

# ENERGY-LAB

**Optimisation de systèmes énergétiques solaires ou intermittentes intelligents**

Transition énergétique des îles du sud-ouest océan Indien (SOOI)

Séminaire de recherche FST

— Juin 2023 —

**Michel Benne**

ENERGY-LAB, Université de la Réunion

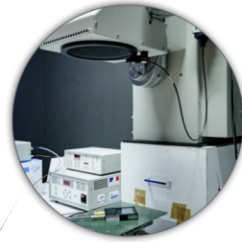
# PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE SYSTÈMES H2

## L'UNITÉ : UN PROJET OPTIMISATION DE SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES SOLAIRES OU INTERMITTENTS

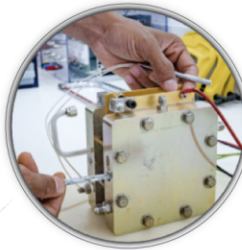
## TROIS OPÉRATIONS SCIENTIFIQUES



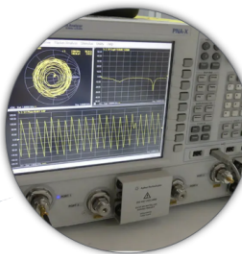
Indicateurs, stratégie mise en œuvre et les moyens mobilisés



Variabilité et gestion des ressources d'énergie solaire et éolienne



Systèmes H2 : Piles à Combustible et Électrolyseurs



Réseaux interconnectés | Transports de l'énergie sans fil (TESF)



# STRATÉGIE MISE EN ŒUVRE PROBLÉMATIQUES : ZNI, DÉPENDANCE AUX RESSOURCES IMPORTÉES, OBJECTIF DE L'AUTOSUFFISANCE BASÉ SUR L'ESSOR DES ENR VARIABLES ET INTERMITTENTES

## OS 1 DU DÉPLOIEMENT DE STATIONS À LA PRODUCTION DE DONNÉES VARIABILITÉ SPATIALE ET TEMPORELLE DES ENRV



## OS 2 DE LA CONCEPTION DE CELLULES AUX TESTS EN LIGNE DE STRATÉGIES DE CONTRÔLE DE SYSTÈMES H2 SIMULATION, DIAGNOSTIC ET COMMANDE TOLÉRANTE AUX DÉFAUTS



## OS 3 DES RÉSEAUX DE CAPTEURS À LA GESTION DES MICRO RÉSEAUX (H2) ARCHITECTURE DES RÉSEAU DE CAPTEURS AUTONOMES, GESTION DE L'ÉNERGIE



## Partenariats académiques et structures fédératives





## OS 2

Déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique des zones non interconnectées



## Comment optimiser les performances et la durée de vie des système PàC et électrolyseurs ?

*Conception, développements expérimentaux et tests en ligne*



## Diagnostic et Contrôle de Systèmes *PEMFC Et E-PEM*



## Conception, assemblage, tests *Cellules Réversibles et E-PEM*



CONCEPTION, ASSEMBLAGE, TESTS DE MONO CELLULES RÉVERSIBLES : MODE ÉLECTROLYSEUR ET MODE PILE

# OPTIMISATION DES PERFORMANCES ÉLECTRO-FLUIDIQUES DES E-PEM

COMPRÉHENSION DES PHÉNOMÈNES FLUIDIQUES





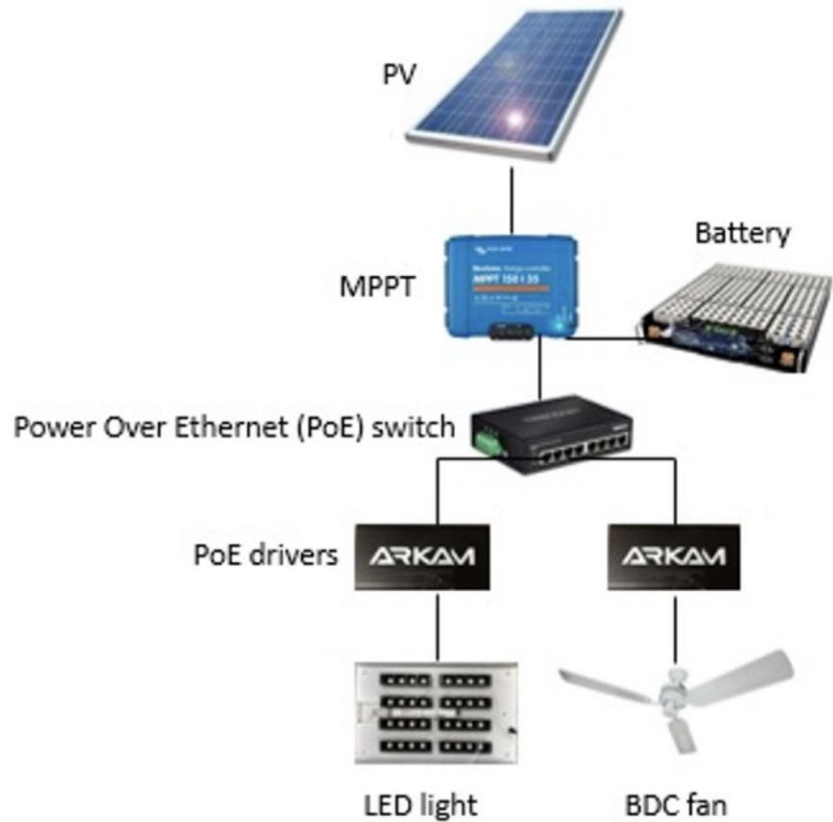
### OS 3

Transport d'énergie sans fil et réseaux de capteurs pour la gestion intelligente de l'énergie



Comment optimiser la gestion de l'énergie entre systèmes Multi sources dans les micro-réseaux AC/DC ?

### DC nanogrid diagram



Conversion de l'énergie électromagnétique en énergie électrique

*Transport d'énergie sans fil (Rectenna)*



Gestion de l'énergie et de l'information

*WSN, smart grids, Simulation RT*



CONCEPTION, MODÉLISATION ET TEST EN SIMULATION

# GESTION DE L'ÉNERGIE ET DE L'INFORMATION POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

WSN, SMART GRIDS, SIMULATION RT

**CAPTEURS ENFOUIS POUR LA RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE ET DE DONNÉES ENVIRONNEMENTALES**

PHD : JULIE SIBILLE

**OPTIMISATION MULTI-CRITÈRES POUR LA GESTION DE L'ÉNERGIE D'UN NANO-RÉSEAU ISOLÉ**

PHD : OLIVIA GRAILLET

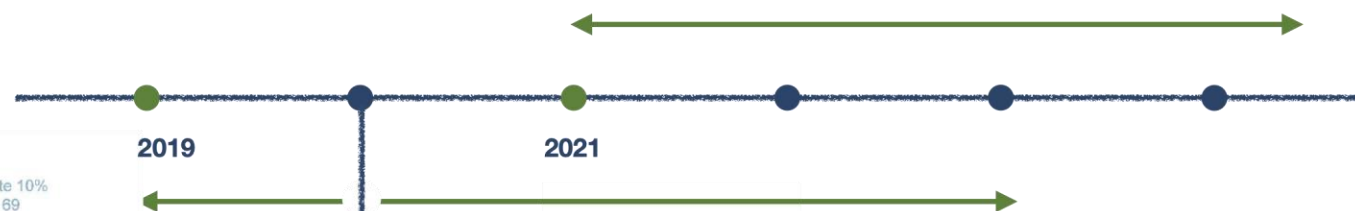
**INTÉGRATION DE L'HYDROGÈNE DANS LES RÉSEaux ÉLECTRIQUES DES ÎLES FRANÇAISES**

PHD : AGNES FRANÇOIS

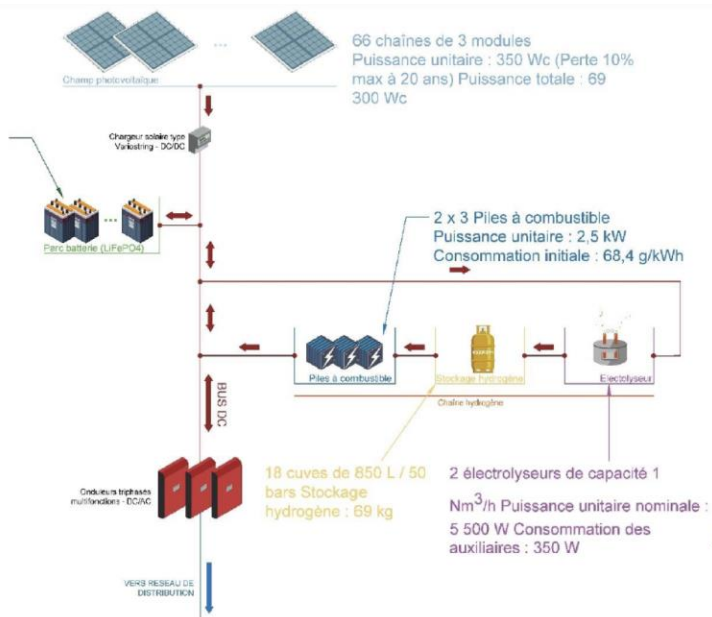


Intégration de l'hydrogène dans les réseaux faiblement ou non interconnectés

Dimensionnement et placement des moyens de production



96 éléments de batterie  
Capacité utile de chaque élément : 3 200 Wh



Centrale photovoltaïque  
Stockage hybride LiFePO4 + H2



Indépendance énergétique de communautés insulaires

Production et stockage d'ENR, gestion de la demande

**OPTILE**  
Optimisation multicritère pour la production hors réseau d'électricité issue d'énergies marines renouvelables



Modélisation numérique et simulation de micro réseaux électriques avec stockage (batterie et H2)

Séminaire de Recherche 2023

# Merci pour votre attention

## Localisation

### Deux Sites

UFR Sciences et technologies  
Université de La Réunion  
CS 92003, 15 Av. René Cassin,  
97400 Saint-Denis Cedex 9

