

CONVERSION ET STOCKAGE DE L'ÉNERGIE DU VENT EN HAUTE MER

Réalisée par BEN ABDELOUAHAB Nouhaila

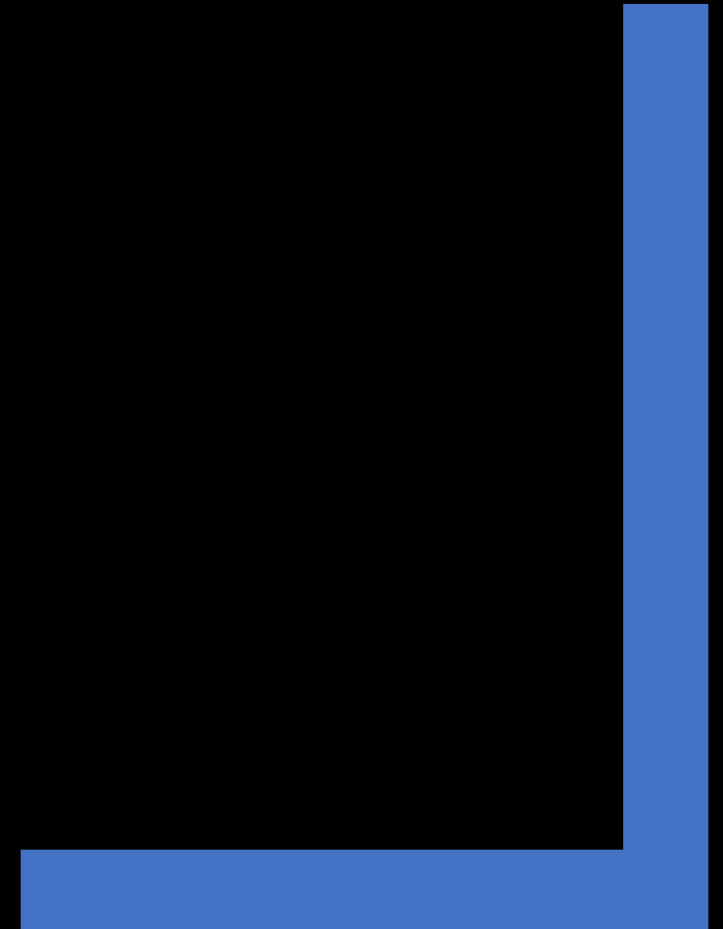
Laboratoire IREENA et LTEN

26/03/2023

Sous l'encadrement de: Salvy Bourguet, Bruno Auvity, Jean-Christophe Olivier

Sommaire

- 1 ——— Présentation
- 2 ——— Contexte
- 3 ——— Application
- 4 ——— Discussion

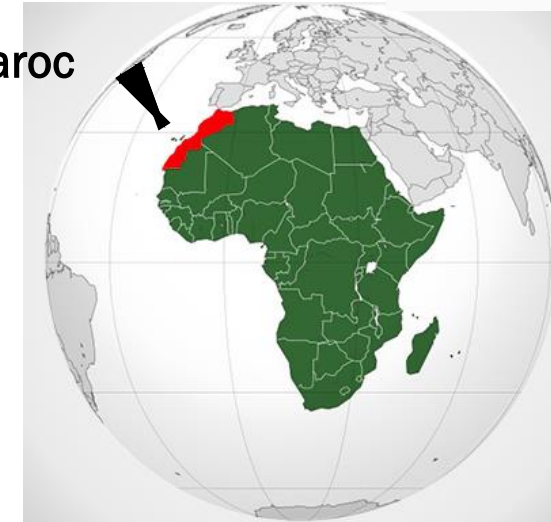


Présentation

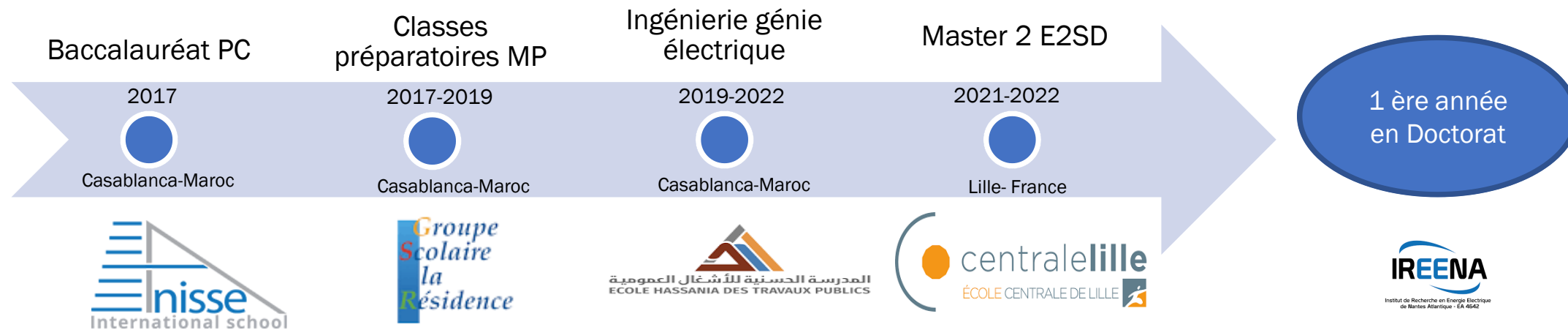
Identité

Nom: BEN ABDELOUAHAB
Prénom: Nouhaila
Age: 23 ans
Origine: Marocaine

Maroc



Parcours Scolaire



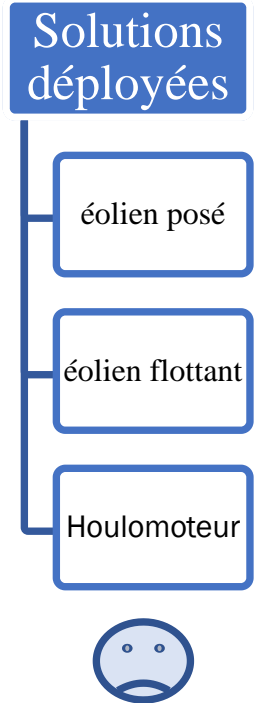
Contexte

Contexte

- ❖ Les énergies renouvelables.
- ❖ Ces solutions sont toutes raccordées à un réseau électrique de collecte et de transport.



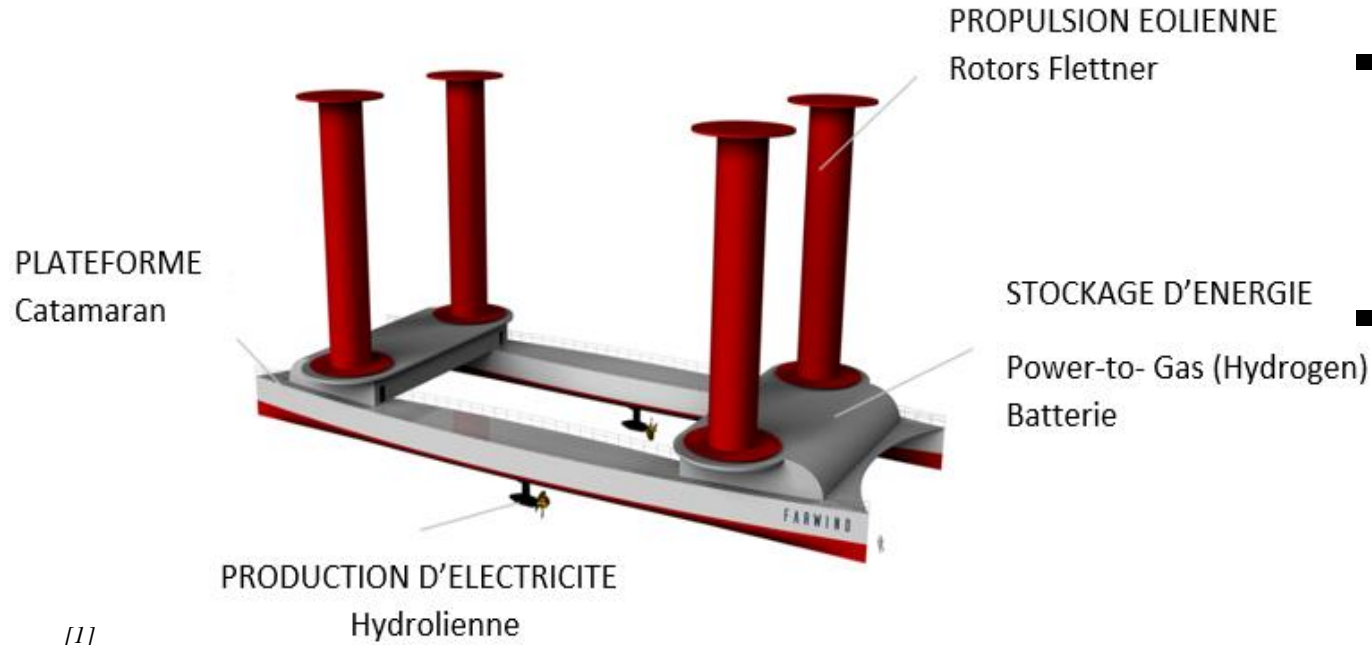
Nombreuses contraintes sur l'emplacement du site de production et sur la technologie utilisée.



