



## CONCEPTION “SANS DANGER” POUR LES FAÇADES BOIS GRANDE HAUTEUR TALL FACADES : IDENTIFICATION OF COST- EFFECTIVE AND RESILIENT ENVELOPES FOR WOOD CONSTRUCTIONS

La variété des options et des configurations d'enveloppe du bâtiment et la diversité des climats extérieurs et intérieurs et leurs impacts sur la durabilité des façades nécessitent le développement d'outils permettant une sélection de matériaux et d'options de conception adéquats. Pour cette raison et en se basant sur des méthodes d'analyse des risques, un outil de « Risk Facade » (RiFa-Tool) sera développé, il doit permettre aux différents acteurs de la construction de prendre des décisions validées pour des constructions spécifiques que sont les bâtiments de grande hauteur. De plus, l'outil est utilisé afin de créer un guide pour les façades de grande hauteur en bois, qui sont développées conjointement avec les partenaires industriels pour une application pratique.

The variety of options and configurations of the building envelope and the diversity of the effects of the external and the internal climate necessitate assistance in the selection of material and design options. For this reason, based on risk analysis methods, a Risk Facade Tool (RiFa-Tool) will be developed which will enable planners and producers to make substantiated decisions for specific constructions. In addition, the tool is used to create a guideline for Tall Timber Facades - envelope constructions, which are developed together with industry partners for practical application.

### Contexte

Avec un nombre croissant de bâtiments de grande hauteur en bois un des nombreux défis à relever est de pouvoir fournir des conditions de sécurité en termes d'humidité pour toute la durée de vie des enveloppes de ces constructions. Les bâtiments de grande hauteur sont particulièrement exposés aux fortes pressions liés aux vents combinées à la pluie battante. De plus, les bâtiments de grande taille nécessitent des temps de construction plus longs durant lesquels les éléments structurels sont particulièrement exposés à l'humidité. Enfin, les possibilités d'inspection, d'entretien et de réparation sont limitées pour ce type de structures. En comparaison à la gestion de la sécurité incendie, le risque d'apparition de problèmes dû à l'humidité est aujourd'hui considérablement sous-estimé dans les processus de planification, de construction et dans la gestion de la qualité de l'ouvrage. Pourtant les statistiques sur les dégâts de la construction montrent clairement l'importance des détériorations liées à l'excès d'humidité, résultant d'une perte économique importante qui est estimée à 3 à 5% de l'investissement annuel total dans les nouveaux bâtiments en Europe. Les experts estiment que cette perte pourrait augmenter à l'avenir avec l'apparition d'enveloppes plus isolées, plus complexes et plus sensibles à ce genre de transferts. Cela peut également entraîner un risque au niveau de l'image des bâtiments en bois, si ces dégâts venaient à croître dans le futur. Par conséquent, les « concepts de sécurité semi-probabilistes », semblables à ceux des calculs statiques utilisés pour le dimensionnement mécanique, sont nécessaires pour prévenir les conséquences négatives causées par un comportement à risque de la construction à l'exposition au climat.



Photo 1 : Exemple de bâtiments de grande hauteur en bois avec une enveloppe « complexe » présentant de nombreux points critiques au niveau des connexions de façades

### Objectifs de l'étude

L'objectif principal du projet est de faciliter la conception « sans danger » de solutions durables et donc rentables pour les façades en bois de grande hauteur. Cette conception « sans danger » vis-à-vis de l'humidité sera rendue possible à l'aide d'un outil RiFa (RiskFacade) basé sur les risques en tenant compte de l'exposition et de la vulnérabilité des différents systèmes de façade.

Cet objectif passe par la conception robuste de solutions durables et à coût optimisé pour les façades en bois de grande hauteur grâce à la collecte de connaissances existantes sur la façon de construire des bâtiments minimisant le risque d'apparition de désordres liés à l'humidité (catalogue de détails pour les bonnes pratiques et état de l'art des différentes réglementations européennes). Les typologies d'enveloppes et de points singuliers répondants aux bonnes pratiques sont validées par une évaluation via des simulations hygrothermiques et des essais à l'échelle paroi en laboratoires. Le modèle de risque RiFa-Tool prend en compte l'exposition et la vulnérabilité des différentes configurations de façades favorisant le respect des règles de conception pour des enveloppes sans risque lié à l'humidité.



