



Développement de systèmes multi-fonctions & multi-énergies : apports de la simulation au processus d'innovation ?

Mardi 7 février 2012 – 14h30-15h00

Jean NOEL, Responsable Modélisation, CETIAT



- Le « **CE**ntre **T**echnique des **I**ndustries **A**érauliques et **T**hermiques » (135 p., 12 M CA avec 2/3 prestations) est support de **350 entreprises « ressortissantes »** fabricants de systèmes de chauffage, ventilation, filtration et conditionnement d'air, etc. (bâtiment et industrie).
- Il vient en support technique en **modélisation** (ballons ECS, capteurs solaires, PAC, etc.) et en **simulation** (logiciel BOOST, architecturé comme TRNSYS, SimuLink, etc.).
- La demande de simulation est forte, pour **abaisser les coûts** et **délais** de mise au point de systèmes innovants, liés aux phases expérimentales.



- Un **système multi-fonctions** assure la ventilation, et/ou le chauffage/refroidissement, et/ou la production d'ECS, par l'association et la combinaison du fonctionnement de différents composants et énergies, avec un objectif d'optimisation des performances, des coûts et de la valorisation des énergies.
- Un **système multi-fonctions est constitué** de différents composants dans un même ensemble et reliés entre eux, pilotés par une régulation spécifique.
- La mise au point du système multi-fonctions porte sur la **régulation** des différentes combinaisons de fonctions et sur le **dimensionnement** des composants.



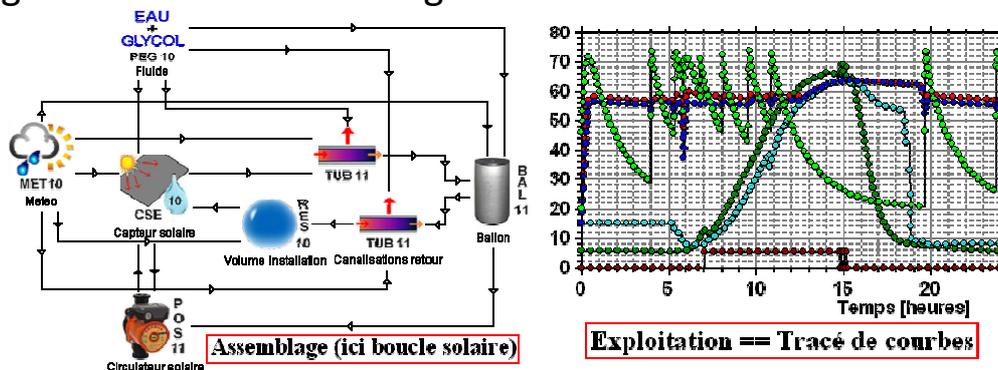
- **Problème** : comment définir la « **bonne** » régulation à partir d'un assemblage de composants pour une optimisation sur une année ? Sachant que :
 - Les industriels **n'ont pas forcément la compétence** sur tous les composants constituant leurs systèmes.
 - L'assemblage devient vite **combinatoire**.
 - Les expérimentations doivent se faire sur **plusieurs jours ou semaines**.
- La **solution** consiste à réduire par le calcul le nombre et les valeurs des paramètres influents, avant la phase expérimentale



- Intérêt : avec **l'hypothèse que les modèles de base correspondent à chaque matériel utilisé**, l'assemblage de modèles permet de simuler rapidement et à faible coût le comportement global d'un système multi-fonction réel.
- Simulation sur une année : avec des pas en temps usuels de 10 s à 60 s, on obtient un **temps de calcul** d'environ 8 min pour un CESI, 150 min pour un CESC.
- Le projet MODELO du CETIAT (3000 h ingénieur/an) est un investissement sur le **long terme** pour mettre au point des modèles unitaires (**modules**), permettre leur assemblage (**métamodules**) et réaliser des simulations fiables et rapides



- Développé par le CETIAT, BOOST fournit un **environnement de simulation simple, adapté** aux modèles : BOOST = gestionnaire d'assemblages de modules + traceur.



