

Modélisation sous Trnsys d'un appareil multifonctions

Eui-jong KIM¹, G.Krauss¹, H.Bouia², M.Mondot³

¹ CETHIL. – Centre de Thermique de Lyon, INSA Lyon : 20, Av des Arts, 69621 Villeurbanne
eui-jong.kim@insa-lyon.fr, gerard.krauss@insa-lyon.fr,

² EDF R&D – Département ENERBAT, Site des Renardières, 77250, Ecuelles

³ CETIAT– Domaine scientifique de la Doua, 25 av. des arts, 69603, Villeurbanne

RESUME. Un appareil multifonctions regroupe dans une même enveloppe tous les composants permettant d'assurer les fonctions ventilation, chauffage, production d'eau chaude sanitaire (ECS), voire de rafraîchissement d'une maison individuelle à basse consommation énergétique. L'article propose une modélisation de ce type d'équipement dans l'environnement Trnsys V16.0. Le modèle complet est réalisé par assemblage des modèles élémentaires de chaque composant. Une comparaison avec des valeurs expérimentales en régime statique est proposée. Enfin le modèle a été couplé à un modèle de bâtiment à très haute performance énergétique.

MOTS-CLÉS : appareil multifonctions, Trnsys, maison à HPE

ABSTRACT. A compact system is composed of components which have the functions of ventilation, heating, providing hot water, and even cooling in an apparatus for a residential house. This paper has proposed a model of the system by Trnsys. The model developed had the types in the Trnsys library for modelling each function of the components. A comparison with experimental data has carried out under the steady-state. Finally, the model has been coupled with a model of a highly energy-efficient residential house.

KEYWORDS: compact system, Trnsys, highly energy-efficient house

1. INTRODUCTION

L'amélioration des performances énergétiques des maisons individuelles conduit à la diminution de la taille des équipements de chauffage, ventilation, production d'ECS, etc. Dans ce contexte, l'Allemagne, la Suisse et l'Autriche ont déjà développé des appareils à haute efficacité et à multi-fonctions (Fleury, 2006). Cet article va se concentrer sur l'étude de l'appareil appelé « Appareil Multifonctions » ou « Système Compact », et s'attacher au développement d'un modèle d'appareil multifonctions sous le logiciel TRNSYS. Une simulation de l'installation de l'appareil multifonctions dans une maison HPE serait effectuée, ce qui correspond au créneau d'utilisation de ces appareils.

2. SYSTEME MULTIFONCTIONS (MONDOT, 2007)

2.1. APPAREIL MULTIFONCTIONS

Les appareils multifonctions (systèmes compacts) ont été développés pour assurer la ventilation, le chauffage et la production d'ECS dans un unique appareil. Les systèmes compacts assurent ces fonctions par l'assemblage dans un appareil des éléments suivants :

- Une pompe à chaleur sur l'air extrait pour le chauffage d'un ballon d'ECS, et éventuellement un complément de chauffage hydraulique
- Un récupérateur de chaleur statique air extrait/air neuf
- Un appoint électrique

A cet appareil, il est souvent recommandé d'associer les systèmes suivants :

- Un puits canadien pour le préchauffage de l'air neuf
- Des capteurs solaires contribuant au chauffage du stockage

Pour cette étude sur la modélisation d'un appareil multifonctions dans l'environnement TRNSYS, il a été choisi de s'appuyer sur des données expérimentales fournies par le CETIAT sur un appareil du marché testé en 2006.

2.2. DESCRIPTION GENERALE

L'appareil se présente sous la forme d'un monobloc de dimensions 1870/1320/770 mm et pesant environ 370 kg. Il comprend les composants suivants :

- une pompe à chaleur air / eau incluant : un évaporateur à air, un compresseur scroll à régulation tout ou rien, un détendeur, un sous-refroidisseur et un condenseur à eau, une vanne d'inversion de cycle pour le dégivrage
- trois ventilateurs pour l'air rejeté, l'air extrait et l'air soufflé
- un échangeur de récupération entre l'air extérieur et l'air extrait
- un ballon de stockage (200 l) pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS), chauffé par un échangeur à eau
- une résistance électrique, à 3 niveaux de puissance, sur le circuit d'eau commun pour le chauffage et la production ECS
- un échangeur solaire, pouvant être raccordé en option à un capteur solaire, pour le chauffage du circuit d'eau commun à l'ECS et au chauffage des locaux. Le capteur solaire n'est pas vendu avec l'appareil.

Les composants décrits dessus fonctionnent ensemble pour assurer la fourniture d'énergie et le niveau de confort de la maison (figure 1).