Photo 2 : Exemple de façade endommagée

## Résultats

- Développement d'un modèle de représentation de l'exposition (climats extérieur et intérieur) des façades et des points singuliers, avec prise en compte de l'impact de la pluie battante (Wind Drive Rain) à travers l'intégration de la pénétration et de l'accumulation d'humidité.

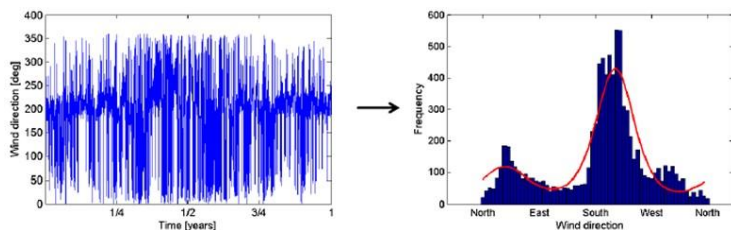


Figure 1 : Paramétrage des données météorologiques intégrant la pluie battante

Une des étapes importantes du projet s'est focalisée sur la représentation du modèle d'exposition des enveloppes des bâtiments (en prenant en compte la pénétration et l'accumulation ainsi que des modèles de dégradation et leurs conséquences à plus ou moins long terme) vers un processus de simulation intégrant la géométrie et la composition de la façade et la simulation hygrothermique simplifiée basée et validée sur le logiciel WUFI existant. La mise en œuvre de données climatiques paramétrées qui transforme les données météorologiques continues des locations retenues et liées au projet (en fonction

des 4 climats des pays membre du consortium) en modèles météorologiques probabilistes est un ajout nécessaire au modèle de simulation hygrothermique simplifiée. Le comportement des configurations de façade a été analysé sur une période de 50 ans, correspondant à la référence de durée de vie du bâtiment mentionnée dans les Eurocodes. Plusieurs modèles de dégradation ont été implémentés en se basant sur les modèles les plus couramment utilisés, mais également sur les derniers modèles développés spécifiques au matériau bois.

- ✓ Prise en compte et intégration de divers modèles de dégradation, exemple : modèle d'apparition et de développement de moisissures et de décomposition du bois.

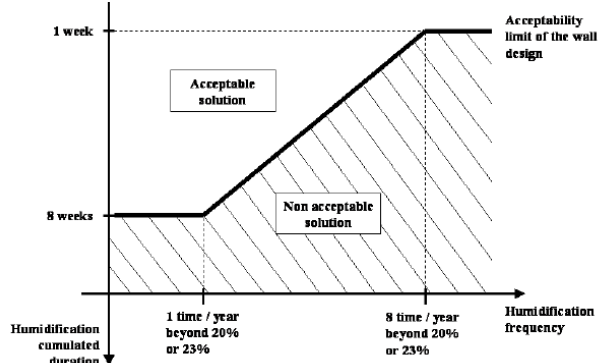


Figure 2 : Représentation des limites d'humidification du bois (% teneur en eau)

- ✓ Risk-Façade tool (RiFa-Tool) peut être utilisé dans un processus de simulation aux multiples fonctions, notamment pour déterminer les conséquences indirectes en termes de coûts de réparation ou de maintenance de dégâts dus à l'humidité.

