UNIVERSITÉ MARIE & LOUIS PASTEUR

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche
Direction des Affaires Financières (DAF)
Pôle achats

MARCHÉ PUBLIC
MARCHÉ DE FOURNITURES

Fourniture d'un système de stockage et de gestion d'énergie à hydrogène en conteneur

Cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

Consultation n° CCAP n°26.013 du 23/09/2026

Pour plus de précisions, le candidat peut contacter le référent technique, porteur du projet :

Responsables du suivi technique :

M. David BOUQUAIN, Mme. Marie-Cécile PERA, M. Daniel HISSEL, professeurs des Universités
FEMTO-ST/FC-LAB
13, rue Ernest Thierry-Mieg
90000 BELFORT

✆**:** 03.84.58.36.59
@: david.bouquain@umlp.fr ; marie-cecile.pera@umlp.fr
daniel.hissel@umlp.fr ;

Contact pour implantation sur site : M. Guillaume ROUSSILLON, Responsable du Pôle construction et Projets IUT -NFC à la Direction du Patrimoine Immobilier
@ Guillaume.roussillon@umlp.fr
✆ **: 03.81.66.66.86 / 06.68.32.46.21**

Table des matières

1 OBJET DE LA CONSULTATION 3
2 CONTEXTE 3
2.1 INTRODUCTION 3
2.2 LE MARCHE 3
2.3 REGLES D'EXECUTION ET DOCUMENTS DE REFERENCE 3
2.4 ACRONYME 4
3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES 4
3.1 INTRODUCTION 4
3.2 DESCRIPTION DU SYSTEME 4
3.3 PRINCIPE DE LA GESTION D'ENERGIE 7
3.4 SUIVI TECHNIQUE ET PEDAGOGIQUE – GESTION DES DONNEES 8
3.5 CREATION DE L'IMAGERIE DE L'INSTALLATION 8
4 CONDITIONS GENERALES 9
4.1 PILOTAGE DU PROJET 9
4.2 DELAI DU PROJET 9
4.3 LIVRAISON, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE 9
4.4 FORMATION DES UTILISATEURS 9
5 GARANTIE, MAINTENANCE ET CONSOMMABLES ASSOCIES A L'EQUIPEMENT 10
5.1 GARANTIE 10
5.3 LOGICIELS 10
6 DOCUMENTATION 10
7 ANNEXE 12
7.1 DONNEES SYSTEME PILE A COMBUSTIBLE 12
7.2 DONNEES SYSTEME ELECTROLYSEUR 14
7.3 DONNEES STOCKAGE H2 15
7.4 DONNEES PV 16
7.5 DONNEES ONDULEUR ET BATTERIE 16

1 Objet de la consultation

La présente consultation concerne la conception et la fourniture d'un système de stockage et de gestion d'énergie à hydrogène en conteneur permettant d'optimiser l'autoconsommation et l'autoproduction, de gérer les fluctuations de production et d'assurer une meilleure continuité d'alimentation d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment.

Ce système sera installé à proximité du bâtiment Energie, en cours de construction, sur le campus du Techn'Hom de l'Université Marie et Louis Pasteur / IUT-NFC, à Belfort, situé au 19 avenue Maréchal Juin.

2 Contexte

2.1 Introduction

La durabilité des systèmes électriques à hydrogène (électrolyseurs, piles à combustible, systèmes intégrés dans le transport ou les applications stationnaires) reste considérée comme l'un des principaux problèmes à résoudre avant de voir sur le marché des systèmes à hydrogène compétitifs. Pour augmenter cette durabilité, un cycle de conception vertueux des composants aux systèmes est nécessaire.

En effet, il est essentiel de pouvoir effectuer les tests de durabilité non seulement sur de petites piles à combustible ou électrolyseurs, mais aussi sur des piles et des systèmes à moyenne et pleine échelle, dans des conditions de fonctionnement réelles (plage de puissance, sollicitations de courant, température, humidité, vibrations, EMC, temps...) afin de permettre une extrapolation robuste des résultats.

Dans ce cadre, cet appel à projet vise à compléter les équipements du projet DurabilitHy pour évaluer les capacités d'un système hybridé batterie et hydrogène à répondre aux besoins d'un bâtiment en fonction de son environnement.

Il constituera un outil à vocation démonstrative, de recherche et pédagogique des capacités d'un mix-énergétique auprès du monde socio-économique.

Pour cela, le système devra produire de l'hydrogène à partir d'une source renouvelable (panneaux photovoltaïques hors scope de cet appel d'offre), de le stocker et de produire de l'électricité sur demande. Une hybridation avec une batterie électrochimique est nécessaire.

2.2 Le marché

Le présent appel d'offres concerne la fourniture d'une enceinte de type conteneur maritime accueillant un système énergétique complet de production et de stockage et de transformation d'hydrogène relié au réseau électrique d'un bâtiment voisin du site.

La figure 1 schématise la structure des diverses fonctions attendues.

Cet ensemble constitue un lot unique et est défini en plusieurs besoins qui seront décrits en section 3.2 de ce document.

1. **Enceinte (conteneur)**
2. **Alimentation électrique**
3. **Système électrolyseur de type PEM**
4. **Système Stockage d'hydrogène**
5. **Système Pile à hydrogène de type PEM**
6. **Système batteries**
7. **Enceinte (conteneur)**
8. **Gestion thermique de la chaine complète**
9. **Supervision et contrôle**
10. **Démonstration, pédagogie et preuve de concept**

2.3 Règles d'exécution et documents de référence

Le fournisseur devra se conformer aux lois, règlements normes en vigueur au moment des travaux. Les équipements fournis devront être marqués CE en conformité aux directives qui leur sont applicables.