IUT  
40 Avenue de Soweto  
97410 Saint-Pierre

## Permanents

### 2022-2023

Frédéric Aicalapa  
Michel Benne  
Miloud Bessafi  
Christian Brouat  
Jean-Pierre Chabriat  
Laurent Chane-Kuang-Sang  
Cédric Damour  
Mathieu Delsaut  
Alexandre Douyère  
Dominique Grondin  
Kelly Grondin D'Anna  
Brigitte Grondin Perez  
Yannis Hoarau  
Patrick Jeanty  
Jean-Jacques Amangoua Kadjo  
Jean-Daniel Lan-Sun-Luk  
Richard Lorion  
Pierre-Olivier Lucas de Peslouan  
Béatrice Morel  
Xavier Nicolay

## Contractuels

### 2022-2023

Olivia Bory Devisme  
Yannick Fanchette  
Tristan Fougeroux  
Agnès François  
Alexandre Graillet  
Tifenn Jegado  
Fabrice K/bidi  
Carole Latchoumaya  
Harindra Mariapoule  
Julie Sibille  
Idriss Sinapan  
Chao Tang  
Durand Brunel Zozime Tsiatsipy  
Liliane Uwajeneza



« L'information, ce n'est pas encore la connaissance.  
C'est un pont qui n'est pas encore bâti. »

Michel Serres



# Gestion intelligente de l'énergie dans un bâtiment à l'aide de réseaux de capteurs autonomes en énergie

Séminaire de recherche FST

— Juin 2023 —

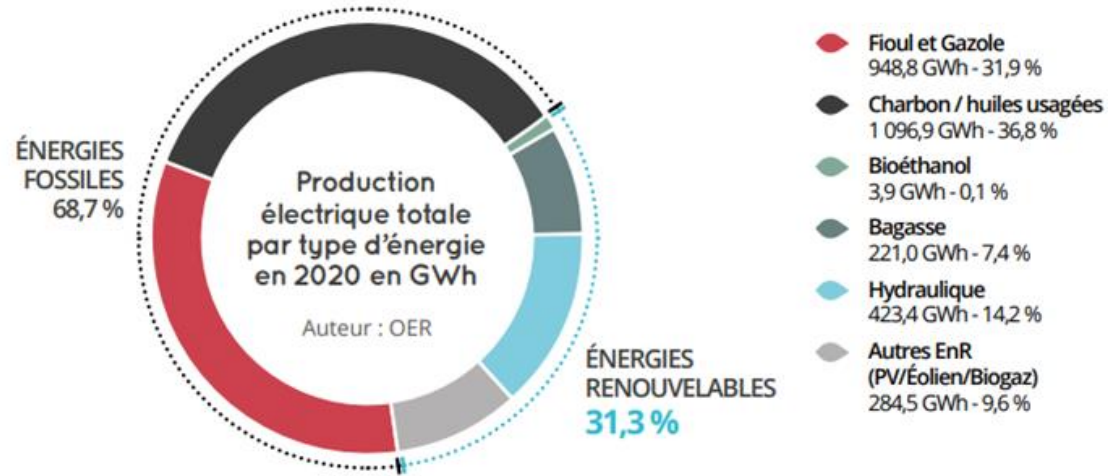
**J. Sibille, F. Bernard, O. Graillet, T. Fougereux**

ENERGY-LAB, Université de la Réunion

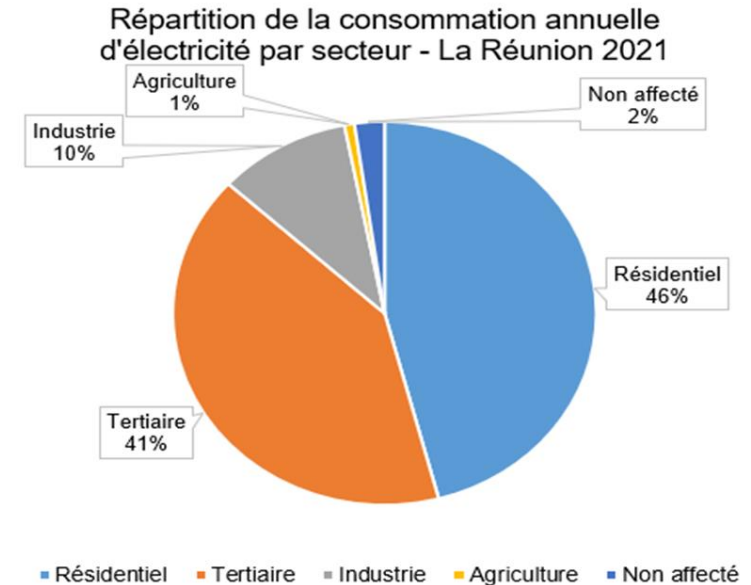
## Contexte énergétique à la Réunion



PRODUCTION ÉLECTRIQUE : 2 977,9 GWh - 256,1 ktep



(Bilan 2020, Observatoire de l'énergie de La Réunion, 2021)



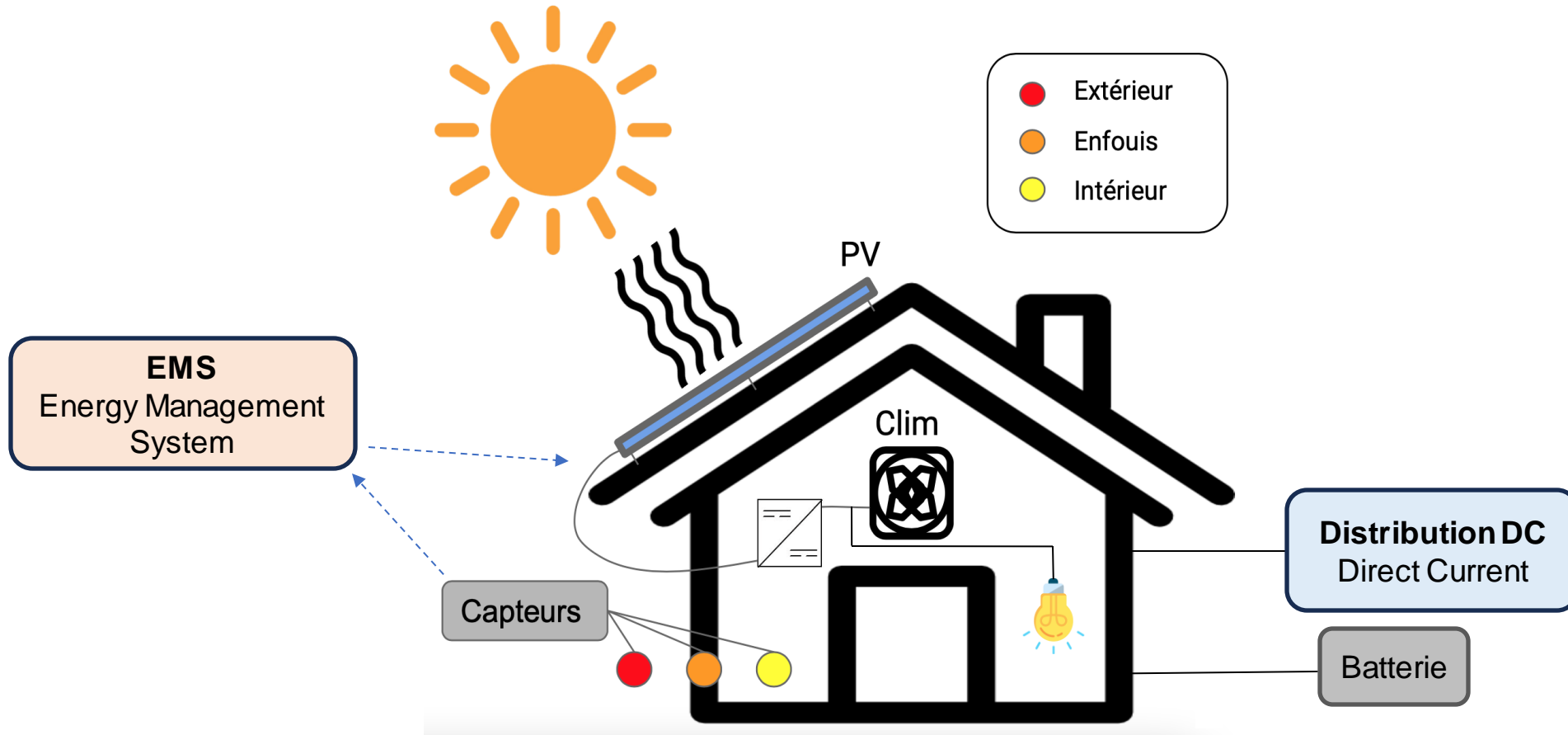
(open-data, EDF Réunion, 2021)

### L'énergie à La Réunion - Chiffres clés :

- Mix énergétique : énergies fossiles = **69 %**, EnR = **31 %**
- Objectif Région Réunion : autonomie énergétique en **2030**
- Part du secteur tertiaire et résidentiel dans la consommation d'électricité : **87 %**
- **Climatisation** : **50 %** de la consommation d'énergie en secteur tertiaire
- **96 tonnes** de piles collectées en 2019 sur l'île



