

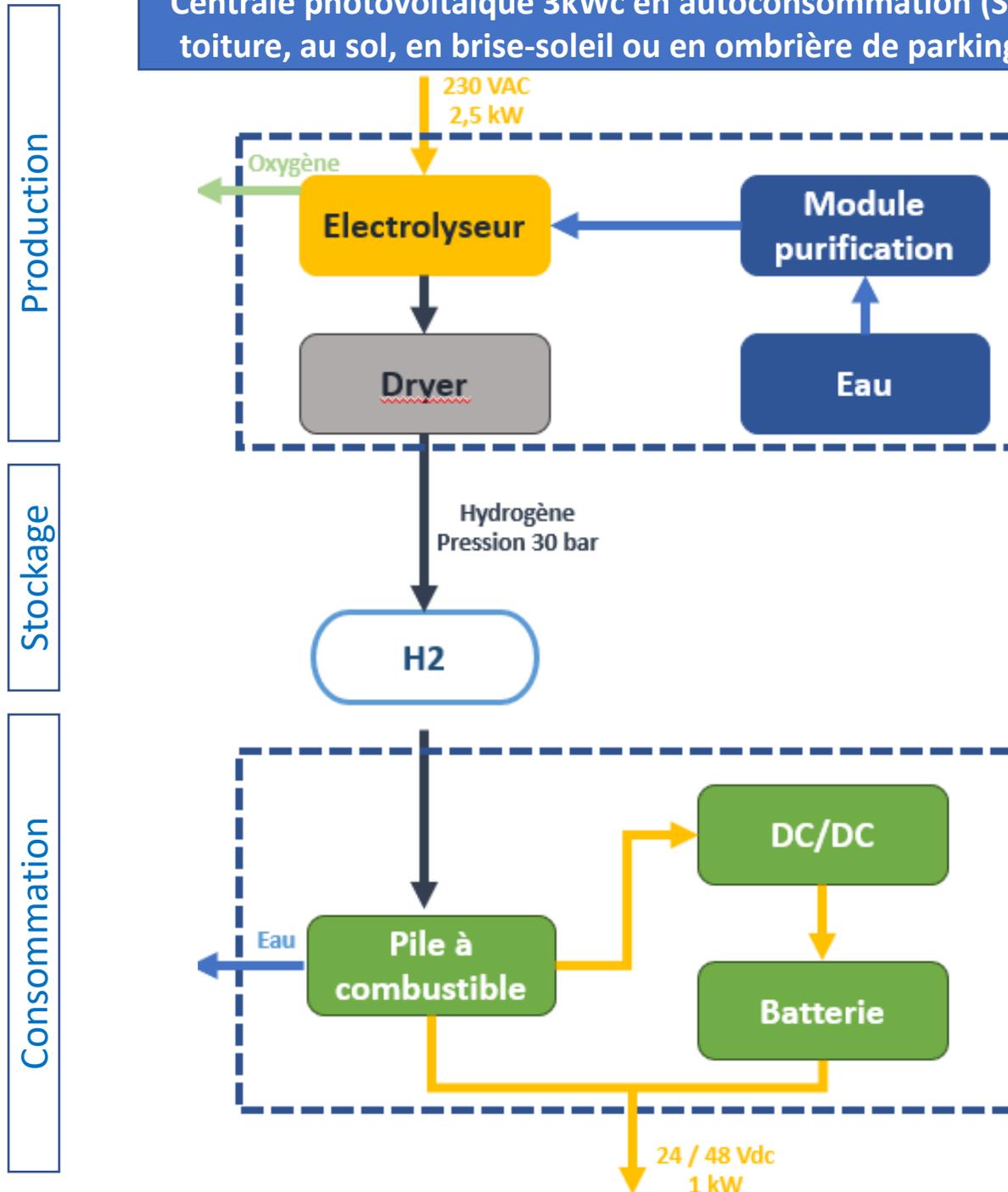
Entrez dans le monde de l'hydrogène avec H2Sys et ERM

Systemes didactiques et démonstrateurs autour de l'utilisation d'hydrogène comme vecteur d'énergie décarbonée

Chaîne complète du Démonstrateur « Hydrogène vert »