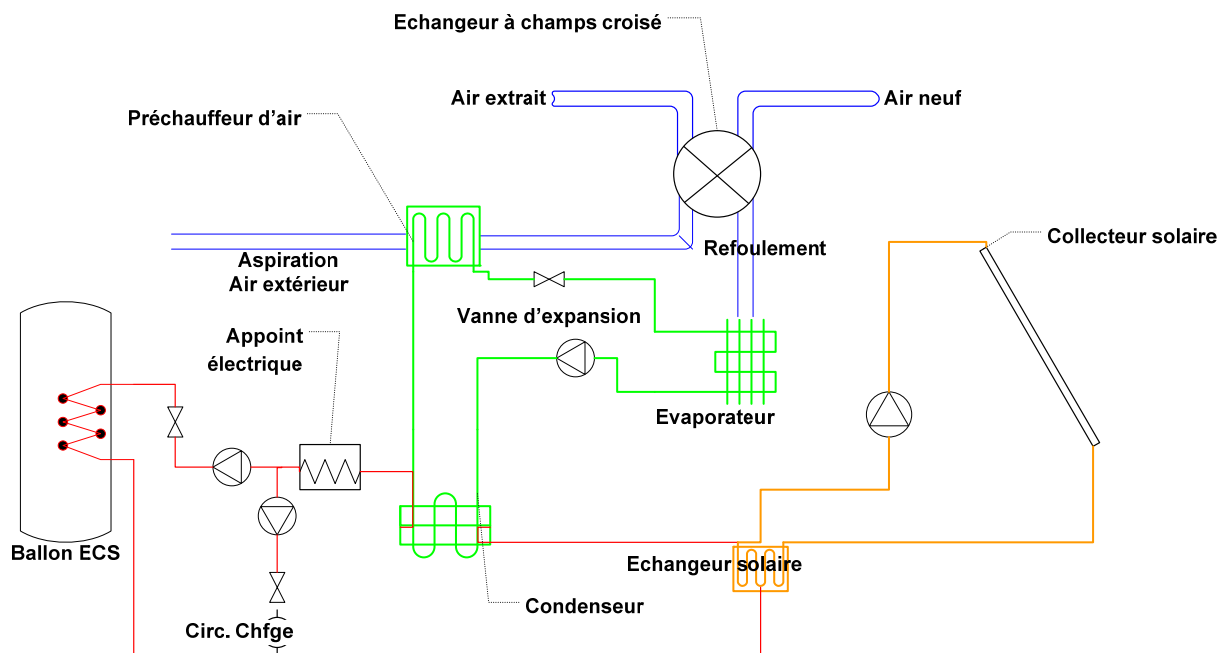


Figure 1. Fonctionnement de l'appareil

3. DEVELOPPEMENT ET VALIDATION D'UN MODELE

3.1. TYPES DE TRNSYS UTILISES POUR MODELISER LES COMPOSANTS

Dans Trnsys V16.0, des modules (Types) implantés dans la bibliothèque permettent de modéliser les différents composants d'un système énergétique de bâtiment. Dans la première étape du développement du modèle de l'appareil, on a choisi des types appropriés correspondant à chaque composant, et on a déterminé les valeurs de paramètre. Les tableaux 1 à 3 montrent les résultats comparés avec les valeurs expérimentales du CETIAT.

Tableau 1. Résultats validés de simulation du Récupérateur sur l'air extrait

Débit d'air	unité	Efficacité	Temp. Sortie d'air extraite	Temp. Sortie d'air neuf
135 m ³ /h	Simulation	85,5	9,12	18,20
	Expérimentation	86		18,26
225 m ³ /h	Simulation	85,5	9,17	18,10
	Expérimentation	85		18,09

Tableau 2. Résultats validés de simulation du Ventilateur

	Débit d'air [m ³ /h]				
	Expérimentation		Simulation		
	135	225	135	170	225
Temp. de sortie air neuf avant ventilateur [°C]	18,26	18,09	18,26	18,09	18,09
Temp. de sortie air neuf après ventilateur [°C]	20,7	20,1	20,49	20,28	20,09
Puissance absorbée [W]* (Mesures Electriques)	107	148	106,56	122,72	148

Tableau 3. Résultats validés de simulation du ballon d'eau chaude

Temps de mise en température du ballon	expérimentation	-	1h 24
--	-----------------	---	-------

	Simulation	-	1h 24
Energie absorbée pour la mise en température	expérimentation	Wh	2964
	Simulation	Wh	2860

3.2. MODELE DE PAC DE L'APPAREIL

Deux grandes hypothèses de modélisation concernent le fonctionnement de la PAC qui conditionne en grande partie la performance de l'appareil. Les hypothèses sont les suivantes :

1. la performance de la PAC est linéaire en fonction de la température de l'eau froide à l'entrée du condenseur.