Il conviendra notamment de se reporter :

- Au code du travail.
- Au code de l'environnement.
- Aux Règles de l'Art.
- Aux spécifications, règles de normalisation et recommandations publiées par l'UTE dans leur édition la plus récente, et notamment à la norme française C 15-100.
- Aux normes CEI en vigueur, en particulier, aux normes NF EN 60079-10-1 et suivantes sur les atmosphères explosives et à la norme NF M58-003 Système mettant en œuvre l'hydrogène.
- A la directive des équipements sous pression (DESP).
- A la directive Machine, si applicable.
- A toutes directives européennes auxquels les équipements doivent être conformes.
- Aux Guides d'Analyse de Risque pour l'identification des risques liés à la sécurité des personnes et des équipements durant leur cycle de vie.
- Toutes autres normes ou guides que le fournisseur pourra identifier durant le projet.

Le lauréat devra être en mesure de fournir tous les documents justificatifs nécessaires afin que l'UMLP puisse répondre aux sollicitations des organismes de contrôles qui visitent annuellement les installations.

2.4 Acronyme

DESP	Directive des équipements sous pression
EMS	Système de gestion de l'énergie (Energy Management System)
GTC	Gestion Thermique Centralisée
IHM	Interface Humain Machine
PEM	Membrane échangeuse de protons (Proton exchange Membrane)
P&ID	Schéma tuyauterie et instrumentation (Piping and Instrumentation Diagram)
PSE	Prestations supplémentaires éventuelles
UMLP	Université Marie et Louis Pasteur

3 Caractéristiques techniques

3.1 Introduction

Le candidat assurera la fourniture d'une chaîne énergétique à hydrogène comprenant un électrolyseur, un stockage d'hydrogène (sous pression ou solide), un pack de batterie et une pile à combustible, et un système de management de l'énergie dédié. La finalité est de tester des solutions d'autonomie énergétique d'un bâtiment par un stockage de moyenne à longue durée sous forme hydrogène, complémentaire du stockage par batteries, en valorisant les excédents de production photovoltaïque non absorbés par les usages ni par la batterie et en restituant l'énergie en période de déficit.

3.2 Description du système

Le conteneur disposera de 4 systèmes principaux :

- Système pile à combustible PEM : puissance nominale de 15 kW. Le candidat peut proposer un système mono ou multi stack (maximum 3 de puissance identique).
- Système électrolyseur PEM : puissance nominale 25 kW. Le candidat peut proposer un système mono ou multi stack (nombre raisonnable de stack). Le système devra fournir une qualité de gaz compatible avec les spécifications du système pile à combustible, notamment au niveau de la concentration en eau. Le système devra répondre aux dynamiques rapides liées à l'alimentation par énergie renouvelable de type profil photovoltaïque et éolien et tolérera les séquences de démarrage et d'arrêt commandées par l'EMS.
- Stockage hydrogène : masse maximale d'hydrogène de 20 kg. La technologie de stockage est libre du moment que le système est autonome et est en capacité d'assurer les débits d'hydrogène requis. On évitera toutefois l'usage de pressions trop élevées (au-delà de 150 bar). Un jeu de vannes permettra de gérer les flux d'hydrogène selon plusieurs configurations (système autonome, production H2 à l'extérieur du conteneur, alimentation H2 par l'extérieur, vidange du réservoir, remplissage du réservoir …). Les dispositifs d'instrumentation et de sécurité couvriront a minima la surveillance des états de fonctionnement, la détection d'anomalies et la protection des équipements, avec comptabilisation des pertes et purges.

- Batterie Li-Ion : on privilégiera la technologie LFP, la capacité utilise sera au minimum de 12 kWh utiles.

La Figure 1 présente le schéma de principe de l'installation.

