

181^e TABLE RONDE NATIONALE TECHNIQUE ET JURIDIQUE

LA PHYSIQUE DE L'ENVELOPPE

La résilience du bâti aux sollicitations climatiques

Vendredi 24 mars 2024

Société française d'architecture
247 rue Saint-Jacques — 75005 PARIS

Intervenants (de gauche à droite) :



- **François MONNET**, ingénieur ESB en Physique de l'enveloppe chez Wigwam Ingénierie
- **Franck SAUVAGE**, directeur technique chez ETAT9
- **Pierrick HAUDEBERT**, avocat au Barreau de Nantes, conseil de la MAF

Sommaire :

La physique de l’enveloppe	4
François MONNET.....	4
L’ingénierie de l’enveloppe	4
Enveloppe et humidité : quels enjeux ?	4
↳ Toujours plus de contraintes.....	4
↳ Un défi complexe.....	5
↳ Quelle durabilité ?.....	5
Pathologies et désordres liés à l’humidité	6
↳ De l’inconfort à l’impact carbone.....	6
D’où vient cette humidité ?	7
↳ L’humidité climatique.....	7
↳ L’activité humaine.....	7
↳ L’humidité des matériaux.....	7
↳ Fuites et remontées capillaires.....	7
La dynamique des transferts hygrométriques	8
↳ La diffusion.....	8
↳ La convection.....	8
↳ La capillarité.....	8
↳ Le stockage d’humidité.....	9
↳ Pour résumer.....	9
Echanges avec la salle	9
Les principes techniques de l’assèchement	11
Franck SAUVAGE.....	11
L’hygrométrie : rappel des notions de base	11
↳ La pression partielle des gaz.....	11
↳ La température.....	11
↳ Le point de rosée.....	12
Les conséquences du déséquilibre hydrique	12
↳ Des réactions différentes selon les matériaux.....	12
↳ Température et développement de moisissures.....	12
L’assèchement technique par déshydrateur	13
↳ Le principe utilisé.....	13
↳ Comment fonctionne le déshydrateur ?.....	13
↳ Quelques applications classiques.....	13
Echanges avec la salle	14
Cinq cas pratiques	15
Les outils d’expertise	15
↳ Des outils pour diagnostiquer et simuler.....	15
↳ Des capteurs pour surveiller, expérimenter et innover.....	15
Cas n°1 : une étanchéité trop forte	16
↳ Diffusion ou convection ?.....	16
↳ Trop d’étanchéité tue l’étanchéité.....	16
Cas n°2 : une humidité initiale trop élevée	16
↳ Problème d’exécution ?.....	16
↳ La phase chantier, critique en construction bois.....	17
Cas n°3 : une inversion du flux de vapeur	17
↳ De l’humidité en été ?.....	17
↳ Une inversion estivale du flux de vapeur.....	17
Cas n°4 : pas d’étanchéité à l’air	18
↳ Surconsommation et inconfort.....	18
↳ L’importance de la couche d’étanchéité à l’air.....	18
Cas n°5 : humidité relative et critères de conception	Erreur ! Signet non défini.
↳ Condensation en sous-face d’une toiture en acier.....	Erreur ! Signet non défini.
↳ Une conception fondée sur une hygrométrie moyenne.....	Erreur ! Signet non défini.
Le statut juridique de l’enveloppe	20
Pierrick HAUDEBERT.....	20
Une notion protéiforme source de désordres	20
↳ La notion d’enveloppe et ses fonctions.....	20
↳ Les désordres touchant l’enveloppe.....	20
Les conditions d’application de la garantie décennale à l’enveloppe	21
↳ L’existence d’un ouvrage.....	21
↳ L’impropriété à destination et la solidité compromise.....	21

181^e TRNTJ du CNEAF – La physique de l’enveloppe

Le cas des dommages intermédiaires et des EPERS.....	22
↕ La notion de dommage intermédiaire.....	22
↕ La notion d’Équipements pouvant engager la responsabilité solidaire (EPERS).....	22
Échanges avec la salle.....	23
Sigles.....	25



La physique de l’enveloppe



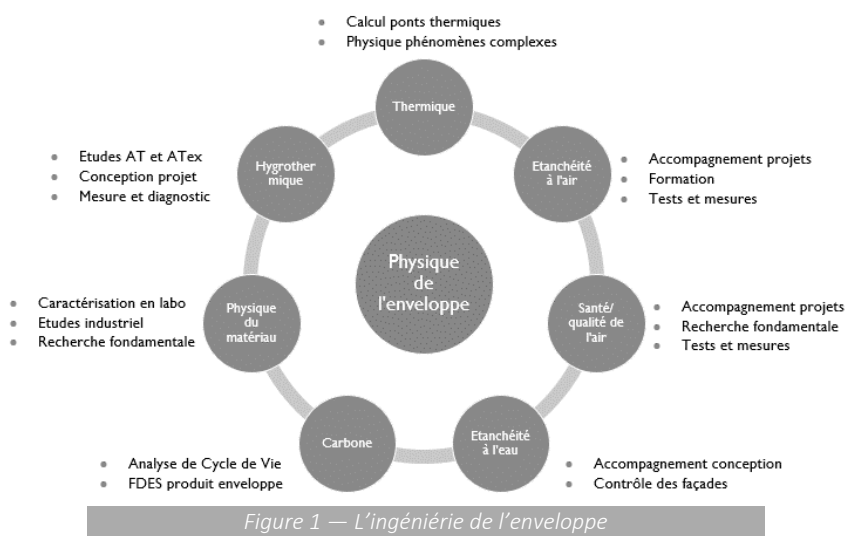
François MONNET

Ingénieur ESB en physique de l’enveloppe chez Wigwam Ingénierie

Wigwam, fondé en 2007, est un bureau d’études spécialisé dans la décarbonation et les flux de transferts de masse à travers les parois des bâtiments, un domaine rare en France. La physique de l’enveloppe des bâtiments face aux contraintes climatiques est, de fait, une problématique complexe, qui engendre de nombreux désordres dans les bâtiments.

L’ingénierie de l’enveloppe

Ces transferts de masse concernent la circulation de l’eau, de l’air et de la chaleur à travers les éléments d’une construction. Chez Wigwam, ils sont étudiés à l’échelle nationale sur divers projets, en abordant des aspects thermiques et hygrométriques essentiels. La méthode de travail s’articule autour de trois axes principaux : la recherche et développement pour combler le manque de connaissances dans la physique de l’enveloppe, notamment avec l’arrivée de nouveaux matériaux ; l’ingénierie en simulation prédictive pour modéliser l’évolution des flux d’humidité dans les bâtiments sur plusieurs décennies ; et le suivi de chantier et monitoring avec des instruments spécialisés pour mesurer la température, l’humidité et la teneur en eau des matériaux.



