

Bâtiments à forte efficacité énergétique : Etat de l'art et réalisations envisagées au sein de l'Institut National de l'Energie Solaire

Pierre Tittlein, Etienne Wurtz, Gilbert Achard

LOCIE. – Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement
Université de Savoie : Campus Scientifique Savoie Technolac
73376 - Le Bourget du Lac Cedex (France)

Email : pierre.tittlein@univ-savoie.fr

Résumé :

Un certain nombre de pays européens développe depuis longtemps des concepts de bâtiments à forte efficacité énergétique. Dans certains cas, ces concepts sont encadrés par des labels. C'est le cas par exemple de l'Allemagne avec le label Passivhaus ou de la Suisse avec Minergie®. Alors qu'il existe actuellement environ 4000 maisons passives en Allemagne et 4000 maisons basse énergie en Suisse, la France, quant à elle, en est à ses débuts. Une synthèse comparative des approches de différents pays sur la notion de bâtiment à forte efficacité énergétique sera présentée.

De nombreuses études portent sur la diminution de la consommation des bâtiments. Les principaux aspects abordés sont l'architecture (compacité, casquette...), l'enveloppe (isolation extérieure, répartition...) et les systèmes (ventilation double flux, puits canadien...).

La validation globale de ces études doit passer par l'expérimentation. La réalisation de 4 bâtiments expérimentaux à l'Institut National de l'Energie Solaire (INES) est envisagée début 2007. Ces bâtiments seront des maisons individuelles à usage maîtrisé (non habitées) et à conditions climatiques subies. L'objectif est de comparer différents types d'enveloppe permettant l'obtention d'une forte efficacité énergétique et dont les déperditions peuvent être compensées par des systèmes à faible puissance qui restent à définir.

Les résultats expérimentaux obtenus permettront également de valider l'environnement de simulation orienté objet SimSPARK qui permet à ce jour de modéliser chaque composant de ces constructions.

Mots-clés : label énergie, bâtiment, simulation, efficacité énergétique

1. Introduction

Dans un contexte d'épuisement des ressources énergétique et de forte croissance des émissions de gaz à effet de serre, l'intérêt pour les économies d'énergie devient de plus en plus important, en particulier dans le domaine du bâtiment qui en est un grand consommateur.

Plusieurs concepts de bâtiments à forte efficacité énergétique se sont développés ces vingt dernières années.

Nous essayerons dans un premier temps de présenter un bilan non exhaustif de ce qui se fait dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments en Europe. Puis, nous présenterons les bâtiments démonstrateurs qui seront construits à l'Institut National de l'Energie Solaire pour tester différentes enveloppes de bâtiments à forte efficacité. Enfin, nous verrons comment et pourquoi il est intéressant de simuler le comportement de ces bâtiments à l'aide de la plateforme de simulation SimSpark.

2. Bilan sur l'efficacité énergétique des bâtiments en Europe.

2.a. Glossaire

Pour pouvoir comparer l'efficacité de différents bâtiments, il faut tout d'abord adopter un vocabulaire commun. Voici quelques définitions de base qui serviront pour la suite de l'article.

2.a.i. L'énergie (DGEMP, 2006) :

- énergie primaire : c'est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature : bois, charbon, uranium, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique... L'énergie primaire n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations : raffinage du pétrole, avoir de l'essence ou du gazole ; combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique...

- énergie secondaire : c'est une énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion : par

exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire). Une énergie secondaire peut aussi résulter de la transformation d'une autre énergie secondaire.

- énergie finale : c'est l'énergie livrée aux consommateurs pour être convertie en énergie utile. Exemple : électricité, essence, gaz, gazole, fioul domestique etc.

- énergie utile : c'est l'énergie dont dispose le consommateur, après transformation de l'énergie finale par des équipements (chaudière, convecteurs électriques, ampoule électrique). La différence entre l'énergie finale et l'énergie utile tient essentiellement au rendement des appareils utilisés.

2.a.ii. Le bâtiment

Un certain nombre de terme sont utilisés pour désigner les bâtiments présentant une forte efficacité énergétique. Voici un essai de définition de ces différents termes :

- Maison passive : désigne une maison qui répond aux critères du label allemand Passivhaus.