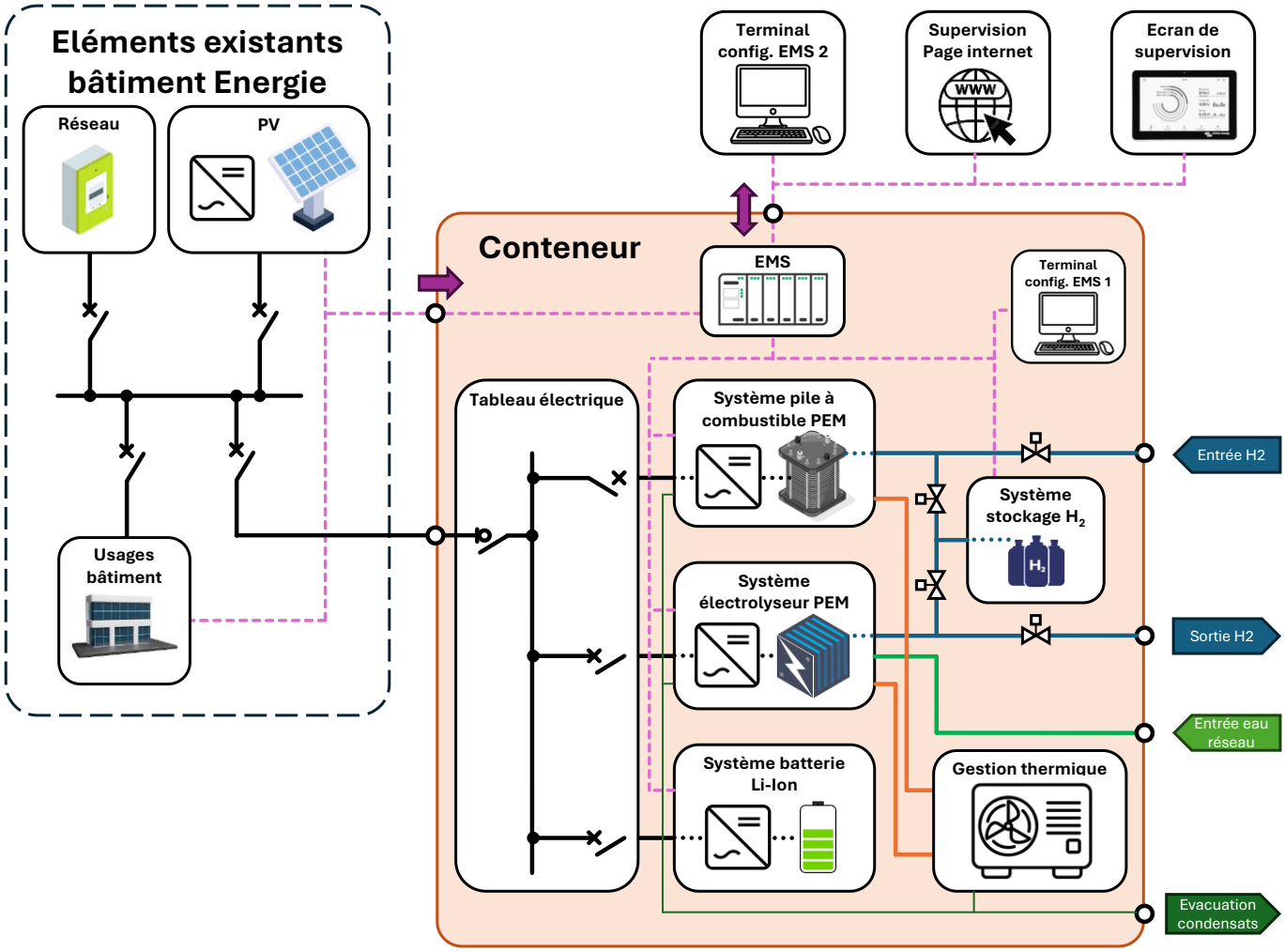


Figure 1 : schéma de principe de l'installation

Les différents besoins du système sont listés ci-dessous :

➢ **<u>Besoin 1 : Enceinte (conteneur)</u>**

Le candidat proposera l'intégration de l'ensemble des équipements dans un ou plusieurs conteneurs et s'assurera d'une implantation respectant les mesures et spécifications de sécurité nécessaires concernant la ventilation, refroidissement ou chauffage (maintien hors gel des équipements) tout en prenant en considération les contraintes d'exploitation, de maintenance, d'identification visuelle des principaux composants et de visite de l'installation.

Il est recommandé que toutes les interfaces de connexion externes soient regroupées dans un angle du plancher conteneur permettant ainsi le raccordement au bâtiment via un regard disponible à proximité. Ce regard disposera d'un départ électrique (400 V 63A), d'une alimentation en eau potable (PE DN32 avec un disconnecteur) et d'une évacuation d'eau usée (tuyau PVC DN 100).

Le conteneur devra être compatible avec la pose d'un bardage extérieur qui sera installé après la réception de l'équipement afin de répondre aux contraintes du PLU. Le conteneur devra être disposé de manière à assurer un isolement coupe-feu 2h de tout bâtiment. Le bâtiment voisin sera un ERP, donc pour être sûr de ne pas avoir de questionnement des pompiers, une distance minimale de 10 m est indispensable.

Le conteneur étant indépendant, il devra avoir sa propre alarme incendie.

Le conteneur devra pouvoir être déplaçable. Lors de sa livraison et réception en 2027, il sera installé et utilisé sur un site provisoire. En 2028, il sera déplacé par grutage à son emplacement définitif une fois les travaux du site finalisés. Le candidat devra donc prendre en compte cette contrainte.

Le conteneur (ou les conteneurs) devra être organisé de façon structurée et pédagogique, présentant distinctement les systèmes et les interconnexions. Un couloir de visite devra être aménagé dans le conteneur pour qu'une personne accompagnée, sans habilitation particulière, puisse visiter l'installation.

Les équipements intégreront les dispositifs de sécurité nécessaires et compatibles avec la visite de l'installation.

- **Besoin 2 : Alimentation électrique**

Les systèmes énergétiques (pile à combustible, électrolyseur, batterie … détaillés ci-après) intègreront leur propre convertisseur de puissance. Les systèmes échangeront l'énergie par un bus alternatif triphasé 400 V – 50 Hz dans un tableau électrique centralisé dans le conteneur. Ce tableau disposera d'une arrivée 63 A qui sera raccordée au TGBT du bâtiment voisin. Ce tableau général électrique devra permettre :

- de connecter le système au réseau électrique du bâtiment soit pour soutirer de l'énergie, soit pour lui en fournir ;
- d'alimenter les équipements de production d'hydrogène ;
- de connecter les équipements de production d'électricité à partir d'hydrogène ;
- de connecter les équipements de stockage électrique par batterie
- d'alimenter les équipements nécessaires aux diverses fonctions de production, stockage et transformation ;
- d'alimenter les équipements nécessaires au fonctionnement des enceintes et des équipements des enceintes
- d'alimenter les équipements nécessaires au fonctionnement à la déminéralisation de l'eau brute fournie ;

Ce tableau général sera connecté à un départ 400 V 63 A avec terre distribuée disponible dans un regard à proximité du conteneur mis à disposition par l'UMLP. L'électricité sera amenée depuis le TGBT du bâtiment le plus proche de l'installation.