2. Dans le condenseur, la puissance calorifique totale est calculée par la somme de celle pour l'eau chaude et de celle pour l'air préchauffé.

Pour valider ce modèle créé à partir des composants élémentaires, le fichier COP fourni par le constructeur pour la PAC est complété sur l'ensemble de la plage de fonctionnement par extrapolation. Le tableau 4 et la figure 2 montre les résultats de simulation de la PAC avec les valeurs expérimentales et les écarts constatés pour ces différentes grandeurs.

Tableau 4. Les résultats validés de simulation pour PAC

	Temp. Ext.	Temp. Entrée à PAC	Temp. Sortie de PAC	Puissance calorifique	Puissance fournie.	COP	Temp. Sortie de Circuit air neuf
unité	°C	°C	°C	kW	kW	-	°C
Simulation	-7	-4,71	33,1	3,379	1,478	2,29	20,2
Expérimentation		-	33,4	3,674	1,386	2,65	21,3
Simulation	2	2,8	34,3	4,617	1,572	2,94	19,9
Expérimentation		-	34,7	5,052	1,571	3,22	21,1
Simulation	7	7,7	34,6	4,945	1,570	3,15	20,6
Expérimentation		-	34,9	5,304	1,594	3,33	21,2

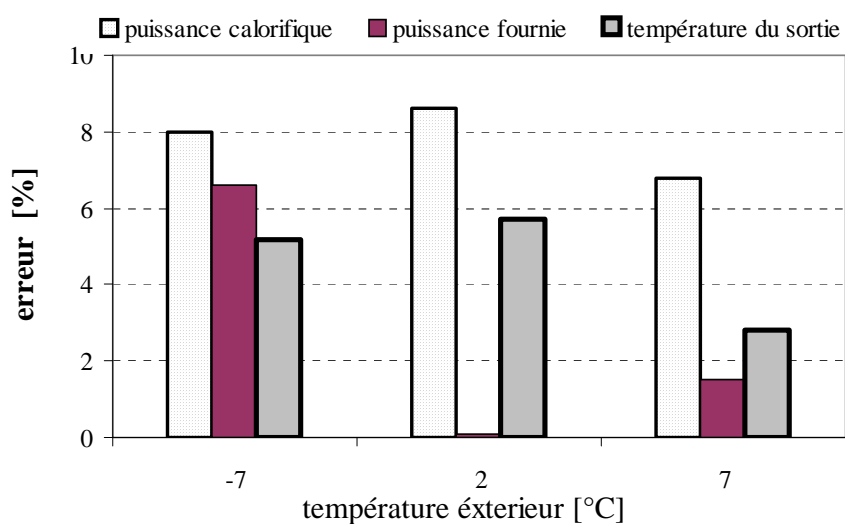


Figure 2. Résultat total de la validation

4. INTEGRATION DU MODELE A UNE MAISON HPE

4.1. LA MAISON CHOISIE

Afin de réaliser un couplage de ce modèle avec une maison HPE qui a été étudié dans le cadre d'un projet d'étudiants de l'Ecole Centrale de Lyon (Diez Webster *et al.*, 2006). Le tableau 5 montre les besoins de chauffage dans les zones de la maison en prenant en compte les scénarios d'occupation, la chaleur des appareils électriques, etc.

Tableau 5. Les besoins de chauffage de la maison

Zone	unité	salon	cuisine	circul.	bureau	ch1	ch2	ch3	ch4	totale
Besoins	kWh	812,8	126,2	987,2	185,8	417,3	225,7	398,6	345,9	3500,0
Superficie	m ²	24,1	10,8	55,4	8,3	13,3	12,1	11,7	12,1	147,9
Besoins/m ²	kWh/m ²	33,7	11,7	17,8	22,3	31,5	18,6	34,1	28,5	23,7

Même si les besoins de chauffage pour les pièces chauffées sont de 23,7kWh/m², ceux de la maison complète, y compris les espaces non chauffés, sont de 13,8 kWh/m². Cette valeur correspond à l'objectif pour une maison à très basse consommation énergétique.

