

Rapport semestriel PEPSE du bénéficiaire UMONS **(Période : 01/07/2020 au 31/12/2020)**

1. Mise en œuvre du projet

1.1 Objectifs et tâches pour l'ensemble du projet (rappels)

Le projet PEPSE consiste en la conception, le développement et la mise en place des infrastructures et des équipements d'un poste d'essais pour des dispositifs de production, de stockage et de distribution de chaleur et de froid dans les bâtiments.

Le poste d'essai est « semi-virtuel » : les sources et charges peuvent être réels ou virtuels ; dans ce dernier cas, leurs comportements, dictés par les conditions de test, sont émulés ; un système de supervision et de contrôle pilote les interfaces physiques connectées au dispositif en test. Les interfaces sont alimentées en eau chaude et en eau froide par deux importants systèmes de production/distribution d'énergie (en chaud et en froid).

Le poste d'essais permettra de tester des dispositifs hydrauliques et/ou aérauliques, voire partiellement électriques. Il sera principalement utilisé par les autres projets de recherche du Centre mais également pour le prototypage par des équipes extérieures (soutien aux mémoires et thèses de doctorat), et aussi pour le test de systèmes commercialisés dans le cadre d'essais normalisés (nouveaux produits des entreprises du secteur) ou libres (tests en conditions réelles d'utilisation).

Le poste d'essais sera conçu de manière à pourvoir le site du CUZG en énergie thermique de chauffage, notamment par récupération de l'énergie des tests (autrement dit, la partie réservée au Centre d'Excellence en Efficacité Energétique est énergétiquement autonome). De plus, il démontrera une performance énergétique exprimée par niveaux d'indicateurs énergétiques.

L'ensemble du projet s'articule autour des tâches (ou « Work Packages (WP) ») suivantes :

- Supervision et contact avec le secteur (WP1) : il s'agit de coordonner et supporter le projet et d'assurer un transfert d'information bilatéral avec le secteur.
- Etude préliminaire (WP2) : il s'agit de déterminer les caractéristiques du poste et d'assurer une complémentarité avec les équipements existants. Cette tâche comporte les aspects suivants :
 - Evaluation des besoins des utilisateurs potentiels du poste d'essais ;
 - Études bibliographique et technique des laboratoires d'essais existants ; contacts et visites de laboratoires de type analogue ;
 - Etablissement d'un inventaire des tests possibles.
- Conception et dimensionnement du poste d'essai (WP3), à la fois pour la partie « infrastructure physique » (WP3.1) et pour la partie « émulation et logiciel » (WP3.2). Cette tâche comporte les aspects suivants :

- Prise de contacts préliminaires avec les fabricants ;
- Dimensionnement des équipements : taille, puissance et fonctionnalités des principaux équipements, y compris l'instrumentation, la régulation et le logiciel de supervision ;
- Description fonctionnelle et technique : rédaction de documents décrivant les équipements en termes de caractéristiques et fonctionnalités.
- Recherche des fournisseurs et commande des équipements (WP4) : rédaction et envoi des spécifications techniques (cahier des charges), réception, évaluation et procédure de sélection des offres.
- Montage et validation (WP5) : il s'agit de réceptionner et tester les équipements.

L'équipe de l'UMONS est impliquée dans les tâches WP2 à WP5.

1.2 Résumé des réalisations pendant la période

Sur base du Plan d'actions, cette période s'inscrit dans le WP3 « Conception et dimensionnement du poste d'essai » et dans le WP4 « Recherche des fournisseurs et commande des équipements ».

Le WP3 est décomposé en WP3.1 pour la partie « matériel » et WP3.2 pour la partie « émulation et logiciel ». Le WP4 se base sur les conclusions du WP3 et consiste en l'établissement des spécifications techniques des équipements et en la recherche des fournisseurs compétents et commandes.

Pour rappel, la période précédente, un travail important dans la spécification technique des équipements, sous forme de guidance et d'assistance pour les architectes produisant le cahier des charges de rénovation du CUZG avait été finalisé (WP3.1) et certaines tâches relatives au WP3.2 avaient été effectuées. La priorité à la Tâche WP3.1 se justifiait par l'alignement nécessaire du plan de travail du projet PEPSE avec celui de la rénovation du bâtiment CUZG. Cette rénovation concerne à la fois une autre fiche projet du portefeuille C3E2D et un autre portefeuille ayant ses propres objectifs. A la charnière entre cette présente période et la période précédente, les entreprises responsables de la rénovation ont été désignées et les travaux ont commencé. La présente période a donc été dévolue à la tâche WP3, sous-tâches WP3.2 principalement. En ce sens, le plan de travail a donc été légèrement modifié du fait que nous sommes dans l'attente de la documentation technique que doit fournir la société désignée pour la réalisation des travaux ; sans cette documentation il n'est pas possible de poursuivre actuellement le volet 3.1 du WP3 ni la tâche WP4. Pour l'UMONS, l'objectif principal de la Tâche WP3.2 est d'étudier par simulation le comportement du poste d'essais pour accélérer sa prise en main lorsque l'infrastructure sera disponible et d'alimenter ainsi la réflexion sur les protocoles de tests.