- Bâtiment basse énergie : bâtiment pour lequel la consommation en énergie finale pour le chauffage varie entre 30 et 60 kW.h/(m².an). (Lecuelle, 2005).

- Bâtiment très basse énergie : bâtiment pour lequel la consommation en énergie finale pour le chauffage varie entre de 10 et 15 kW.h/(m².an). (Lecuelle, 2005).

- Bâtiment à énergie zéro : Bâtiment qui produit autant d'énergie qu'il en consomme en utilisant des énergies renouvelables (panneaux solaires par exemple). Pour cette notion, on compare souvent l'énergie finale reçue par la maison à l'énergie primaire produite, ce qui n'est pas très correct.

- Bâtiment à énergie positive : Bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme (dans le même esprit que les bâtiments à énergie zéro).

2.b. Intérêt économique

Si l'on prend en compte le coût global de tout ce qui est lié à l'efficacité énergétique d'un bâtiment sur 20 à 30 ans, on peut observer l'évolution suivante en fonction de la consommation énergétique.

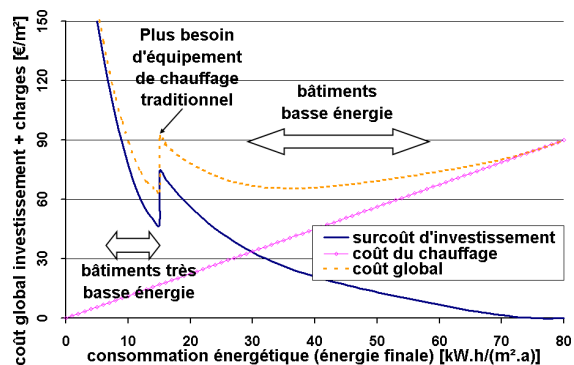


Figure 1 : coût global de l'énergie dans un bâtiment - adapté de Dr Feist (Passivhaus, 2006)

On se rend donc compte qu'il existe deux optima économiques : le premier pour une consommation de l'ordre de 40 kW.h/(m².an) et le second pour une consommation de l'ordre de 15 kW.h/(m².an).

Le phénomène de chute du coût global vers 15 kW.h/(m².an) lorsque la consommation énergétique décroît est appelé « effet tunnel ». Il s'explique par le fait que quand le bâtiment est vraiment bien isolé, plus aucun système de chauffage ou de climatisation conventionnel n'est nécessaire pour assurer le confort des occupants. Il suffit, par exemple, de réchauffer l'air entrant dans la maison par une pompe à chaleur de faible puissance pour subvenir aux besoins de chauffage.

On voit donc bien l'intérêt économique de construire un bâtiment basse ou très basse énergie.

2.c. Les labels

Pour l'instant, les réglementations (même les plus récentes) imposent une certaine efficacité énergétique quantifiée par des grandeurs qui varient d'un pays à l'autre. La plupart des normes des pays européens considère la consommation énergétique annuelle du bâtiment rapportée à sa surface en kW.h/(m².an) (ce qui est nouveau en France dans la RT2005). Mais, avec les valeurs imposées par les normes, on ne peut pas encore parler de forte efficacité énergétique.

Par contre, il existe des labels qui garantissent une forte efficacité énergétique dans les bâtiments.

J'en présenterai ci-après un certain nombre en donnant les critères qu'ils imposent pour le cas des maisons d'habitation neuves.

2.c.i. Passivhaus (Passivhaus, 2006)

Les principaux critères correspondant au label Passivhaus (Allemagne) sont les suivants :

- Consommation pour le chauffage en énergie finale inférieure à 15 kW.h/(m².an)

- Consommation totale du bâtiment (chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), ventilation

et électricité domestique) en énergie primaire inférieure à 120 kW.h/(m².an).

