2 mn de durée), l'autonomie peut atteindre 3 semaines ... au dire du fabricant.

Capacité des batteries ou piles : la capacité nominale, représentée par la lettre Q, s'exprime en milliAmpères.heure - notée mAh - et représente la charge électrique qu'une batterie (initialement complètement chargée) peut restituer au cours de sa décharge complète. Par exemple, une batterie de 2000 mAh pourrait théoriquement alimenter un appareil qui consomme : 100 mA pendant 20 h, ou 200 mA pendant 10 h et ainsi de suite.

En réalité, dès que la décharge (de la capacité nominale) a atteint 80% à 90 %, l'énergie n'est plus suffisante pour permettre le fonctionnement de l'appareil électrique branché, il faut recharger l'accumulateur.

Données : Pour l'accumulateur NiMH : Capacité : 800 mAh Tension : 1,2 V Résistance interne proche de : 0,2 Ω à 0,5 Ω
 Pour une pile alcaline : Capacité : inconnue Tension : 1,5 V Résistance interne de : 0,5 Ω à 1 Ω

<https://connect.ed-diamond.com/Hackable/HK-004/Testeur-de-piles-rechargeables>

Doc 3 :

Contrairement aux sources idéales de tension - à gauche sur la Fig.1- qui maintiennent leur tension constante et égale à E quelque soit l'intensité fournie I (débitée) à l'appareil branché dessus, l'expérience montre que la tension U_g aux bornes de la plupart des générateurs réels (de tension continue, comme une pile) décroît quand l'intensité débitée I augmente. La courbe, où on porte la tension U en ordonnée et l'intensité débitée I en abscisse, est appelée caractéristique.

Pour un générateur réel :

On constate en première approximation que : $U_g = E - r \cdot I$, ce que justifie le modèle de la figure de droite (voir la Fig.2), où E (exprimée en V) représente l'ordonnée à l'origine et r (exprimée en Ω) la valeur du coefficient directeur.

E (appelée aussi tension à vide) représente la tension due aux réactions chimiques à l'intérieur de la pile.
 r, appelée résistance interne de la pile, ne peut être enlevée, elle convertit toute l'énergie électrique en énergie thermique
 Le générateur de tension continue réel, comme une pile, peut alors être schématisé par un générateur de tension continue idéal associé en série avec une résistance - à droite sur la Fig.1.

<http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/physique/electricite/cinetique/Cinetique009.htm>

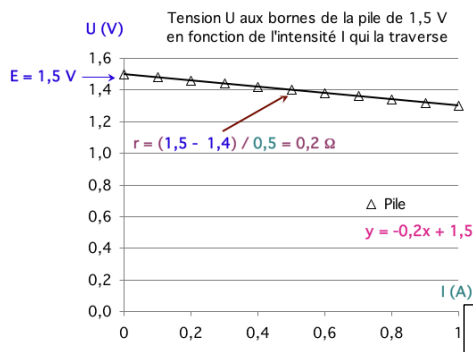
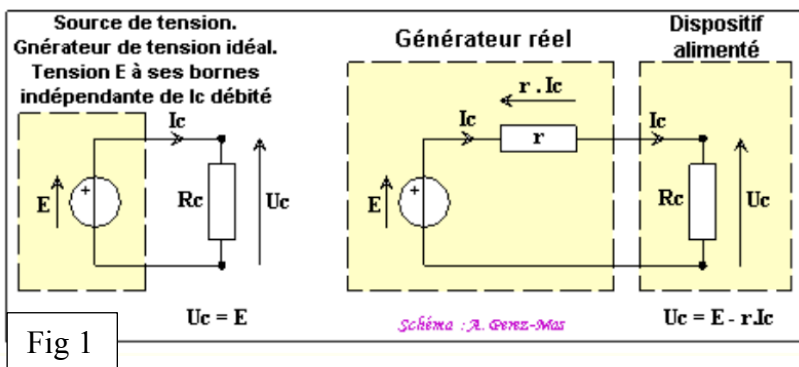