Ce travail porte aussi bien sur des constructions neuves que des réhabilitations et des bâtiments patrimoniaux, avec une forte implication dans les filières biosourcées telles que la paille, le chanvre et la terre.

Enveloppe et humidité : quels enjeux ?

➔ Toujours plus de contraintes

Le sujet de l’enveloppe des bâtiments et de l’humidité est vaste et complexe, en particulier dans le contexte du changement climatique. Les prévisions indiquent des augmentations de température et des évolutions climatiques préoccupantes. La Stratégie nationale bas

carbone, mise en place il y a quelques années, oblige le secteur du bâtiment à réduire ses émissions de carbone avec des objectifs ambitieux, notamment une réduction de 40 % des émissions d’ici 2039. Cependant, les premiers chiffres indiquent que ces objectifs sont difficiles à atteindre, et l’industrie du bâtiment doit se transformer rapidement pour répondre à ces nouvelles exigences.

Ces contraintes ont accéléré l’adoption de nouvelles réglementations, telles que la Réglementation environnementale 2020 (RE 2020) pour les constructions neuves et les objectifs de réhabilitation. L’enjeu climatique prend de plus en plus d’importance, et cela s’est traduit par un suréquipement des bâtiments avec des technologies sophistiquées mais parfois difficiles à maintenir. Une approche qui a montré ses limites, incitant à revenir à des solutions plus fondamentales, telles que l’optimisation de l’enveloppe du bâtiment, son usage et l’architecture bioclimatique. Ces approches permettent d’agir dès le début du projet pour des gains significatifs.

➔ Un défi complexe

L’enveloppe du bâtiment a donc pris une place centrale, comme cela a été le cas lors de l’introduction de la Réglementation thermique 2012 (RT 2012), qui a mis l’accent sur l’isolation et l’étanchéité à l’air. L’enveloppe constitue l’interface entre l’ambiance intérieure et extérieure, intégrant de nombreuses contraintes : acoustiques, incendie, mécaniques, économiques, carbone, thermiques, architecturales et patrimoniales. Concevoir une enveloppe qui répond à toutes ces exigences est un défi complexe.

Chaque projet étant unique, l’enveloppe doit souvent être réinventée, ce qui signifie que chaque bâtiment devient un prototype avec des solutions adaptées. Bien que des normes et des guides existent pour fixer des cadres, l’innovation en architecture et en technique reste une caractéristique essentielle pour répondre aux nouvelles contraintes, mais qui pose également de nouveaux défis.

En parallèle, le marché des matériaux est également en pleine innovation. De plus en plus de matériaux, notamment biosourcés et géosourcés, apparaissent sur le marché. Chaque semaine, de nouveaux matériaux sont introduits, comme des isolants en filament de moules, par exemple. Cette diversité est une bonne chose, mais elle ajoute une contrainte supplémentaire : la connaissance approfondie de ces matériaux dans leur environnement spécifique.

Les matériaux ne sont pas utilisés isolément mais intégrés dans une enveloppe, en association avec d’autres matériaux, et soumis à un climat particulier. **Cette complexité accrue rend difficile d’assurer la durabilité des constructions.** Il y a cent ans, les enveloppes des bâtiments étaient composées d’un ou deux matériaux principaux, avec une épaisseur uniforme entre l’intérieur et l’extérieur. Aujourd’hui, les enveloppes peuvent compter jusqu’à dix couches différentes, incluant des plaques, des pare-vapeur, des isolants, des pare-pluie et des voiles de contreventement

➔ Quelle durabilité ?

Au milieu de toutes ces contraintes, un sujet central et malheureusement parfois négligé dans les phases de conception est celui de la durabilité. La durabilité dépend de nombreux facteurs, notamment de la résistance mécanique et de la capacité des matériaux à résister à l’eau sur le long terme. Avec la RE 2020, les bâtiments doivent désormais respecter des contraintes carbone, impliquant des analyses de cycle de vie systématiques pour les nouvelles constructions. Ces analyses incluent des durées de vie typiques des matériaux : par exemple, le béton est censé durer 100 ans, une plaque de plâtre 25 ans, et un revêtement de sol 25 ans.

Cependant, ces durées de vie ne sont pas toujours respectées en raison de problèmes de

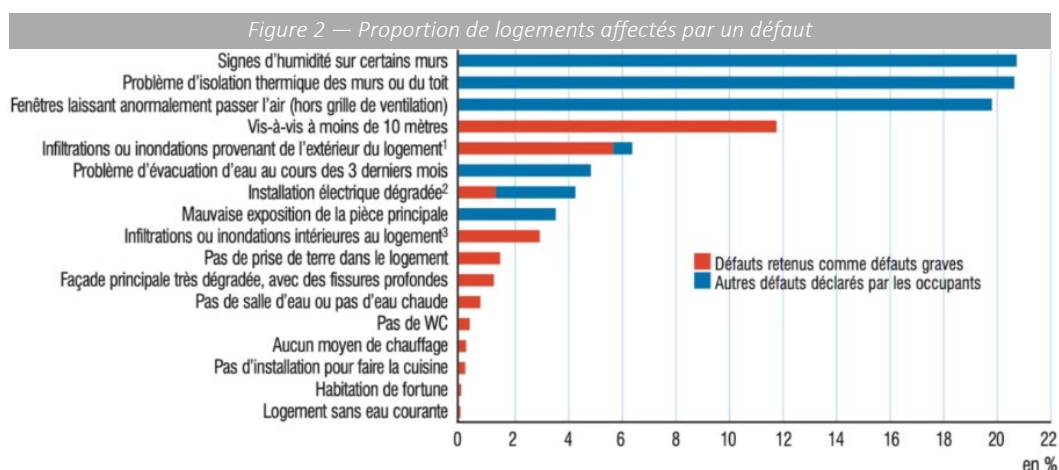
mise en œuvre ou de conceptions inadéquates, ce qui entraîne des désordres et des sinistres non négligeables. Selon les chiffres de l’Agence qualité construction (AQC), **environ 10 % du chiffre d’affaires total de la construction en France est consacré à la correction de ces désordres, résultant de la non-qualité des constructions**. En 2017, il a été constaté que 70 % des sinistres dans les bâtiments étaient liés à des problèmes d’humidité, constituant la principale cause de désordres dans les enveloppes des bâtiments.

De plus, 45 % des sinistres surviennent pendant la phase de chantier, soulignant les problèmes de mise en œuvre sur le terrain. Cette donnée met en évidence l’importance de la qualité d’exécution et du suivi des travaux pour garantir la durabilité des constructions.

Pathologies et désordres liés à l’humidité

➔ De l’inconfort à l’impact carbone

Les pathologies et désordres qui affectent l’enveloppe des bâtiments ont des conséquences variées pour les occupants et les acteurs du secteur de la construction. Une étude menée par un bailleur auprès de ses locataires a révélé que la première source de défauts perçue était les signes d’humidité sur les murs. Ces problèmes d’humidité constituent la principale cause de l’inconfort ressenti par les usagers des bâtiments, alors que ces derniers restent au cœur de l’acte de construire.