Objet de l'étude : climatisation et éclairage en milieu tropical



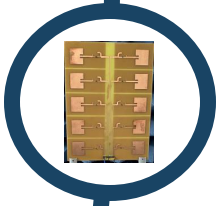
# Sommaire



01 – Système électrique



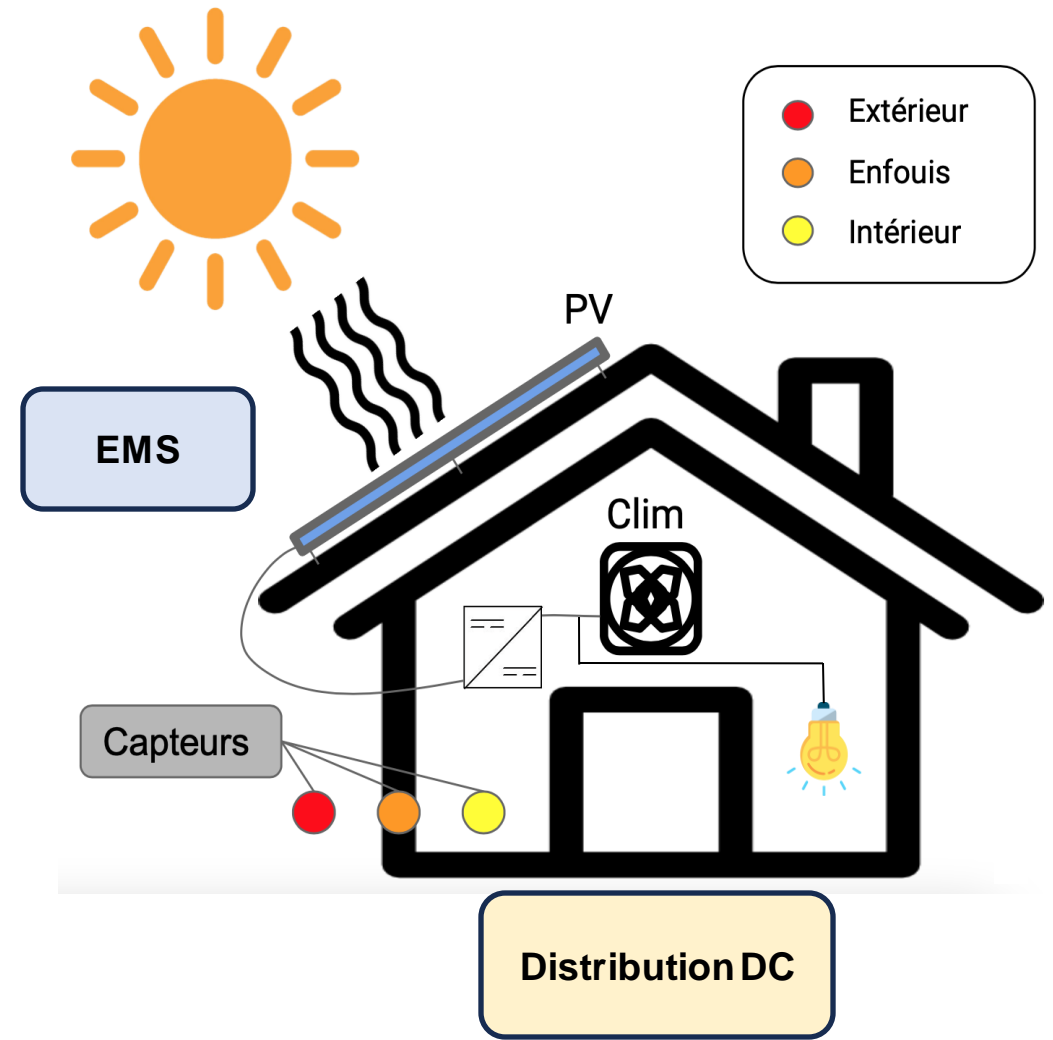
02 – Traitement et utilisation des données



03 – Récupération des données via un réseau de capteurs autonome



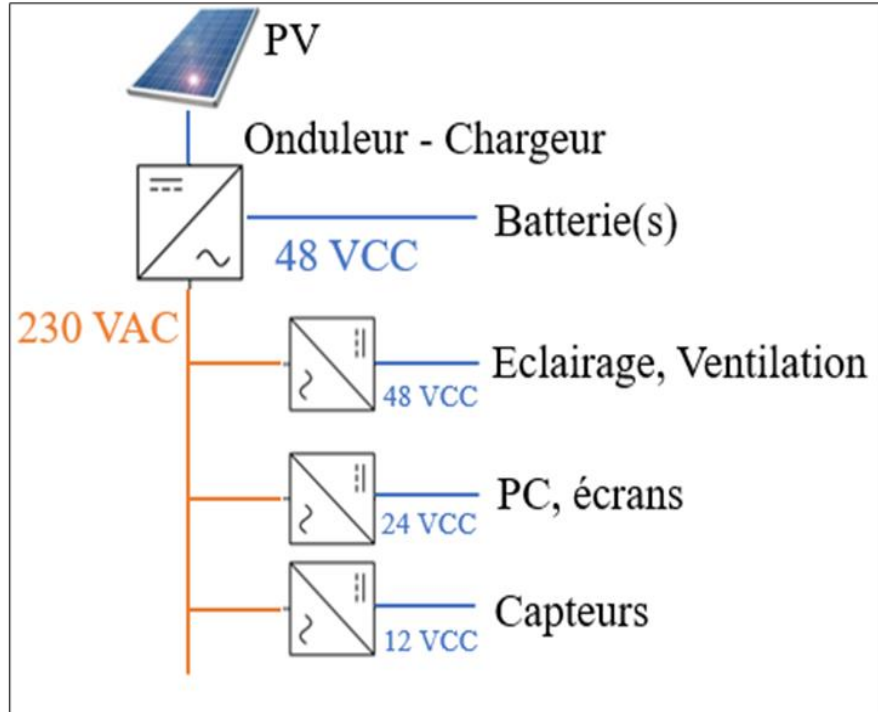
04 – Perspectives



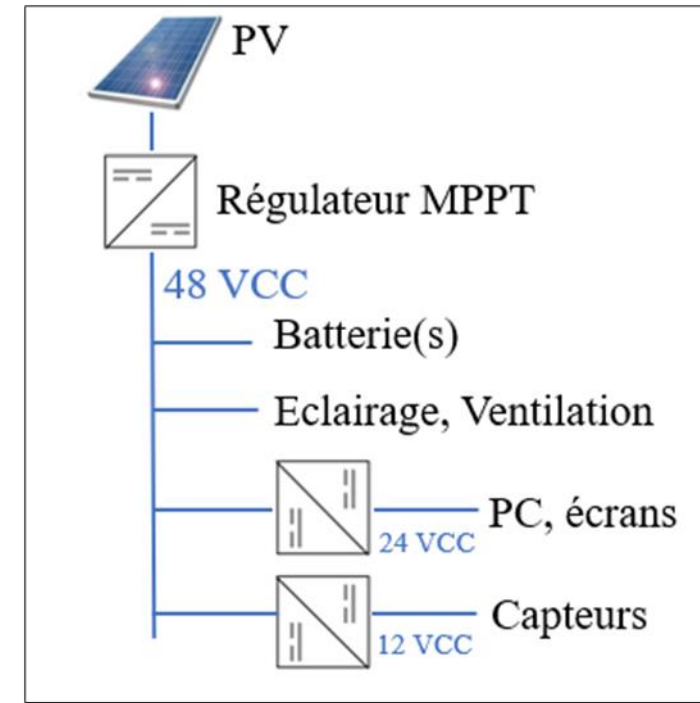
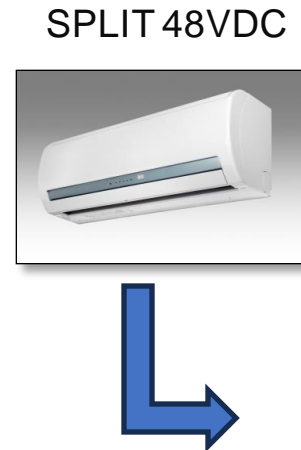
## Thèse Olivia GRILLET :

## Développement d'un nanoréseau DC avec production, stockage et gestion de l'énergie dans les bâtiments

## Architecture électrique AC (Alternating Current) :



## Architecture électrique DC (Direct Current) :

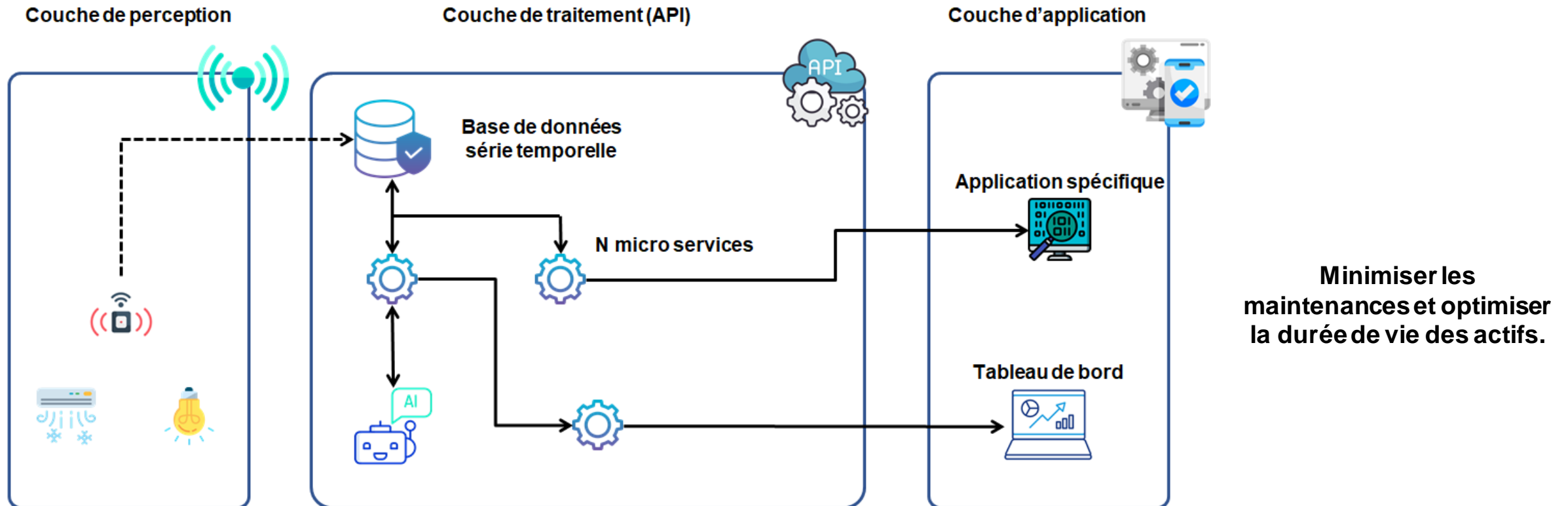


- **Pertes énergétiques** : conversions multiples AC vers DC et vice versa
- **Durée de vie** : remplacement onduleurs = première source de maintenance

- **Gains énergétiques** : réduction des étapes de conversion d'énergie
- **Facilité de pilotage** : implémentation d'EMS (Energy Management System)

## Travaux Flavien BERNARD : Architecture IoT et maintenance predictive

**Objectif** : Alimenter le système de gestion de l'énergie en données pour optimiser la consommation d'énergie et préserver les actifs tels que les systèmes d'éclairage et de climatisation.