La société **Farwind** propose une alternative déconnectée du réseau et offrant de nombreux degrés de liberté.

Farwinder

FARWIND 



- Des navires propulsés par le vent qui entraînent deux hydroliennes sous sa coque de manière à produire de l'énergie en se déplaçant.
- *Farwinder* peut se déplacer de manière opportune et “récolter” l'énergie en haute mer.

[1]

Outil:

Navire de 85 mètres de long , 30 mètres de largeur propulsé par quatre rotors.

Objectif:

10 gigawattheures (GWh)
d'électricité par an
↳ 800 kg d'hydrogène par jour.

Hypothèse:

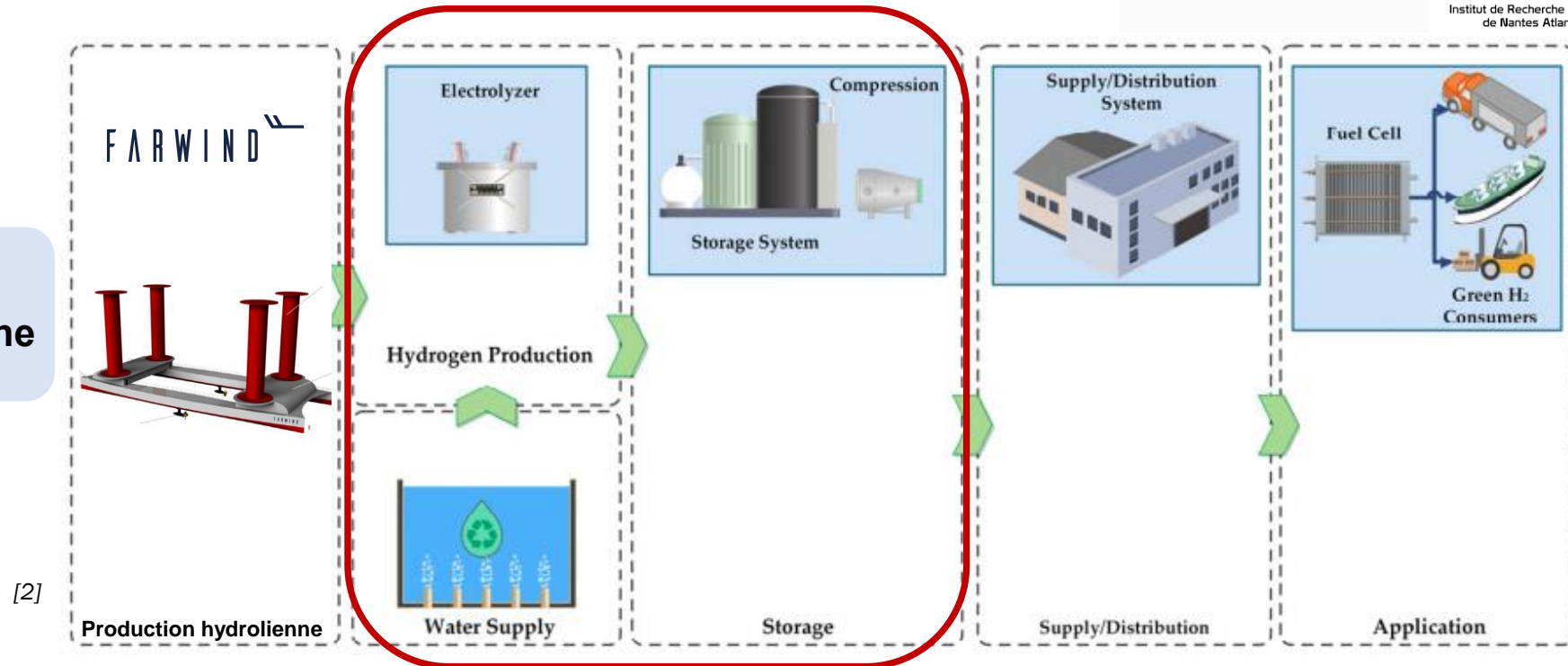
L'hydrogène pourra être stocké à la semaine

Une capacité de stockage de 5 tonnes sur des cycles de rotation du bateau de 7 jours.

[1]

Problématiques traitées

Farwinder ➔ Outil de production de l'hydrogène



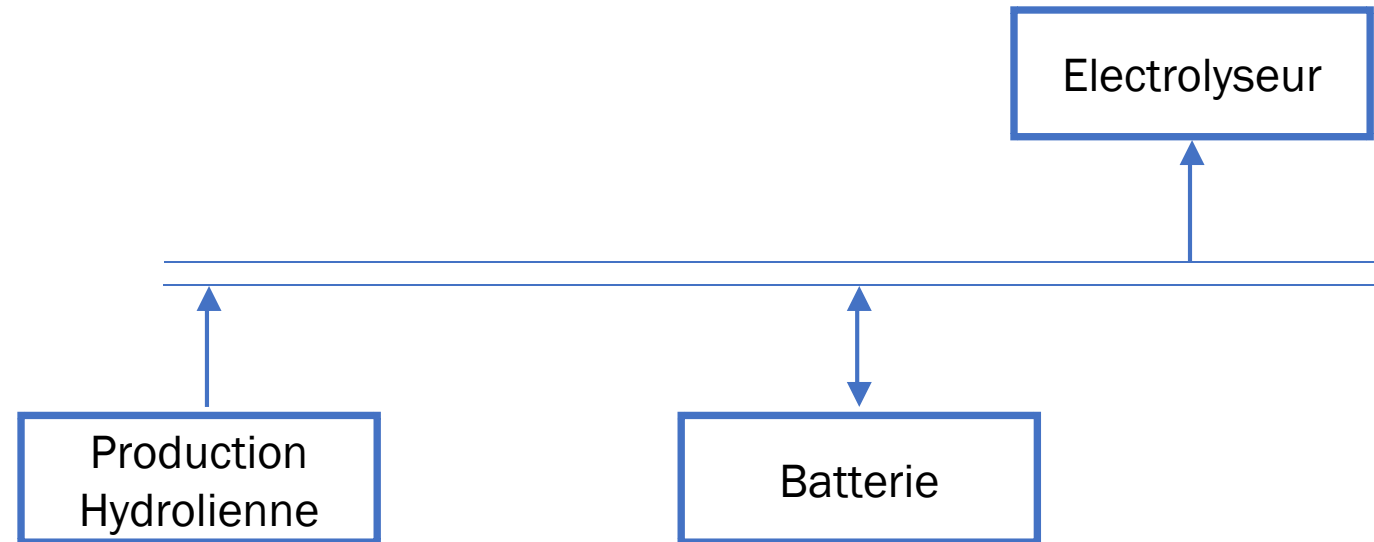
- Définir les architectures du système de conversion d'énergie à bord des navires.
- Définir les modèles énergétiques et économiques.
- Etudier les grandeurs impactant le dimensionnement.
- Elaborer les stratégies de gestion de l'énergie (gestion locale + Routage).
- Etablir un outil d'optimisation pour aider à la conception de la chaîne de production d'hydrogène.