- Puissance de chauffage maximale : 10 W/m²
- Etanchéité à l'air 0.6 vol/h pour une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur.
- Ventilation double flux (récupérateur de chaleur avec rendement de plus de 75%)

2.c.ii. MINERGIE® et MINERGIE P® (MINERGIE, 2006)

En Suisse il existe 2 labels qui certifient l'efficacité énergétique dans les bâtiments : MINERGIE® pour les bâtiments basse énergie et MINERGIE-P® pour les bâtiments très basse énergie.

2.c.ii.1. MINERGIE®

Ses principales exigences sont les suivantes :

- Consommation pour le chauffage, l'ECS, la ventilation et la climatisation en énergie finale inférieure à 42 kW.h/(m².an)
- Aération douce (exemple : double flux avec récupérateur sur air extrait) obligatoire.
- Surcoût par rapport à un bâtiment standard équivalent inférieur à 10%.

2.c.ii.2. MINERGIE-P®

Ses principales exigences sont les suivantes :

- Consommation pour le chauffage, l'ECS, la ventilation et la climatisation en énergie achetée inférieure à 42 kW.h/(m².an)
- Puissance de chauffage maximale : 10 W/m²
- Etanchéité à l'air 0.6 vol/h pour une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur.
- Surcoût par rapport à un bâtiment standard équivalent inférieur à 15%.

A noter que pour ces deux labels, l'énergie électrique est pénalisée d'un facteur 2 pour prendre en compte le rendement du mix énergétique électrique et les pertes en ligne de la situation suisse.

2.c.iii. Les labels français :

Il existe aussi un certain nombre de labels français dans ce domaine.

2.c.iii.1. HQE® (HQE, 2006)

Le plus connu est le label HQE® (Haute Qualité Environnementale) mais il traite de la conception durable du bâtiment dans son ensemble et non spécifiquement du point de vue énergétique.

Cependant, il fixe une valeur de consommation maximale en énergie primaire pour le chauffage, l'ECS, la ventilation et l'éclairage qui se base sur la réglementation thermique. Depuis le mois de septembre 2006, la référence étant la RT 2005 (JO, 2006).

2.c.iii.2. HPE et THPE (JO, 2003)

Les labels HPE (Haute Performance Energétique) et THPE (Très Haute Performance Energétique) sont, eux aussi, associés à la réglementation thermique.

Dans la RT 2005 il faut calculer la consommation énergétique en énergie primaire pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'ECS et l'éclairage du bâtiment appelée Cep. On la compare ensuite à une valeur limite appelée Cep_{ref}. Cette grandeur est elle-même calculée à partir des caractéristiques du bâtiment et limitée par un Cep_{max} qui prend des valeurs différentes en fonction de la zone climatique et du type de combustible utilisé pour le chauffage.

Pour répondre au label HPE ou THPE, il suffit de considérer un Cep_{ref} inférieur respectivement de 8% et de 15% à la RT 2005.

On peut donc considérer les valeurs suivantes :

TYPE DE CHAUFFAGE	ZONE climatique	Cepmax [kWh/(m ² .an)] (énergie primaire)		
		RT 2005	HPE	THPE
Combustibles fossiles	H1	130	120	111
	H2	110	101	94
	H3	80	74	68
Chauffage électrique (y compris les pompes à chaleur).	H1	250	230	213
	H2	190	175	162
	H3	130	120	111

Tableau 1 : Exigences des réglementations et labels français pour chauffage, refroidissement, ventilation, ECS et éclairage

2.c.iii.3. Effinergie (CSTB 2006)

Ce label est pour l'instant un projet, mais une association du même nom a été créée pour le mettre en place par des acteurs de terrain (conseils régionaux, organismes financiers, industriels, bureaux d'études, experts du CSTB). Le but avoué est de disposer d'un label français à l'image des labels MINERGIE® et Passivhaus.

2.c.iv. Comparaison des labels

Il est assez difficile de comparer les différents labels existants car ils ne sont pas basés exactement sur les mêmes critères. On peut cependant faire plusieurs remarques.

Tout d'abord, les grandeurs que l'on compare sont rapportées à une surface. Or, cette surface n'est pas calculée de la même façon pour tous les labels.

