

# Notes techniques et réflexions

## Aide à l'utilisation de WUFI pour la simulation dynamique de la diffusion de vapeur dans les parois

Auteur : Clément CARPENTIER

Octobre 2009

**ENERTECH**

*Ingénierie énergétique*

26160 FELINES S/RIMANDOULE

TEL & FAX : (33) 04.75.90.18.54

*email : [contact@enertech.fr](mailto:contact@enertech.fr)*

*Web : [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)*

# **Aide à l'interprétation des résultats de simulation dynamique de la migration de vapeur dans les parois avec WUFI**

**Introduction** : la migration de la vapeur dans les parois est un phénomène complexe qui n'est bien compris que depuis quelques années. Il a fallu une approche dynamique des phénomènes pour comprendre que les anciennes méthodes, toutes basées sur une approche statique et figée, ne nous avaient pas permis des approches très pertinentes, notamment en rénovation.

Depuis quelques années il existe donc de nouveaux outils de simulation dynamique de la migration de vapeur. Ils doivent impérativement être couplés avec un modèle de simulation dynamique des transferts de chaleur dans les parois. Ces outils, désormais accessibles à des bureaux d'études « avertis » sont très précieux. Mais notre expérience montre que, s'ils ne sont pas très difficiles à utiliser, en revanche il faut un peu de temps pour maîtriser l'interprétation des résultats. Voici donc quelques conseils d'utilisation et d'interprétation spécifiques à l'outil de simulation WUFI.

WUFI est un logiciel conçu et développé par le Fraunhofer Institut en Allemagne. On peut se le procurer directement au Fraunhofer Institut :

Sekretariat Abteilung Hygrothermik  
WUFI® Lizenznehmer Betreuung  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik  
Institutsteil Holzkirchen  
Fraunhoferstraße 10  
83626 Valley  
eMail: mirjam.bakker@ibp.fraunhofer.de  
Telefon +49 (0)8024 / 643-261  
Telefax +49 (0)8024 / 643-366  
[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

## **Conseils pratiques**

Ce document propose quelques pistes pour interpréter les résultats donnés par WUFI. Le point de départ est immédiatement après avoir lancé la simulation.

### **1) Fenêtre de résumé**

Juste après la fin de la simulation, une fenêtre qui résume le calcul apparaît. Si plusieurs simulations ont été lancées à la fois, la fenêtre n'apparaît pas toute seule, mais on peut la voir en cliquant sur l'icône « Statut dernier calcul » après avoir sélectionné le cas que l'on souhaite étudier.

Vérifier que les teneurs en eau restent à peu près stables ou diminuent. Dans le cas d'une augmentation, vérifier que les teneurs en eau restent raisonnables (voir plus loin les critères).

Vérifier le nombre d'erreurs de convergence. En général ce nombre ne dépasse pas 5 ou 6 (pour des simulations sur 3 ans). Si on dépasse 5 ou 6, vérifier l'égalité des balances 1 et 2. Pour plus de détails, voir la catégorie « points sensibles » dans le mode d'emploi de WUFI.

## **2) Graphes rapides**

### ***a) Teneur en eau globale.***

Vérifier que la teneur en eau globale finit bien par se stabiliser (cad atteindre un cycle qui se répète d'année en année). Pour observer cette stabilisation, il peut être nécessaire de faire la simulation sur beaucoup plus que 3 ans (jusqu'à 10 ans parfois !).

S'il n'y a pas stabilisation, cela signifie que la paroi se charge en humidité sans pouvoir sécher : ce n'est pas acceptable !

### ***b) Teneur en eau des matériaux***

Une fois atteinte la stabilité, vérifier la teneur en eau de chaque matériau. Elle doit rester raisonnable. Voilà quelques critères, trouvés sur le forum de WUFI ou sur internet :

- laine minérale : teneur en eau inférieure à 4-5 kg/m<sup>3</sup>. Au-delà, les résultats sont ininterprétables étant donné que la laine minérale n'est pas sensé pouvoir contenir de l'eau.
- Bois : teneur en eau inférieure à 20% de la masse sèche. Au-delà, risque de pourrissement et/ou de développement de champignons.
- Produits manufacturés à partir de bois (laine de bois, osb, ...) : teneur en eau inférieure à 18% de la masse sèche. Au-delà, mêmes problèmes que pour le bois.
- Cellulose : teneur en eau inférieure à 15% de la masse sèche. On peut aller jusqu'à 30% d'après certains constructeurs ... A vérifier.
- Matériaux de structure (béton, pierre ...) : teneur en eau inférieure à la teneur en eau à l'équilibre avec un air à 85% d'humidité (calculable dans l'onglet « conditions initiales »).