Application

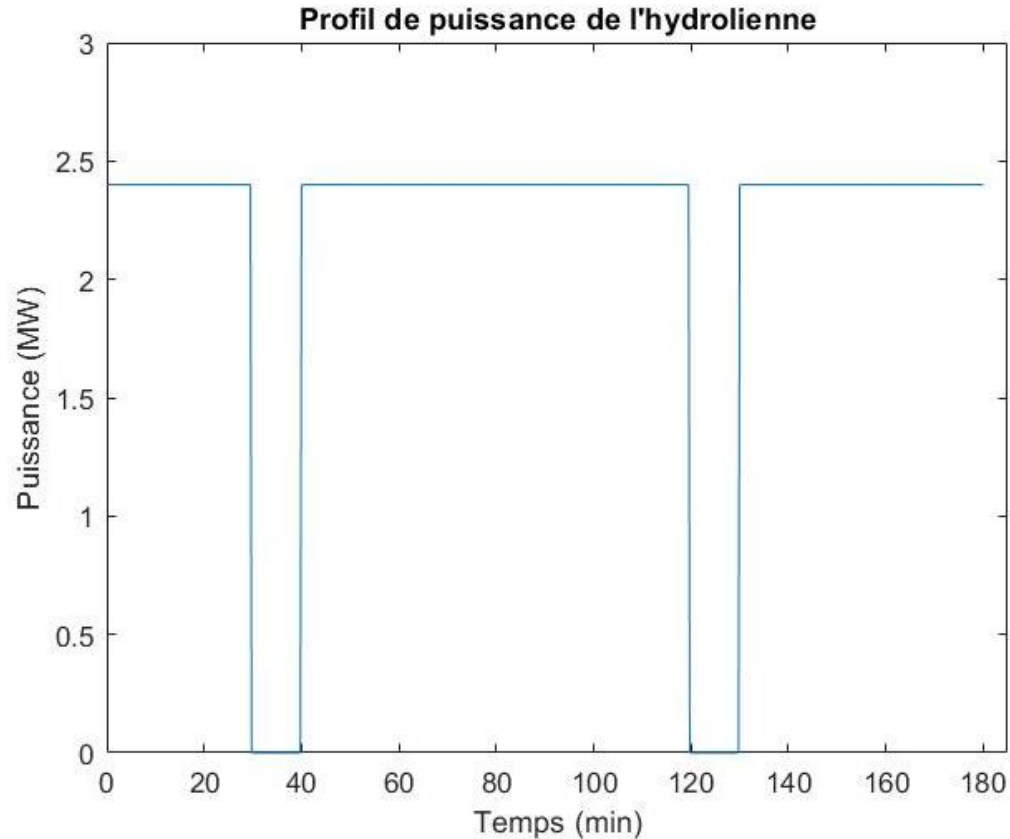
Objectif

- Présentation des premières briques d'une solution de production mobile en mer d'hydrogène.
- Proposition d'un premier outil d'analyse portant sur la chaine de conversion d'énergie intégrant un électrolyseur et son stockage tampon.