La répartition du travail a été plus précisément la suivante :

- Un travail important dans la conception et le dimensionnement « émulation et logiciel » (WP3.2) : il a conduit à deux réunions avec le partenaire CENAERO (05/07 et 22/09) pour la confirmation des besoins en logiciel et la prise en main par UMONS de la suite des tâches liées à l'émulation ; plusieurs documents ont été rédigés afin de clarifier certains besoins spécifiques de l'émulation ;
- Une prise en main du logiciel de simulation multi-physique COMSOL a aussi été réalisée dans le cadre du WP3.2 ; ceci a conduit à une participation à la conférence annuelle COMSOL les 14 et 15 octobre 2020 ;
- Une visite de chantier qui a eu lieu le 16 octobre 2020.

1.3 Description détaillée de la mise en œuvre

a. Tâches réalisées sur la période (et liens avec les tâches antérieures)

Lors de cette période, le travail s'est concentré sur

- Des tâches de développement de logiciel écrit en C# permettant de déterminer les points de fonctionnement du banc d'essais et de simuler ce dernier (volet 1).
- Une tâche permettant la création de nouveaux types en TRNSYS (volet 2).
- Des tâches de simulation de comportement statique et dynamique de certains composants avec COMSOL (volet 3).
- Des tâches de simulation en TRNSYS du comportement de l'installation en amont des ballons (volet 4).
- Une tâche visant à la mise en commun pour le projet de modèles existants au sein des divers partenaires (volet 5).

Dans le volet 1 (WP 3.2) :

- Des modifications ont été apportées aux logiciels développés en C# afin de refléter les plans des circuits hydrauliques arrêtés et joints au cahier des charges :
 - Ajout de l'échangeur entre la chaudière et le ballon.
 - Ajout de la vanne 3 voies entre la chaudière et le ballon.
 - Formulation de la troisième loi de comportement du ballon.
 - Nouvelle formule de la loi rQrT pour les ballons.
 - Introduction des vitesses limites des fluides pour les canaux des échangeurs.
 - Introduction du débit maximum par échangeur.
 - Suppression du by-pass après le ballon.
 - Le ballon dit « moyen » a la vanne 3 voies entre l'échangeur et le ballon, le ballon dit « chaud » a la vanne 3 voies entre la chaudière et l'échangeur ce qui correspond au schéma hydraulique arrêté pour le cahier des charges.

Diverses annexes se rapportent à ces points :

- Modifications dans la nouvelle version du logiciel (Annexe 1.1) ;
- Quelques résultats de simulations obtenus avec la nouvelle version (Annexe 1.2).

Dans le volet 2 (WP 3.2) :

- Nous avons développé une procédure qui permet d'enrichir les bibliothèques de Types (ou modèles) de TRNSYS. Cette procédure est basée sur un « template » de programme en C++ et un environnement Microsoft Visual C++. Un document a été rédigé qui décrit les étapes de la procédure et est complété à l'aide d'un exemple. Cet exemple est un modèle dynamique, résistif-capacitif RnCm d'un bâtiment (Annexe 2.1) ;

Dans le volet 3 (WP 3.2) :

- Une partie a été dédiée à la modélisation d'un ballon avec TRNSYS. Il s'agit de la continuité d'une étude effectuée au premier semestre 2020 (voir annexe 3.5 du reporting associé (section « Modélisation du ballon (seconde étude) »)), mais développée cette fois pour plusieurs débits couvrant la gamme de débits d'intérêt pour l'installation. Le travail comporte, pour plusieurs débits au primaire et secondaire du ballon,
 - Une étude en COMSOL d'un ballon au comportement globalement semblable à celui du ballon réel (l'approximation permet d'éviter des singularités empêchant une bonne résolution des équations) ;
 - Une identification du modèle TRNSYS de ballon le plus approprié, basé sur l'adéquation des réponses en température (adéquation visuelle et basée sur critère numérique) ;
- Le rapport de ce travail se trouve à l'annexe 3.1.

- Comme les ballons sont l'élément clé pour trouver un point de fonctionnement et assurer la température de départ de l'élément à tester, l'étude COMSOL a été menée pour déterminer des lois de comportement du ballon dans le logiciel C# ;
 - Le rapport de ce travail se trouve à l'annexe 3.2.

- Des simulations en régime stationnaire sur un ballon aux caractéristiques réelles ont été faites de manière à analyser le comportement du ballon sollicité à diverses puissances allant de 5 à 160 kW ;
 - Le rapport de ce travail se trouve à l'annexe 3.3.