Pour intégrer l'appareil multifonctions dans la maison, on doit choisir les pièces chauffées par ce système. On a choisit le 1^{er} étage de la maison pour le chauffage par l'appareil multifonctions, c'est-à-dire bureau, chambre 1 et chambre 2. Les besoins instantanés des salles sont de 1,79 kW, ce qui est moins de la moitié que la puissance calorifique annoncée, 4,2kW (A2/W35), de la PAC de l'appareil. Mais le moment du maximum des besoins de chauffage est quand la température serait inférieure à 2°C à Lyon et normalement aurait lieu le matin, où simultanément se produira une demande d'ECS. En considérant les besoins en ECS et en chauffage par un seul appareil, le choix des pièces serait approprié pour l'intégration de l'appareil multifonctions considéré.

4.2. STRATEGIES DE CONTROLE

Pour combiner les deux modèles en régime dynamique, on a du définir une priorité de fonction de l'appareil pour simplifier la régulation. C'est la fonction production d'ECS qui a été choisie. La figure 3 montre que le ballon d'eau chaude a bien fourni l'ECS selon un puisage (Krauss *et al.*, 2005) pour 5 personnes. Par contre, la température d'eau chaude pour le chauffage a été maintenue entre de 30-35°C (figure 4).

De plus, on a déterminé un scénario de mise en marche des trois appoints auxiliaires par une fonction en cascade, si la PAC ne fournit pas suffisamment de chaleur en cas de conditions météo défavorables. La figure 5 est un schéma de l'assemblage dans l'environnement sous Trnsys.

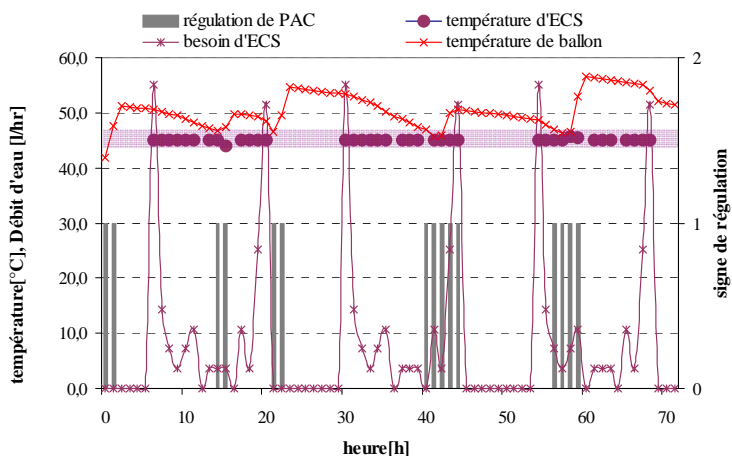


Figure 3. Le résultat de la simulation avec contrôle du ballon pour satisfaire les besoins

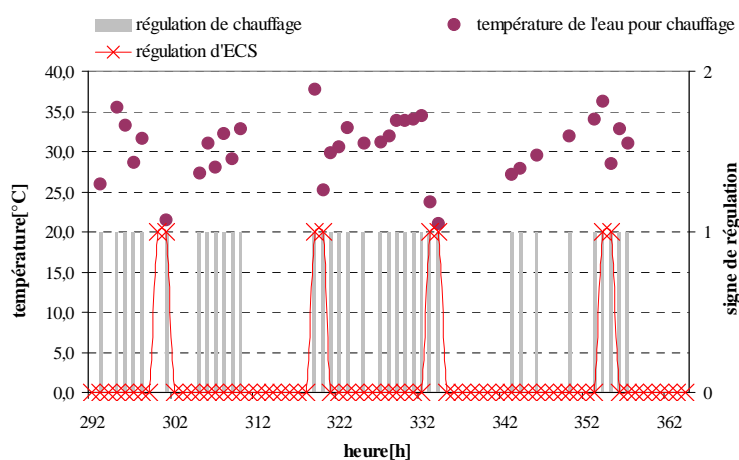


Figure 4. Température d'eau chaude entrée sur planchers chauffant selon les signaux