➤ **Systeme étudié:**

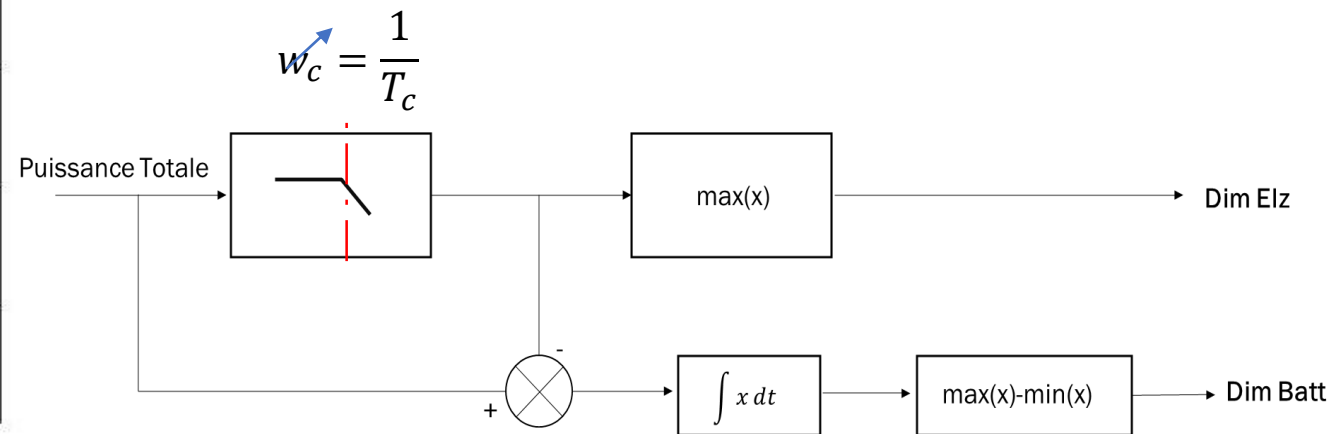


Principe de l'application

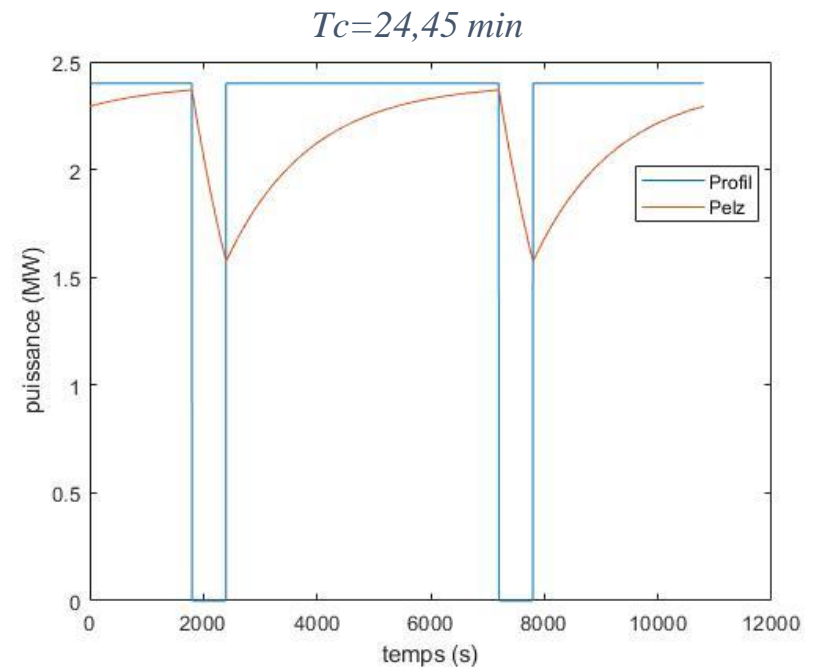
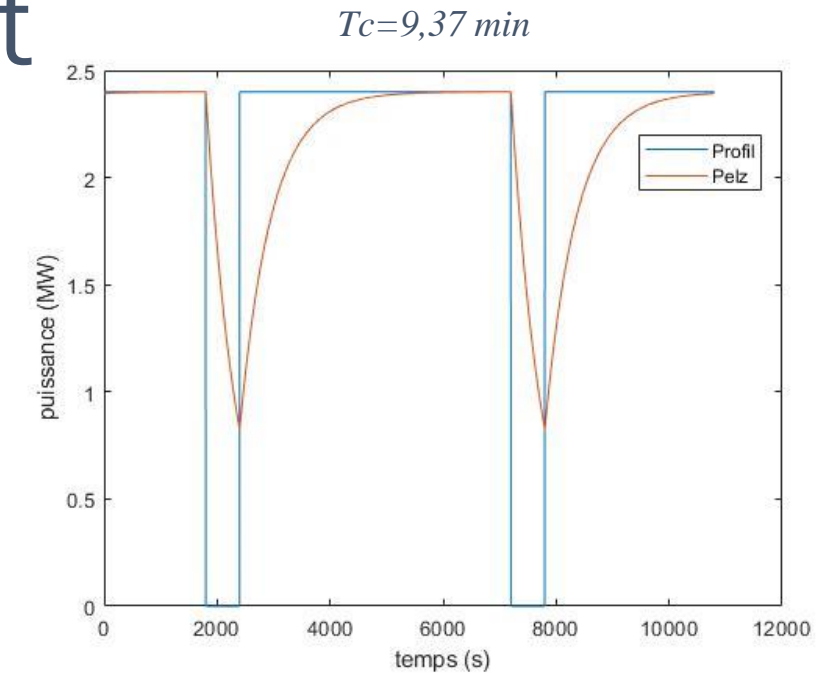
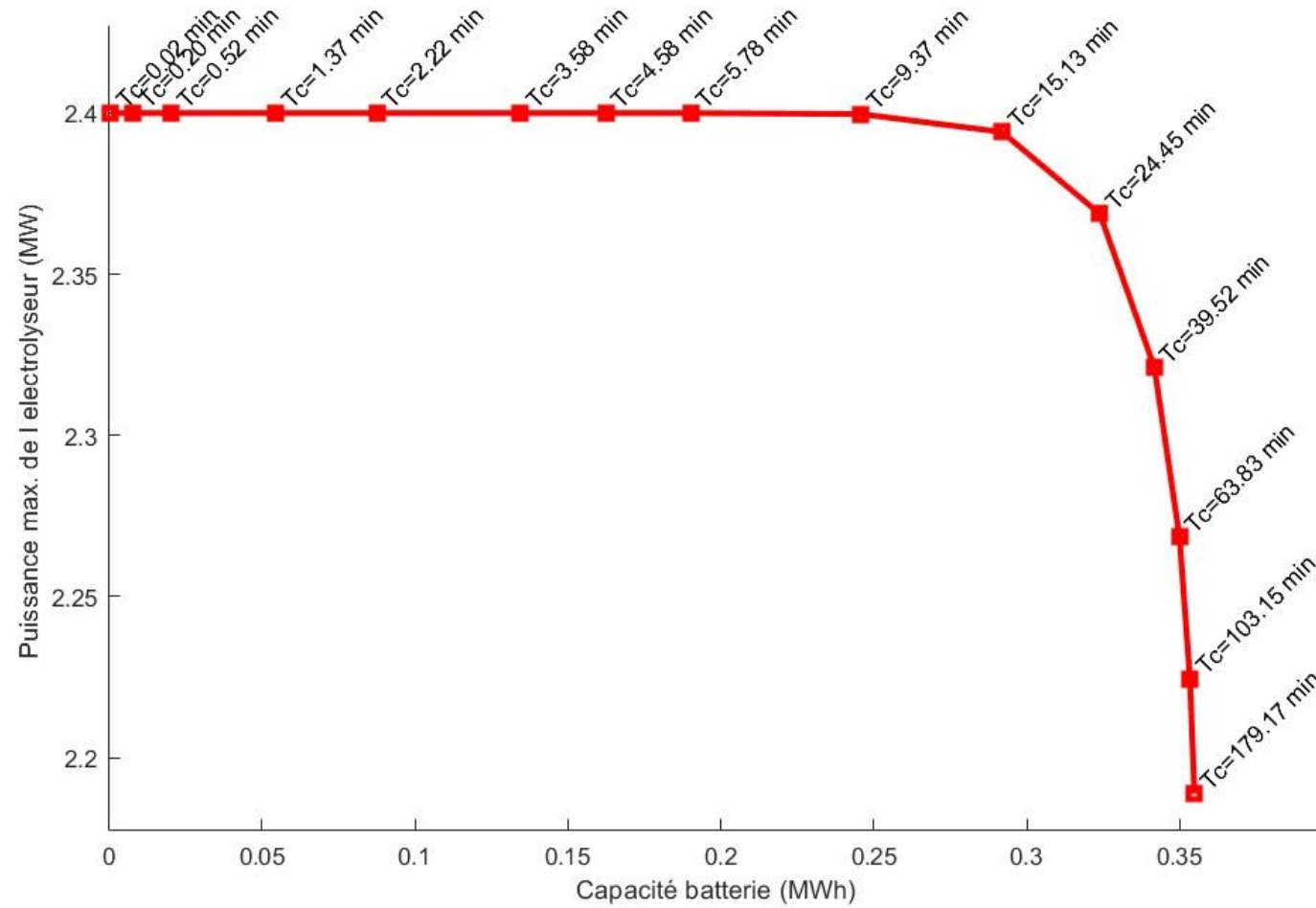


- Profil idéalisé
- Durée de cycle : 3 h
- 2 virements de bord de 10 min
- $P_{max}=2,4$ MW

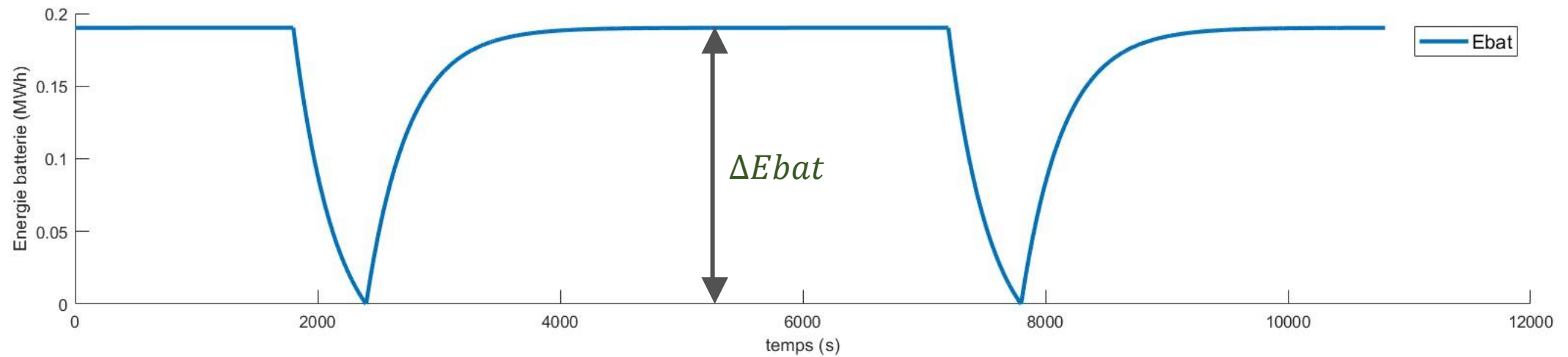
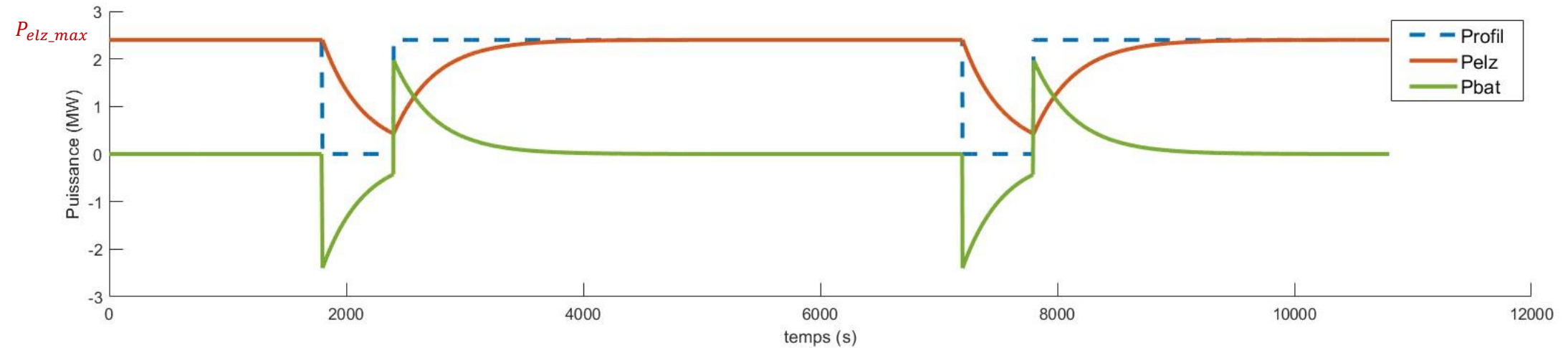
- Stratégie de gestion d'énergie par séparation fréquentielle



