

CHALUTIER ÉLECTRIQUE A HYDROGÈNE

Objet

Démontrer qu'il est possible de développer une mobilité non polluante en utilisant de l'hydrogène pour alimenter en électricité produite par une pile à combustible, le moteur d'une maquette de chalutier évoluant sur un bassin.

Principe

L'application concerne ici une maquette télécommandée de chalutier évoluant sur un bassin.



- La maquette est propulsée par un moteur électrique. L'électricité est produite par une pile à combustible embarquée. Dans celle-ci, l'hydrogène réagit avec l'oxygène de l'air au contact du catalyseur pour produire du courant électrique. La réaction dégage de la vapeur d'eau qui est le seul rejet.

- L'hydrogène existant peu à l'état naturel sous forme gazeuse, il doit être produit de manière propre et durable, donc sans émission carbonée, par exemple par électrolyse de l'eau (voir fiche 6) avec une énergie électrique provenant d'une source renouvelable : le soleil, le vent, l'hydraulique, etc..

- L'hydrogène est un vecteur d'énergie qui permet indirectement de stocker aisément de grandes quantités d'énergie électrique. La pile à combustible restitue l'énergie électrique ainsi stockée*.

* Le lecteur intéressé peut se référer à la fiche 2 traitant du stockage hydraulique de l'énergie électrique (STEP : Stockage d'énergie par pompage turbinage)

Description sommaire

Le dispositif comprend :

- La maquette d'un chalutier à l'échelle 1/22 (longueur 54 cm, largeur 18 cm, hauteur 25 cm) dans laquelle sont embarqués :
 1. Une pile à combustible d'une puissance pouvant aller jusqu'à 25 watts).
 2. Un réservoir contenant 30 litres d'hydrogène (à pression atmosphérique) stockés sous forme d'hydrures à une pression de 10 bars.
 3. Un moteur électrique
 4. Le récepteur de la télécommande.
- Une télécommande permettant de manoeuvrer la maquette.
- Un bassin d'évolution rectangulaire (longueur 2,15 m, largeur 1,20 m, hauteur d'eau requise 0,12 m correspondant à une quantité de 310 l)

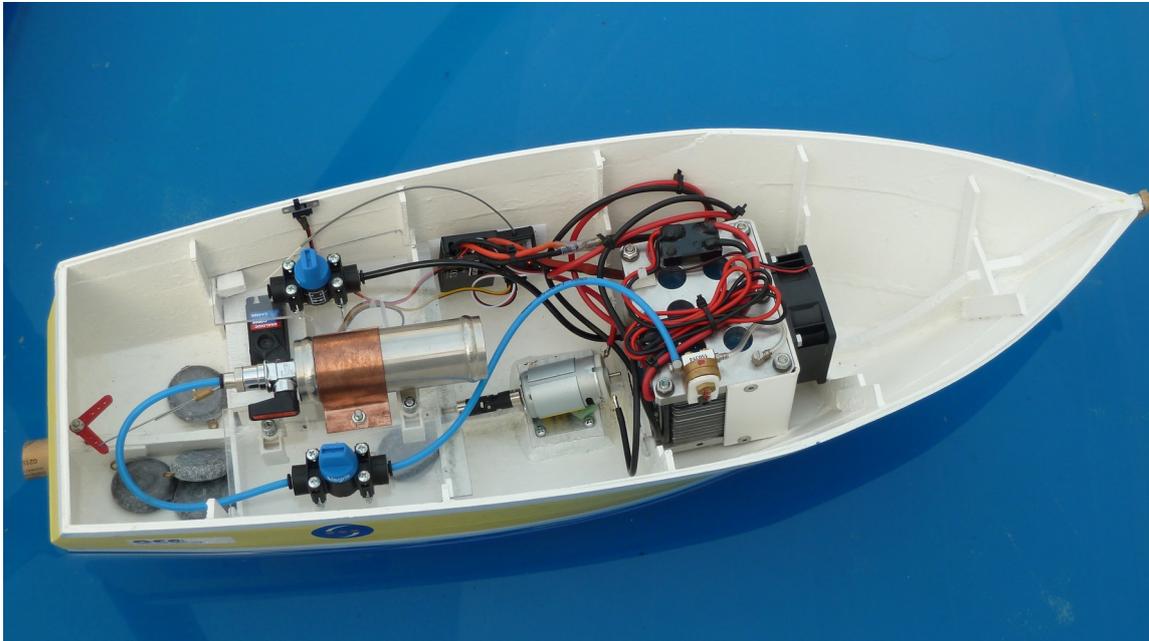
Conditions d'utilisation

Le bassin (2,15 x 1,20 m) pèse à vide environ 30 kg, le volume d'eau nécessaire pour faire naviguer la maquette est de 310 litres (hauteur d'eau de 12 cm) ; il repose sur 6 larges plots de 30 cm de haut qui sont fournis. Il est nécessaire de disposer à proximité du lieu de démonstration d'une alimentation d'eau et d'une vidange facile.