- **Besoin 3 : Système électrolyseur de type PEM**

La fourniture d'une chaine complète de production d'hydrogène à partir de l'eau brute du réseau urbain fournie et de l'énergie électrique disponible. La puissance nominale de l'électrolyseur sera de 25 kW. La qualité de l'hydrogène produit et la pression de sortie seront compatibles avec le reste de la chaine hydrogène situé en aval.

- **Besoin 4 : Système Stockage d'hydrogène**

La fourniture d'un système de stockage de l'hydrogène sous pression. La masse d'hydrogène maximale stockée sera de 20 kg. La gestion du remplissage et de la consommation de l'hydrogène stockée devra tenir compte des spécifications des composants en amont et en aval. Une solution de stockage par hydrure métallique (dit stockage solide) est également possible.

- **Besoin 5 : Système Pile à hydrogène de type PEM**

La fourniture d'un système de production d'électricité par pile à combustible. L'alimentation en hydrogène pourra être faite directement à partir d'un système de stockage du site ou à partir du système de stockage d'hydrogène fourni. La puissance nominale électrique sera de 15 kW. Le refroidissement du système pile pourra être à eau ou à air.

- **Besoin 6 : Système batteries**

La fourniture d'un système de pack de batteries, équipé de son système d'équilibrage (BMS) Li-ion (technologie préférentiellement LFP mais d'autres options sont possibles), de capacité maximale 12 kWh. Le système devra assurer 3 fonctions : une fonction de stockage de la puissance photovoltaïque produite (charge), une fonction de fourniture de la puissance électrique selon le profil électrique des charges (décharge), une fonction de suivi de la dynamique d'appel de puissance des charges en complément du système pile à combustible (principe d'hybridation : fourniture des pics de puissance à dynamique élevée appelés par les charges et récupération de la puissance fournie par le système pile en cas de creux de puissance à dynamique élevée du profil électrique des charges). La puissance électrique maximale du système de batterie sera de 25 kW.

- **Besoin 7 : Gestion thermique de la chaine complète**

La gestion thermique pourra être proposée de façon centralisée ou système par système. La chaine complète devra fonctionner en autonomie du point de vue de sa gestion thermique. Aucun circuit hydraulique de refroidissement externe au(x) conteneur(s) ne sera disponible. Un comptage de l'énergie thermique produite devra être réalisé.

➢ **Besoin 8 : Supervision et contrôle**

Un système de gestion d'énergie (EMS) assurera la gestion de l'ensemble de la chaine selon un mode dit **autonome**, un mode dit **laboratoire** et un mode **expert**. Dans le mode **autonome**, l'EMS récupère les données en temps réel de la production photovoltaïque et de la consommation électrique du bâtiment Energie. Il contrôle alors les échanges de puissance selon une des lois de gestion prédéfinies. Dans le mode **laboratoire**, l'utilisateur définit ses propres profils d'alimentation électrique et de consommation électrique et choisit une des lois de gestion prédéfinies. L'un des deux profils définis par l'utilisateur pourra être celui mesuré en temps réel sur le bâtiment. Dans le mode **expert**, l'utilisateur définit ses profils de production et de consommation (qui pourront être ceux en temps réel du bâtiment), il définit sa propre loi de gestion d'énergie. Le système fera l'enregistrement de toutes les données. Le protocole de communication sera discuté pendant la phase de réalisation. Le système de supervision devra pouvoir se connecter à la GTC du bâtiment voisin.

Le conteneur disposera de 2 terminaux de configuration et supervision. Le premier sera installé dans le conteneur et sera utilisé essentiellement pour la mise au point, la maintenance mais aussi lors des visites. Le second sera installé dans le bâtiment voisin. Les deux terminaux seront identiques et devront assurer les mêmes fonctionnalités.

➢ **Besoin 9 : Démonstration, pédagogie et preuve de concept**

La conception du système global devra permettre de démontage et le remontage aisé d'un des composants de la chaine (électrolyseur, réservoir, pack batterie, pile à combustible, convertisseurs) pour permettre le test d'un autre composant dans le cadre d'un projet de recherche ou le test d'un prototype. La visite en sécurité de l'installation ainsi qu'une identification visuelle facilitée de chacun des composants cités précédemment devront être également prises en compte. L'IHM inclura un synoptique permettant de visualiser de manière pédagogique les échanges de puissance en temps réel.

3.3 Principe de la gestion d'énergie

Un contrôleur central (EMS) sera en charge de la gestion d'énergie du système global. On privilégiera un système industriel, robuste par exemple de type automate programmable. Pour cela il collectera les données de mesures provenant des systèmes du conteneur mais aussi de l'environnement extérieur telles que la production solaire disponible et la consommation d'énergie électrique du bâtiment sur lequel sera connecté le conteneur. L'EMS pilotera les systèmes en leur envoyant les consignes de puissance définies par les lois de gestion d'énergie.