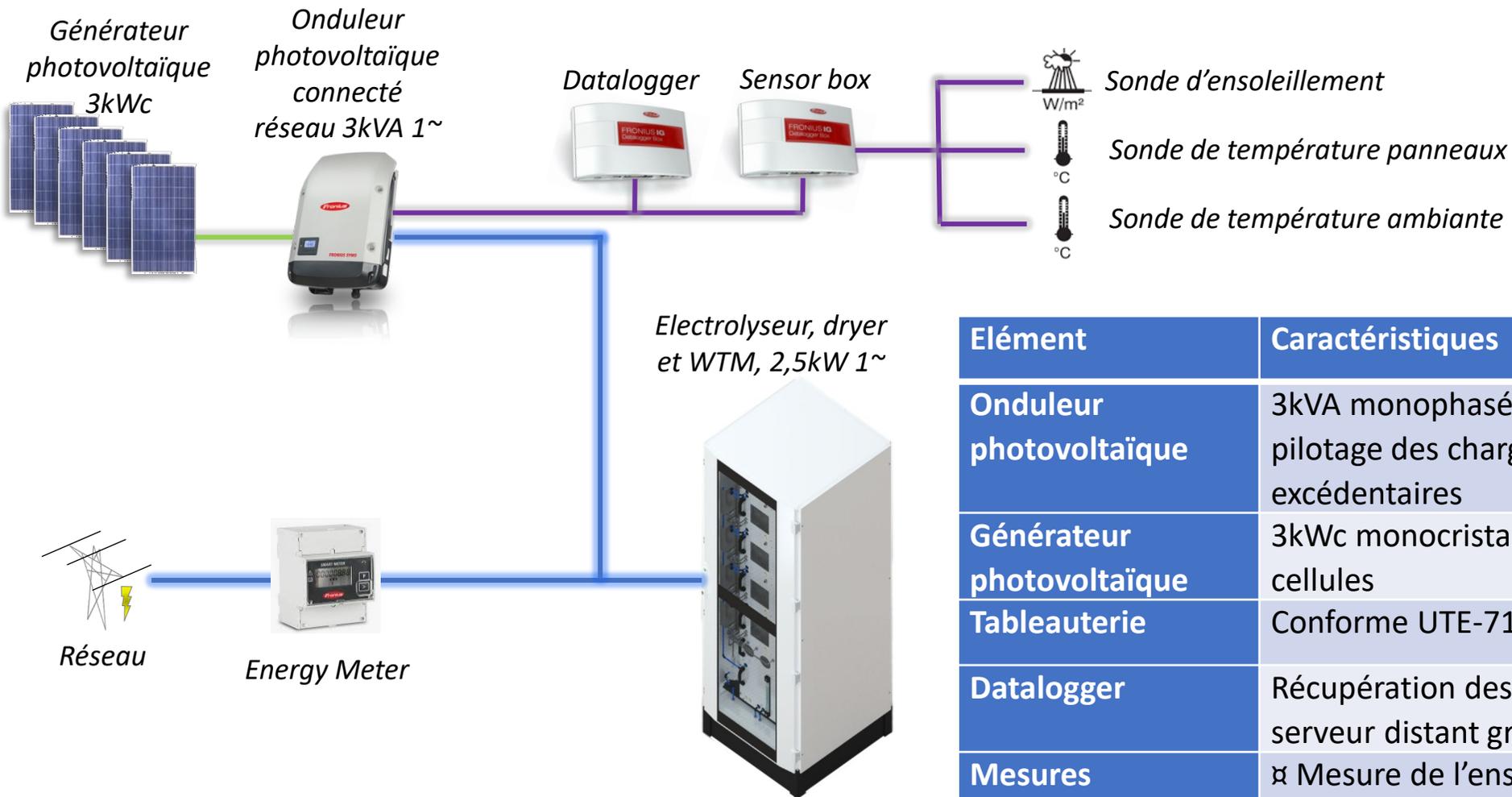


Centrale photovoltaïque 3kWc en autoconsommation (Sur toiture, au sol, en brise-soleil ou en ombrière de parking)



Synoptique de l'installation

Production d'hydrogène: Centrale photovoltaïque



Élément	Caractéristiques
Onduleur photovoltaïque	3kVA monophasé communicant, pilotage des charges excédentaires
Générateur photovoltaïque	3kWc monocristallin 120 demi cellules
Tableauterie	Conforme UTE-712-1
Datalogger	Récupération des données sur serveur distant gratuit
Mesures météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Mesure de l'ensoleillement dans le plan du panneau ⌘ Mesure de la température panneau ⌘ Mesure de la température ambiante

L'ensemble électrolyseur s'articule sur une solution industrielle utilisée principalement pour la production d'hydrogène en site isolé ou pour des bâtiments autonomes.

C'est une solution déployée en usage stationnaire, qui peut s'interfacer facilement avec un système de production d'électricité par Energies Renouvelables (Photovoltaïque ou Eolien).

L'ensemble électrolyseur comporte des éléments formats rackables intégrés dans une armoire H2 (42U – 800 x 2000 x 800 mm) :

- 1x Electrolyseur Technologie AEM (Anion Exchange Membrane) puissance 2400 W, alimentation électrique 200-240 V, 50/60 Hz.
Pression de sortie limitée à 30 bar, production de 500 NL/hr par électrolyseur (possibilité de couplage pour augmenter le débit)
- 1 x Dryer
- Conduites flexibles prêtes à raccorder pour alimentation en eau et dissipation d'oxygène
- Boîtier d'alimentation haute performance 17kW, monté, incl. interrupteurs principaux et fusible machines pour l'accueil jusqu'à 6 modules système et prise pour alimentation externe
- 1 x Armoire H2
- 1 x réservoir d'eau (Water Tank Module)
- 1 x Système de purification d'eau

Synthèse technique

Élément	Caractéristiques
Technologie	AEM
Puissance	1x 2.4 kW
Pression	30 bar
Taux de production	500 NL/h
Consommation électrique nominale	4.8 kWh/Nm ³
Alimentation électrique	200-240 V, 50/60 Hz
Consommation d'eau	~400 ml/hr
Réservoir d'eau	38 L
Débit sortie max. (eau)	3.8 L/min
Puissance dryer	200W
Point de rosée moyen et impuretés	< -70°C, compliant with ISO14687 (H ₂ O < 5 ppm, O ₂ < 5 ppm)
Qualité hydrogène sortie électrolyseur	> 99.999% (en fraction molaire)



Electrolyseur technologie AEM



Electrolyseur + dryer + WTM intégré dans une armoire

Production d'hydrogène: Bloc électrolyseur



Bloc de pilotage de l'électrolyseur (EMS)