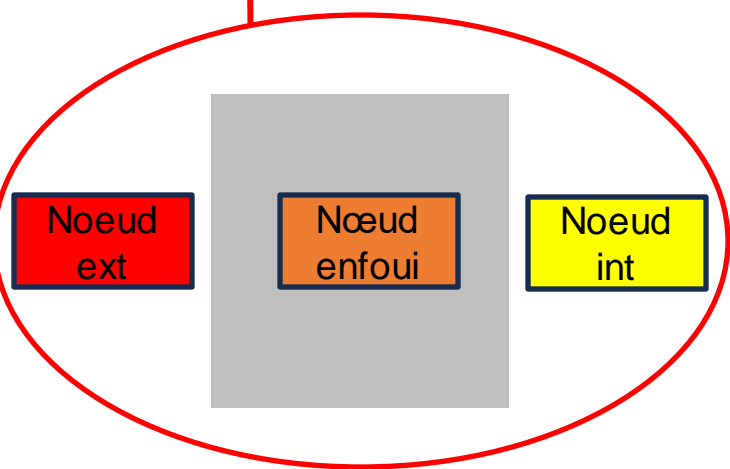
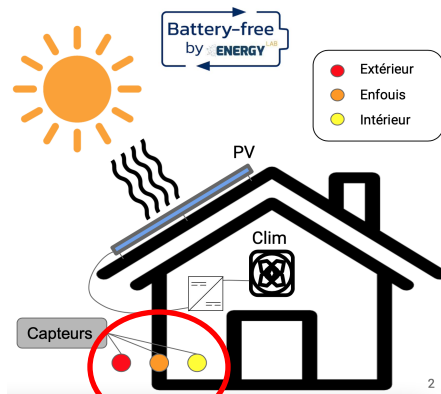
**Minimiser les maintenances et optimiser la durée de vie des actifs.**

Ces micro-services sont des fonctions automatiques, chacune développée pour une tâche spécifique

- Détection de défauts
- Prédiction de séries temporelles
- Étiquetage des données

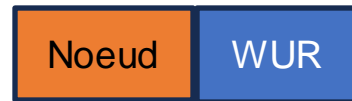
## Thèse Julie Sibille :

Etude et conception d'un réseau de capteurs ambiants, enfouis et télé-alimenté par récupération d'énergie électromagnétique



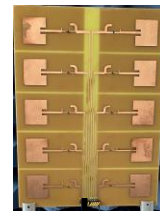
## Optimisation énergétique des nœuds

Implémentation d'un module de Wake Up Radio (WUR)



- Eteint/réveil à distance la radio principale du nœud
- Réduit les phases d'écoute inactive
- Réduit les besoins énergétiques des nœuds

## La télé-alimentation

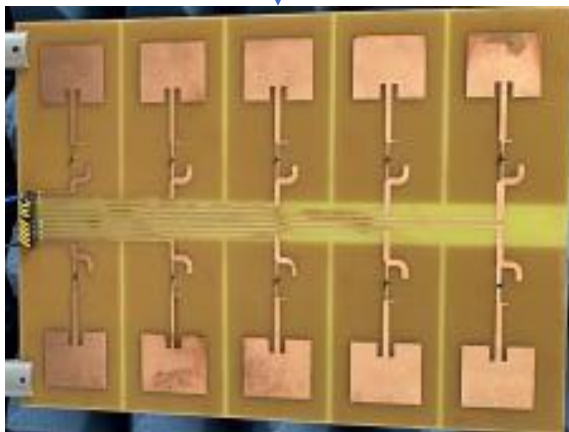


- Utilisation d'un réseau de Rectennas
- Nœud de mesure autonome en énergie
- Travaux sur la taille, la forme et sur les moyens de fabrication de la rectenna

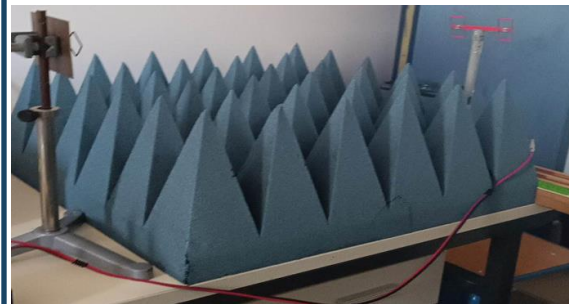
## Thèse Tristan Fougeroux :

Conception et réalisation de rectenna en impression additive dédiée à l'optimisation énergétique d'objets connectés

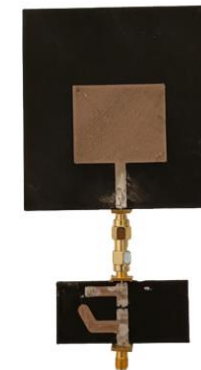
## Méthodes de réalisation classiques



- Etude de faisabilité
- Optimisation
- Etude énergétique
- Réalisation finale



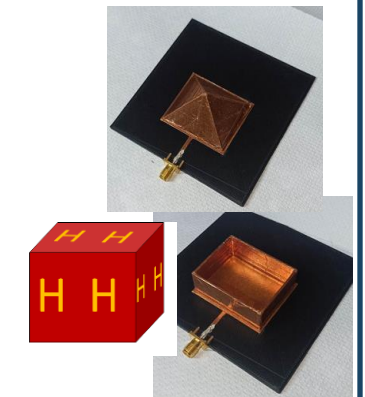
## Réalisation par impression 3D



1



2

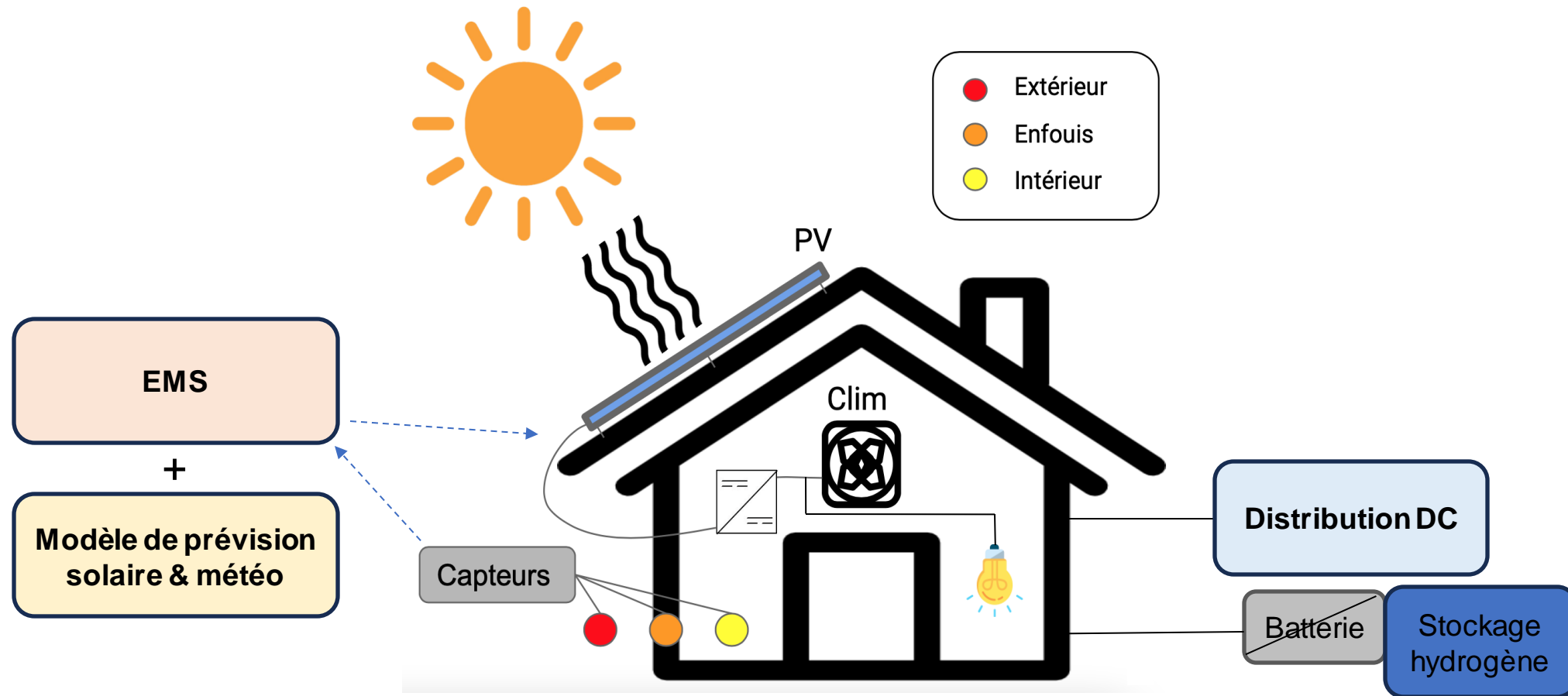


3(D)



## Perspectives

- Utilisation d'un modèle de prévision solaire & météo OS1
- Ajout de stockage hydrogène OS2



# Merci pour votre attention

Julie Sibille – Doctorante | Olivia Graillet – Doctorante | Tristan Fougeroux – Doctorant | Flavien Bernard – Ingénieur IoT

Contact:

Pierre-Olivier LUCAS-DE-PESLOUAN  
[pierre-olivier.lucas-de-peslouan@univ-reunion.fr](mailto:pierre-olivier.lucas-de-peslouan@univ-reunion.fr)