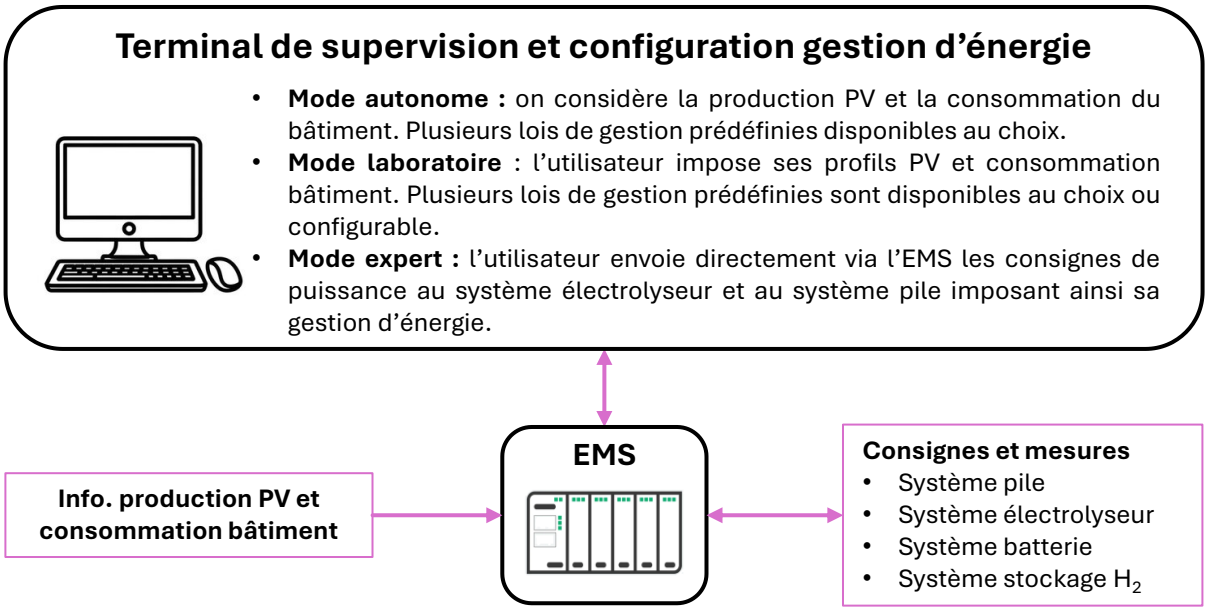


Figure 2 : principe de gestion d'énergie

L'EMS sera connecté à 2 terminaux (un dans le conteneur pour la mise au point, un autre distant) qui permettront de visualiser les différentes données des systèmes mais surtout pouvoir configurer la gestion d'énergie à appliquer. Trois modes sont proposés.

1. **Mode autonome :** il s'agit du mode de fonctionnement par défaut du conteneur. Il assure un fonctionnement en continu et automatique du conteneur en appliquant une loi de gestion d'énergie prédéfinie. Pour cela l'EMS pourra récupérer les données temps réel de production solaire et de consommation du bâtiment. Plusieurs lois de gestion prédéfinies pourront être disponibles au choix (optimiser l'autoconsommation,

optimiser l'autoproduction, effacement réseau heures pleines …). Ces lois de base seront définies lors de la mise en œuvre du projet ; elles seront paramétrables et documentées.

2. **Mode laboratoire** : l'utilisateur impose dans ce cas ses profils de production électrique et de consommation bâtiment. Via le terminal de configuration, l'utilisateur pourra charger des fichiers type CSV simulant ainsi des profils de production et de consommation personnalisés. L'utilisateur pourra utiliser les lois de gestion prédéfinies disponibles ou en définir de nouvelles.
3. **Mode expert :** dans ce cas particulier, l'utilisateur a la possibilité d'envoyer directement via l'EMS des consignes de puissance au système électrolyseur, au système pile et au système batterie. Ce mode permettra par exemple des fonctionnements spécifiques pour caractériser les composants (relevé de courbe de polarisation par exemple) afin de suivre l'évolution de leurs performances et de leur état de santé.

3.4 Suivi technique et pédagogique – gestion des données

Le projet intègre un dispositif complet de mesure, de collecte et transmission de données destiné à assurer le suivi technique, scientifique et pédagogique de l'installation. Ce dispositif constitue un élément essentiel, tant pour le pilotage énergétique que pour les usages universitaires et de recherche. Les données seront restituées de façon claire et pédagogique dans la supervision : libellés explicites, unités SI, échelles cohérentes, codes couleur homogènes, vues synoptiques et courbes historiques. Les données seront horodatées, historisées et consultables par sous-système. L'annexe détaille l'ensemble des données à instrumenter. Ce document précise, pour chaque sous-système (photovoltaïque, batteries, électrolyseur, pile à combustible, stockage hydrogène, consommation), les grandeurs mesurées ou collectées, classées en trois niveaux :

- **obligatoires**, nécessaires au fonctionnement du système, à la supervision et à l'évaluation des performances,
- **recommandés**, utiles à l'analyse scientifique et au retour d'expérience,
- **si possible**, permettant d'enrichir l'exploitation pédagogique ou la compréhension fine des phénomènes énergétiques.

Ce document constitue la référence pour la définition de l'instrumentation. Le candidat devra s'y conformer intégralement et justifier toute éventuelle non-applicabilité.

Le document annexé repose sur une hypothèse de pile à combustible à cathode fermée et refroidissement au liquide caloporteur. Si le candidat retient une technologie différente (par exemple une PAC à cathode ouverte ou refroidissement par air), il lui appartiendra de préciser avec rigueur quelles données sont concernées et de proposer les adaptations nécessaires.