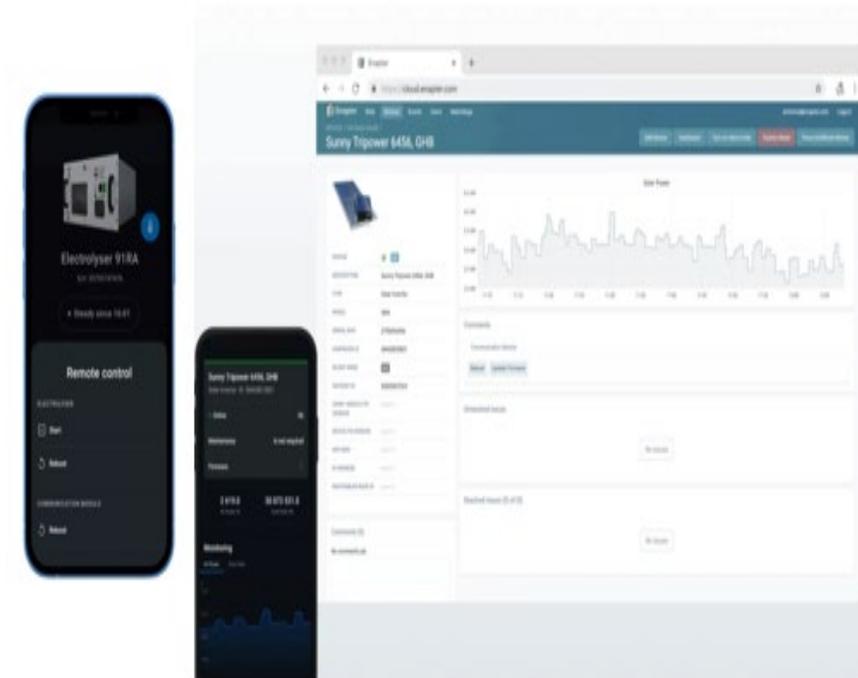
L'électrolyseur est fourni avec son module de supervision – son EMS – permettant de piloter le système à distance à partir de l'interface Modbus TCP/IP et de collecter les données de fonctionnement.

L'utilisateur peut utiliser un tableau de bord Web et mobile complet offrant une vue d'ensemble des équipements et le contrôle de tous les appareils connectés.

L'électrolyseur peut être contrôlé, et le système peut faire l'objet d'évolution selon les modules pédagogiques développés en réalisant des analyses complètes sur le système énergétique.

L'utilisateur peut programmer des alertes personnalisables (SMS, e-mails ou appels) pour être tenu informé du fonctionnement du système. Un système de gestion basé sur des règles d'utilisation permet de définir et modifier les paramètres de différents composants du système énergétique qui interagissent de manière automatisée.

Des modules de communication sont également disponibles pour apporter la connectivité sans fil aux panneaux solaires, aux réservoirs d'hydrogène, piles, capteurs numériques et analogiques qui peuvent venir en complément (architecture évolutive).



Interface en ligne pour le pilotage du système énergétique

Bloc de pilotage de l'électrolyseur (EMS)

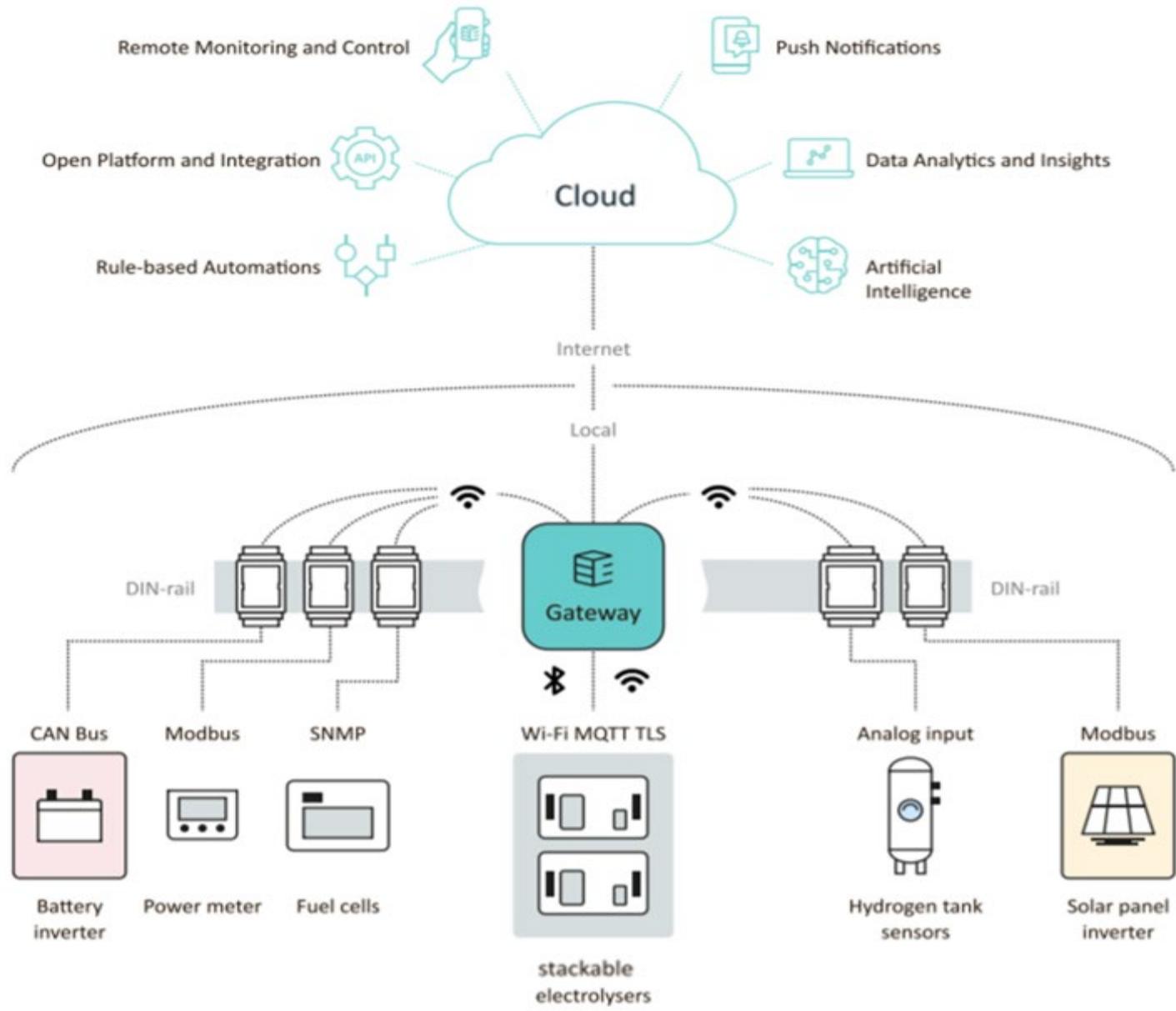


Schéma de fonctionnement de l'EMS associé à l'électrolyseur

La **gestion des sécurités** est un élément d'importance capitale dans les systèmes Hydrogène. Le sous-ensemble Stockage d'hydrogène intègre les meilleures pratiques du domaine.