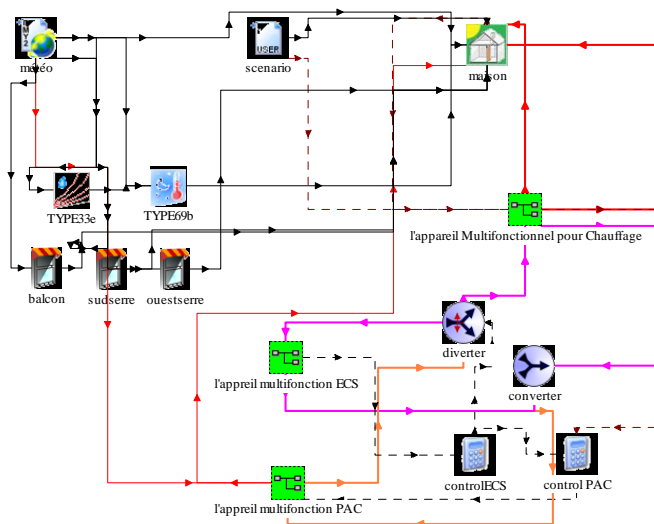


Figure 5. Le modèle de l'assemblage

4.3. LE BILAN ENERGETIQUE DU MODELE

Les résultats suivants sont obtenus sur le bilan du modèle pour la météo de Lyon - Bron. Dans les tableaux 6 à 9, on peut constater que l'appareil est bien approprié. Les appoints ne sont pas souvent utilisés par rapport à la PAC et le nombre d'heures de fonctionnement de la PAC n'est pas important en regard de la taille des zones contrôlées. Le tableau 9 indique le COP¹ de la PAC dans l'appareil multifonctions. La différence du COP entre la fonction d'ECS et celle de chauffage serait due aux différences des températures de l'eau à l'entrée du côté du condenseur dans la PAC.

Tableau 6. Nombre d'heure d'inconfort

	Nombre d'heures d'inconfort		
	Bureau	Ch1	Ch2
Dessous -0,5°C	18	16	1
Dessous -1°C	1	2	0

Tableau 7. Consommation électrique totale

	Consommation d'électricité [kWh]		
	PAC	Appoints Auxiliaires	ventilateur
ECS	691	127	
chauffage	560	175	
ventilation			664

Tableau 8. Puissance calorifique totale

	Consommation Calorifiques [kWh]		
		besoins de chauffage	
ECS	1330		
Chauffage	1878		828

Tableau 9. COP de la PAC dans l'appareil

PAC	COP		COP global
	ECS		
	Chauffage	3,35	2,56

Tableau 10. Nombre d'heures de l'opération PAC

	opération de PAC			période pour chauffage
	chauffage	ECS	total	
Nombre d'heures	419	438	857	3110

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'appareil multifonctions a été développé en intégrant au sein d'un même appareil des technologies existantes pour les différentes fonctions qu'il doit assurer en visant le marché des maisons à haute performance énergétique.. Pour améliorer sa performance et optimiser son installation dans le bâtiment, il reste beaucoup d'études à faire.

Le modèle proposé repose sur un assemblage de modèles existants des différents composants de l'appareil dont les paramètres ont été validés à partir d'une étude expérimentale. Les hypothèses simplificatrices retenues conduisent à des erreurs sur les principales grandeurs de sortie inférieures à 10%.

¹ COP= Energie totale fournie / Energie électrique consommée

Pour étudier l'intérêt de son installation dans une maison, une maison HPE a été choisie pour intégrer cet appareil et une stratégie de régulation a été définie pour le contrôle de l'appareil.

A partir des bilans énergétiques et des résultats, on peut constater la possibilité d'utiliser cet appareil pour plus de pièces ou une maison plus grande, mais simultanément on peut remarquer l'importance du contrôle discret, surtout pour le système de plancher chauffant lors d'occupation / inoccupation.

Comme développement futur, il serait intéressant de proposer un modèle pour la partie PAC s'appuyant sur la construction d'une équation caractéristique (Kühn A. et al, 2005) en remplacement de l'approche par interpolation de données issues des tableaux de performances de la machine [

Bibliographie

Bühning A. (1998). Wärmepumpen-Kompaktgeräte zur Lüftung, Warmwasserbereitung und Heizung im Passivhaus 2. *Passivhaustagung*

Directive 2002/91/CE du Parlement Européen et du Conseil

Krauss G., Virgone J. (2005). Etude Paramétrique de Systèmes de Production d'Eau Chaude Solaire en Logements Collectifs, Convention INSAVALOR/EDF

Diez Webster U., Randle S. (2006). Rapport, Modélisation d'une maison à énergie positive, l'INSA de Lyon PFE

Fleury E. (2006). Rapport intermédiaire, Systèmes compacts ventilation chauffage eau chaude en Allemagne, Autriche et Suisse, CSTB

Krauss G., Lips B., Virgone J., Blanco E. (2006). Modélisation sous TRNSYS d'une maison à énergie positive, *Conférences IBPSA France*, La Réunion.

Mondot M. (2007). Document de travail, Appareil Multifonctions - Description et Caractéristiques de Performance, CETIAT

Kühn A. & Ziegler F. (2005). Operational results of a 10 kW absorption chiller and adaptation of the characteristic equation. Proceeding, 1ère International Conference of Solar Air Conditioning, Bad Staffelstein.