La mise en œuvre du dispositif de mesure nécessitera une coordination pendant la phase de réalisation. Cette coordination portera sur l'ensemble des données listées dans le document de référence et visera à garantir :

- la cohérence des gammes de mesure, fréquences et pas d'acquisition,
- l'intégration des signaux dans la GTC et l'EMS
- la compatibilité avec les usages pédagogiques et de recherche.

Le candidat demeure responsable de la fourniture, de l'installation, du câblage, du paramétrage et de la mise en service de l'ensemble des capteurs et équipements de mesure nécessaires. Il pourra proposer des points de mesure additionnels lorsqu'ils contribuent à améliorer l'exploitation, la maintenance ou les capacités d'analyse du système.

Le candidat devra également proposer les modalités de communication et de stockage des données instrumentées (communication filaire, 4G, stockage cloud, stockage physique, cybersécurité, alertes sécurité et asservissements...). Ces éléments pourront être discutés pendant la phase de réalisation.

3.5 Création de l'imagerie de l'installation

Le candidat est chargé de la création et de l'intégration complète de l'imagerie dédiée à l'installation. Cette imagerie devra représenter de manière claire, fidèle et pédagogique l'ensemble des équipements : panneaux photovoltaïques installés sur le bâtiment ENERGIE, convertisseurs, batteries, électrolyseur, pile à combustible, réservoir d'hydrogène, organes de sécurité et interfaces avec le bâtiment. L'objectif est de permettre une lecture immédiate des flux, des états de fonctionnement, des grandeurs mesurées et des performances du système global.

Le candidat assurera la programmation, le paramétrage et la mise au point de cette imagerie pour une exploitation directe et fiable. Les interfaces de supervision devront être ergonomiques, intuitives et adaptées à un usage technique comme pédagogique, en permettant notamment :

- l'affichage en temps réel des états, puissances, pressions, niveaux, tensions, températures et rendements,
- la visualisation graphique des flux énergétiques entre les sous-systèmes,
- la mise en évidence des alarmes, défauts, anomalies ou dépassements de seuils critiques,
- la consultation d'historiques et de courbes de tendances sur des périodes configurables.

Le candidat proposera, dès la remise de son offre, un modèle d'écran global de l'installation et une vue détaillée pour chacun des sous-systèmes principaux : électrolyseur, pile à combustible, stockage hydrogène, stockage batteries et centrale photovoltaïque. Ces propositions devront expliciter les données visibles, les indicateurs de performance, la structuration des informations et l'ergonomie retenue. Elles s'appuieront sur les documents en annexe présentant l'ensemble des données obligatoires, recommandées ou optionnelles.

La visualisation globale de la supervision (affichant les flux de puissance, état de charge des stockages, bilan énergétique …) devra pouvoir être accessible depuis une page internet (sur PC, tablette et smartphone) et être également être affichable sur un grand écran (55 pouces mini) de la fourniture du candidat. Plusieurs fenêtres de visualisation pourront être proposées, il faudra alors que le grand écran soit tactile.

4 Conditions Générales

4.1 Pilotage du projet

- Dès réception de l'ordre de service, une réunion de lancement aura lieu pour déterminer les dates clés, confirmer les données d'entrée et clarifier les, éventuels, derniers points techniques.
- Une réunion de validation de conception aura lieu avant les lancements en fabrication des équipements. Durant cette revue, les documents de concept et de détail et les spécifications de programmation seront revus et agréés par les intervenants.
- Si nécessaire, à l'initiative de n'importe quel intervenant, et à n'importe quelle étape du projet, des réunions de clarification pourront avoir lieu pour clarifier ou amender, prendre position sur des hypothèse de dimensionnement, de fonctionnement.
- Une réception en usine sera organisée pour confirmer les modes de fonctionnement, les interconnexions entre les systèmes. La méthodologie de cette réception sera agréée lors de la réunion de validation et pourra être amendée par les intervenants après accord de toutes les parties.

4.2 Délai du projet

La livraison des équipements devra avoir lieu pour le **1er décembre 2027**.

Le fournisseur proposera un planning de réalisation qui présentera les différentes périodes d'étude, d'approvisionnement des éléments principaux, de la fabrication et des essais en usine. Il intégrera également les étapes clés et les jalons de validation.

Le fournisseur devra informer au plus tôt l'UMLP de tout retard ou de tout décalage du planning. L'installation et la mise en route se fera dans le mois qui suit la livraison. En cas de période fermeture des bâtiments, la période sera étendue de la même durée.

4.3 Livraison, installation et mise en service

Les prestations de livraison, d'installation, et de mise en service sur le site sont comprises dans le prix global de l'équipement. Elles devront être détaillées dans la proposition et seront assurées en totalité par le fournisseur. Ce dernier est réputé connaître les contraintes liées à la livraison.

4.4 Formation des utilisateurs

Le fournisseur proposera une formation destinée aux utilisateurs sur site à l'utilisation et l'entretien de l'installation et des systèmes de supervision. Le fournisseur précisera dans son offre le coût de la formation pour 5 personnes et les frais de déplacements s'il y a lieu.

5 Garantie, maintenance et consommables associes à l'équipement

5.1 Garantie

La garantie initiale sera de 24 mois minimum.

Le fournisseur chiffrera en option des extensions de garantie pour aller jusqu'à 36 ou 48 mois de garantie au total :

PSE - Prestations supplémentaires éventuelles - n° 1 et 2 : *En cas d'absence de chiffrage l'offre ne sera pas analysée. L'Université Marie & Louis Pasteur se réserve le droit de retenir ou non ces PSE. Le candidat en sera informé lors de l'attribution du marché.*
PSE n°1 : Le candidat devra chiffrer une année de garantie supplémentaire, portant la durée totale de la garantie à 3 ans. Les conditions de cette garantie seront identiques à la garantie de base du matériel
PSE n°2 : Le candidat devra chiffrer deux années de garantie supplémentaires portant la durée totale de la garantie à 4 ans. Les conditions de cette garantie seront identiques à la garantie de base du matériel.