Fig 2

MATERIEL disponible sur PAILLASSE

- Rhéostat 100 ohms
- 5 fils, (mélange couleur rouge, noir)
- générateur de tension continue réglable (0 à 5 V min)
- 2 multimètres (avec calibre V et 10 A en états de fonctionnement)
- résistances de 0,1 - 0,2 - 0,5 et 1,0 ohm (puissance max 2 W)
- pile AA sur support ou 2 piles série AA sur support OU accu 1,2 V sur supp ou 2 accu série 1,2 V sur support
- accumulateurs 1,2 V chargés (si possible)

Partie expérimentale :

Suivant le choix de votre professeur, vous allez

1) a) **Tracer la caractéristique du générateur de tension continue**, sur le fichier Excel joint, correspondant (voir le Doc 2)

- à une pile alcaline AAA 1,5 V (ou à l'association en série de 2 piles AAA 1,5 V)

Ou

- à un accumulateur 1,2 V (ou à l'association en série de 2 accumulateurs - format AAA- de 1,2 V)

Pour cela suivre le mode opératoire suivant :

Il s'agit ici de mesurer la tension aux bornes du générateur et l'intensité qui est fournie. Dans ce cas, l'intensité sera débitée dans un rhéostat (résistance réglable qui va permettre de modifier l'intensité fournie par le générateur)

Vérifier, à l'aide d'un multimètre branché en fonction « Ohmmètre » que, entre la borne noire et rouge visible sur le même côté du rhéostat que la résistance varie entre 0 et 100 Ω .



Déplacer le curseur du rhéostat de façon à afficher la valeur 100 Ω .



Réalisation du montage :

Avant de brancher le générateur de tension continue (*voir choix imposé pour le groupe par le professeur*) aux bornes du rhéostat, vous devez placer 2 multimètres de manière à mesurer :

- La tension aux bornes du générateur
 - L'intensité débitée dans le rhéostat
- Ne pas allumer les multimètres !

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter les choix effectués ou en cas de difficulté	

Réaliser les mesures conformément au tableau correspondant du fichier Excel fourni.

Attention : ne pas laisser le générateur débiter continuellement des intensités élevées : dès que la mesure est réalisée, débrancher un fil relié à l'ampèremètre !



1) b) **Simuler la caractéristique du générateur de tension continue :**

On désire vérifier - sur quelques valeurs de couples (U,I) - avec un générateur de tension stabilisée (simulant un générateur idéal) que le générateur de tension réel peut être bien assimilé expérimentalement à l'association en série d'un générateur de tension idéal (judicieusement choisie) avec une résistance (judicieusement choisie). Vous disposez de résistances de 0,1 Ω - 0,2 Ω - 0,5 Ω et 1,0 Ω

Réalisation du montage :

Avant de brancher le générateur de tension continue, simulé aux bornes du rhéostat, vous devez placer 2 multimètres de manière à mesurer :

- La tension aux bornes du générateur simulé
 - L'intensité débitée dans le rhéostat
- Ne pas allumer les multimètres !

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les choix effectués ou en cas de difficulté	

Doc 4 : Point de fonctionnement : Lorsqu'on branche un générateur à un récepteur, les 2 s'accordent sur un couple de fonctionnement (U_F , I_F) correspondant à une tension électrique U_F et une intensité I_F bien particulière. La caractéristique d'un dipôle représente tous les points de fonctionnements possibles.

Exemple Fig 3 : En **bleu** : Caractéristique du moteur de la brosse à dents
Ou Tension électrique U en fonction de l'intensité débitée I .

En **rouge** : Caractéristique d'un générateur de tension continue constitué de 2 piles AAA de 1,5 V en série.

Le point de fonctionnement dans le cas du branchement de ce générateur sur le moteur correspond au point d'intersection et se fixe à aux valeurs :

$$U_F = 2,70 \text{ V et } I_F = 0,40 \text{ A}$$

2) a) **Trouver le point de fonctionnement**

(U_F , I_F) (en utilisant la Fig 3 du Doc 4)

définissant la puissance électrique consommée lorsqu'on branche le moteur aux bornes du générateur de tension réel :

- constitué d'une pile AAA de 1,5 V :

- constitué de l'association en série de 2 accumulateurs de 1,2 V :

2) b) Déterminer, dans chacun des cas :

- la puissance chimique fournie

- la puissance électrique utile fournie.