Dans MINERGIE[®], on utilise la surface de référence énergétique (SRE) (SIA, 1982) qui est la somme des surfaces de tous les locaux chauffés, y compris l'assiette des murs. Pour la RT2005 et donc pour HPE et THPE, on utilise la surface de plancher hors d'œuvre net (SHON) (CU, 2006) qui n'est pas du tout définie par rapport à un critère énergétique. C'est la somme des surfaces de plancher hors œuvre de chaque niveau d'une construction à laquelle on déduit les surfaces de comble, balcon, loggia et quelques autres surfaces considérées comme non habitable. Pour ces deux calculs de surface, il est difficile de savoir par exemple si l'on doit compter les placards dans ces surfaces. La logique voudrait que l'on considère la surface chauffée habitable sans prendre en compte l'assiette des murs, mais ce n'est le cas ni dans la SHON ni dans la SRE. Ainsi, la comparaison des valeurs limites n'est pas absolue car la différence de calcul de surface peut être importante. Essayons quand même de faire les comparaisons en gardant ce détail à l'esprit.

En ce qui concerne le label THPE (très haute performance énergétique), on se rend compte qu'on peut très bien obtenir ce label dans des conditions climatiques comparables à celles de l'Allemagne (zone climatique H1) en ayant une consommation énergétique primaire pour le chauffage, l'ECS, la climatisation et la ventilation de 213 kW.h/(m².an). Si l'on compare avec le label Passivhaus, qui intègre pourtant un poste supplémentaire qui est l'électricité domestique, on se rend compte que cette valeur est quasiment deux fois supérieure. Par conséquent, ce label garantit une performance énergétique bien moindre que les labels allemands et suisses.

Comparons maintenant les approches des labels certifiant les bâtiments très basse énergie : Passivhaus et MINERGIE-P[®].

Les principales différences sont les suivantes :

- Dans MINERGIE-P[®], le surcoût de construction est pris en compte, ce qui n'est pas le cas dans Passivhaus
- Dans MINERGIE-P[®], on considère l'énergie payée, c'est à dire l'énergie finale utilisée par le bâtiment diminuée de l'énergie produite par ses installations (exemple : panneaux solaires, géothermie...) pour inciter à avoir recours à des énergies renouvelables intégrées au bâtiment. La prise en compte des énergies primaires se fait par le biais du coefficient 2 affecté à l'énergie électrique achetée. On pourrait donc imaginer un bâtiment avec beaucoup de déperditions et beaucoup d'énergie produite, mais ceci est rendu impossible par les valeurs garde-fou affectées entre autres aux coefficients de déperditions des parois. Dans Passivhaus, on considère la consommation primaire totale de la maison ce qui est une démarche a priori plus logique quand on s'intéresse à l'efficacité

énergétique. Cette façon de faire est d'ailleurs préconisée par le groupe de travail n°4 du PREDAC sur l'élaboration d'un label pour les constructions bioclimatiques et solaires (Poussard et al, 2002). Passivhaus ne prend pas du tout en compte les énergies renouvelables. Un autre label existe pour cela en Allemagne ; c'est le label Plus Energie Haus.

2.d. Les réalisations

Alors qu'en France il n'existe que quelques bâtiments basse énergie, la Suisse (qui est 13 fois plus petite que la France) comptait déjà fin 2003 4000 réalisations de bâtiments basse énergie répondant aux critères de MINERGIE[®] (Lecuelle, 2005). Quant à l'Allemagne, elle comptait 4000 maisons passives (très basse énergie) répondant aux critères de Passivhaus à la fin de l'année 2004.

3. Bâtiments démonstrateurs à l'INES

3.a. Réalisations expérimentales

L'Institut National de l'Énergie Solaire a été inauguré le 3 juillet 2006 pour combler le retard de la France dans le domaine de l'énergie solaire. Il se situe au Bourget du Lac près de Chambéry.

L'INES s'articule autour de 3 pôles :

- Recherche, Développement et Innovation
- Démonstration, Transfert de technologies
- Retour d'expériences, normalisation, information et formation

C'est dans le cadre du deuxième pôle que seront construits, début 2007, quatre bâtiments démonstrateurs.

Comme nous venons de le voir, il existe un grand nombre de réalisations de bâtiments à forte efficacité énergétique à l'étranger et la France a un retard certain dans ce domaine.