ANNEXE

Description générale de la maquette

Maquette



La maquette représente un chalutier de pêche artisanale comme ceux couramment utilisés aux Sables avec sa cabine et son enrouleur de filets, mais sans cheminée en l'absence de moteur thermique.

Ses superstructures sont amovibles et le pont en plexiglas permet de voir la chaîne de tous les composants de la poupe à la proue :

- la commande du gouvernail,
- le réservoir cylindrique d'hydrogène,
- la vanne d'ouverture du circuit d'hydrogène et celle de purge,
- le moteur électrique,
- la pile à combustible équipée d'un ventilateur assurant l'admission d'air contenant l'oxygène, le refroidissement et l'évacuation de la vapeur d'eau.

A bâbord, contre la coque, sont disposés le récepteur de la double télécommande, son antenne et son interrupteur .

A l'extérieur du bateau, le boîtier de la télécommande permet d'actionner à distance l'hélice et le gouvernail par :

- régulation de la vitesse de rotation du moteur par la variation de puissance de la pile à combustible, laquelle commande l'admission d'hydrogène,
- inversion du sens de rotation du moteur pour effectuer la marche avant ou la marche arrière,
- orientation du gouvernail.

Une batterie tampon n'a pas été nécessaire pour cette maquette, la pile à combustible réagissant instantanément aux sollicitations de la télécommande.

Description détaillée de la pile et du réservoir

La **pile à combustible** fut inventée en 1839 avant le moteur à essence. Sa technologie prend actuellement son envol dans le cadre de la transition énergétique.

Elle est constituée d'un empilement (d'où son nom) de 14 cellules d'une épaisseur unitaire de 6mm délivrant une tension de 0,6 à 1 Volt. Elle a pour dimensions hors tout:

- profondeur = 103 mm, largeur = 100 mm, hauteur = 93 mm
- poids = 1,4 kg.

En complément de l'empilement de 14 cellules, elle comporte :

- un régulateur de pression,
- un convertisseur de courant continu de 12 volts, adapté à la plage de tension de 8,4 à 14 volts de la pile (il n'est pas utilisé dans notre cas, le moteur étant branché directement à la pile).

Sa puissance varie de 0 à 56 watts selon le débit d'hydrogène. La réponse à la télécommande est rapide et souple.

Le **réservoir** (diamètre 30 mm, longueur 135 mm, poids 470 g) contient un mélange de poudres métalliques ayant la capacité de former des hydrures avec l'hydrogène (résultats de l'agrégation de l'hydrogène par le métal). L'hydrogène piégé chimiquement sous forme de poudre n'est pas stocké sous haute pression mais à seulement 10 bars sous forme de poudre, ce qui élimine les risques liés au stockage. Le réservoir permet de délivrer 30 litres à pression atmosphérique ; l'autonomie de la maquette est de l'ordre de 5 heures.

Fonctionnement de la pile à combustible

Une pile à combustible ne stocke pas l'électricité comme une batterie. Son nom provient de l'empilement de cellules élémentaires. Elle ne s'épuise jamais tant que sa réaction chimique est entretenue par injection d'hydrogène et d'oxygène. Elle fut inventée en 1839 avant le moteur à essence. Sa technologie prend actuellement son essor dans le cadre de la transition énergétique.

Elle fonctionne sur le principe suivant :

- A l'anode, l'atome d'hydrogène est décomposé en un ion H⁺ (proton) et un électron sous l'effet d'un catalyseur en mousse de platine qui revêt

une membrane. Celle-ci, appelée PEM (Proton Exchange Membranous), autorise le passage des ions et interdit celui des électrons, lesquels sont collectés sur une grille conductrice, créant un courant électrique.

- A la cathode, électrons, ions H⁺ et oxygène de l'air se combinent pour former de l'eau, seul rejet de la pile.

