

**Date :** 03-02-2020

**Nom & fonction :** Robin Molinier, Decision Scientist (Renewable Energies Scope)

**Direction :** R&D, Computational and Data Science

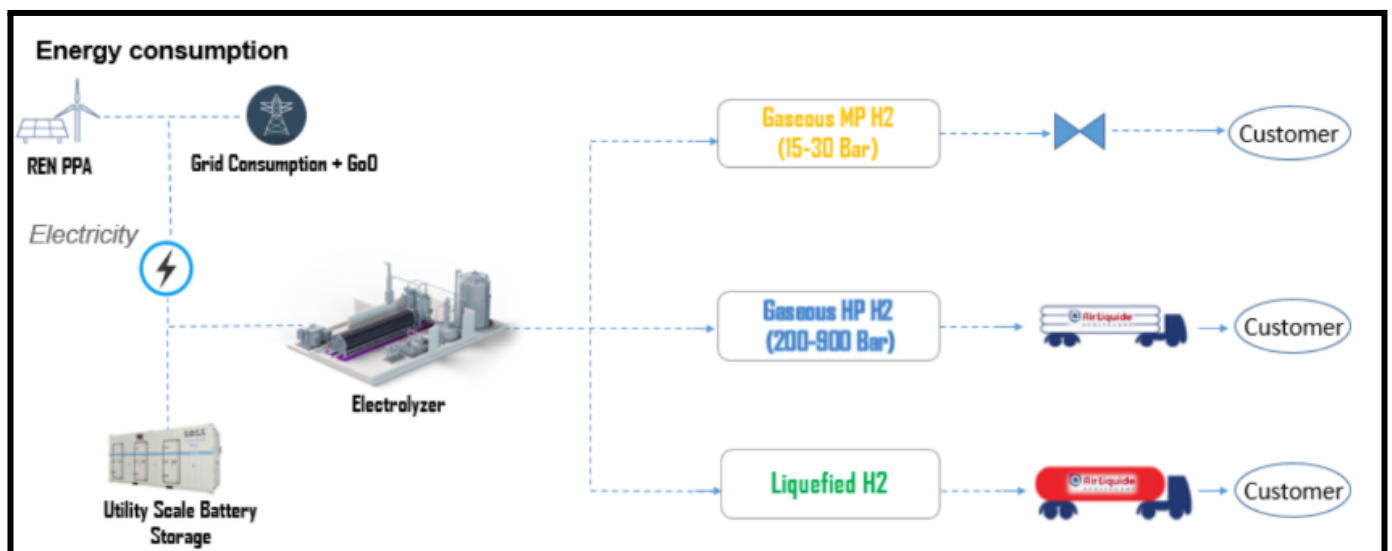
This document is **PUBLIC**

## Cours-Projet: Modélisation des systèmes énergétiques

ENSTA Ingénieurs énergie 3ème Année.

### Session 3 - Modélisation et optimisation d'un électrolyseur

Soit le système suivant:



#### Business case à modéliser:

- Le client doit être satisfait à chaque heure !
- Horizon = 1 journée (24 heures).
- Critère à prendre en compte: Le moindre coût !
- Décisions à prendre:
  - Design: Capacité de l'électrolyseur, de la Batterie, du stockage gazeux.
  - Pilotage des flux: H2 à produire, à stocker et délivrer, énergie à acheter à stocker et utiliser.

- **Puzzle:**  
Introduire une variable binaire d'état "On/Off" pour l'électrolyseur : **Que se passe t'il ?**  
- **Tentez de résoudre ce problème ! (indice: introduisez une variable intermédiaire)**
- **Rendu (par binôme):**  
mini-rapport (8p max) avec:
  - Votre modèle (in/équations) et les sorties (valeur de l'Objectif et des variables)
  - Votre réponse à la question *Puzzle*.
  - 2 suggestions d'analyse de sensibilité en précisant votre démarche d'exploration.

**Paramètres:****Demande en H2 du client:**

Demande = 1000 (kg/h)

**Energie:**

Profil de generation du PPA de 100 MW:

h0: 50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
h12: 50	50	50	50	50	50	40	30	20	10	0	50	50

Prix de marché: Prix du MWh en France le 04-02-2020 (source: Epex-Spot)

h 0: 20.79	17.41	16.24	11.9	9.77	15.88	24.88	29.7	35.01	33.95	29.9	29.03
h 12: 27.07	26.43	27.53	29.05	31.42	39.92	41.3	41.51	39.75	30.13	30.36	32.4

★ Prix négocié du PPA = 20 (euros /MWh)

**Electrolyseur:**

Lissage dépense = 0.0004 (durée de vie: 60.000 hours)

Capex = 1.200.000 \* 0.0004 (euros/MW)

efficacité Electrolyseur= 0.050 (Mwh /kg H2)

Capacité maximale = 1000 (MW)

**Batterie:**

Lissage dépense = 0.0002 (durée de vie: 13 ans)

Capex = 0 (cas.1) puis 250.000 \* 0.0002 (euros / MWh) (cas.2)

efficacité = 0.9

dissipation = 0

Capacité maximale-stockage = 400 (MWh)

Capacité maximale-flux = 100 (MW)

**Gas storage:**

Lissage dépense = 0.000137 (durée de vie: 20 ans)

Capex = 407 (euros/kg)

Capacité maximale tank = 500 (kg H<sub>2</sub>)

**Annexe:** à titre indicatif, pour vos analyses de sensibilité

Electrolyser Parameters	
Electrolyser Capex [€/kW]	1200
Degradation Coefficient [€/ (kg/h)]	0.4
Minimal Power [MW]	0
Maximal Power [MW]	100.00
Specific Energy Consumption [kWh/kg]	50
Liquefier Parameters	
Liquefier Capex [€/kW]	4000
Minimal Power [MW]	50
Maximal Power [MW]	0
Boil Off losses (%)	12
Specific Energy Consumption [kWh/kg] (60% >load & <60% )	10 & 12
Battery Storage Parameters	
Battery Capex [€/kWh]	250 - 50
Round trip Efficiency (%)	90
Auto Drain coefficient	0.001
Minimal Charge/Discharge Power [MW]	0
Maximal Charge/Discharge Power [MW]	20
Number of Storage Hours (At nominal Power)	3
Liquid Storage Parameters	
Liquid storage Capex [€/kg]	200
Minimal Vessel Capacity [kg]	0
Maximal Vessel Capacity [kg]	10000
General Parameters	
PPA price [€/MWh]	30
Price of Guarantee of Origin [€/Certificate]	1
Maximal GoO possible to purchase	800
CertifHy Threshold [kg <sub>CO2eq</sub> /kg <sub>H2</sub> ]	10.97