De plus, pour les bâtiments qui ont été instrumentés, l'exploitation des résultats est très difficile. En effet, les paramètres qui influent sur le comportement énergétique des bâtiments sont nombreux. Il est rare de pouvoir comparer le comportement de deux bâtiments de même géométrie, qui subissent le même climat mais surtout dont les usagers ont le même comportement. L'idée est donc ici de construire sur un même site quatre maisons individuelles à fonctionnement maîtrisé (sans habitants), à géométrie quasiment identique et à conditions climatiques subies (et identiques). De géométrie simple, de base rectangulaire d'environ 50m², construites sur 2 niveaux, leur architecture sera conçue pour optimiser les apports bioclimatiques, en particulier en ce qui concerne le solaire passif (orientation des façades vitrées, casquette...).

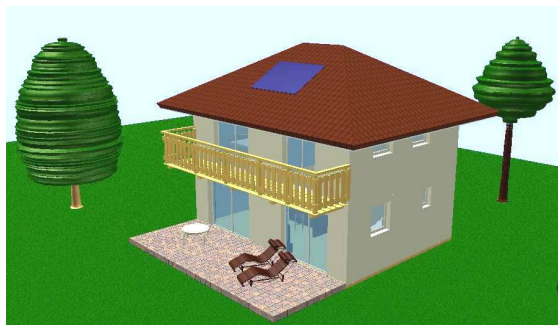


Figure 2 : Exemple de bâtiment démonstrateur

3.a.i. Objectifs

Les objectifs sont multiples.

Il s'agit tout d'abord de répondre à certaines problématiques liées aux transferts thermo-aérodynamiques dans le bâtiment telle que l'optimisation du facteur inertie/isolation permettant de récupérer un maximum d'énergie solaire de façon passive.

On cherchera bien sûr à construire une maison très basse énergie. Elle servira, entre autres, à montrer qu'il est possible de construire, en France, une maison confortable en été comme en hiver et ayant une consommation énergétique faible.

Enfin, le principal objectif est la validation de codes de calcul qui puissent permettre à l'avenir de concevoir des maisons à forte efficacité énergétique sans nécessiter pour autant de nouvelles constructions expérimentales.

3.a.ii. Méthode

Pour répondre à ces objectifs, on s'oriente vers la construction de quatre maisons qui auront les caractéristiques suivantes :

- Une construction réalisée en blocs de béton à isolation intérieure correspondant à la réalisation la plus courante sur le marché actuel de la construction. Elle devra respecter la réglementation 2010 dont les exigences seront environ 10% en dessous de celles de la réglementation 2005 qui est entrée en vigueur en septembre 2006. On peut estimer que c'est sur ce type de constructions que les industriels seront le plus amenés à tester leurs produits innovants.
- On réalisera ensuite une construction du même type mais à isolation extérieure ce qui permettra de bien comprendre les avantages et les inconvénients de ce type de structure et d'en voir l'intérêt énergétique.
- Pour valider les constructions les plus couramment citées lorsqu'on évoque le terme de maison solaire, on réalisera également une maison en brique à isolation répartie qui permet d'associer inertie et isolation. Nous pourrions ainsi voir si ce

type de structure permettra encore de répondre aux exigences des futures réglementations thermiques.

- La quatrième réalisation sera la maison très basse énergie. Elle sera construite en bois avec isolation intégrée renforcée. Un soin particulier sera apporté au traitement des ponts thermiques et au problème du confort d'été.

Pour simplifier la modélisation, ces maisons seront toutes construites sur vide sanitaire.

3.a.iii. Résultats attendus

A l'issue de ce projet, on devra être capable d'évaluer la pertinence d'un type de construction en regard des objectifs énergétiques fixés.

On devra aussi pouvoir proposer un outil de simulation capable d'analyser, avec un niveau de précision satisfaisant, le comportement d'habitations basse et très basse énergie de différentes structures. Il permettrait d'estimer, entre autres, la consommation totale annuelle d'un bâtiment en prenant en compte l'architecture, l'enveloppe et les systèmes.