Les désordres se manifestent principalement sur les parois des bâtiments, lesquelles sont le support visible de ces pathologies. Les défauts visuels, comme les taches d’humidité, peuvent apparaître pendant ou après la phase de chantier. Ces dégradations affectent également les performances des bâtiments : la conductivité thermique des isolants, par exemple, diminue avec l’humidité, entraînant une perte de performance de 5 à 15 %. Ces problèmes d’humidité impactent aussi la qualité de l’air intérieur, en favorisant le développement de moisissures potentiellement toxiques ou allergènes. Ainsi, la présence de moisissures toxiques dans une crèche a entraîné sa fermeture immédiate pour protéger la santé des occupants.

En outre, ces désordres peuvent affecter la structure même des bâtiments, surtout ceux construits en bois, augmentant alors significativement les risques de dégradations structurelles. Les problèmes de durabilité des matériaux et de leur mise en œuvre inadéquate sont des causes majeures de ces sinistres, qui représentent une part significative du chiffre d’affaires de la construction en raison de la non-qualité.

Enfin, l’impact carbone des réparations des désordres est notable. Une étude norvégienne a ainsi révélé que **5 % du bilan carbone d’un bâtiment sur son cycle de vie est lié à la réparation des désordres**. Ce chiffre intègre le remplacement prématuré des matériaux,

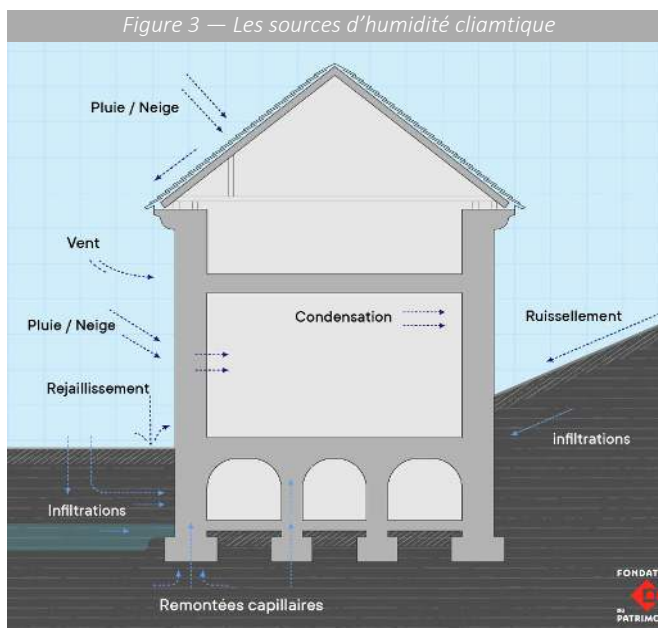
l’utilisation des machines pour les protocoles d’assèchement, et la relocalisation des occupants. L’impact carbone constitue donc un enjeu majeur lié aux pathologies de l’enveloppe des bâtiments.

Face à ces enjeux considérables, il est essentiel de comprendre l’origine de cette humidité pour y remédier efficacement. Elle peut ainsi provenir de diverses sources, telles que les intempéries, l’humidité intérieure, celle issue du sol, ou encore les fuites de canalisations.

D’où vient cette humidité ?

↳ L’humidité climatique

L’humidité ambiante extérieure varie considérablement selon les régions climatiques françaises, influençant le comportement des matériaux de construction. À Brest, par exemple, l’humidité relative est élevée, ce qui affecte les performances des parois. La pluie battante, combinée au vent, exerce une pression supplémentaire sur l’enveloppe extérieure des bâtiments, tandis que le rayonnement solaire aide à sécher les parois mais peut également inverser les flux de vapeur d’eau.



↳ L’activité humaine

À l’intérieur, les apports d’humidité sont principalement dus à l’usage du bâtiment. Une famille de quatre personnes peut ainsi émettre jusqu’à 25 kilos d’eau par jour, essentiellement par la respiration et les activités domestiques. Une bonne ventilation peut évacuer une partie de cette humidité, mais si elle est insuffisante, l’humidité finit par traverser les parois du bâtiment.

↳ L’humidité des matériaux

Les matériaux eux-mêmes peuvent contenir de l’humidité. Les matériaux humides, comme le béton, libèrent de l’humidité pendant leur phase de séchage qui peut durer plusieurs mois ou années, et affectent potentiellement les matériaux adjacents. Les constructions en bois, sensibles à l’humidité, sont ainsi susceptibles d’absorber de l’eau pendant la phase de chantier, ce qui pourra devenir une source de problèmes une fois les matériaux encapsulés dans l’enveloppe du bâtiment.

↳ Fuites et remontées capillaires

Les remontées capillaires, enfin, fréquentes dans les bâtiments anciens, constituent une autre source d’humidité. La gestion de ces remontées est complexe et souvent sujette à débat parmi les experts.

Enfin, les fuites d’eau des canalisations et des gouttières sont des sources courantes d’humidité dans les bâtiments. Leur réparation nécessite non seulement de colmater les

fuites mais aussi de sécher les matériaux affectés.

La dynamique des transferts hygrométriques

→ La diffusion

Dans ce phénomène, l’humidité transite sous forme de vapeur. Influencées par un différentiel de pression de vapeur entre l’air intérieur et l’air extérieur, les molécules d’eau traversent les pores du matériau jusqu’à ressortir de l’autre côté.

Pour gérer correctement la diffusion de vapeur d’eau dans les parois, deux principes clés sont à respecter. Le premier est de concevoir des parois de manière à bloquer l’humidité côté intérieur et à permettre son évacuation côté extérieur, en utilisant des matériaux de plus en plus ouverts à la diffusion vers l’extérieur. Cela évite que l’humidité ne s’accumule dans la paroi.

Le second principe est la règle des deux tiers/un tiers, qui stipule que, si une barrière à la diffusion de la vapeur d’eau est installée, les deux tiers de la résistance thermique doivent se situer à l’extérieur de cette barrière. Cela empêche la formation de condensation en maintenant la membrane du côté chaud.

→ La convection

La convection d’air se manifeste, par exemple, dans une ossature bois classique comportant un pare-vapeur intérieur bloquant la vapeur d’eau. Si un trou, même anodin, se forme dans ce pare-vapeur, l’air intérieur tendra à s’y engouffrer. L’humidité de l’air entrant dans la paroi par ce trou sera bien plus importante que celle transitant par diffusion de vapeur. Ainsi, toute ouverture dans le pare-vapeur permet à des quantités importantes d’humidité d’entrer dans la paroi par l’air.