Résultats du dimensionnement



Résultats: Dimensionnement

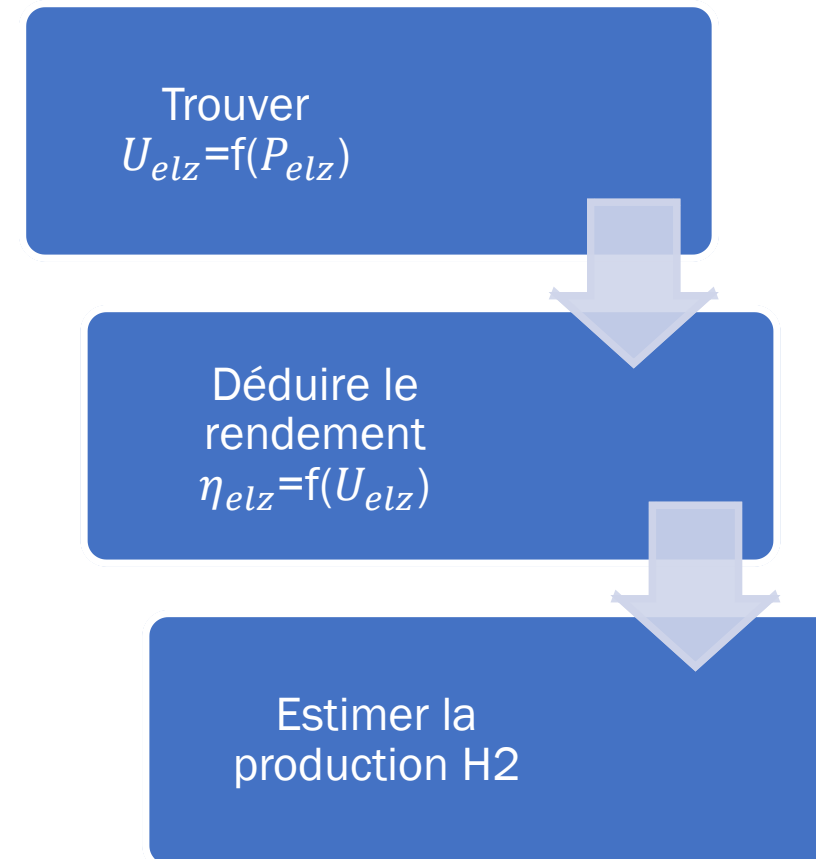


- Taille électrolyseur : P_{elz_max}
- Dimensionnement de Batterie: ΔE_{bat}

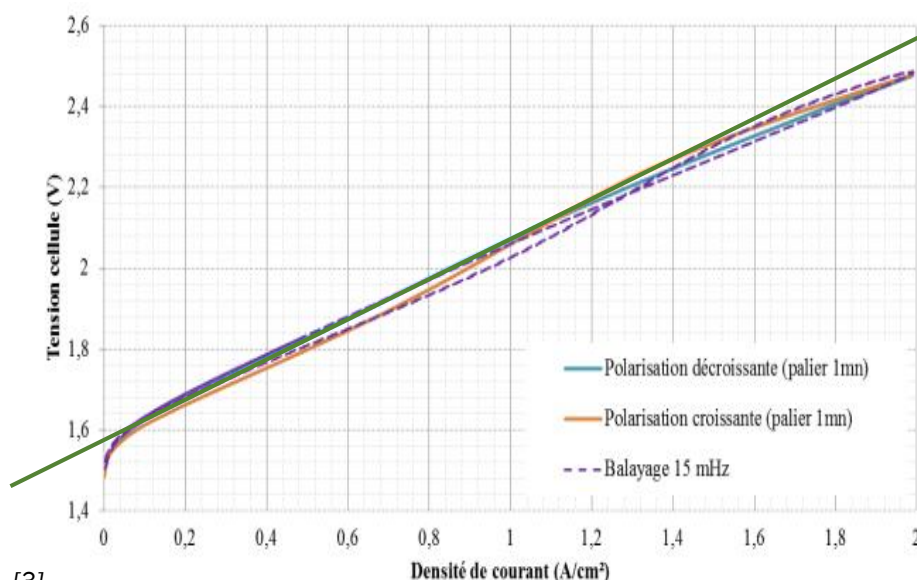
Démarches:



Démarches de l'étude:



$$U_{cell} = 0.6 \times J + 1.5$$



$$P_{elz_max} = 2,4 \text{ MW}$$

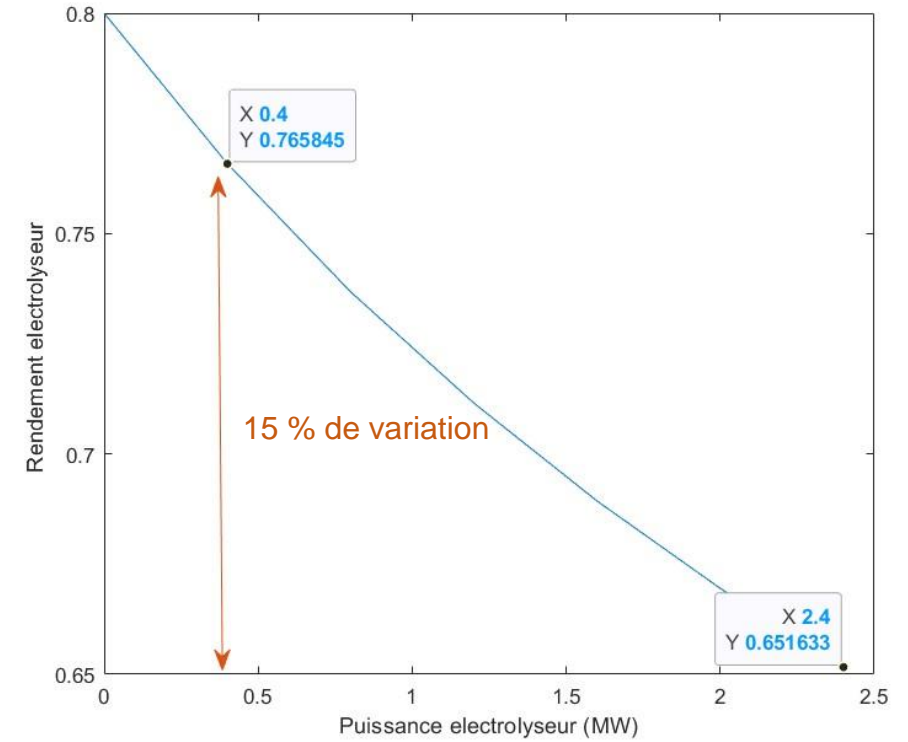
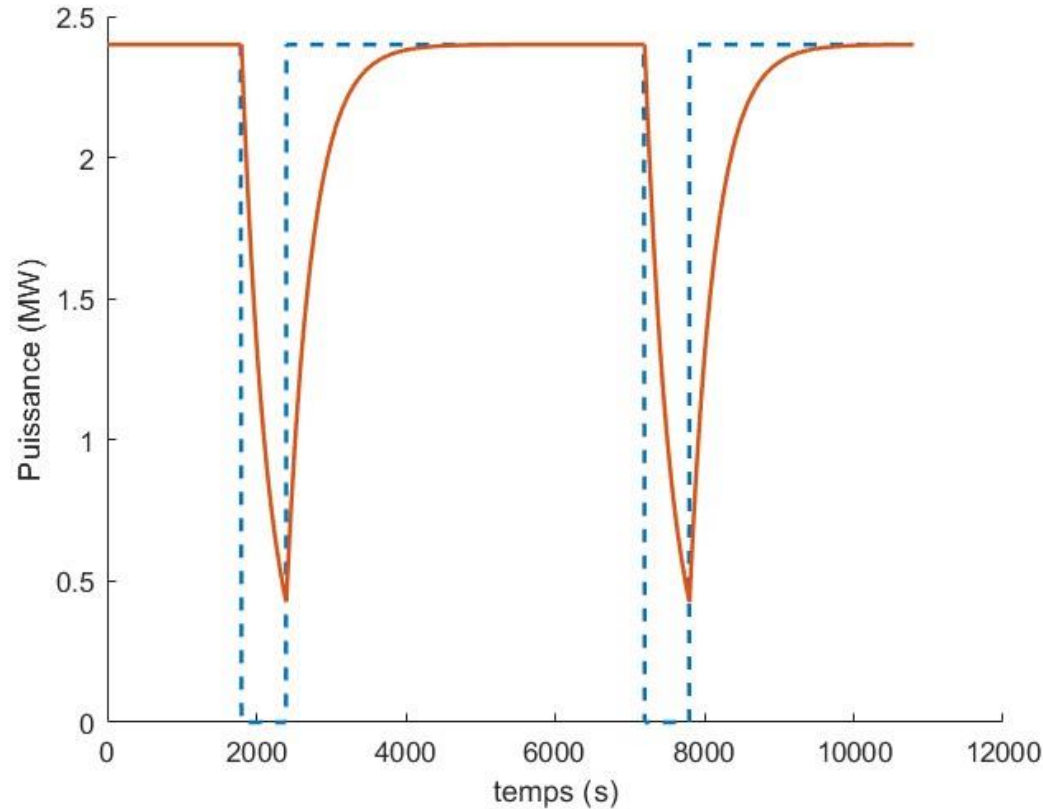
$$J = 1 \text{ A/cm}^2 ; U_{cell} = 2,1 \text{ V}$$