Bloc purge GN2 incluant :

- Clapets anti-retours en sortie électrolyseur, B20 H2 et B20 N2.
- Soupapes de sécurité en sortie des détendeur bouteille.
- Vannes d'isolements pour la purge et la maintenance des capteurs de pression et débitmètre.

Armoire de contrôle commande incluant :

- Alimentation des capteurs et des électrovannes
- Commande des électrovannes via des relais
- Communication avec le superviseur du système hybride
- Traitement des signaux des capteurs de pression et du débitmètre
- Affichage de ces
- Sécurité du système via un relais de sécurité de type Préventa
- Gestion automatique des modes par un automate PLC
 - Mode 1 : Alimentation depuis B20 -H2
 - Mode 2 : Alimentation depuis électrolyseur
 - Mode 3 : Défaut (Passage automatique en N2)
 - Mode 4 : Maintenance
 - Mode 5 : Arrêt
- Communication numérique vers le superviseur du système hybride.
- Borniers de distribution.

Centrale de détection OLDHAM H2 raccordée à l'armoire de contrôle commande des circuits Gaz.

Deux boutons d'arrêt d'urgence du système installés en intérieur et extérieur

Consommation d'hydrogène: Pile à combustible



Système hybride Mothys

H2SYS propose son système MOTHYS dédié à l'apprentissage des systèmes hydrogène énergie pour le bloc hybride PAC/Batterie.

Le système est composé d'une pile à combustible de technologie PEM, communicant CAN, et d'un module hybride convertisseur / batterie.

Une IHM permet aux étudiants de contrôler manuellement le système et de définir la stratégie d'hybridation associée au système.

Le système est également équipé d'une carte Arduino permettant de programmer et tester ses propres lois de gestion d'énergie via l'utilisation du logiciel Matlab/Simulink.

L'ensemble Mothys comporte les éléments suivants :

- Une pile à combustible AIRCELL 500 – pile à combustible à cathode ouverte refroidie par air d'une puissance de 500W, sortie DC non régulée, communicante en Canbus, capteur hydrogène intégré et interface basse pression
- Une batterie avec BMS – technologie LFP (LiFePO4) ou NMC selon usage visé avec BMS et protection électriques incluses
- Une carte de contrôle Arduino Méga
- Un convertisseur DC/DC Boost 24 ou 48 Vdc, communicant CAN
- Un capteur H2

Synthèse technique

Élément	Caractéristiques
Technologie pile	PEM
Puissance	500 W
Pression entrée	1 – 5 barg
Courant pile	0-50 A /max 65A
Communication	Can bus J 1939 2.0
Alimentation électrique	24 Vdc
Consommation H2	66 g / kWh e
Puissance système hybride	1 kW
Tension sortie	24 Vdc – 48 Vdc
Interface de communication	Sub-D9 (Can bus) Sub-D45 (Analogique) USB (Numérique)