Il importe dès lors de traiter l’étanchéité à l’air dans les constructions, non seulement pour la performance énergétique, mais aussi pour prévenir l’excès d’humidité dans les matériaux. Des tests, tels que des essais aux fumigènes sous pression et dépression, sont effectués pour s’assurer de l’absence de trous.

Cette étanchéité apporte de nombreux avantages : réduction de la consommation énergétique, meilleure gestion de la qualité de l’air, et surtout, pérennité du bâtiment. En évitant que trop d’humidité n’entre dans les matériaux, les structures telles que l’ossature bois et les panneaux OSB côté extérieur sont protégés.

→ La capillarité

Le phénomène de capillarité, enfin, est classiquement illustré par l’absorption par un morceau de sucre du café dans lequel il est partiellement plongé : le liquide remonte par capillarité. Ce même principe s’applique aux matériaux de construction. Ainsi, des fondations et des briques subissent des remontées capillaires par les pores constitutifs de ces matériaux. Plus les pores sont petits et tubulaires, plus l’eau remonte haut.

L’observation de différents matériaux au microscope révèle des comportements variés : l’acier, le béton, le marbre et le bois réagissent différemment, le bois ayant une capillarité plus importante.

La capillarité permet également à la vapeur d’eau transitant dans les pores de s’agglutiner en eau liquide sur les parois internes, ce qui crée des ponts capillaires, avec pour conséquence le déplacement de l’eau liquide dans le sens opposé à la vapeur d’eau.

Ces phénomènes se manifestent dans les enduits, notamment dans ceux mis en œuvre dans l’isolation thermique par l’extérieur (ITE) sous enduit.

➔ Le stockage d’humidité

Le stockage d’humidité concerne la capacité des matériaux à absorber l’humidité sous forme de vapeur (absorption) ou de liquide (suction). Les matériaux hygroscopiques, tels que les matériaux biosourcés, augmentent leur teneur en eau dans des environnements humides. Il est essentiel de s’assurer que cette humidité ne dépasse pas certains seuils pour prévenir les problèmes de développement fongique.

➔ Pour résumer

La conception des parois doit donc prendre en compte les critères suivants :

1. Éviter l’accumulation d’eau liée aux intempéries
2. Bloquer la convection d’air côté intérieur pour prévenir l’apport excessif d’humidité
3. Limiter la diffusion de vapeur d’eau côté intérieur tout en permettant son évacuation vers l’extérieur

Dans les rénovations, il est essentiel de permettre l’évacuation de l’humidité, qu’elle soit issue de remontées capillaires ou présente en phase de chantier. Par exemple, pour éviter que l’humidité ne condense sur un matériau comme le moellon, un pare-vapeur étanche à l’air mais permettant l’évacuation de l’humidité est nécessaire.

Côté extérieur, les matériaux doivent être étanches à l’eau liquide et ouverts à la diffusion de vapeur d’eau, comme les pare-pluie, contrairement aux anciens enduits Revêtements plastiques épais (RPE) qui bloquaient également la vapeur d’eau, avec le risque de générer des pathologies.

Échanges avec la salle

De Catherine BERGER, architecte experte à Crozon (Finistère)

S’agit-il de pare-vapeur ou de frein vapeur ?

François MONNET

Il s’agit en fait d’une barrière fine entre le pare-vapeur et le frein vapeur, bien que la définition du frein vapeur ne soit pas claire. Un pare-vapeur est un matériau avec une valeur S_d^1 supérieure à 18 mètres, tandis qu’un frein vapeur a une valeur S_d inférieure à 18 mètres. Il existe sur le marché de nombreuses membranes avec des valeurs S_d variées, qui considérées comme des freins vapeur si leur S_d est entre 0 et 18 mètres.

Les membranes hygro-variables, qui bloquent la vapeur d’eau venant de l’intérieur mais laissent passer celle de l’extérieur, sont importantes pour assurer l’assèchement des bâtiments. En France, la tendance a été de rendre les parois très étanches, ce qui peut poser des problèmes d’humidité piégée et de détérioration des matériaux, notamment le bois.

Depuis cinq ans, la réglementation permet d’utiliser des matériaux plus ouverts à l’intérieur, avec un rapport S_d de 1 à 5 entre l’intérieur et l’extérieur. Il est préférable d’utiliser des membranes de manière judicieuse pour permettre aux murs de respirer plutôt que de les rendre trop étanches.

¹ Exprimée en mètres (m), la valeur S_d caractérise la perméabilité à la vapeur d’eau des matériaux

De Nicoletta LEONE, architecte experte à Nantes (Loire-Atlantique)

L’étanchéité, qui peut entraîner des problèmes de santé, est-elle la meilleure façon de maîtriser la qualité de l’air intérieur ?

François MONNET

L’étanchéité à l’air est essentielle. En utilisant des membranes spécifiques et des freins vapeur, cette étanchéité prévient les pathologies liées à l’humidité, comme les moisissures, et améliore la qualité de l’air. Une ventilation efficace est également essentielle pour une bonne étanchéité à l’air. Ces deux paramètres sont liés : sans étanchéité adéquate, la ventilation est inefficace, et inversement. Elle peut être naturelle ou mécanique, mais elle est nécessaire pour éviter les problèmes d’humidité. Enfin, les DTU ne remettent pas en question l’importance de l’étanchéité à l’air, mais réévaluent plutôt la problématique de la diffusion de la vapeur.

De [*intervenant non identifié*]

Concernant un garage semi-enterré transformé en habitation, le règlement sanitaire départemental – valable dans la France entière – interdit d’habiter dans les caves et sous-sols, en stipulant que murs et sols doivent protéger contre l’humidité et les remontées telluriques. L’avocat de la partie adverse affirme que l’humidité de cet ex- garage est due à de telles remontées et que celle-ci aurait dû être bloquée. Comment appliquer ces règlements pour assurer cette protection ?

François MONNET

Il existe des solutions telles que des drains périphériques. Cependant dans le cas présent il ne s’agit probablement pas de simples remontées capillaires, mais plutôt d’arrivées d’eau extérieure.

De [*intervenante non identifiée*]

Qu’en est-il des maisons construites en paille sous enduit en terre ?

François MONNET

Des recherches sont en cours sur la construction en paille, soutenues par un projet de l’Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie (ADEME) qui vise à transformer la filière paille en une filière industrielle. Ce projet inclut l’instrumentation de plusieurs bâtiments en France pour surveiller l’humidité sous les enduits en terre, un sujet de préoccupation en raison du manque de données sur la durabilité et le développement fongique. L’enduit peut assurer une part de l’étanchéité à l’air sur les surfaces courantes, mais il est difficile de garantir une étanchéité parfaite sur les parties basses, hautes et les singularités avec seulement l’enduit extérieur, qu’il soit minéral ou à base de chaux. Plusieurs tests ont montré que l’utilisation exclusive de l’enduit extérieur pour l’étanchéité à l’air comporte des risques.