- Courbes => permettent la mise au point de la régulation

- Les **modules unitaires actuels** correspondent aux matériels de la chaîne **production/stockage/utilisation eau chaude**

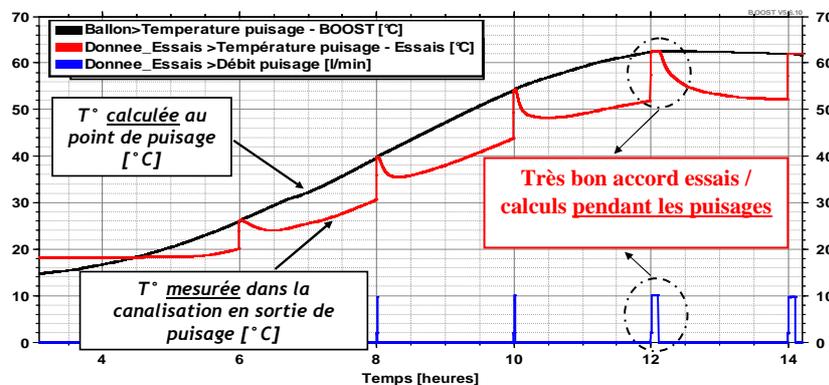
Météo 8 zones géographiques RT 2005 & 2012	 MET 10	Chaudière Gaz, Fioul, Bois	 CHO 11	Conduite déperditive	 TUB 11
Puisage EN 13203, RT2012	 TAP 11	Pompe à chaleur TOR ou Inverter	 PAC 11	Ballon ECS	 BAL 11
Capteur solaire à eau	 CSE 11	Bâtiment	 BAT 11	Echangeur	 ECH 10

- Les plus complexes : ballon ECS et PAC (insuffisance des publications « recherche » => **apports propres du CETIAT**)
- Importance des **normes** dans la modélisation

- Les **tests des modules** s'effectuent par comparaison avec des résultats d'**essais réalisés au CETIAT** (essais normatifs ou spécifiques) : validation ou correction du modèle ou de ses sous-modèles en fonction de l'écart observé.
- Sans « **allers-retours réguliers** », pas de modèles validés ! Le CETIAT bénéficie de ses capacités expérimentales et du retour d'expérience de ses ressortissants : **retour positifs** sur le qualitatif, **en attente** sur le quantitatif.

- Assemblages 2011, diffusés en 2012 à nos ressortissants
 - CESIAM : « **chauffe-eau solaire individuel à appoint mixte** »
 - SIMSSC : « **systèmes solaires combinés** »
 - CESCII : « **chauffe-eau solaire collectif individualisé** »
 - CESCAI : « **chauffe-eau collectif à appoints individuels** »
 - CETERM : « **chauffe-eau thermodynamique** »
 - PACREL : « **PAC en relève de chaudière (gestion de la bivalence)** »
 - SOPECS : « **solaire + PAC pour la production d'ECS collectif** »
 - CHAHYB (2012) : « **chaudière hybride** » (chauffage ECS / PAC + gaz)
- Retours **qualitatifs** positifs (sur le comportement global, sur les temps de calcul, etc.), attente sur le **quantitatif** (comparaison / expérimental en cours).

- Exemple de validation de CESIAM (boucle solaire) sur des essais du laboratoire solaire BELENOS : **comparaison** des températures **mesurées** (rouge) et **calculées** (noire) au point de puisage dans le ballon ECS.





- Les assemblages commencent à être utilisés :
 - **Par les ressortissants**, comme outils visant à définir un jeu de paramètres réduit avant le passage à l'expérimental.
 - **Au CETIAT** pour l'optimisation de paramètres, en remplacement ou en complément d'essais normatifs (ex: recherche de paramètres optimaux dans la définition de gamme pour le référentiel NF CESSI).
- Ces assemblages pourront aussi être utilisés dans des outils de certification, pour remplacer les essais d'une gamme de matériels formée de composants divers :
 - Actuellement tests par des essais de la configuration PAC+Ballon, pour le label « **NF PAC** » dans sa version « PAC Double Service ».



- Le projet MODELO est dans une phase opérationnelle depuis l'automne 2011 : sa diffusion va permettre aux ressortissants du CETIAT de **réduire les coûts et délais de la mise au point** de leur produits, en particulier les systèmes multi-fonctions.
- En marge de ce projet, les compétences acquises et les outils développés seront mis au service de la future plateforme d'essais CETIAT intégrant des **bancs semi-virtuels**, c'est-à-dire que le comportement de certains systèmes sera émulé par les modèles BOOST correspondants.



- **Recherche en cours de partenaires extérieurs** pour une diffusion plus large : ré-utilisation directe des modèles dans des logiciels commerciaux (« Flowmaster », et outils **Modelica** « SimulationX » et « AMESim ») => techniquement cela fonctionne.
- **Fourniture d'assemblages figés et validés** pour une utilisation dans des outils de certification ou des outils de calculs dédiés sur un système multi-fonctions spécifique.