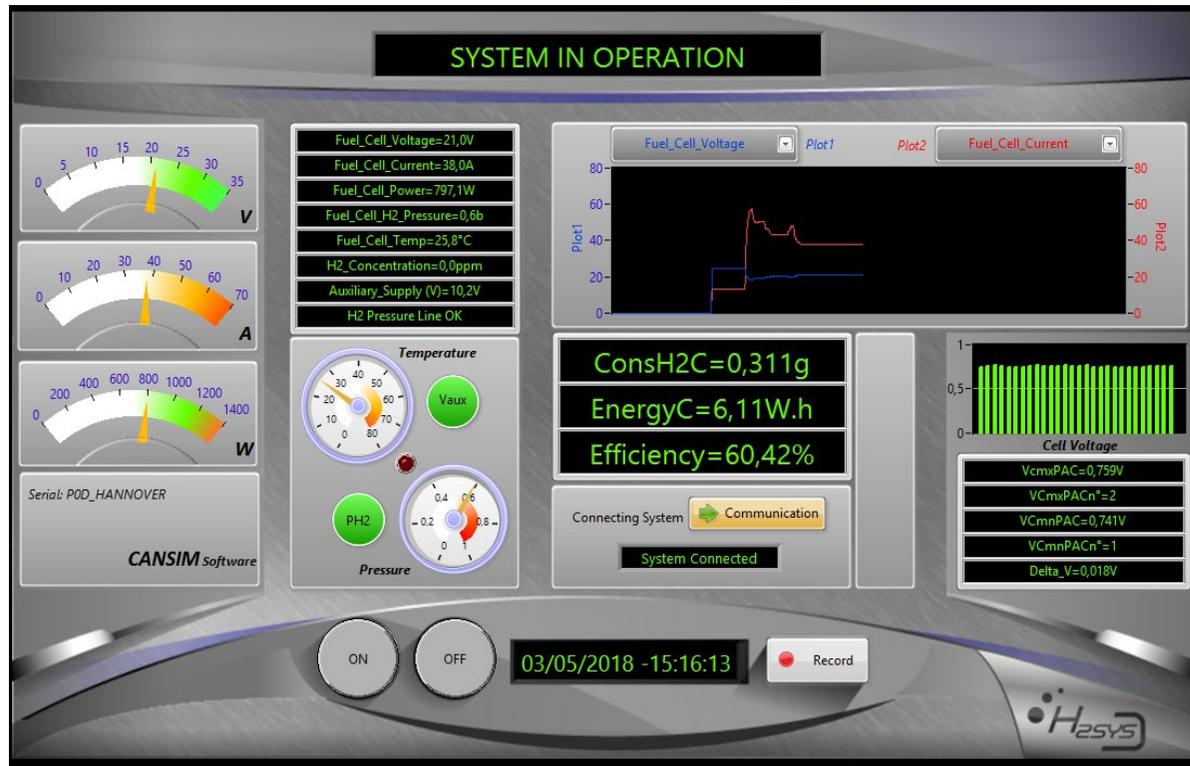
Système hybride Mothys

Le système Aircell de Mothys est livré avec un exécutable sous Labview permettant d'acquérir les données de fonctionnement propre à la pile à combustible, utilisable principalement dans le cadre des travaux pratiques sur la pile

Mothys comprend une IHM sous forme d'écran tactile permettant aux étudiants de contrôler manuellement le système et de définir la stratégie d'hybridation associée au système.

3 modes sont proposés :

- Mode automatique – géré par la loi d'énergie H2SYS. La pile démarre en fonction de l'état du SOC batterie.
- Mode Manuel - Le système est équipé de contacteurs pilotables manuellement et d'une stratégie de limitation de courant associée au convertisseur . L'utilisateur utilise l'interface tactile pour actionner les contacteurs et piloter le système.
- Mode Open - Pour les utilisateurs plus expérimentés, il est possible de programmer et tester ses propres lois de gestion d'énergie via l'utilisation du logiciel Matlab/Simulink.

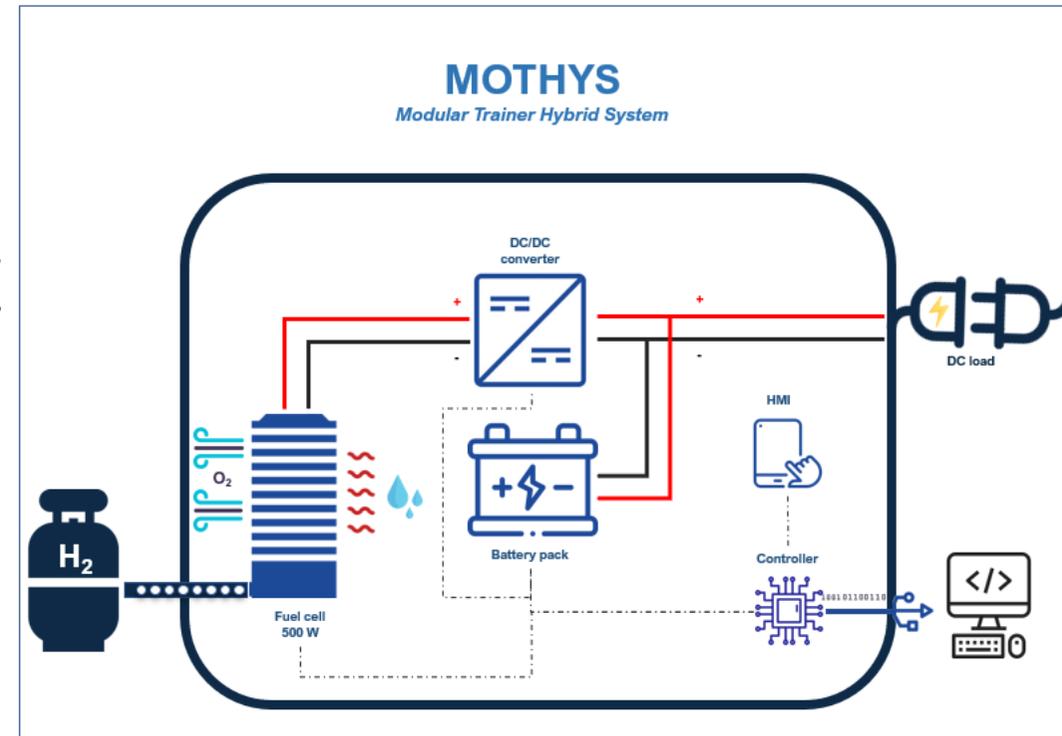


Exécutable Labview de pilotage de la pile à combustible Aircell

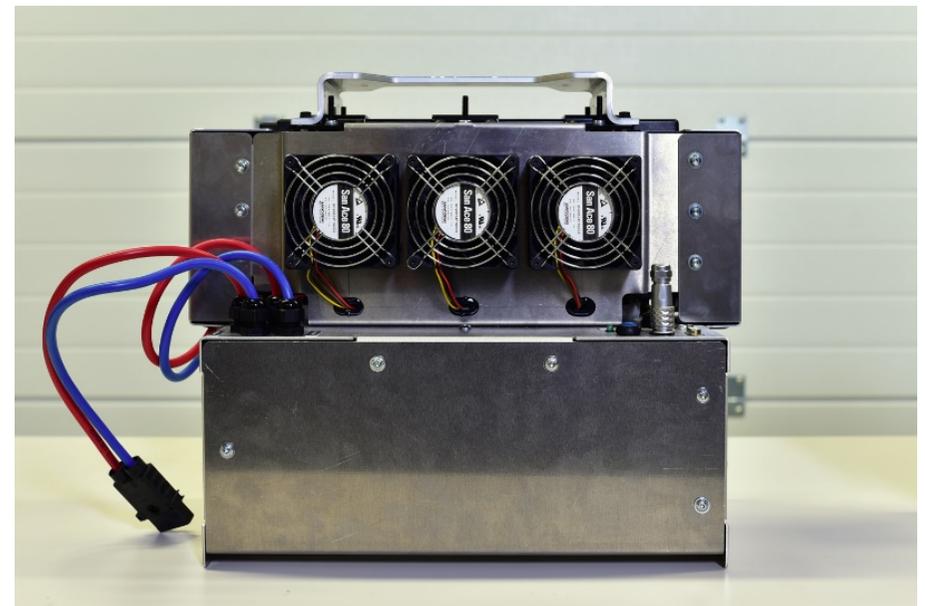
Consommation d'hydrogène: Pile à combustible