Les principes techniques de l’assèchement



Franck SAUVAGE
Directeur technique chez ETAT9

ETAT9 intervient en matière de contrôle hygrométrique, de ventilation et de pollution, tant dans le secteur de la construction que dans l’industrie. L’assèchement technique met en œuvre des méthodes et des solutions destinées à gérer efficacement l’humidité dans différents environnements, avec pour objectif de prévenir les déséquilibres hydriques et les dommages structurels.

L’hygrométrie : rappel des notions de base

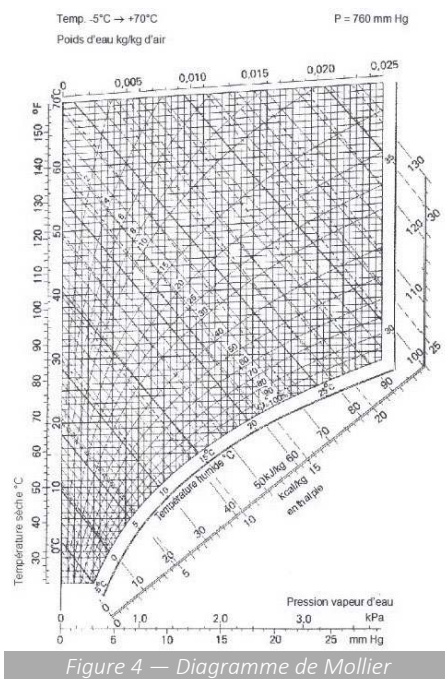
Outre son rôle curatif pour aider les supports à évacuer l’humidité — après s’être assuré que toutes les sources d’humidité ont été correctement identifiées, visées et réparées —, l’assèchement technique constitue également un outil intéressant dans les expertises pour prouver que l’humidité résiduelle est bien enfermée et que toutes les causes ont été correctement traitées.

→ La pression partielle des gaz

On retrouve dans l’air ambiant de l’oxygène, du gaz carbonique et de l’azote, mais surtout de la vapeur d’eau, cette dernière jouant un rôle crucial dans la survenue des sinistres, y compris dès la construction du bâtiment. Si ces tous gaz combinés influencent la pression partielle, seule une action de retrait de la vapeur d’eau favorise une différence de pression partielle des gaz qui entraînera le transfert de l’humidité des matériaux humides vers l’air ambiant.

→ La température

Cela implique de prendre également en considération l’humidité relative, exprimée en pourcentage, en tenant compte de la température, ce qui permet de comprendre la capacité de l’air ambiant à contenir l’humidité. Les mesures prises à l’occasion de sinistres ou lors des travaux de construction montrent en effet que la température est une donnée à ne pas négliger. Selon son niveau, il est possible de mesurer une quantité largement supérieure quantité d’humidité dans l’air, en vertu de la règle selon laquelle plus la température est élevée, plus l’air peut contenir d’humidité. Lorsqu’on parvient à 100 % d’humidité, l’air est alors saturé, et la vapeur d’eau se transforme en eau liquide. Ainsi, à 31 degrés Celsius et 50 % d’humidité relative, on mesure deux fois plus d’eau qu’à 19 degrés Celsius pour un même taux d’humidité relative.



→ Le point de rosée

Autre phénomène à prendre en compte : le point de rosée. Ce dernier est atteint au moment où l'air atteint 100 % d'humidité, ce qui a pour effet de générer de la condensation.

Lors de la construction ou en réparation d'un sinistre, alors que l'on chauffe le bâtiment pour lancer l'assèchement, **ne pas tenir compte de ce phénomène peut entraîner la condensation de l'eau lorsque l'air chaud entre en contact avec des parois encore froides**, ce qui conduit potentiellement à la production de moisissures et à une aggravation du sinistre.

Il convient donc de calculer le point de rosée à l'aide du diagramme de Mollier (fig. 4) avant de lancer un assèchement technique, et de vérifier l'absence de ponts thermiques dans le volume à assécher.

Les conséquences du déséquilibre hydrique

→ Des réactions différentes selon les matériaux

Lorsque le phénomène de capillarité des matériaux hygroscopiques entraîne leur saturation en eau, il convient d'abord d'identifier les types de matériaux pour adapter le processus d'assèchement. De fait, chaque matériau possède sa propre capacité d'absorption et de désorption de l'humidité. Il convient donc s'adapter tout au long du processus d'assèchement en fonction de chaque matériau, notamment lorsque ces derniers sont associés en « sandwich ». Si le bois absorbe beaucoup d'humidité, cette dernière entraîne cependant d'importantes déformations. Dès lors on ne peut engager un assèchement sans connaître la nature du bois et son épaisseur, car un assèchement trop puissant est susceptible d'entraîner d'autres sinistres.

Respecter les matériaux présents dans un même volume, comme le plâtre, le béton, la laine de verre et le bois est la condition nécessaire pour obtenir un assèchement complet sans générer de nouveaux dégâts. L'objectif est de sauver les matériaux et éviter leur remplacement, ainsi que la perte de jouissance des locaux, mais également de remettre en état plus rapidement, sans attendre plusieurs mois un séchage naturel.

→ Température et développement de moisissures

Trop souvent, face à des environnements humides, le réflexe est de chauffer pour assécher. En augmentant la température, on accélère effectivement l'évaporation, mais on favorise également la dispersion des spores de moisissures, omniprésentes et inévitables. Plus on combine température élevée et humidité, plus on crée un environnement propice à leur développement.

Par ailleurs, d'un point de vue strictement économique, chauffer un bâtiment fortement endommagé par des infiltrations d'eau engendre des coûts énergétiques considérables. Les solutions d'assèchement techniques adaptées permettent de maintenir une température plus basse et de contrôler l'humidité relative, réduisant ainsi le risque de développement de moisissures. Il est dès lors crucial de maîtriser et maintenir ces paramètres aux niveaux idoines pour éviter que les lieux ne deviennent impropres à leur destination.

L'assèchement technique par déshydrateur

↳ Le principe utilisé

Le déshydrateur produit de l'air sec pour contrôler l'humidité relative dans l'air ambiant, **en prenant en compte trois paramètres clés : la production d'air sec, la température et la vitesse de l'air**. En réduisant la vapeur d'eau, il modifie la pression partielle des gaz, créant une différence de pression entre l'air et les matériaux endommagés. Cette différence facilite le transfert d'humidité des matériaux vers l'air ambiant. Une certaine chaleur est nécessaire pour que l'évaporation naturelle se produise. La vitesse de l'air est cruciale pour attirer l'humidité et favoriser son transfert, complétant ainsi l'assèchement technique.

↳ Comment fonctionne le déshydrateur ?