3.b. Simulation numérique des bâtiments

Pour simuler le comportement de ces bâtiments et pouvoir exploiter au mieux les données expérimentales, nous avons choisi d'utiliser le l'environnement de simulation SPARK développé par le Lawrence Berkeley National Laboratory.

SPARK est un environnement général de simulation dans lequel on peut définir et résoudre des modèles par un solveur algèbre/différentiel robuste (Sowell et al, 2001). C'est un environnement orienté objet basé sur les équations.

3.b.i. Description des simulations dans SPARK

L'objet de base dans SPARK est l'équation qui est mise en forme dans ce que l'on appelle une « classe atomique ». Une équation peut communiquer avec d'autre par l'intermédiaire de ses variables que l'on appelle « ports ».

Pour programmer dans SPARK, il suffit d'agencer ces équations les unes par rapport aux autres. Pour cela, on se sert d'un autre type d'objet, la macro-classe, dans lequel on appelle les équations que l'on fait communiquer entre elles par leurs variables. On crée ainsi des systèmes d'équations. Les objets « systèmes d'équations » peuvent eux aussi communiquer avec d'autres objets par l'intermédiaire de leurs variables. Ainsi, on obtient une hiérarchisation d'objet, du plus simple, qui représente une équation (par exemple, équation de convection dans un mur) au plus compliqué qui est un système complexe d'équations (par exemple la modélisation thermique complète d'un bâtiment) en passant par des objets

intermédiaires (comme des objets modélisant une paroi).

Une fois que l'on a connecté toutes les équations par l'intermédiaire de plusieurs niveaux d'objets, il suffit, dans un dernier type d'objet appelé « programme », de dire quelles sont les entrées et les sorties du système.

Cette façon de procéder permet de connecter très facilement des modèles de différents niveaux entre eux. On peut par exemple coupler par leurs variables un modèle de panneau solaire avec un modèle de plancher chauffant lui-même connecté à un modèle de transferts thermo-aérauliques dans l'air d'un bâtiment couplé avec des modèles de parois. On a ainsi un modèle de bâtiment équipé d'un plancher solaire direct.

3.b.ii. Intérêt de SPARK pour la simulation des bâtiments démonstrateurs

3.b.ii.1. Connectivité

Comme tout environnement orienté objet, SPARK possède la propriété d'encapsulation des données, c'est à dire que les caractéristiques d'un objet sont localisées en lui-même. Ainsi, il est facile de changer de modèle pour la simulation.

Prenons par exemple le cas de la simulation thermo-aéraulique de l'un des bâtiments démonstrateur. Il possèdera un objet qui reprend un modèle d'enveloppe qui lui-même appellera un modèle de paroi. Si l'on veut changer ce modèle de paroi pour prendre en compte le transfert d'humidité, il suffit d'appeler dans le modèle enveloppe un nouveau modèle de paroi que l'on a créé et qui prend en compte le transfert d'humidité.

Ainsi, en fonction de la précision requise pour les simulations des bâtiments démonstrateurs, on pourra choisir le modèle que l'on veut utiliser et obtenir facilement de nouveaux résultats de simulation.

En pratique, on partira d'une plateforme de simulation appelée SimSpark (Mora, 2003). Cette plateforme permet de donner les caractéristiques du problème via une interface de saisie. Puis, on peut choisir les modèles que l'on veut utiliser. Vient ensuite une phase de médiation avec SPARK qui débouche sur la résolution du problème. On peut enfin visualiser les résultats.

3.b.ii.2. Inversion des modèles

Dans SPARK, les équations sont définies de façon non orientée. Une variable du problème n'est donc pas, à la base, une entrée ou une sortie. On peut donc très facilement passer de l'une à l'autre.

Prenons par exemple le cas d'un modèle de transfert de chaleur en régime permanent à travers une paroi. Les variables relatives à cette simulation

sont les températures d'air de part et d'autre du mur, les coefficients thermophysiques relatifs à la paroi, les dimensions du mur et le flux de chaleur au travers de celui-ci.