# Détection des bulles d'oxygène dans un électrolyseur PEM grâce à l'apprentissage profond

Séminaire de recherche FST

— Juin 2023 —

**Idriss Sinapan, Christophe Lin-Kwong-Chon, Cédric Damour, Jean-Jacques Kadjo, Michel Benne**

ENERGY-LAB, Université de la Réunion

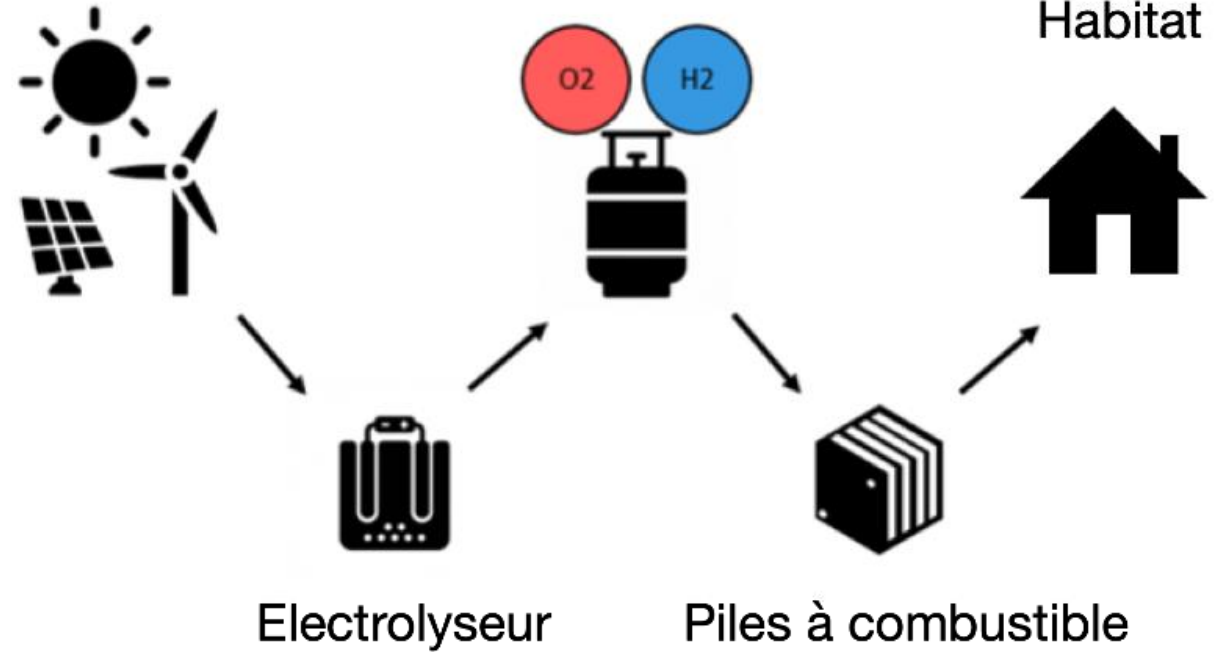


- Zone Non Interconnectées
- Limitations [1]
- Electrolyseur PEM\*

Electricité décarbonnée

Stockage

Habitat



\*Proton Exchange Membrane (*Membrane échangeuse de protons*)

[1] V. Gaillard, (2017, 21 juin). L'île de La Réunion, paradis des énergies renouvelables. les-smartgrids. <https://les-smartgrids.fr/lile-reunion-energies-renouvelables/>

Verrous : Faibles performances et coûts élevés

Question scientifique : Comment améliorer les performances ?

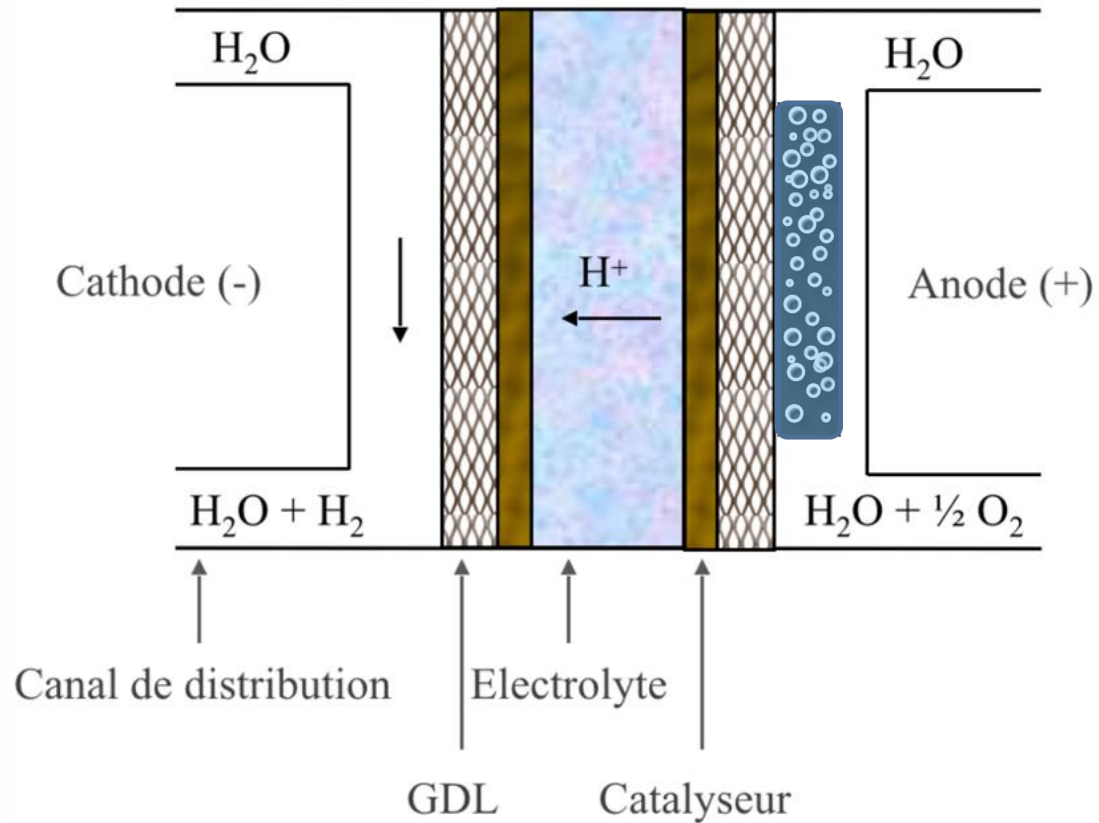
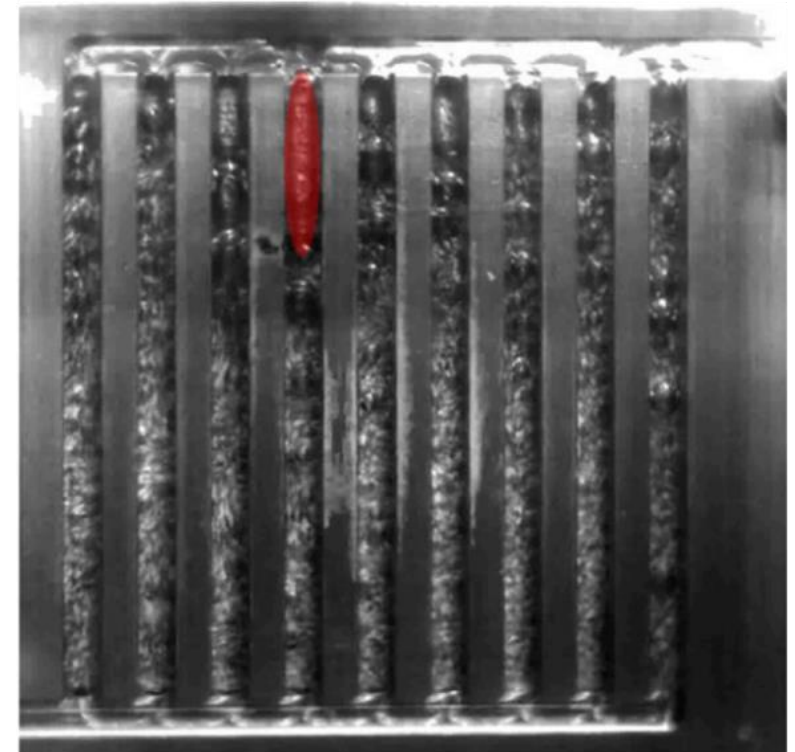


Schéma de principe de fonctionnement d'un électrolyseur PEM

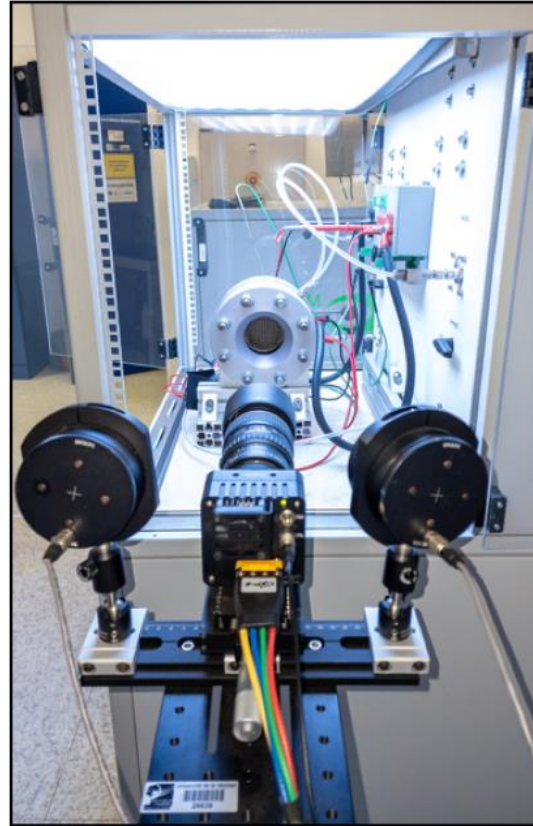


Bulle stagnante dans un canal anodique d'électrolyseur [2]