$$N = 477 \text{ cellules.}$$

$$S_a = 2400 \text{ cm}^2$$

Courbe de polarisation normalisée typique "PEM"

Démarches:



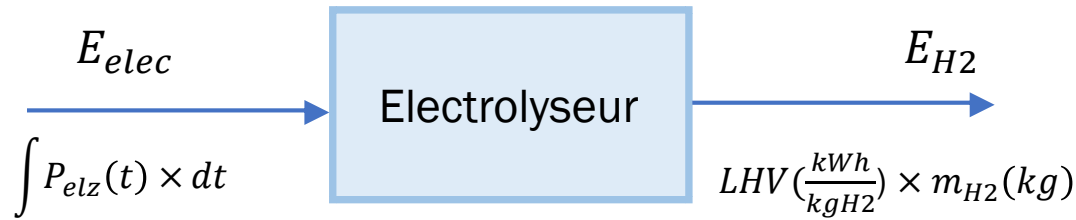
$$U_{elz}(P_{elz}) = \left(0.3 \times \frac{a_2 - \sqrt{a_2^2 + 4 \times P_{elz} \times a_1}}{-2 \times a_1} \times \frac{1}{S_a} + 1.5 \right) \times N$$

Avec $a_1 = N \times \frac{0.6}{S_a}$ et $a_2 = N \times 1.5$



$$\eta_{elz} = \frac{N \times 1.23}{U_{elz}}$$

Démarches: Déterminer l'hydrogène produit



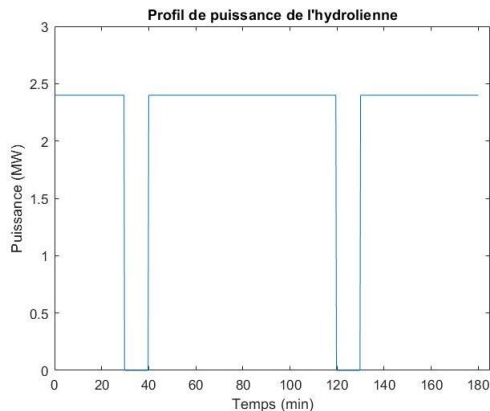
E_{H2} : Energie contenue dans l'hydrogène produit

E_{elec} : Energie électrique consommée par l'électrolyseur

$$\eta_{elz} = \frac{E_{H2}}{E_{elec}}$$

$$m_{H2}(kg) = \frac{1}{LHV(\frac{kWh}{kgH2})} \times \int P_{elz}(t) \times \eta_{elz}(t) dt$$

Production pour un cycle



$$m_{H2}(kg)^{1an} = m_{H2}(kg)^{1cycle} \times N_{cycle/an}$$

Etude économique:

$$LCOH \left(\frac{e}{kgH_2} \right) = \frac{1}{m_{H_2}(kg)^{1an}} \times \left(\frac{Capex_{elz}}{L_{elz}} + Opex_{elz} + \frac{Capex_{bat}}{L_{bat}} + Opex_{bat} \right)$$

Avec:

L_i durée de vie du système i

$Capex_i$ Cout d'investissement du système i

$Opex_i$ Dépenses d'exploitation



Hypothèses pour l'application numérique:

$$Capex_{elz} = 1700 \text{ e/kW}$$

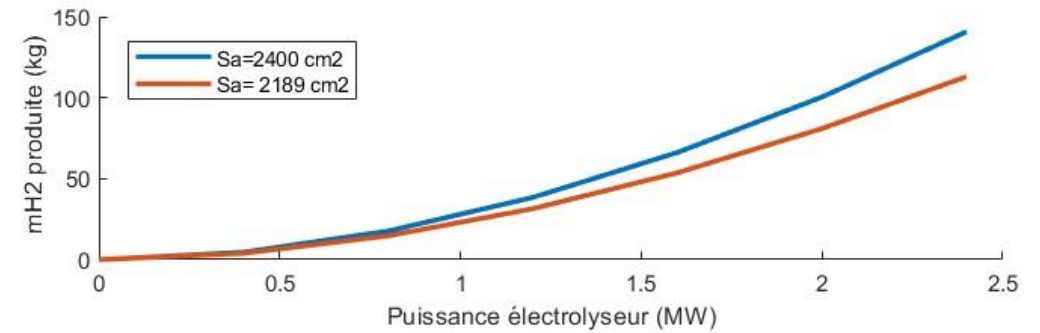
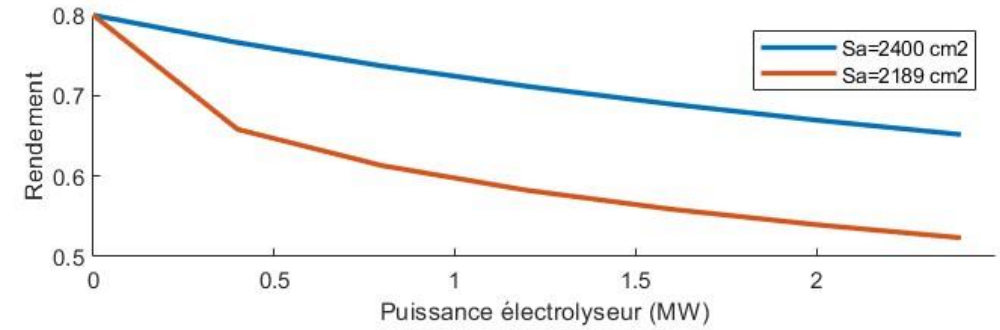
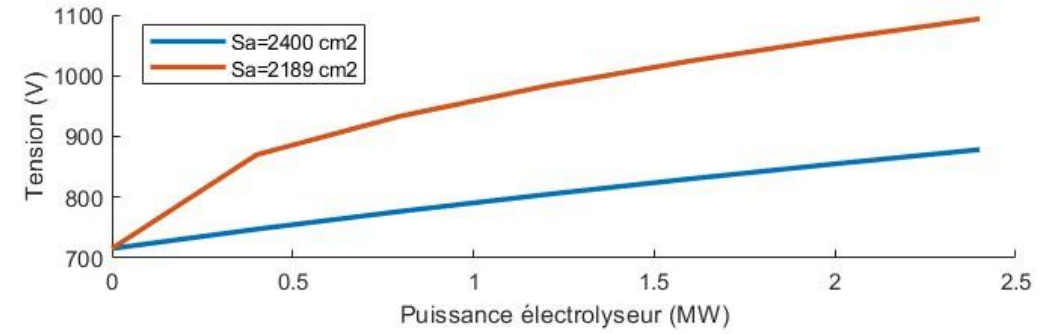
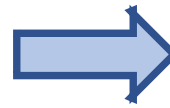
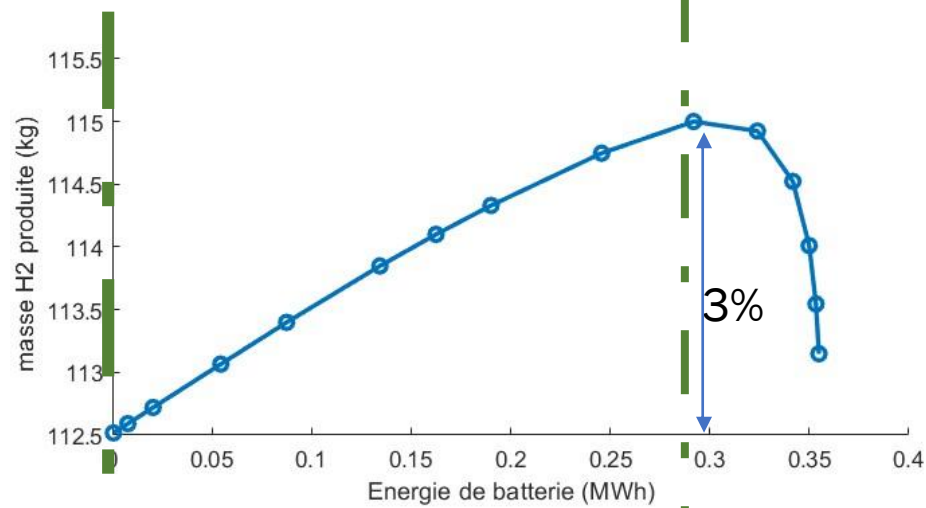
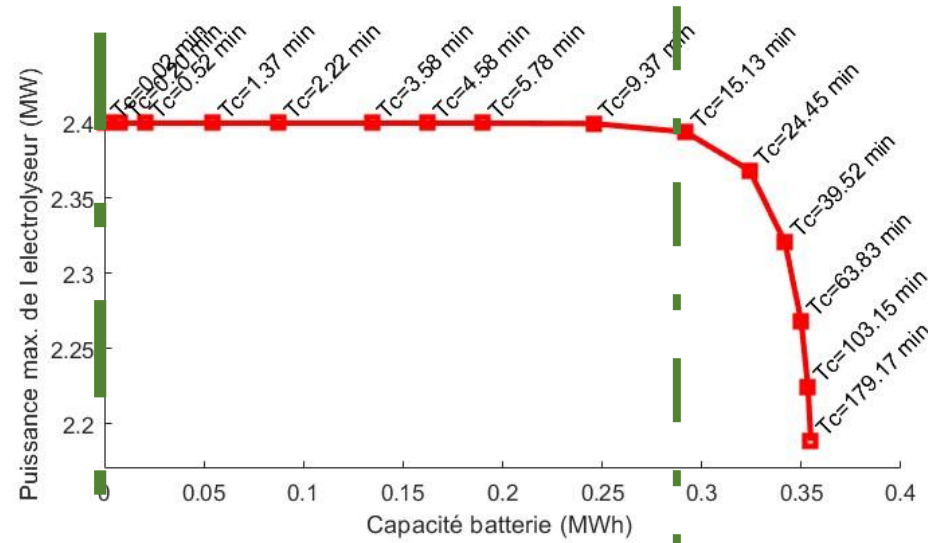
$$Opex_{elz} = 5\% \text{ du } Capex_{elz}$$

$$Capex_{bat} = 300 \text{ e/kWh}$$

$$Opex_{bat} = 2\% \text{ } Capex_{bat}$$

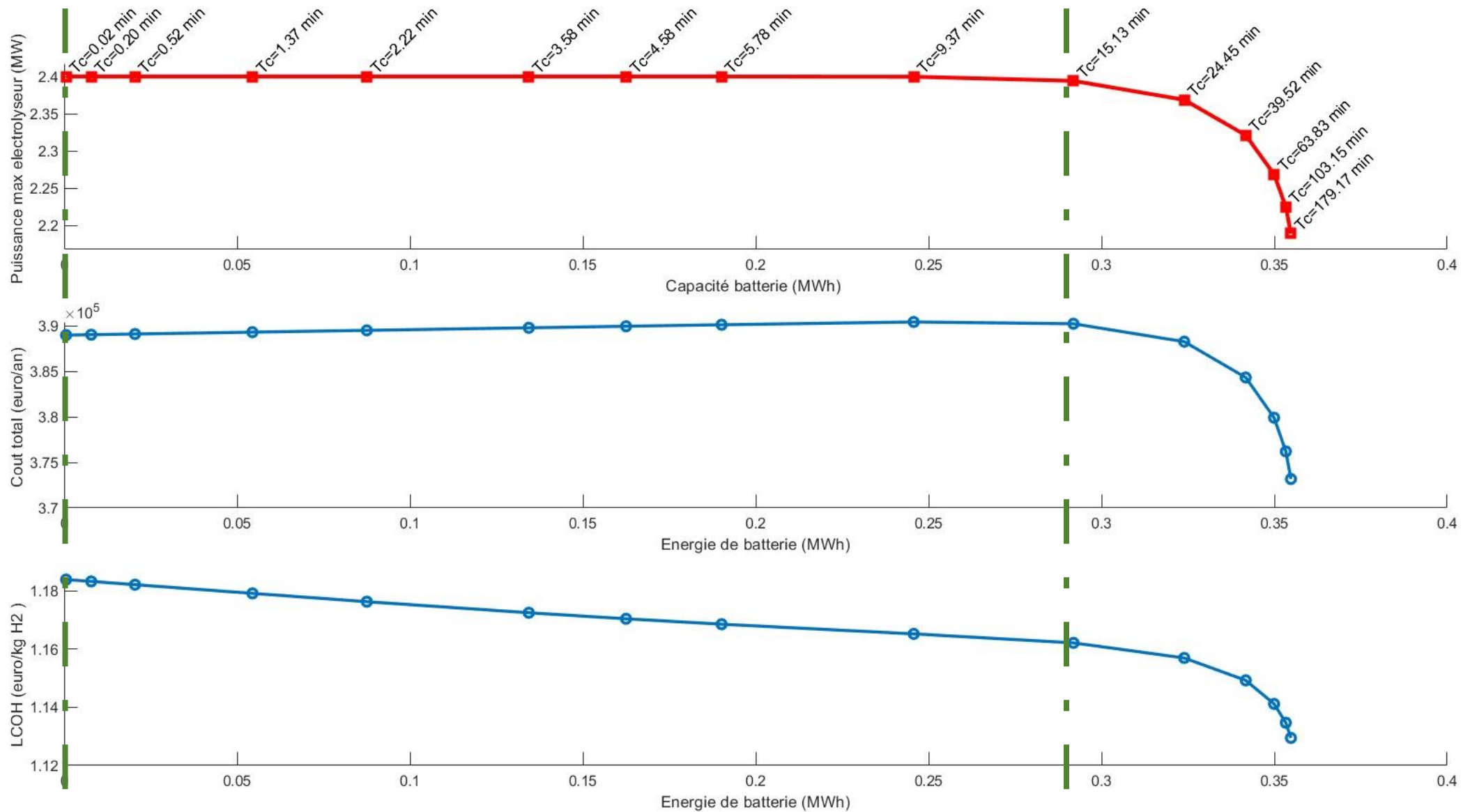
$LCOH$ → Minimiser les Coûts
et/ou
Maximiser la production