5.2 Maintenance, consommables

Le fournisseur précisera et chiffrera le coût, la nature et la fréquence de remplacement des consommables. Le manuel devra intégrer un plan de maintenance indiquant la planification, le niveau de maintenance, les compétences et les habilitations requises.

5.3 Logiciels

Dans la mesure où des logiciels sont fournis par le fournisseur, ce dernier s'engage à informer l'UMLP des éventuelles modifications, mises à jour ou extensions du ou des logiciels et à en faire bénéficier gratuitement l'UMLP pendant une durée minimale de 5 ans.

5.4 Intervention

L'offre devra explicitement comprendre les conditions d'intervention en cas de panne avec délais et estimation des coûts afférents.

En cas de panne, le délai de remise en service ne devra pas excéder un mois.

6 Documentation

Selon la réglementation, l'équipement sera livré avec une notice d'instructions complète rédigée en langue française ou anglaise comprenant en particulier, conformément à la norme NF EN 292-2, les indications relatives à l'équipement de travail, à sa mise en service, à son environnement et à son utilisation ainsi que les indications nécessaires pour la maintenance (plan de la machine, enceinte, moyen de chauffage, accessoires, schémas d'installation électrique, etc.).

La documentation ci-dessous devra notamment être fournis en cours d'études et à la fin du projet en tant que « Tel que Construit » :

- Plan mécanique ;
- Schémas électriques développés ;
- P&ID des circuits ;
- Note de réglage des protections ;
- Liste d'instrumentation et réglages ;
- Certificat de calibration ou de réglage (pour les équipements de sécurité) ;
- Back-up des logiciels ;

- Liste des risques résiduels ;
- Liste des contraintes d'installation ;
- Manuel d'exploitation et de maintenance ;
- Dossier technique nécessaire aux exigences réglementaires applicables aux équipements (par exemple : équipement sous pression, Conformité électrique…).

Date, cachet et signature du candidat :

7 Annexe

7.1 Données système pile à combustible

Le tableau ci-dessous présente les données avec une hypothèse de technologie de pile à combustible à cathode fermée et refroidissement par liquide caloporteur. Si une autre technologie est utilisée (par exemple cathode ouverte avec refroidissement par air), certaines données n'ont pas lieu d'être. Dans le cas où le système est constitué de plusieurs stacks, les données ci-dessous s'entendent pour chacun des stacks.

Paramètres électriques (fréquence minimale de transmission souhaitée 1 Hz)		
Puissance électrique fournie nette (sortie système après DC/DC et onduleur)	W	Obligatoire
Puissance totale consommée par l'ensemble des auxiliaires	W	Obligatoire
Puissance compresseur air (et convertisseur)	W	Si possible
Puissance pompe circulation circuit de refroidissement	W	Si possible
Puissance pompe recirculation anodique (si présente)	W	Si possible
Puissance stack	W	Obligatoire
Tension stack	V	Obligatoire
Courant stack	A	Obligatoire
Tensions cellules ou groupes de cellules	V	Si possible
Tension sortie DC/DC	V	Si possible
Courant sortie DC/DC	A	Si possible
Tension sortie onduleur AC	V	Obligatoire
Courant sortie onduleur AC	I	Obligatoire
Facteur de puissance sortie onduleur AC	-	Recommandé
Paramètres fluidiques (fréquence minimale de transmission souhaitée 0,1 Hz)		
Pression H2 entrée système	Bar g	Obligatoire
Pression H2 entrée anode stack	Bar g	Recommandé
Pression Air entrée cathode stack	Bar g	Recommandé
Pression du fluide de refroidissement entrée stack refroidissement boucle primaire	Bar g	Si possible
Débit H2 entrée anode stack (après entrée boucle recirculation si existante)	Nlpm	Recommandé
Débit H2 entrée système (avant boucle recirculation si existante)	Nlpm	Obligatoire
Débit air entrée cathode stack	Nlpm	Obligatoire
Débit circuit refroidissement boucle primaire	Nlpm	Obligatoire
Température H2 entrée anode stack	°C	Recommandé
Température Air entrée cathode stack	°C	Recommandé
Température entrée stack circuit refroidissement boucle primaire	°C	Obligatoire

Température sortie stack circuit refroidissement boucle primaire	°C	Obligatoire
Température entrée échangeur circuit refroidissement boucle primaire	°C	Obligatoire
Température sortie échangeur circuit refroidissement boucle primaire	°C	Obligatoire
Température entrée échangeur circuit refroidissement externe	°C	Obligatoire (en fonction de la solution retenue)
Température sortie échangeur circuit refroidissement externe	°C	Obligatoire (en fonction de la solution retenue)
Autres données		
Durée totale de fonctionnement	h	Obligatoire
Nombre de démarrages	-	Obligatoire
Nombre d'arrêts sur défaut système	-	Obligatoire
Local technique		
Température ambiante	°C	Obligatoire
Humidité	%	Obligatoire

7.2 Données système électrolyseur

Dans le cas où le système est constitué de plusieurs stacks, les données ci-dessous s'entendent pour chacun des stacks.