- pour la pile AAA de 1,5 V :

- pour l'association en série de 2 piles accumulateurs de 1,2 V :

2) c) Déterminer, dans chacun des cas, en 1h, l'énergie chimique fournie et «l'énergie électrique» utile fournie, en W.h puis en J.

- pour la pile AAA de 1,5 V :

- pour l'association en série de 2 piles accumulateurs de 1,2 V :

2) d) Déterminer, dans chacun des cas, en 1h, le rendement énergétique (fournie / utile) : η (lettre êta en grec),

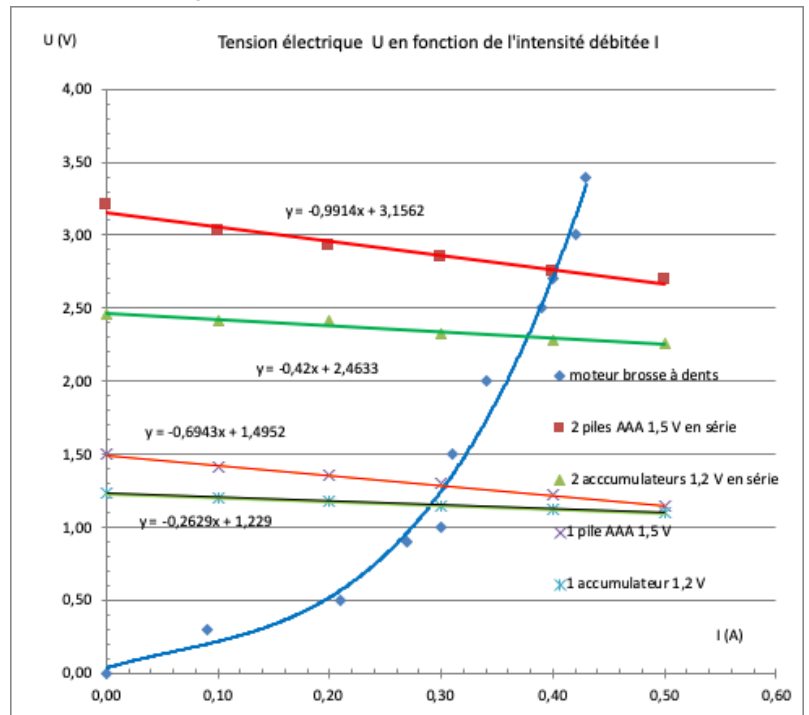
- pour la pile AAA de 1,5 V :

- pour l'association en série de 2 piles accumulateurs de 1,2 V :

2) e) Sachant que le moteur commence à tourner au-delà d'une tension de 1,6 V :

la brosse à dents fonctionne-t-elle dans chacun des cas ?

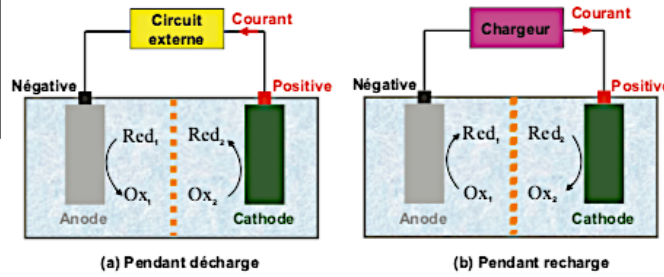
2) f) Sachant que le moteur fonctionne, en moyenne, sous une intensité de 300 mA, la valeur de la capacité de l'accumulateur donnée par le fabricant étant de 800 mAh, combien de brossage de 2mn sont réalisables ?