Le déshydrateur est un appareil équipé d'une roue interne imprégnée d'un produit spécifique pour capturer l'humidité. Après avoir mesuré l'humidité et évalué les matériaux endommagés, les zones sinistrées sont isolées pour concentrer le traitement. L'appareil aspire l'air ambiant, qui traverse la roue et dépose son humidité. L'air asséché est ensuite réinjecté, libérant les murs de leur humidité excédentaire. Ce processus se répète jusqu'à assèchement complet.

Pour éviter la saturation, une partie de la roue monte en température pour libérer l'humidité accumulée, ensuite évacuée ou condensée. Le système assure une production constante d'air sec.

Divers appareils de mesure (sondes capacitives, micro-ondes, optiques, thermohygromètres, anémomètres, caméras infrarouges) sont utilisés pour détecter l'humidité et repérer les ponts thermiques. Parfois, des sondages sont nécessaires.

↳ Quelques applications classiques

- Après réparation, de l'humidité peut être emprisonnée dans une toiture-terrasse. Pour assécher l'isolant sans tout refaire, on utilise des déshydrateurs et des surpresseurs qui font circuler de l'air sec à travers des trous percés à intervalles réguliers. Quand l'air entrant et l'air sortant s'équilibrent sans excès d'humidité, l'isolant est considéré comme asséché.
- Les matériaux d'archives, tels que le papier, peuvent être endommagés par des dégâts des eaux ou des incendies, après lesquels on constate que l'eau des pompiers cause souvent plus de dégâts que le feu lui-même. Les archives nécessitent alors des techniques spécifiques d'assèchement pour être restaurées.
- Les sinistres importants impliquent une gestion précise de la température d'assèchement. Ainsi, lors de l'incendie du Palais de Chaillot à Paris, il y a plusieurs années, les infiltrations d'eau des pompiers ont causé de nombreux dégâts dans les sous-sols, où étaient entreposées des milliers d'œuvres d'art en divers matériaux sensibles à l'humidité. Un assèchement à basse température s'est alors avéré indispensable afin d'éviter le développement de moisissures. Cette technique utilise de l'air sec et de l'eau glacée pour déshumidifier l'air et protéger les œuvres sensibles aux températures élevées.
- En milieu industriel l'assèchement est utilisé pour prévenir la corrosion due à l'humidité. Grâce à des systèmes de ventilation, l'air est extrait des volumes enfermés, tels que les sous-sols et les cavités. Ainsi, dans le Grand Paris, où de nombreux tunnels sont en construction, la qualité de l'air est gérée au profit pour les ouvriers, en éliminant les émanations de gaz d'échappement des engins et en contrôlant l'humidité pour éviter

divers phénomènes indésirables.

- La climatisation est également utilisée pour abaisser la température et insuffler de l’air de qualité dans les bâtiments, ou encore dans la construction navale où un contrôle hygrométrique précis est nécessaire pour la rénovation de bateaux. Des appareils mobiles sont par ailleurs prévus pour gérer l’air dans les magasins.
- Le déshumidificateur est couramment utilisé dans le bâtiment pour son efficacité, en dépit de la baisse de rendement en dessous de 15 °C. Ces systèmes sont équipés de pompes pour assurer une évacuation continue et un assèchement permanent. En milieu résidentiel, les horaires de fonctionnement s’adaptent aux occupants pour minimiser les perturbations, ce qui peut prolonger la durée d’assèchement mais garantit un meilleur confort.
- Lorsque les délais de construction sont très courts mais qu’il importe de laisser les réactions chimiques se produire, une intervention ciblée permet d’assurer assèchement, ventilation et mise en température selon les consignes.

Échanges avec la salle

De Jérôme LEROY, architecte expert à Paris (20^{ème})

Quels sont les coûts de telles interventions ?

Franck SAUVAGE

C’est au cas par cas, en fonction du diagnostic de l’humidité et de l’association des matériaux. Les coûts de prestation incluent l’évaluation par un technicien, l’installation évolutive des machines et la location des appareils. Un devis personnalisé est établi, qui inclut l’installation, la caractérisation sur place et la location des appareils avec des contrôles réguliers une ou deux fois par semaine. Ces coûts restent cependant raisonnables et apportent une solution économique et efficace.

De Jean-Pierre PISARRA, architecte expert à Osny (Val-d’Oise)

Dans quel cas préconisez-vous des tests d’humidité à la bombe à carbure, par exemple, notamment sur des façades ?

Franck SAUVAGE

Il convient d’abord de mettre en œuvre des méthodes non destructives pour détecter les fuites et mesurer l’humidité, en utilisant des sondes capacitatives et des micro-ondes, capables de mesurer l’humidité à différentes profondeurs sans endommager les matériaux. La bombe à carbure, souvent demandée en expertise judiciaire, est moins utilisée en raison de son caractère destructif.



Cinq cas pratiques autour de l’enveloppe

Les outils d’expertise

➔ Des outils pour diagnostiquer et simuler

François MONNET

Les outils d’expertise sont utilisés pour établir un état initial des structures afin d’identifier la cause du sinistre, mais également de mettre en œuvre des outils de simulation pour recouper avec des situations réelles. Ces simulations nécessitent une connaissance fine du bâti existant, notamment de ce qui compose les parois. À cet égard, le logiciel WUFI, développé par le *Fraunhofer* en Allemagne, est utilisé pour prévoir les flux d’humidité dans les matériaux sur plusieurs années, en intégrant des données climatiques intérieures et extérieures. Ce logiciel aide à expliquer des phénomènes pathologiques, et est également utilisé en conception pour justifier les techniques non courantes.

Par ailleurs, lorsque les parties prenantes, y compris la maîtrise d’ouvrage, ignorent la composition de la paroi (types d’enduits, matériaux, etc.), des outils de diagnostic sont développés pour identifier l’état existant d’un bâti. Ils mettent en œuvre des techniques comme la thermographie, le capacitif, et les micro-ondes (*fig.5*).



➔ Des capteurs pour surveiller, expérimenter et innover

Parmi les outils développés, des petits capteurs distribués exclusivement par WIGWAM en France, mesurent en temps réel l’humidité, la teneur en eau et la température des matériaux. Ces capteurs, autonomes pendant 10 ans, transmettent les données à une plateforme, pour un suivi en temps réel des expertises à travers toute la France.

Ces capteurs sont fréquemment utilisés en construction bois pour surveiller l’humidité des bois pendant la phase chantier, afin de s’assurer que les ouvrages respecteront les niveaux d’humidité requis à la réception.

Ils sont également utilisés pour accompagner des industriels pour le dépôt d’avis technique et d’Attestations d’expérimentation (ATEX) sur de nouveaux produits. En laboratoire, ces capteurs instrumentent les projets pilotes pour fournir des preuves par la donnée. Cela sécurise les nouvelles techniques avant qu’elles ne soient assurables.