Système hybride Mothys

Mothys - Schéma de principe



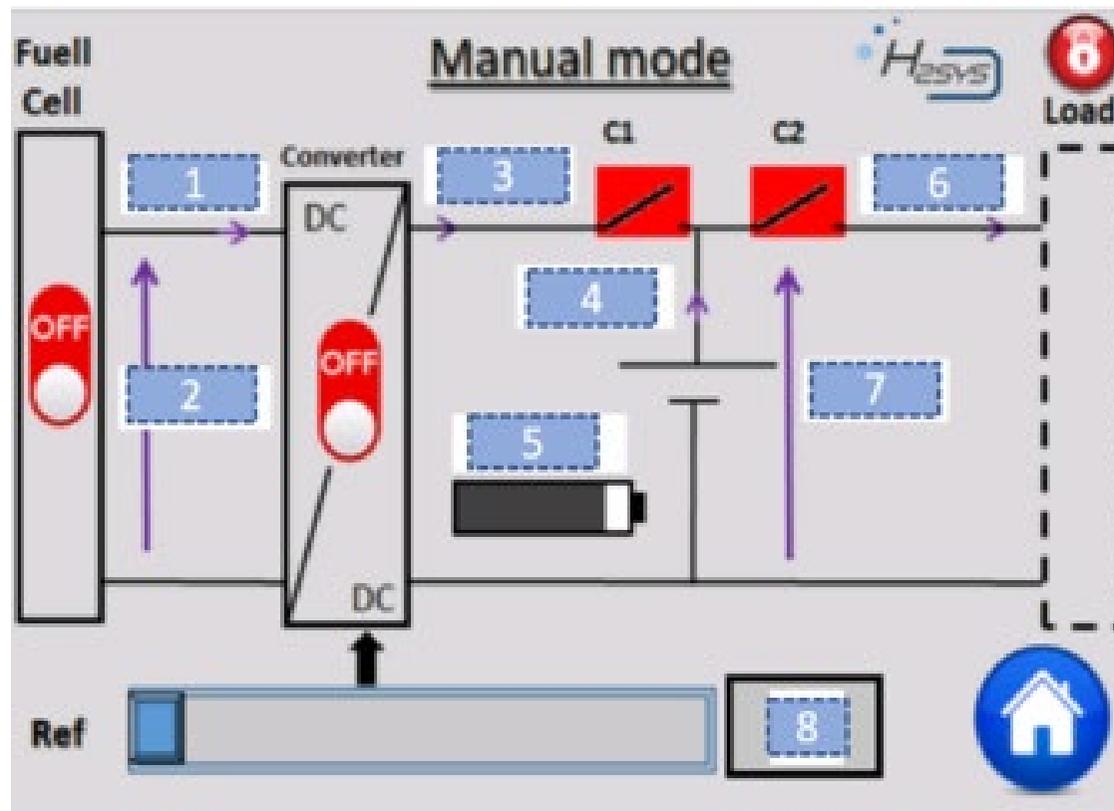
Mothys complet



Pile à combustible ACS 500
Puissance 500 W

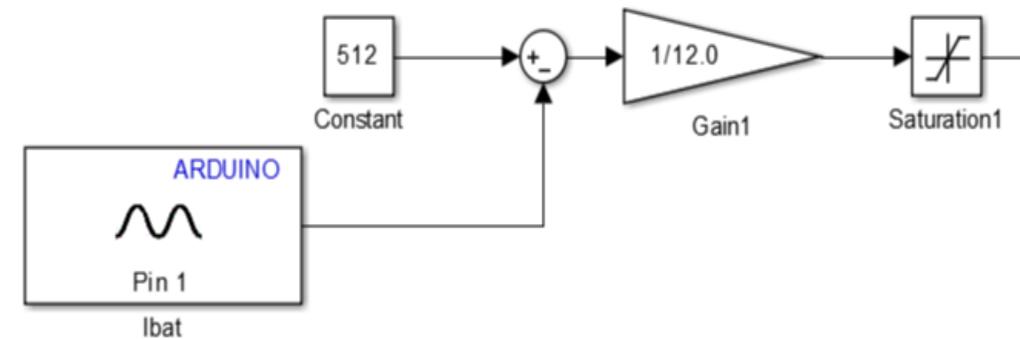
Consommation d'hydrogène: Pile à combustible

Système hybride Mothys



Présentation de l'IHM

Numéro	Informations affichées
1	Pile : courant délivré en sortie de stack (A)
2	Pile : tension en sortie de stack (V) + puissance pile (W) + température stack (°C)
3	Convertisseur : courant en sortie de DC/DC (A)
4	Batterie : courant délivré par la batterie (A) - valeur positive ou négative
5	Batterie : état du SOC batterie (%) + température batterie (°C)
6	MOTHYS : courant délivré en sortie (A)
7	Batterie : tension du pack batterie + puissance délivrée par la batterie (W)
8	Convertisseur : valeur du courant en sortie de DC/DC



Ce bloc permet de récupérer la valeur physique du courant (en A).