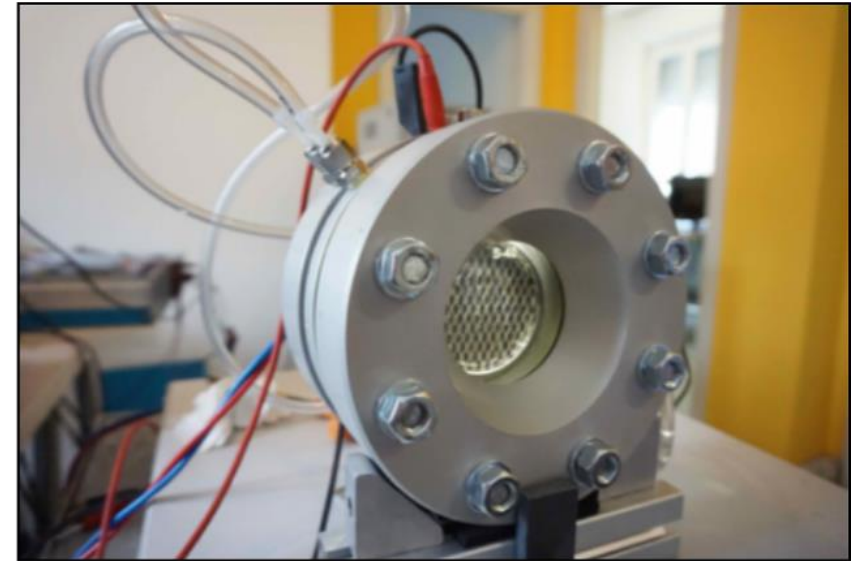
[2] M.Maier et al, (2020). Diagnosing Stagnant Gas Bubbles in a Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolyser using Acoustic Emission. *Frontiers in Energy Research*, 8, 268.



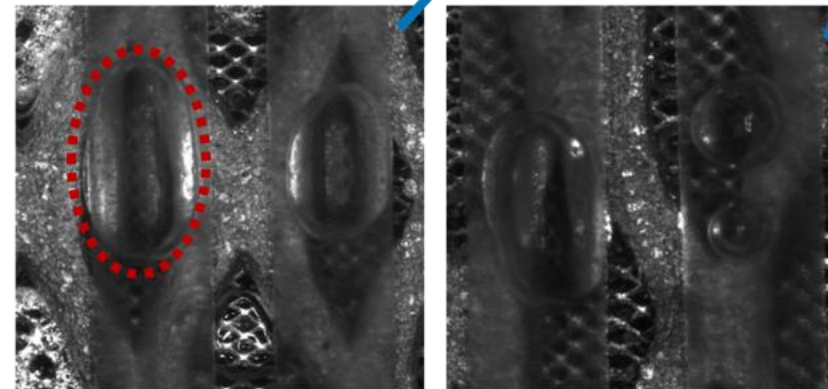
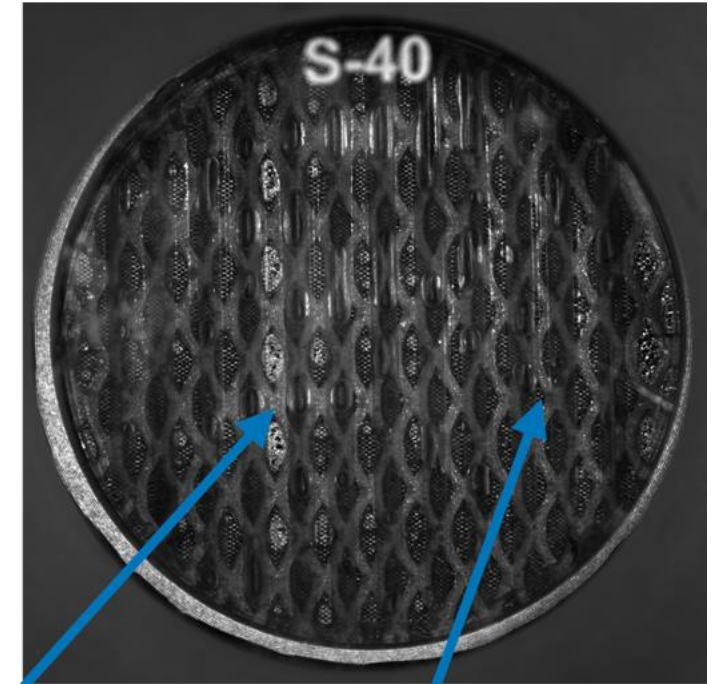
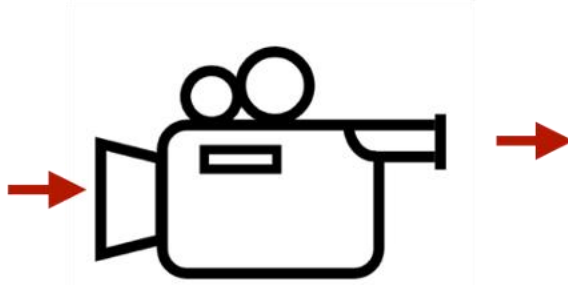
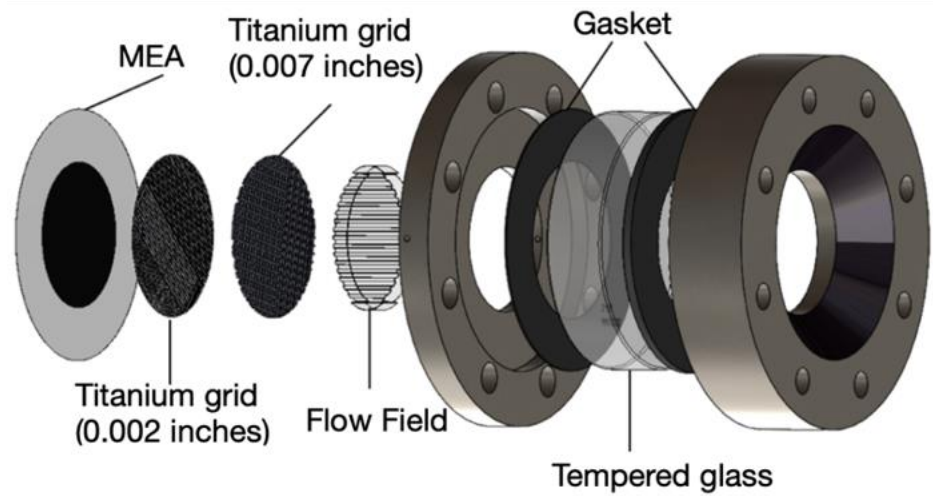
Banc de test PEMWE vue de face



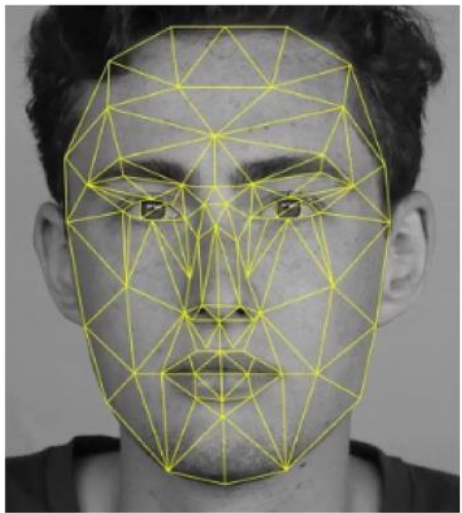
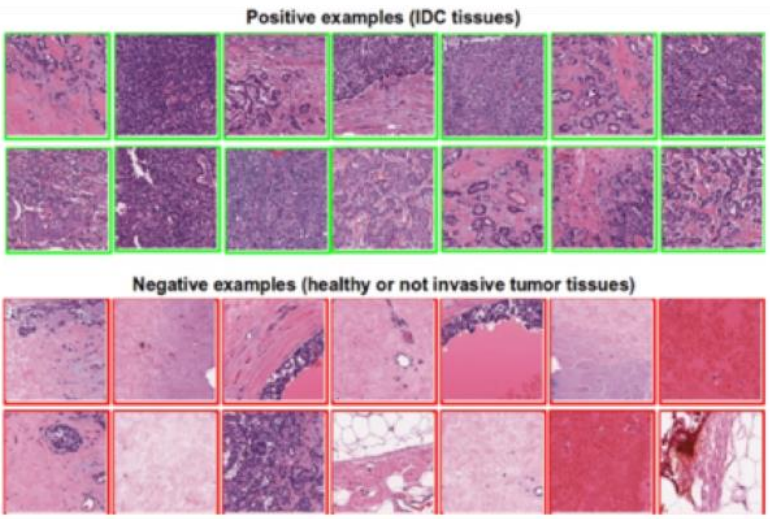
Banc de test PEMWE vue caméra



