

Centrale électrique de l'Ouest Guyanais (CEOG) (10 points)

En Guyane, le fonds Meridiam et HDF Energy vont financer et construire la plus grande centrale électrique non polluante au monde

HDF Energy s'inscrit comme le premier producteur mondial d'électricité stable à partir d'énergies intermittentes, en associant un parc photovoltaïque de puissance 55 MW avec le plus gros stockage de ressource d'énergie renouvelable au monde à base d'hydrogène. Cette combinaison permet ainsi de produire, dans la durée, une électricité stable avec une énergie 100 % propre.

La centrale électrique de L'Ouest Guyanais (CEOG) sera raccordée au réseau EDF, elle produira quotidiennement, sur une durée de 20 ans, une puissance électrique fixe de 10 MW la journée jusqu'au soir, et de 3,0 MW la nuit. La production électrique étant stable et garantie, le service rendu par CEOG sera équivalent aux centrales fonctionnant au diesel ou au gaz, mais sans pollution, ni logistique d'approvisionnement en carburant ou combustible. Le prix de l'électricité de CEOG sera inférieur à l'actuel coût de production dans l'Ouest guyanais, et ce, sans subvention.

La mise en service de CEOG est prévue à l'automne 2020.

Sources : d'après communiqué de presse HDF Energy et <https://la1ere.francetvinfo.fr/guyane-fonds-meridiam-hdf-energy-vont-financer-construire-plus-grande-centrale-electrique-non-polluante-au-monde-626880.html>

Le projet consiste à associer une centrale photovoltaïque à une centrale à dihydrogène.

L'énergie électrique non consommée produite par la centrale photovoltaïque en journée, est utilisée pour réaliser l'électrolyse de l'eau pour produire du dihydrogène. Ce dihydrogène est alors stocké sur place pour pouvoir être utilisé la nuit dans une pile à combustible.

La première partie de l'exercice est consacrée à la production et au stockage du dihydrogène. La deuxième partie est consacrée au fonctionnement électrique d'un électrolyseur.

Partie 1. Production et stockage du dihydrogène

On cherche dans un premier temps à dimensionner les différents réservoirs à utiliser pour stocker le dihydrogène produit par la centrale à dihydrogène.

Données :

- masses molaires atomiques : $M_{\text{H}} = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$;
- volume molaire : le volume molaire du dihydrogène gazeux à température ambiante de 25 °C et à la pression de $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ est de $V_{\text{m}} = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

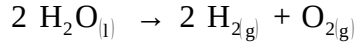
Les couples d'oxydo-réduction mis en jeu pour l'obtention de dihydrogène lors de l'électrolyse de l'eau sont les suivants :

- $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$

1.1. Définir un oxydant et un réducteur.

1.2.1. Écrire les demi-équations électroniques associées aux deux couples mis en jeu.

1.2.2. L'électrolyse de l'eau est modélisée par la réaction d'équation :



L'électrolyseur devra permettre de produire une masse de 50 kg de dihydrogène en journée.

Déterminer la valeur de la quantité de matière de dihydrogène à produire $n(\text{H}_2)$ en journée.

1.2.3. Calculer la masse d'eau $m(\text{H}_2\text{O})$ nécessaire pour produire les 50 kg de dihydrogène à stocker durant la journée.

1.2.4. Déterminer le volume minimum du réservoir d'eau $V(\text{H}_2\text{O})$.

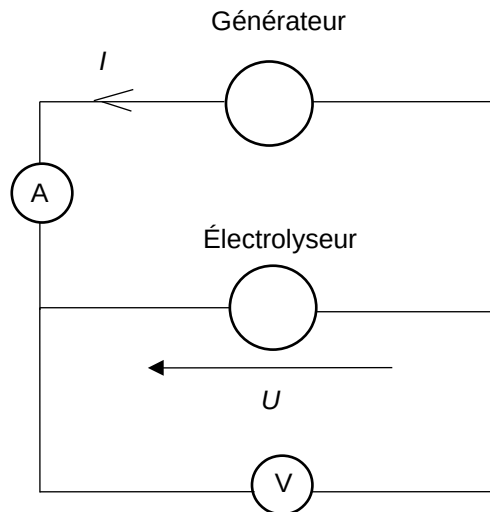
1.3.1. Le stockage du dihydrogène s'effectue quant à lui généralement avec des bouteilles ou assemblages de bouteilles cylindriques, en acier, portées à une pression P_{stock} de $5,0 \times 10^6$ Pa. En utilisant la loi de Mariotte, déterminer le volume nécessaire V_{stock} des bouteilles pour stocker le dihydrogène.

1.3.2. Commenter les résultats sachant que le parc photovoltaïque s'étend sur une surface de $700\,000 \text{ m}^2$.

Partie 2. Étude du fonctionnement électrique d'un électrolyseur

On cherche maintenant à caractériser le fonctionnement électrique d'un électrolyseur pouvant servir à produire du dihydrogène.