- Sélectionner dans la bibliothèque MATLAB – *Simulink Support Package* le block « Analog input »
- Se référer au tableau page 22 [Entrées analogiques Arduino](#)

Grandeur	Entrée Arduino	Analogique Formule	Numérique Formule
Tension batterie « Vbat »	AN0	$V_{bat} = V_{mes} \times 6.55$	$V_{bat} = (val_num \times 32) / 1000$
Courant batterie « Ibat »	AN1	$I_{bat} = (V_{mes} - 2.5) \times 17$	$I_{bat} = (val_num - 512) / 12$
« SOC »	AN2	$SOC = (V_{mes} \times 20)$	$SOC = (Val_num \times 100) / 1023$
Courant DC/DC « Ie »	AN3	$I_e = V_{mes} \times 8.18$	$I_e = (val_num \times 4) / 100$
Tension SPAC « Vspac »	AN4	$V_{spac} = V_{mes} \times 6.55$	$V_{spac} = (val_num \times 32) / 1000$
Courant SPAC « Ispac »	AN5	$I_e = V_{mes} \times 8.18$	$I_{spac} = (val_num \times 4) / 100$
Consigne Afficheur Mode open	AN6	0 - 5V	0 - 1023

- Définir les paramètres PIN (ici 1 – correspondant à la grandeur courant batterie souhaitée)
- Sélectionner l'outil mathématique « Sum » dans *Math Operation*
- La formule numérique indique « val_num – 512 »

Extrait du manuel Mothys, exemple de programmation sous Matlab Simulink

Production (Electrolyseur)

- Mise en route du système (installation)
- Compréhension des réactions chimiques et du fonctionnement
- Montage / Démontage / Remontage du système dans une armoire rackable
- Mise en place d'opérations de contrôle, tests de fuite, vérification des raccords
- Pilotage du système par l'intermédiaire de l'EMS
- Création d'espace de travail sur l'EMS
- Définition d'alertes concernant la maintenance
- Vérification de la conductivité de l'eau
- Changement des filtres (eau déminéralisée)
- Détection et recherche de fuite

Stockage et système fluidique

- Installation d'un détendeur sur une bouteille gaz
- Vérification d'une installation conformément à la norme NF M58-003
- Intervention en zone ATEX
- Recherche de fuite, vérification des raccords
- Purge d'un système avant intervention technique

Consommation (Pile à combustible Mothys)

- Réaliser une courbe de polarisation sur le système pile pour connaître son état de dégradation
- Vérification de l'état de charge de la batterie par rapport aux caractéristiques initiales
- Simulation d'un système hybride – pile / batterie
- Implantation de lois d'énergie en utilisant le logiciel Matlab / Simulink (programmation par bloc)
- Collecte d'information de fonctionnement par Labview
- Changement d'un filtre à air pile à combustible
- Tests de charge sur un moteur à courant continu
- Intervention sur système électrique
- Changement de fusibles
- Réalisation d'un dimensionnement électrique

Fourniture documentaire



L'ensemble des documents suivants sont fournis sous forme papier en langue française en un (1) exemplaire et sous forme numérique par l'intermédiaire d'une clé USB :

- Manuel de fonctionnement et de maintenance du système électrolyseur
- Schéma PI&D associé à la partie pipping (à définir)
- Manuel de fonctionnement pour le système PAC
- Manuel de fonctionnement pour le système MOTHYS
- Guide installation pour l'interface Labview / exécutable de la PAC
- Travaux pratiques et contenus pédagogiques

Un QR code sera apposé sur les équipements permettant de télécharger la documentation technique des équipements et les opérations de maintenance inhérentes.

En cas de perte des documents, H2SYS et ERM s'engagent à renvoyer gratuitement pendant 2 ans, sur simple demande à l'adresse : info@h2sys.fr l'ensemble de ces documents sous format électronique.

Evolutivité du système fourni

Dans l'hypothèse où le client souhaite faire évoluer son installation, il pourra, par exemple:

- Augmenter le nombre d'électrolyseurs pour avoir une quantité d'hydrogène stockée plus importante
- Travailler sur un compresseur hydrogène pour venir charger des réservoirs automobiles
- Implanter un moteur électrique directement en sortie du module Mothys
- ...

Norme NF M58-003

L'installation du système hydrogène (électrolyseur + stockage + pile) doit se faire en conformité avec la **norme NF M58-003 « Installation des systèmes mettant en œuvre l'hydrogène »**.

Cette norme fixe les exigences quant à l'installation des équipements fonctionnant à l'hydrogène, des équipements de distribution d'hydrogène et des récipients de stockage.