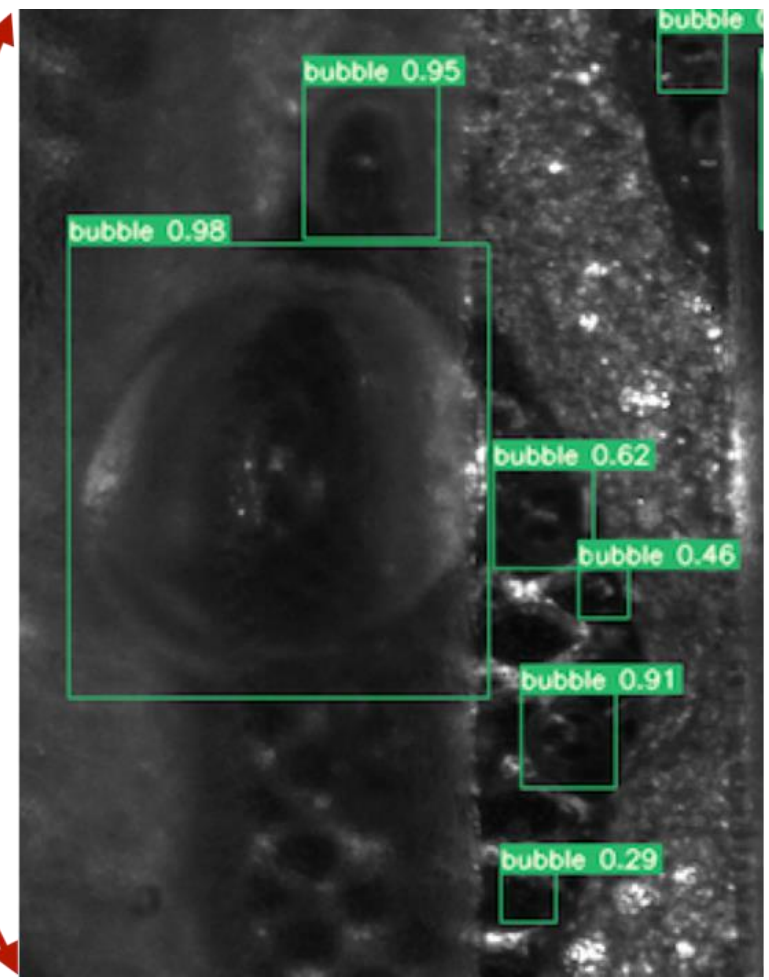
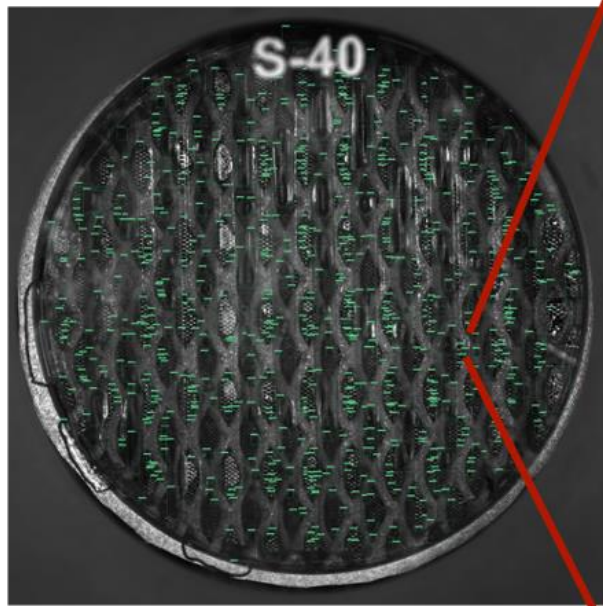
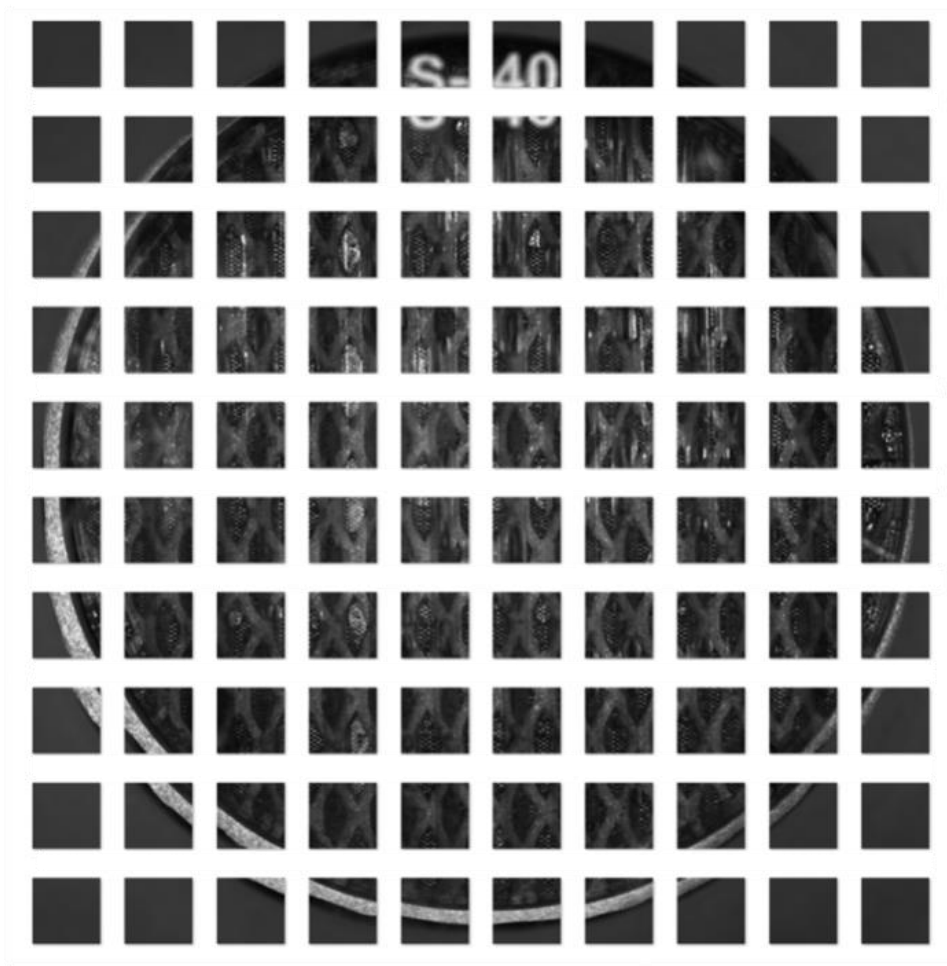
PEMWE avec fenêtre de visualisation  
partie anodique

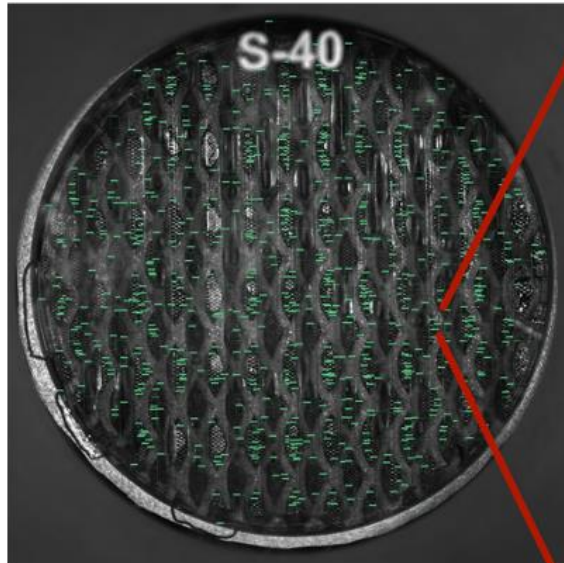


**Objectif : Détection des bulles d'oxygène**

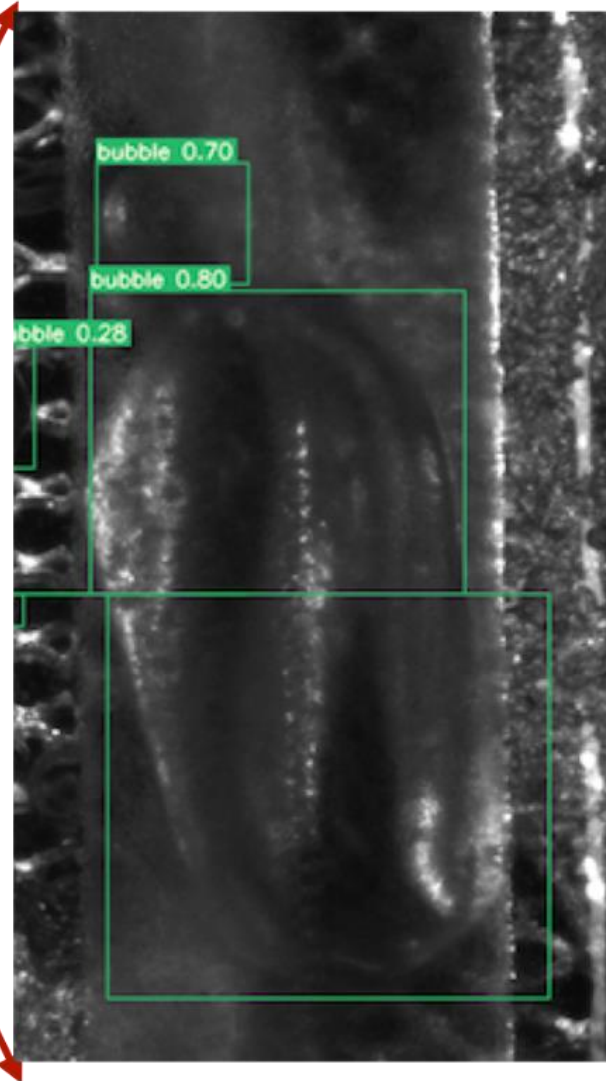






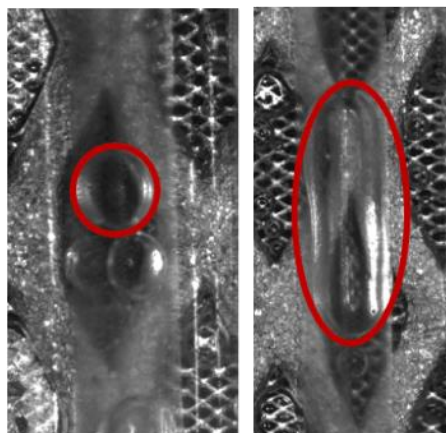


Détections et fusion



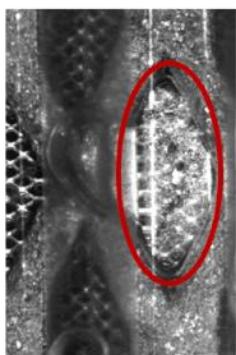
- Nombre de bulles
- Surface moyenne des bulles
- Phénomène de coalescence