Résultats: Avec Changement de Topologie Elz

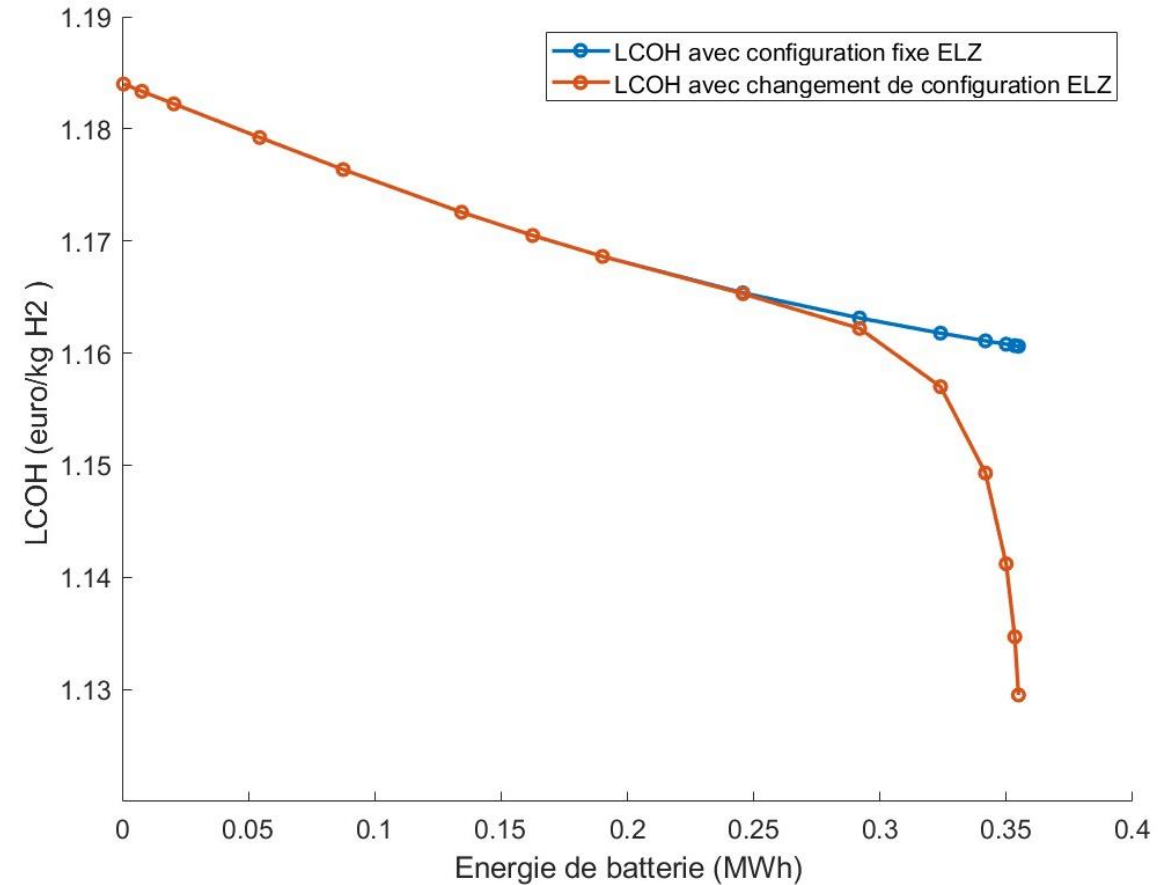
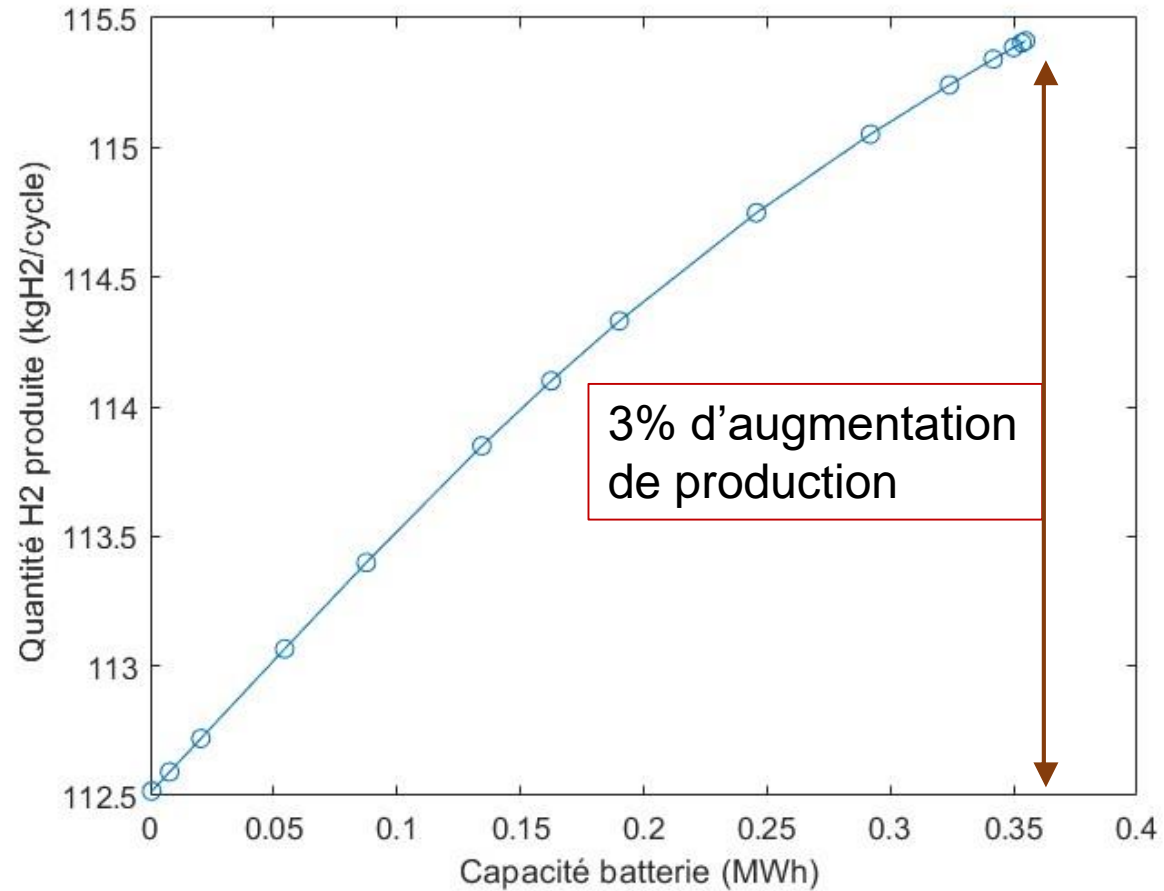


P_{elz_max} diminue \rightarrow S_a (cm^2) diminue \rightarrow η_{elz} diminue \rightarrow m_{H_2} (kg) diminue

Résultats: Avec Changement de Topologie Elz



Résultats: Configuration fixe elz



Hypothèse:

Topologie de l'électrolyseur est considérée fixe

$N=477$ cellules.

$S_a = 2400 \text{ cm}^2$

Conclusions :

- Application originale de valorisation des énergies Marines (Amélioration du facteur de puissance).
- Utilisation du vecteur Hydrogène (Forte densité énergétique, autonomie).
- Premières briques d'une solution de production mobile en mer d'hydrogène.
- Influence significative du dimensionnement de l'hybridation sur le LCOH.

Perspectives et points de vigilance :

- Difficultés pour estimer le coût d'électricité (influence sur le LCOH ?).
- Besoin d'intégrer le BoP pour identifier les solutions optimales.
- Et l'eau ??
- Mise en place d'une optimisation globale intégrant gestion locale, dimensionnement, vieillissement et routage.

merci!



nouhaila.ben-abdelouahab@etu.univ-nantes.fr