Ces capteurs sont également utilisés pour la prévention des sinistres en toiture-terrasse. En

maillant les complexes d’étanchéité avec ces capteurs, il est possible de détecter les infiltrations d’eau bien avant l’apparition de dommages visibles, ce qui permet une intervention rapide.

Cas n° 1 : une étanchéité trop forte

→ Diffusion ou convection ?

Il s’agit d’un cas qui remonte à environ 2011, concernant un bâtiment récent, livré depuis 3 à 4 mois, où une auréole est apparue au plafond en faux plafond. L’exploitant a découvert que la laine de verre au-dessus était dans un état déplorable. La première hypothèse était un défaut d’étanchéité, surtout avec une toiture végétalisée. En inspectant, il a été constaté que la couche d’étanchéité était en bon état, indiquant que l’humidité provenait de l’intérieur ou du dessous.

Deux hypothèses ont été envisagées : un problème de diffusion de vapeur d’eau ou de convection. Si c’était un problème de diffusion, cela signifierait que la paroi était mal conçue sans pare-vapeur adéquat. Cependant, un pare-vapeur conforme aux normes a été retrouvé, suggérant un autre problème. Une inspection plus poussée a révélé que le pare-vapeur, bien que conforme, avait des défauts, créant des points d’entrée pour l’humidité par convection.

→ Trop d’étanchéité tue l’étanchéité

Lors du chantier, une pièce de raccord mal installée a laissé l’eau s’infiltrer pendant les travaux. L’humidité s’est accumulée dans l’OSB (*Oriented strand board*, panneau en lamelles minces orientées) à des niveaux critiques sans condensation visible. Cela a entraîné une détérioration progressive de l’OSB, et des infiltrations finalement visibles sur le panneau de plâtre.

Ce cas illustre les risques de conception avec des parois trop étanches à la vapeur d’eau. Une imperfection dans le pare-vapeur permet une accumulation de l’humidité, aggravée par la convection. En toiture-terrasse, où les matériaux sont souvent très fermés à la diffusion de vapeur d’eau, il importe de mettre en place une stratégie d’étanchéité bien pensée. Les trois types courants d’étanchéité (bitume, EPDM², PVC) varient en perméabilité, mais toutes sont susceptibles de poser des risques si elles sont mal gérées.

Ce cas souligne l’importance de solutions résilientes permettant à l’humidité de s’échapper, pour éviter les sinistres liés à la condensation et à l’accumulation d’humidité.

Cas n° 2 : une humidité initiale trop élevée

→ Problème d’exécution ?

Sur une toiture-terrasse accessible d’un bâtiment en bois âgé de trois ans, un affaissement anormal du platelage a été observé. Après le retrait du platelage, il a été constaté que la membrane seule supportait le poids des personnes, ce qui suggérait un problème au niveau du support sous-jacent.

Sous cette membrane se trouvait un support d’étanchéité en OSB. Cette configuration a soulevé des inquiétudes, car les premiers sondages ont révélé une dégradation significative du support d’étanchéité à certains endroits, tandis que d’autres étaient intacts. La structure

² Le PDMS (polydiméthylsiloxane) est un polymère de silicone flexible, thermiquement stable, biocompatible, transparent et chimiquement inerte, utilisé dans diverses applications, notamment comme revêtement protecteur.

de la toiture comprenait plusieurs couches composées de bois massif contrecollé, d’un solivage rempli de fibres de bois, d’un panneau OSB, et enfin de la membrane d’étanchéité. L’investigation a permis de formuler une hypothèse initiale suggérant un problème d’exécution par l’étanchéité entraînant l’infiltration d’eau. Une précédente enquête avait également révélé un problème de ventilation sous le platelage, ce qui aggraverait la situation.

→ La phase chantier, critique en construction bois

Une modélisation de la paroi telle que conçue a été réalisée. Les résultats de la simulation ont montré que la conception initiale ne respectait pas les normes Document technique unifié (DTU) ni les guides Règles de l’art Grenelle environnement (RAGE) pour les toitures en bois accessibles. La modélisation a révélé que le taux d’humidité dans l’OSB dépassait, avec 23 %, le seuil pathologique de 20 % pour du bois structurel, mais cela ne suffisait pas à expliquer la délamination observée.

Plusieurs hypothèses ont été explorées : un problème de ventilation, une mauvaise étanchéité à l’air entre les panneaux de CLT (*Cross laminated timber*, bois lamellé croisé) (et la présence d’humidité lors de la phase de chantier. La modélisation a montré que seule une humidité initiale élevée dans l’OSB lors de la fermeture du bâtiment pouvait expliquer la saturation rapide et la dégradation observée.

La conclusion indique que de l’eau a été emprisonnée pendant le chantier, combinée à une mauvaise étanchéité à l’air. Cette hypothèse a été confirmée par les comptes rendus de chantier, signalant que l’OSB était particulièrement humide dès le départ. Les solutions de réparation proposées ont ensuite été validées pour remédier à ce problème.

Cas n° 3 : une inversion du flux de vapeur

→ De l’humidité en été ?

Sur la toiture d’une église classée en cours de rénovation, le charpentier a signalé des infiltrations d’eau sous un ciel clair, observées à l’intérieur de la charpente. Cette réhabilitation comprenait des tuiles, une ventilation sous les tuiles, de la volige, de l’isolation en laine de verre, et un pare-vapeur pour éviter la condensation.

L’eau qui ruisselait sur le pare-vapeur au niveau des rampants était visible par transparence. Le charpentier a ouvert le pare-vapeur pour permettre l’assèchement et a contacté les experts pour une évaluation. Les taux d’humidité ont été mesurés dans les matériaux et les bois. La laine de verre présentait une légère dégradation sans perte significative de performance thermique.

Le problème était principalement présent sur la façade sud, plus exposée. L’humidité des voliges était élevée, alors même que l’on était en été.

→ Une inversion estivale du flux de vapeur

Une simulation a été réalisée pour comprendre les causes, et a permis d’identifier deux phénomènes : d’une part les voliges avaient été stockées sur le chantier où elles avaient absorbé de l’humidité, et d’autre part le puissant rayonnement solaire d’été avait inversé le flux de vapeur d’eau, poussant ainsi l’humidité vers l’intérieur.

En été, la température élevée dans la lame d’air sous les tuiles atteignait environ 50 °C, augmentant de fait la pression de vapeur d’eau à l’extérieur du complexe. Cette situation inversait le flux de vapeur, et dirigeait l’humidité vers la laine de verre et le pare-vapeur, où elle se condensait.

Un cas similaire a été observé lors d’une surélévation à Paris, où des montants en bois, stockés sous la pluie, avaient été assemblés avec un pare-vapeur mal installé. Le rayonnement solaire sur le bardage en zinc avait créé une inversion immédiate du flux de vapeur, provoquant la saturation en humidité derrière le pare-vapeur.