### ***c) Temp rosée/Humidité relative***

Vérifier l'humidité relative aux points où il est susceptible de se former de la condensation. En général il s'agit des interfaces entre matériaux, et particulièrement des interfaces entre un matériau très perméable à la vapeur et un matériau très imperméable. De manière très générale, il est conseillé de ne pas dépasser les 85%, mais on peut s'autoriser un peu plus selon les matériaux (les chiffres restent très flous).

### ***d) Isopleths***

Examiner la courbe isopleth de la surface interne et vérifier qu'aucune des courbes LIM I et LIM II n'est dépassée. Ce qui compte est la durée consécutive de dépassement : au delà de quelques jours (3 ou 4), il peut y avoir prolifération de champignons. Un point correspond à un pas de temps horaire et les points proches en temps sont de la même couleur. Mais la courbe est difficilement lisible.

### **3) Film.**

#### ***a) Enveloppe des courbes.***

Ouvrir la fenêtre du film. Régler l'échelle en faisant cliquer droit et « propriétés ». Suivant ce que l'on veut observer, régler l'échelle de teneur en eau en kg/m<sup>3</sup> ou en %M (pourcentage de la masse sèche). Ensuite faire cliquer droit et « moyenne jusqu'à ». Sélectionner la date de fin de simulation (on peut la rentrer à la main). On observe alors l'enveloppe de la teneur en eau (en bleu) et de l'humidité relative (en vert). Dans le cas où l'enveloppe dépasse les valeurs seuils, vérifier que ce dépassement est ponctuel (de l'ordre de quelques jours, au plus de la semaine) en faisant défiler le film. On peut régler la vitesse sur la droite de la fenêtre.

#### ***b) Compréhension des phénomènes***

On peut faire défiler le film lentement à des moments critiques afin d'examiner en détail ce qui se passe. Les flèches bleues indiquent le sens et l'intensité des transferts d'humidité, ce qui permet une bonne compréhension des phénomènes mis en jeu. La compréhension de ces phénomènes permet de parer à un éventuel problème.

### **4) Rédiger le rapport.**

Chacun fait comme il le souhaite mais voici comment obtenir simplement les courbes désirées sous Excel.

#### ***a) Graphes rapides.***

On peut exporter toutes les courbes des graphes rapides (sauf les isopleths) plus certaines autres : flux d'humidité et de chaleur aux interfaces, pressions partielles de vapeur aux moniteurs, ... Pour cela aller dans l'onglet « sortie » et « exporter en ascii », puis sélectionner les données à exporter. On peut ensuite ouvrir le fichier avec Excel. On trouve en première colonne le temps en heures (pour les variogrammes) ou la position en mètres (pour les profils), et ensuite colonne par colonne les données dans l'ordre coché. Voici quelques unités des données exportées :

- teneur en eau : kg/m<sup>3</sup>
- pression : hPa
- température : °C
- flux d'humidité : kg/m<sup>2</sup>.s
- flux de chaleur : W/m<sup>2</sup>

#### ***b) Film***

Il est possible d'exporter des variogrammes ou des profils directement depuis le film. Pour les variogrammes, cliquer sur l'icône « créer un variogramme » puis sélectionner le point d'étude sur le dessin. Après le calcul, le graphique s'affiche. Faire alors cliquer droit et « exporter ». Pour les profils, sélectionner la date du profil avec l'horloge et cliquer sur l'icône « exporter profil ».

### **5) Quelques pistes pour l'interprétation.**

- Comparer les résistances à la diffusion de vapeur des différents matériaux utilisés. Dans le cas d'une grande différence, l'humidité sera bloquée à l'interface.
- Se souvenir que les matériaux hygroscopiques tels que le bois ou la cellulose, peuvent se charger en humidité et donc diminuer ou augmenter certains problèmes.
- De manière assez générale, le béton est un pare-vapeur : en isolation extérieure, il bloque les flux provenant de l'intérieur et protège les isolants. En isolation intérieure, cela peut provoquer des accumulations d'eau à l'interface béton/isolant.
- Se méfier des conditions initiales : sont-elles réalistes ? Cela peut beaucoup changer le comportement de la paroi.

A suivre.....