Dans un objet « programme », on appelle l'objet « système d'équation » qui représente le modèle de transfert de chaleur en RP et ensuite, on définit les entrées et les sorties. On peut par exemple imposer les dimensions, les grandeurs thermophysiques, les températures d'air et en déduire le flux de chaleur.

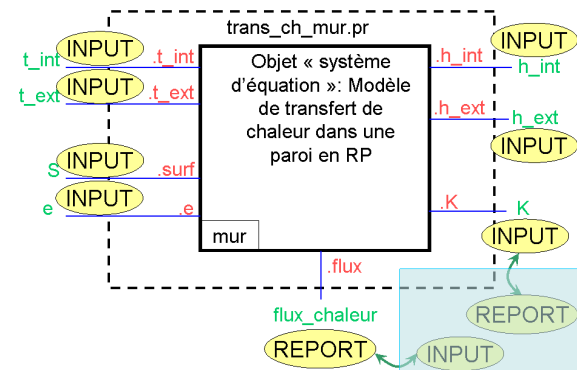


Figure 3 : inversion des modèles dans Spark.

Mais, on peut tout aussi facilement, simplement en changeant deux mots dans l'objet « programme », imposer un flux de chaleur (qui serait par exemple donné par l'expérimentation) et en déduire le coefficient de conductivité (K) du mur (voir figure 3).

On voit donc bien l'intérêt de SPARK pour le traitement des données expérimentales. On pourra, par exemple, se rendre compte de la défaillance d'un capteur en mettant la grandeur qu'il mesure en sortie. On pourra également obtenir des valeurs de grandeurs que l'on ne peut pas mesurer.

4. Conclusion

Ainsi, nous pouvons dire qu'au vu de la comparaison entre les différents labels européens traitant de l'efficacité énergétique dans les bâtiments et au vu des réalisations basses et très basse énergie, la France a un certain retard dans le domaine.

C'est, entre autres, pour faire face à ce retard que des bâtiments démonstrateurs à usage maîtrisé vont être construits à l'Institut National de l'Énergie Solaire.

Pour simuler le comportement de ces bâtiments et exploiter les résultats expérimentaux, le logiciel SPARK associé à la plateforme de simulation SimSpark pourra être utilisé et ainsi permettre d'avoir une grande liberté dans les simulations ainsi qu'un niveau de précision adaptable en fonction de ce qui est recherché

Bibliographie

CSTB (2006). « Effinergie, un label basse énergie à l'initiative des acteurs de terrain. » http://webzine.cstb.fr/webzine/preview.asp?id_une=402

CU (2006). « Décret n° 2006-555 du 17 mai 2006 art. 10 Journal Officiel du 18 mai 2006 en vigueur le 1er janvier 2007 », Code de l'urbanisme. R112-2.

DGEMP (Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières) (2006). « Lexique sur l'énergie », Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. <http://www.energie.minefi.gouv.fr/energie/comprendre/lexique.htm>

HQE (2006). Site officiel de l'association HQE. <http://www.assoHQE.org/>

JO (2003). « Arrêté du 18 décembre relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label "haute performance énergétique". » Journal Officiel de la République Française 302: 22822.

JO (2006). « Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles des bâtiments. »

Journal Officiel de la République Française 121: 7744.

Lecuelle, P. (2005). « La basse et très basse énergie dans l'habitat neuf et rénové; état des lieux et retours d'expériences de 4 pays européens ». Programme énergievie région Alsace.

MINERGIE (2006). Site officiel de MINERGIE®. <http://www.minergie.ch/>

Mora, L. (2003). « Prédiction des performances thermo-aérauliques des bâtiments par association de modèles de différents niveaux de finesse au sein d'un environnement orienté objet ». Thèse de doctorat

Passivhaus (2006). Site officiel de Passivhaus. <http://www.passiv.de/>

Poussard, E. et B. Peuportier (2002). « Guide for a building energy label. ». PREDAC groupe de travail n°4.

SIA (1982). « L'indice de dépense énergétique », Société suisse des Ingénieurs et des Architectes. 180-4: p.7.

Sowell, E.-F. et P. Haves (2001). « Efficient solution strategies for building energy system simulation. » Energy and Buildings 33(4): 309-317.