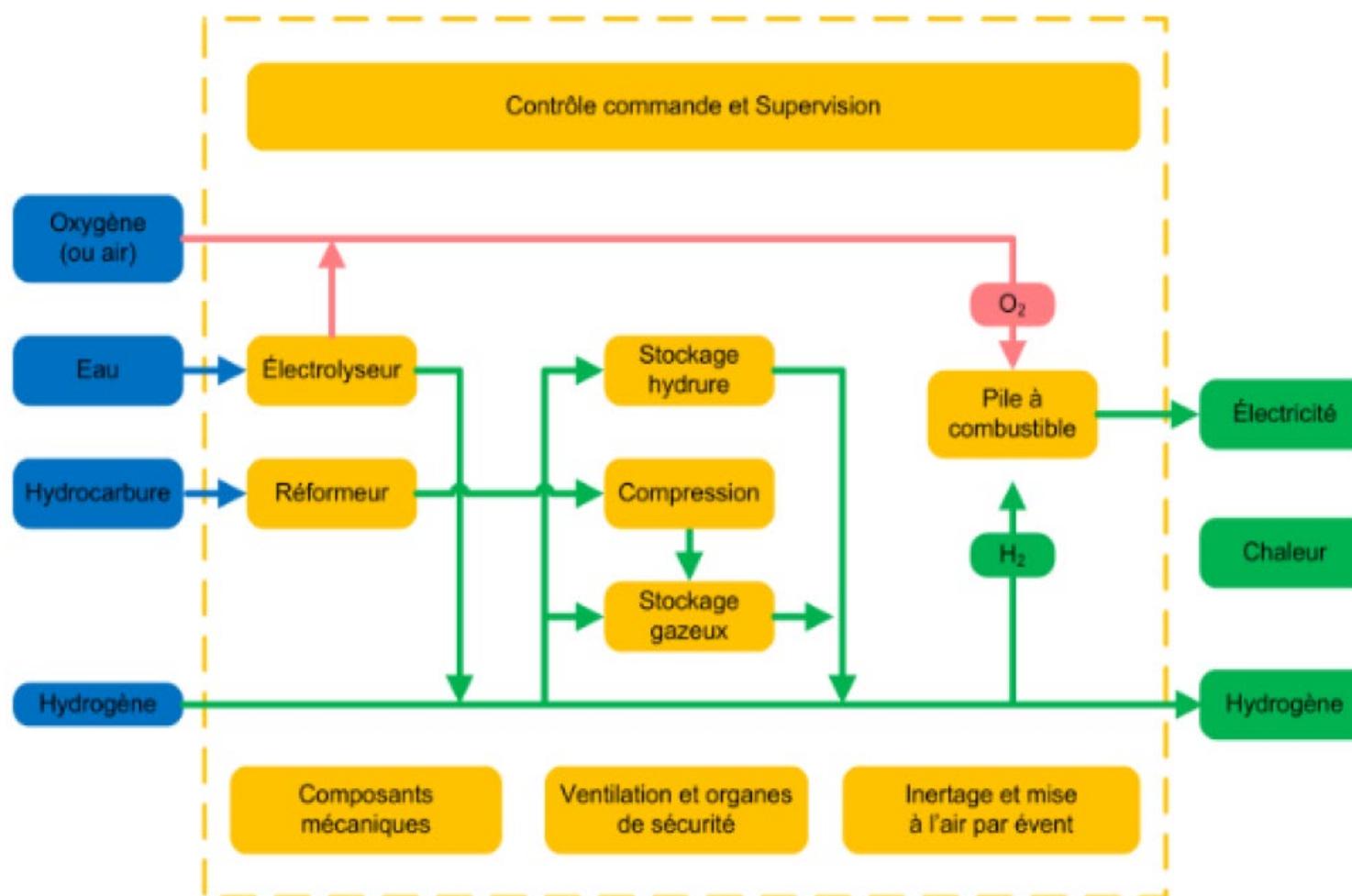


Schéma d'ensemble définissant le périmètre d'application de la norme NF M58-003

Contraintes générales d'installation

D'autres normes spécifiques peuvent s'appliquer notamment vu le statut de type ERP tel que sera considéré le bâtiment.

De fait, il est important que le système H₂ soit installé dans un local considéré comme local technique dédiée. Ce local doit comporter une ventilation vers l'extérieur pour éviter une accumulation d'hydrogène en cas de fuite.

Les calculs des débits de fuite prévisible et de fuite envisageable, les paramètres associés à la ventilation (passive ou mécanique) et au système de détection sont intégrés au projet.

L'électrolyseur dispose de ses propres sécurités, tout comme le système pile qui dispose d'un organe de détection et d'un arrêt d'urgence.

Spécificités liées au stockage d'hydrogène

Si un stockage hydrogène est prévu, une protection est nécessaire afin de prévenir l'accès non autorisé de la zone.

Un grillage d'une hauteur minimale de 2m au-dessus du sol sera installé avec un affichage préventif :

« Hydrogène – Gaz inflammable – Défense de fumer – Flamme nue interdite »

Le stockage étant prévu en extérieur, aucun dispositif de décharge d'urgence (DDU) n'est prévu. Ce point spécifique pourra être chiffré en complément si l'étude de risque fait ressortir une obligation de mettre en œuvre ce type d'équipement sur le PI&D.

Maintenance du système



La maintenance du système doit être prévue 1 fois par an. Elle peut s'intégrer aux modules pédagogiques de formation.

Cette maintenance permet de garantir la fiabilité du système lors de la reprise et prévenir les risques de fuite d'hydrogène.

Equipement	Vérification
Bouteille hydrogène	Quantité d'hydrogène restant, état des raccords, contrôle d'étanchéité.
Flexible hydrogène	Inspection visuelle de la tuyauterie, tests d'étanchéité, changement si date limite atteinte
Détendeur hydrogène	Changement des joints, vérification de l'étanchéité, vérification des pressions de fonctionnement
Centrale de détection de gaz	Test
Batterie	Vérification des tensions cellules, des capteurs, du serrage des connexions électriques, et des sécurités de l'état de charge
Extincteur	Vérification de la date de péremption
Système Mothys	Test de fonctionnement, vérification des rendements et des sécurités



561, allée Bellecour
84200 CARPENTRAS
FRANCE

Tel : +33 (0)4 90 60 05 68

Fax : + 33 (0)4 90 60 66 26

contact@erm-automatismes.com

www.erm-automatismes.com



Didactique | Robotique | Fab&Test | Energies

VOS INTERLOCUTEURS COMMERCIAUX

France : Lycées des régions Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val-de-Loire, Grand-Est, Hauts-de-France, Ile-de-France :

Hugo Jouhanneau

✉ h.jouhanneau@erm-automatismes.com

☎ +33 (0)6 76 87 13 32

France : Lycées des régions Bretagne, Normandie, Nouvelle-Aquitaine, Pays-De-La-Loire :

Lionel Penisson

✉ l.penisson@erm-automatismes.com

☎ +33 (0)6 72 14 98 55

France : Lycées des régions Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Occitanie, Provence-Alpes-Côte-D'Azur, Outremer :

Laurence Moulac

✉ l.moulac@erm-automatismes.com

☎ +33 (0)6 88 74 07 39

France : Enseignement supérieur :

Pascal Torsiello

✉ p.torsiello@erm-automatismes.com

☎ +33 (0)6 45 35 63 38

International :

Patrick Mestre

✉ p.mestre@erm-automatismes.com

☎ +33 (0)6 84 72 41 17