# YOLO V7



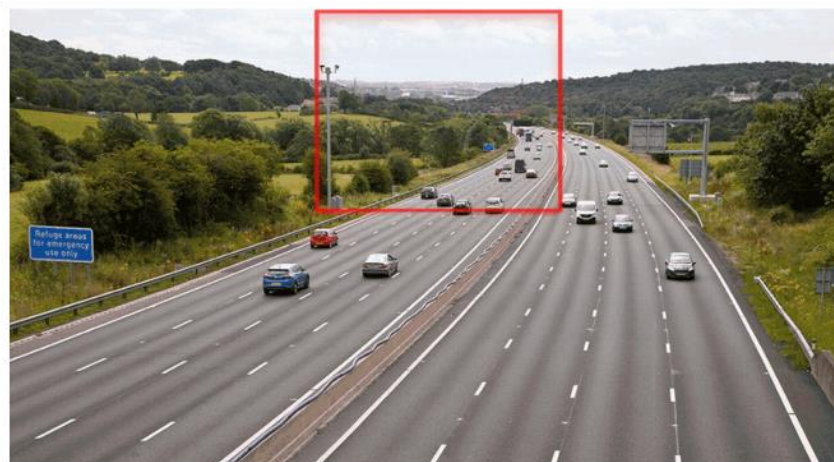
**Bubbly**

**Slug**

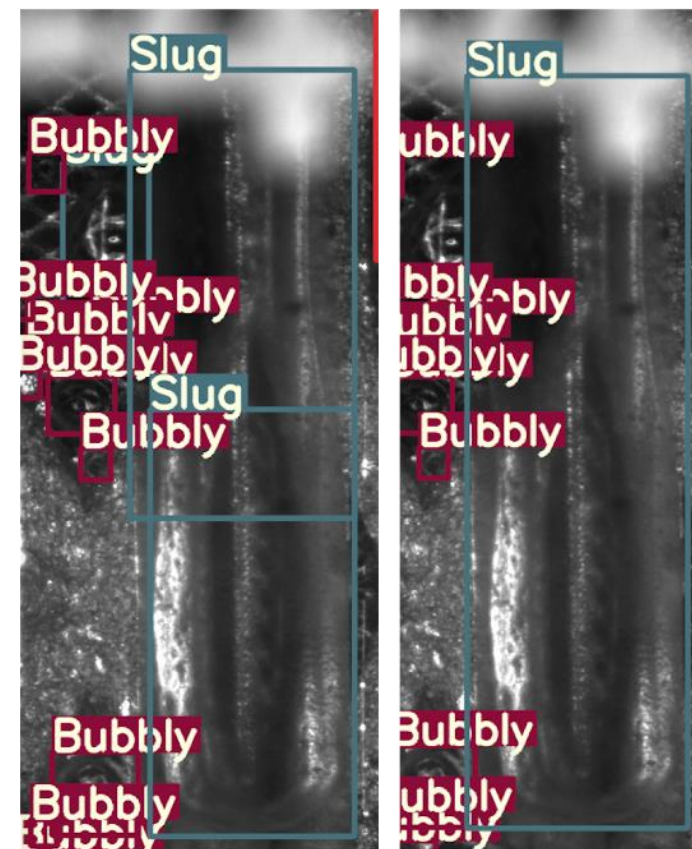


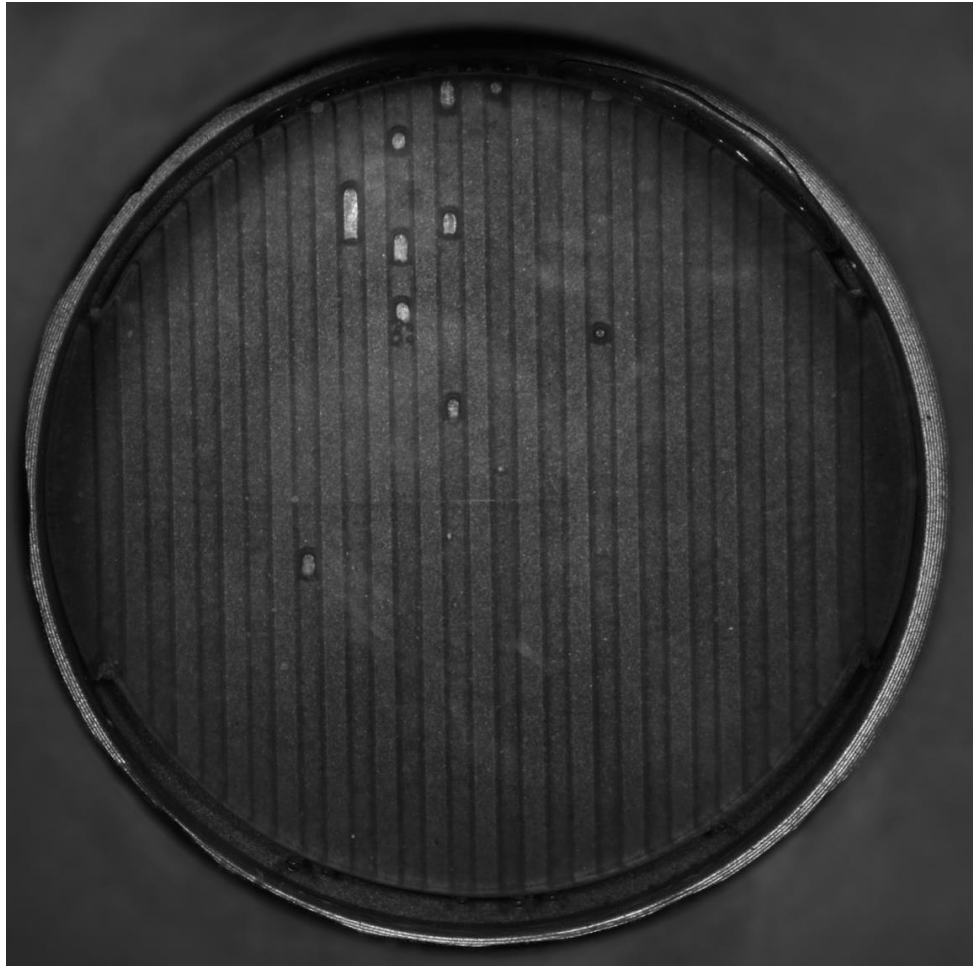
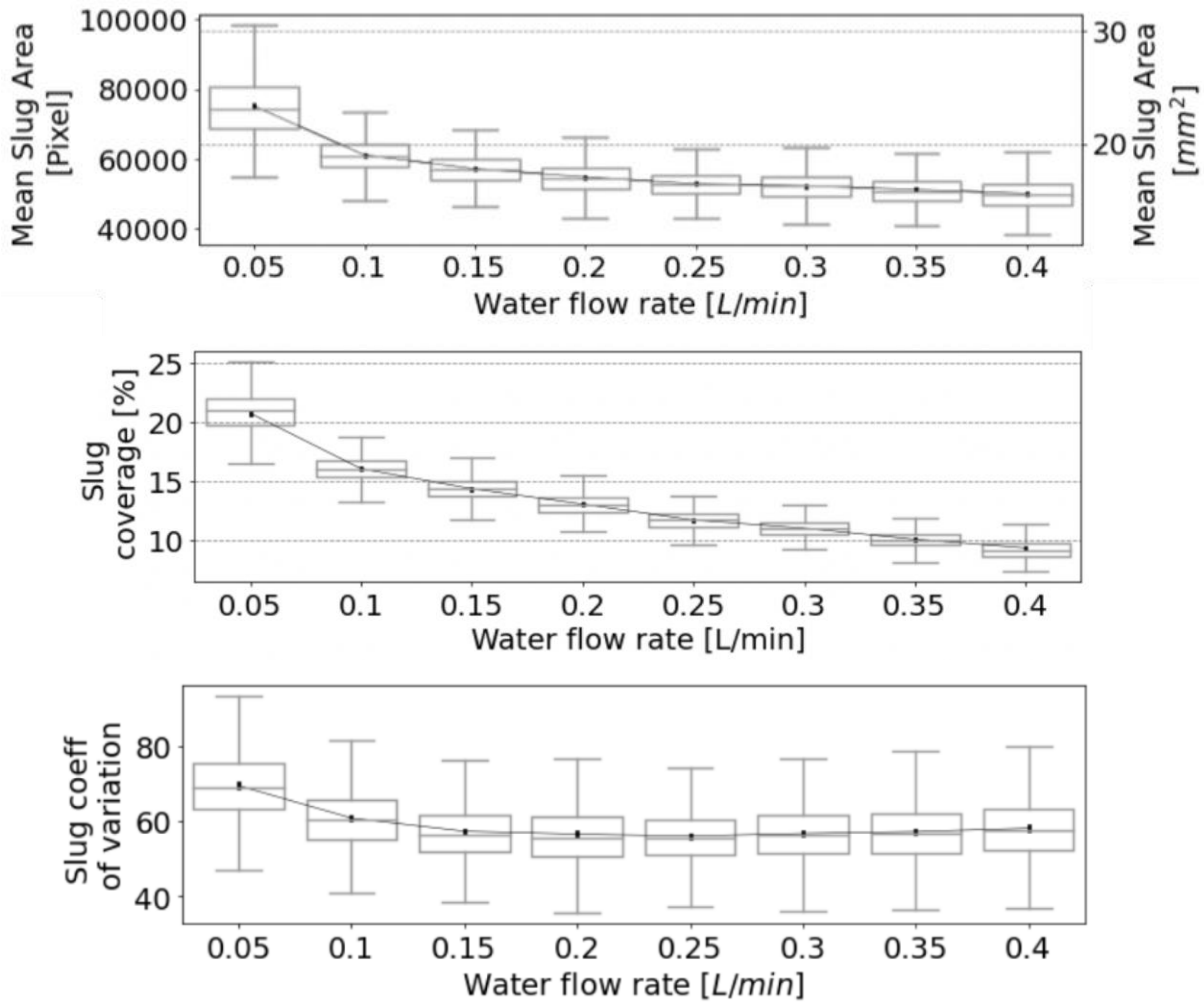
**Stagnated**

# SAHI



# Code de post-traitement





Picture of PEMWE (Anodic side)

# ENERGY-LAB

**Merci pour votre attention**

**Idriss Sinapan, Christophe Lin-Kwong-Chon, Cédric Damour, Jean-Jacques Kadjo, Michel Benne**

**Contact:**

**Idriss Sinapan**

**Idriss.sinapan@univ-reunion.fr**