Dans le volet 4 (WP 3.2) :

- Nous avons évalué, en simulation sous TRNSYS, l'importance de l'utilisation et de l'agencement de certains composants en amont des ballons ; pour le cas, il s'agit de la position de la vanne à 3 voies qui pilote la température de sortie des ballons vers les modules satellites ; selon cette position, la rapidité de la réponse en température mais aussi l'amplitude de puissance ou de débit à la machine de production sont très différents. Cette analyse apporte un éclairage supplémentaire quant à l'importance du choix et de la position des éléments de régulation (Annexe 4.1) ;

Dans le volet 5 (WP 3.2) :

- Il a été initié une tâche visant à mettre à la disposition du projet PEPSE des modèles déjà développés par les partenaires ; dans le cas de l'UMONS, il s'est agi de faire un inventaire des modèles existants (typiquement développés en TRNSYS ou en MATLAB) au sein du Service de Thermodynamique. Cette liste se trouve à l'Annexe 5.1.

b. Retards dans l'avancement

Le déroulement du projet respecte le Plan d'Actions tel que revu en 2020. Pour rappel, des adaptations du plan de travail initial ont dû être faites pour aligner l'agenda du projet PEPSE à celui de la rénovation du bâtiment dans lequel seront intégrées les infrastructures PEPSE.

c. Suivi des acquisitions et commandes

Sans objet

d. Evolution du personnel

Sur la période allant du 1/7/2020 au 31/12/2020, le personnel engagé est :

- 1 ETP Dr. Ir à 100%
- 1 ETP Master à 80%

1.4 Facteurs bloquants et facilitateurs lors de la mise en œuvre

Sans objet pour cette période.

2. Résultats obtenus

Le rapport relatif à la période précédente faisait état des résultats spécifiques suivants :

- L'étude de points de fonctionnement du poste d'essais;
- L'étude du comportement des ballons ;
- L'étude de l'influence des vannes à 3 voies ;
- La simulation de la boucle hydraulique dans son ensemble.

Les résultats obtenus au cours de cette période sont des évolutions des résultats précédents suite aux analyses des tests possibles.

Durant cette période les ballons de stockage ont fait l'objet d'une étude approfondie afin de pouvoir simuler et comprendre leur comportement en statique et en dynamique au sein de la boucle de test.

Un des autres points essentiels de ces infrastructures conçues par le projet PEPSE est la conception de la régulation et en particulier le comportement des vannes à 3 voies et l'incidence sur leur point de fonctionnement sur la capacité du circuit hydraulique à s'adapter à une variation de la demande en température ou en débit.

En résumé, les résultats essentiels obtenus pendant cette période sont :

- un ensemble de résultats permettant de prévoir le comportement des futurs tests à réaliser sur les infrastructures PEPSE.
- un ensemble de résultats permettant de définir les paramètres à utiliser dans les émulations de composants comme le ballon chaud.

- la possibilité de créer un nouveau composant pour la simulation TRNSYS
- une meilleure compréhension des simulations des ballons avec le logiciel COMSOL.

2.1 Impacts/Valorisation

Ce point est essentiellement traité par le partenaire CSTC et consiste à prendre des contacts avec de futurs utilisateurs potentiels des infrastructures.

En outre, cette période a permis de continuer à étudier les futurs tests qui seront faits grâce aux installations. L'impact essentiel des résultats sur le projet est donc la mise à disposition d'outils

- permettant la définition des protocoles des futurs tests.
- permettant la régulation du poste d'essais et l'émulation de certains composants (composants virtuels lors d'un test).

Une première réflexion a eu lieu concernant les premiers tests à réaliser sur base de l'intérêt potentiel de ceux-ci dans le cadre de la mise en œuvre de communautés énergétiques.

3. Coopération dans le cadre de partenariats-synergies et liens avec d'autres projets

Au cours de cette période les contacts ont été poursuivis avec le partenaire asbl CUZG qui gère la rénovation du bâtiment CUZG et donc qui est responsable de la fiche projet « infrastructures et rénovation » de la partie du bâtiment CUZG dans laquelle seront localisées certaines infrastructures du C3E2D, dont les infrastructures PEPSE. Il s'agissait essentiellement d'échange d'informations sur le chantier des travaux en cours.

Comme signalé au point 2.1, une première réflexion a eu lieu concernant les premiers tests à réaliser sur base de l'intérêt potentiel de ceux-ci dans le cadre de la mise en œuvre de communautés énergétique. Cette réflexion a été initiée à l'UMONS et ensuite partagée avec les partenaires des projets PEPSE mais également d'autres partenaires, notamment ceux du projet CAES-CET. La réflexion menée à l'UMONS a également permis de déposer un projet dans le cadre de l'appel « Living Labs-Communautés énergétiques » lancé en août 2020 par la Région Wallonne. Ce projet n'a malheureusement pas été retenu mais il a permis d'approfondir la réflexion sur le rôle des infrastructures PEPSE dans le cadre de réalisations concrètes de communautés énergétiques. Il a également permis d'approfondir le cadre partenarial. Dans le cadre de ce projet deux entreprises travaillant dans le domaine des technologies énergétiques étaient partenaires.

4. Perspectives à venir

4.1 Travaux prévus pour la période suivante

Comme prévu dans le plan de travail, la période suivante sera consacrée à la Tâche WP3.2 ; en fonction de la réception de documents techniques il pourra y avoir quelques tâches liées au WP4 avec un feedback sur le WP3.1 le cas échéant.

5. Publicité et information

Ce point est essentiellement à charge du coordinateur (CSTC).