L'électrolyse de l'eau est réalisée au laboratoire à l'aide du montage électrique suivant :



En faisant varier la tension U aux bornes de l'électrolyseur, on mesure pour chaque valeur de la tension U , l'intensité du courant I dans le circuit de l'électrolyseur. On obtient le tableau de résultats suivant :

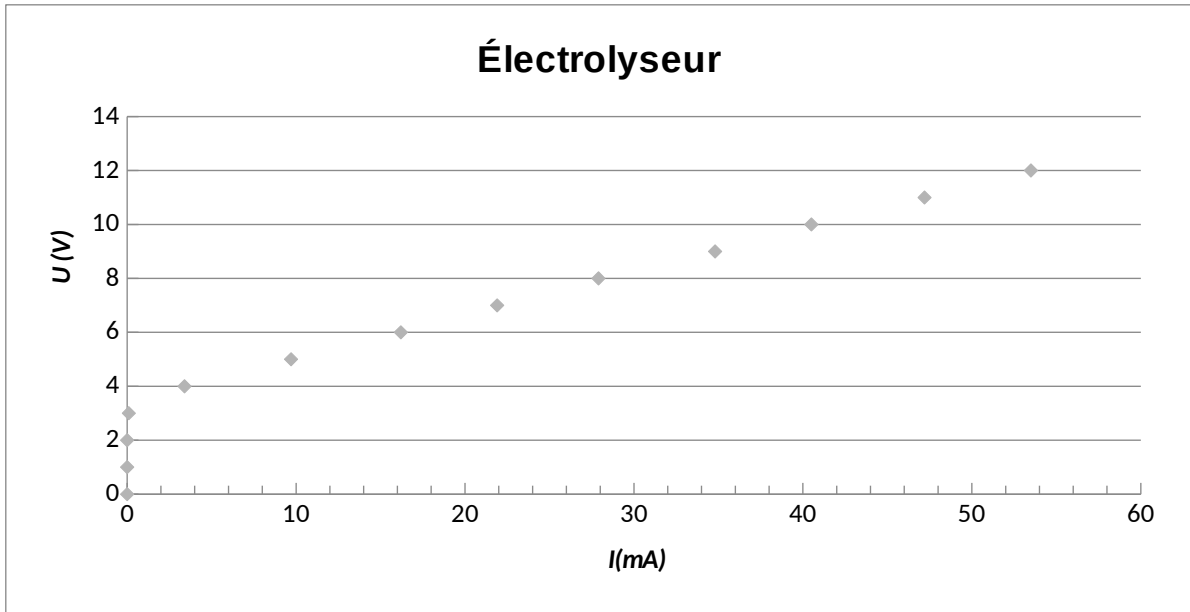
U (en V)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
I (en mA)	0,0	0,0	0,0	0,1	3,4	9,7	16,2	21,9	27,9	34,8	40,5	47,2	53,5

La caractéristique représentant l'évolution de la tension U aux bornes de l'électrolyseur en fonction de l'intensité du courant I , est représentée ci-après.

Une partie de la courbe obtenue est modélisable par l'équation $U = E' + r'.I$ où :

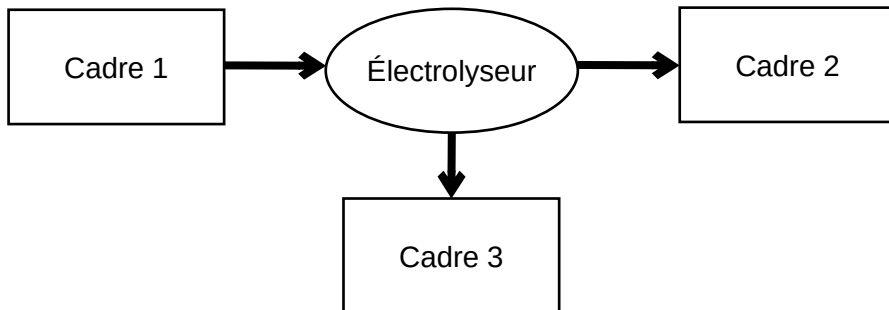
- E' est la force contre-électromotrice de l'électrolyseur exprimée en volt (V) ;
- r' est la résistance interne de l'électrolyseur exprimée en ohm (Ω).

Caractéristique U en fonction de I :



Équation de la droite déterminée à l'aide d'un logiciel de calcul : $U = 3,46 + 160 \times I$ où U exprimée en V et I en A.

2.1. Sans recopier la chaîne énergétique ci-dessous, donner la forme d'énergie à faire apparaître dans chaque cadre numéroté de 1 à 3. Pour cela, indiquer sur la copie le numéro du cadre et lui associer une expression choisie parmi les suivantes : énergie chimique ; énergie électrique ; énergie lumineuse ; énergie mécanique ; énergie thermique.



2.2. Déterminer, en utilisant la modélisation effectuée par le logiciel de calcul, les valeurs des grandeurs physiques E' et r' pour cet électrolyseur.

2.3.1. Donner l'expression littérale de l'énergie totale reçue $E_{reçue}$ par l'électrolyseur s'il fonctionne pendant une durée Δt en fonction de U , I et Δt .

2.3.2. Donner l'expression littérale de l'énergie totale dissipée $E_{dissipée}$ par l'électrolyseur sous forme d'effet Joule s'il fonctionne pendant une durée Δt .

2.3.3. En déduire que l'expression littérale du rendement de l'électrolyseur est $\eta = \frac{E'}{U}$.

2.3.4. Calculer le rendement de cet électrolyseur pour un courant d'intensité $I = 50$ mA.

2.4. En s'appuyant sur les données de l'énoncé et les réponses aux questions précédentes, expliquer en quoi le projet semble être une bonne alternative aux énergies fossiles.