Paramètres électriques (fréquence minimale de transmission souhaitée 1 Hz)		
Puissance électrique consommée (AC)	W (AC)	Obligatoire
Tension alimentation AC	V (AC)	Obligatoire
Courant alimentation AC	I (AC)	Obligatoire
Facteur de puissance alimentation AC	-	Recommandé
Puissance totale consommée par l'ensemble des auxiliaires	W	Obligatoire
Puissance pompe circulation cathodique (si présente)	W	Si possible
Puissance pompe circulation anodique	W	Si possible
Puissance stack (ou stacks)	W	Obligatoire
Tension stack (ou stacks)	V	Obligatoire
Courant stack (ou stacks)	A	Obligatoire
Paramètres fluidiques (fréquence minimale de transmission souhaitée 0,1 Hz)		
Pression sortie H2 cathode	Bar g	Obligatoire
Pression sortie O2 anode (si mis sous pression)	Bar g	Obligatoire si anode sous pression
Pression boucle circulation eau cathode (si cathode humide)	Bar g	Obligatoire si cathode humide
Pression boucle circulation eau anode	Bar g	Obligatoire
Débit H2 sortie cathode (après séchage)	Nlpm	Obligatoire
Débit O2 sortie anode (après séchage)	Nlpm	Si existant
Débit boucle circulation eau anode	Nlpm	Obligatoire
Débit boucle circulation eau cathode (si existant – cathode humide)	Nlpm	Obligatoire si cathode humide
Température eau entrée anode	°C	Obligatoire
Température eau sortie anode	°C	Obligatoire
Température eau entrée cathode (si existant – cathode humide)	°C	Obligatoire si cathode humide
Température eau sortie cathode (si existant – cathode humide)	°C	Obligatoire si cathode humide
Autres données		
Durée totale de fonctionnement	h	Obligatoire
Nombre de démarrages	-	Obligatoire
Nombre d'arrêts sur défaut système	-	Obligatoire
Conductivité de l'eau	µS/cm	Si existant
Local technique		
Température ambiante		Obligatoire
Humidité		Obligatoire

7.3 Données stockage H2

Le tableau ci-dessous présente les données avec une hypothèse de stockage gazeux sous pression. Si une autre technologie est utilisée (par exemple stockage solide), les données seront adaptées, l'objectif étant qu'elles doivent permettre la modélisation précise du fonctionnement de l'installation (du type jumeau numérique). Dans le cas où le système est constitué de plusieurs réservoirs, les données ci-dessous s'entendent pour chacun des réservoirs.

Paramètres électriques (fréquence minimale de transmission souhaitée 1Hz)		
Puissance consommée système compresseur (AC)	W	Obligatoire si existant
Tension alimentation AC	V (AC)	Obligatoire
Courant alimentation AC	I (AC)	Obligatoire
Facteur de puissance alimentation AC	-	Recommandé
Paramètres fluidiques (fréquence minimale de transmission souhaitée 0,1 Hz)		
Pression réservoir	Bar g	Obligatoire
Etat de charge réservoir	%	Obligatoire : dépend du volume H2 stocké
Débit « entrant » réservoir	Nlpm	Obligatoire
Débit « sortant » réservoir	Nlpm	Obligatoire
Température réservoir(s)		Si possible
Températures gaz entrée et sortie compresseur		Recommandé (si existant)
Si une technologie à base d'hydrures métalliques est proposée : fourniture des mesures liées aux échanges thermiques des réservoirs		Obligatoire
Autres données		
Durée totale de fonctionnement compresseur	h	Obligatoire (si existant)
Nombre de démarrages compresseur	-	Obligatoire (si existant)
Nombre d'arrêts sur défaut compresseur et/ou réservoir(s)	-	Obligatoire (si existant)
Température ambiante	°C	Obligatoire

7.4 Données PV

Paramètres électriques (fréquence minimale de transmission souhaitée 1 Hz)		
Puissance sortie PV (DC)	W	Obligatoire – recopie des informations collectées sur le bâtiment ENERGIE
Tension sortie PV (DC)	V	Obligatoire – recopie des informations collectées sur le bâtiment ENERGIE
Courant sortie PV (DC)	A	Obligatoire – recopie des informations collectées sur le bâtiment ENERGIE
Autres données (fréquence minimale de transmission souhaitée 0,1 Hz)		
Irradiance	W/m²	Obligatoire – recopie des informations collectées sur le bâtiment ENERGIE
Température ambiante au niveau des PV	°C	Obligatoire – recopie des informations collectées sur le bâtiment ENERGIE

7.5 Données onduleur et batterie

Paramètres électriques (fréquence minimale de transmission souhaitée 1 Hz)		
Puissance sortie onduleur (AC)	W	Obligatoire
Tension sortie onduleur (AC)	V	Obligatoire
Courant sortie onduleur (AC)	A	Obligatoire
Puissance batterie (DC)	W	Obligatoire
Tension batterie (DC)	V	Obligatoire
Courant batterie (DC)	A	Obligatoire
Etat de charge batterie (SoC)	%	Obligatoire
Etat de santé batterie (SoH)	%	Obligatoire
Energie cumulée charge batterie	kWh	Recommandé
Energie cumulée décharge batterie	kWh	Recommandé
Rendement onduleur	%	Recommandé
Données thermiques (fréquence minimale de transmission 0,1 Hz)		
Température batteries	°C	Obligatoire si technologie Li-Ion
Autres données		
Durée totale de fonctionnement système	h	Obligatoire
Nombre d'arrêts sur défaut	-	Obligatoire
Local technique		
Température ambiante	°C	Obligatoire