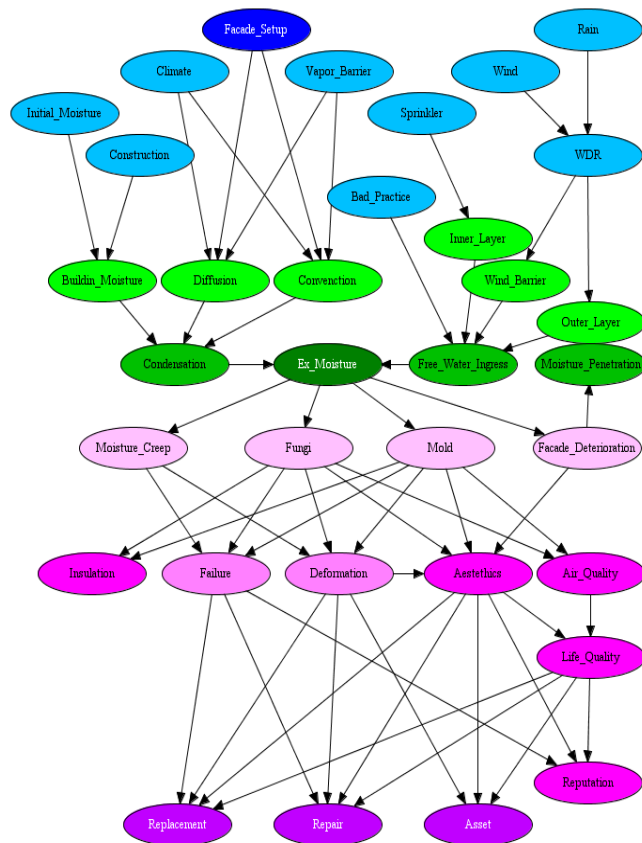


Figure 3 : Graphique des variables pertinentes et relations causales

- ✓ Développement d'une procédure généralisée et simplifiée pour l'évaluation des risques au niveau des détails de l'enveloppe à l'aide d'une méthodologie « d'arbre d'événements ». Les acteurs de la construction de tous les pays partenaires ont été interrogés sur les perturbations pouvant survenir au niveau des façades en bois afin de recueillir une collection de données statistiques qui serviront à la phase de dissémination du projet, dans le but de sensibiliser les acteurs de la filière bois construction à cette problématique. De plus, ces éléments ont servi à la phase du projet traitant de la modélisation des erreurs humaines et pour laquelle les retours d'experts et de professionnels sur des cas concrets sont une source de données essentielle.

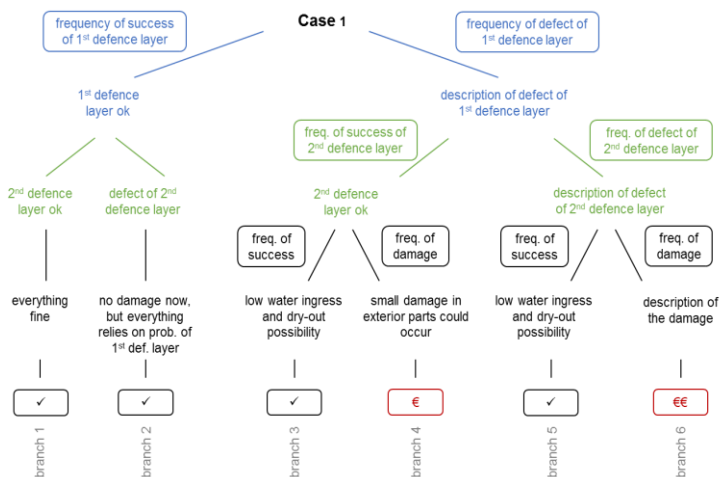


Figure 4 : Approche générale de l'arbre d'événements

- ✓ L'outil RiFa est également utilisable comme une méthode basée sur les conséquences inverses pour évaluer la vulnérabilité des connexions ou des jonctions (points singuliers) des zones à risque pour l'humidité. Un des résultats importants du projet a été le développement et la définition d'une technique généralisée pour l'analyse des risques des « zones à risque » de l'enveloppe du bâtiment, est également intégré dans cette approche l'impact d'événements plus complexes et accidentels tels que les erreurs humaines ou l'absorption d'eau dû au déclenchement du système de sprinklers par exemple. La procédure se décompose en cinq étapes consécutives : l'exposition à l'humidité, la description détaillée de la vulnérabilité du système étudié, les processus de pénétration de l'humidité, les effets d'accumulation et de diffusion et enfin les conséquences induites. Le processus d'analyse des risques utilise le paradigme d'un événement provoqué par l'humidité à une certaine étape en tant que branche dans une méthodologie d'arbre de décision.