Le cas de la recharge d'un accumulateur

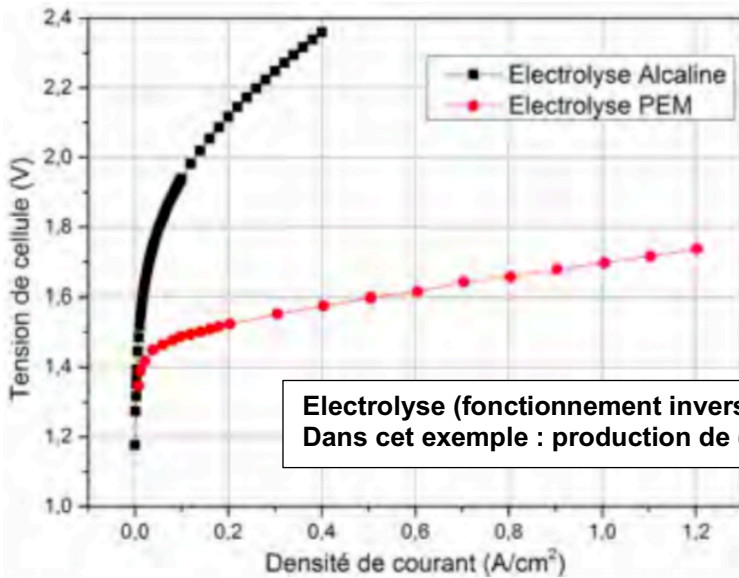
Fonctionnement en pile.
Dans cet exemple :
Le (di)hydrogène et le
dioxygène sont les réactifs

■ Electrolyte
■ Séparateur

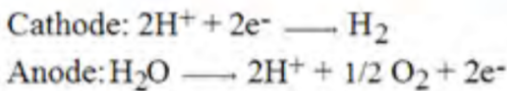


Fonctionnement en électrolyseur
Dans cet exemple :
Le (di)hydrogène) et le dioxygène
sont les produits.

Au niveau de la classe de 1ère, on va fortement simplifier la réalité et admettre (ce qui n'est pas le cas) que l'accumulateur se comporte, lors d'une charge, comme un électrolyseur, inverse d'une pile



Electrolyse (fonctionnement inverse d'une pile).
Dans cet exemple : production de (di)hydrogène.



Membrane à Electrolyte Polymère
MEP, (PEM en anglais)

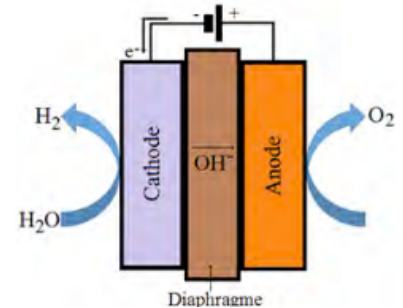


Figure 1. Schéma de l'électrolyse de l'eau alcaline

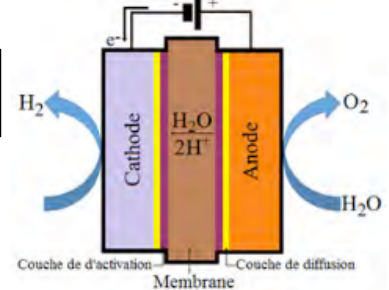


Figure 2. Schéma de l'électrolyse de l'eau PEM

L'électrolyse alcaline utilise une solution aqueuse de 20 % à 30 % de KOH ou de NaOH (hydroxyde de potassium ou de sodium) en tant que milieu conducteur ionique. La réduction des ions H^+ de la solution alcaline au niveau de la cathode permet la production du dihydrogène (H_2) et des ions hydroxyle (OH^-) qui traversent le diaphragme pour atteindre l'anode.

L'électrolyse PEM, est une technologie basée sur une membrane polymère mince, solide et conductrice d'ions. Cette membrane permet le transfert d'ions H^+ de l'anode vers la cathode. Le dihydrogène est produit au niveau de la cathode et le dioxygène au niveau de l'anode.

Le rendement élevé des électrolyseurs PEM nécessite des matériaux coûteux, ce qui est un défi devant leur commercialisation à grande échelle.

Les $\frac{1}{2}$ équations électroniques sont identiques pour les 2 électrolyses (alcalines ou PEM)

3) a) Ecrire l'équation chimique globale qui a lieu lors de l'électrolyse (production de dihydrogène) :

3) b) Quelle est, en bonne approximation, la relation entre la tension aux bornes de l'électrolyseur U_e et l'intensité I qui le traverse, dans le cas de l'électrolyse PEM ? On assimilera la courbe à la droite représentée par les points (noirs ou rouges). On écrira l'équation de cette droite et on donnera un sens physique à l'ordonnée à l'origine E' et au coefficient directeur r' .