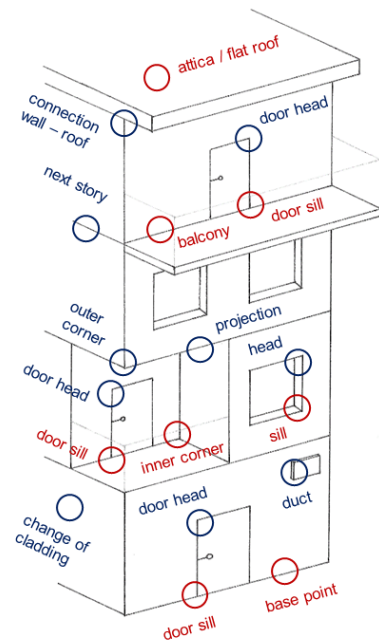


Figure 5 : Catégorisation des détails/points singuliers

- ✓ La monétarisation des conséquences a démontré la pertinence des mesures de sécurité vis-à-vis des risques liés à l'humidité pour les bâtiments de grande hauteur afin d'éviter des surcoûts pour les entreprises de construction de bois.

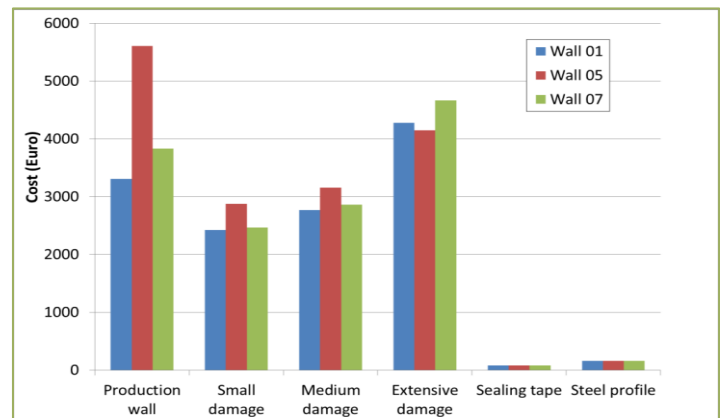


Figure 6 : Coûts de production, de réparation et d'amélioration pour trois différentes typologies de murs

## Conclusion

1. Elaboration d'une approche basée sur le risque pour l'évaluation de façade sans risque vis-à-vis de l'humidité.
2. RiFa-Tool A (numérique) sst directement utilisable pour la conception de prototypes.
3. RiFa-Tool B (qualitative) peut être utilisé pour le développement de solutions d'étanchéité alternatives.
4. Les résultats s'avèrent pertinents et profitables pour les entreprises de la construction en raison des dépenses pouvant être engendrées par les dégradations liées à l'excès d'humidité dans les enveloppes des bâtiments de grande hauteur.

Potentiel de développement futur :

- a. Formulation d'un concept de dimensionnement semi-probabiliste.
- b. Intégrer l'approche développée dans le projet dans l'analyse ACV
- c. Élargir l'outil numérique RiFa-Tool A sur les points singuliers critiques et les zones à risque

## Pour en savoir plus

- > <https://twitter.com/tallfacades>
- > <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1422654/221924329661.pdf>

### Publications

- WCTE2016 : "A proposed probabilistic-based design methodology for predicting mould occurrence in timber façades"
- WCTE2016 : "Consideration of disturbances and deficiencies in the moisture safety design of tall timber facades"
- DBMC2017 : "Parametric LCA of a ventilated timber wall construction in tall timber buildings"
- WCTE2018 : "Developing an event tree for probabilistic moisture risk analysis of urban tall timber buildings"

Etude réalisée en partenariat avec

TUM, SINTEF, NTNU, FCBA, SP technologies, Martinsons Building Systems, Moelven Modular buildings, Eternit AG, Overhalla Industrier, Rubner Holzbau GmbH, Isola AS

Avec le soutien financier de



## Contacts

Sylvain BOULET ● [sylvain.boulet@fcba.fr](mailto:sylvain.boulet@fcba.fr)  
Tél. 05 56 43 64 27



Pôle Industries Bois Construction  
Equipe Etudes & Recherches  
Allée de Boutaut, 33028 BORDEAUX