Ces situations sont suffisamment courantes dans les constructions en bois pour que la filière s’y intéresse de près. Des recherches ont alors été menées pour comprendre les conditions favorisant ces inversions de flux de vapeur. Par simulation, elles ont montré que des voliges à 15 % d’humidité sèchent rapidement, tandis que des voliges à 30 % d’humidité créent une condensation prolongée derrière le pare-vapeur. Ces résultats ont aidé à corréler les observations et à mieux comprendre les phénomènes en jeu.

Cas n° 4 : pas d’étanchéité à l’air

→ Surconsommation et inconfort

Le projet concerne la réhabilitation thermique extérieure d’une tour construite dans les années 60. L’objectif est de refaire l’enveloppe extérieure du bâtiment, auparavant destiné à des bureaux, désormais transformé en logements. Un système de parement métallique avec des cassettes métalliques et de l’isolation a été installé.

Après l’emménagement des locataires, des plaintes concernant deux principaux problèmes ont été enregistrées : des consommations énergétiques plus élevées que prévu par la RT 2005, et des ressentis d’inconfort significatifs. Deux types de diagnostics ont été effectués pour identifier les problèmes : un test d’étanchéité à l’air, dit test à la porte soufflante, et une analyse par thermographie infrarouge.

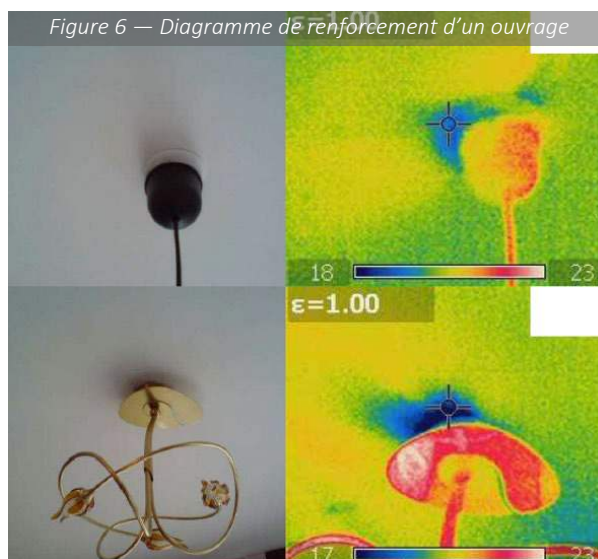
Le test à la porte soufflante consiste à placer une porte étanche avec un ventilateur sur la porte palière du logement. Le ventilateur crée une différence de pression de 50 pascals pour tester l’étanchéité à l’air du bâtiment, en dépression ou en surpression. En détectant les fuites d’air, ce test permet d’identifier les infiltrations ou exfiltrations d’air à travers les parois.

→ L’importance de la couche d’étanchéité à l’air

Les résultats du test, combinés avec la thermographie infrarouge, ont révélé des infiltrations d’air significatives autour des menuiseries et des incorporations électriques (fig.6), ce qui crée des ponts thermiques. Ces infiltrations d’air froid, capturées par la caméra thermographique, expliquent en partie les consommations énergétiques élevées et les problèmes d’inconfort.

L’analyse a montré que l’enveloppe du bâtiment ne contenait pas de matériaux assurant l’étanchéité à l’air. L’enchaînement de couches (métal, isolant, pare-vapeur kraft, lame d’air et plaque de plâtre) ne comprend aucune barrière étanche à l’air. L’absence de cette couche permet à l’air de circuler derrière la plaque de plâtre, ce qui annule l’efficacité de l’isolant.

Ce problème d’étanchéité à l’air, non prévu lors de la conception, est en partie responsable



181^e TRNTJ du CNEAF – La physique de l'enveloppe

des problèmes de consommation énergétique et d'inconfort. En outre, la réglementation RT 2005 n'imposait pas de vérification stricte de l'étanchéité à l'air, ce qui a contribué à ce manquement.

Le statut juridique de l’enveloppe



Pierrick HAUDEBERT

Avocat au Barreau de Nantes, conseil de la Mutuelle des architectes français (MAF)

L’aspect juridique de l’enveloppe peut être abordé de manière globale, en mettant l’accent sur le droit de la construction et la définition de l’enveloppe, une notion complexe qui implique divers désordres. À cet égard, on constatera que la garantie décennale s’applique à l’enveloppe du bâtiment, et que l’on peut dégager différents fondements de la responsabilité, dont les dommages intermédiaires et les EPERS.

Une notion protéiforme source de désordres

→ La notion d’enveloppe et ses fonctions

L’enveloppe du bâtiment est une notion protéiforme comprenant généralement les murs, les planchers et la toiture. Les murs périphériques, enterrés ou non, les parois extérieures, les enduits, les peintures extérieures, l’isolation par l’extérieur, les briques de parement et les fondations sont inclus dans cette définition. Les menuiseries extérieures telles que les portes, fenêtres, baies vitrées, murs rideaux, et fenêtres de toit en font également partie, tout comme les matériaux d’isolation, les pare-vapeur et les freins vapeur.

La toiture, qu’elle soit en ardoise, en tuile, plate, terrasse ou végétalisée, est considérée comme partie intégrante de l’enveloppe du bâtiment. Les panneaux photovoltaïques et solaires peuvent aussi en faire partie, sous certaines conditions.

La fonction principale de l’enveloppe est la protection du bâtiment contre les atteintes extérieures, qu’elles soient structurelles, thermiques ou acoustiques. Elle protège contre le vent, l’eau, l’air, le froid, le chaud et les bruits extérieurs.

Précisons à cet égard que l’étanchéité vise à créer une barrière contre l’eau sous toutes ses formes, tandis que l’imperméabilisation consiste à boucher les pores des supports poreux.

L’enveloppe du bâtiment a également des fonctions décoratives et esthétiques, telles que les peintures extérieures ou la mise en valeur de matériaux comme la pierre. Pour certains bâtiments historiques, comme l’Arc de Triomphe, la pyramide du Louvre ou les châteaux de la Loire, l’enveloppe a une fonction patrimoniale.

Enfin, certaines parties de l’enveloppe peuvent avoir des fonctions de loisirs, comme les toitures-terrasses accueillant des espaces de réception. Les fonctions écologiques et environnementales se développent également, avec l’ajout de panneaux solaires ou de toitures végétalisées visant à limiter le réchauffement du bâtiment.

→ Les désordres touchant l’enveloppe

Les désordres affectant l’enveloppe du bâtiment sont nombreux. 70 % des problèmes de construction concernent des infiltrations et des arrivées d’eau, ce qui en fait l’objet principal des opérations d’expertise dans plus d’un dossier sur deux. Ces infiltrations peuvent notamment se produire par capillarité. Ainsi, lors de la négociation des marchés, la recherche d’économies sur la construction d’un parking souterrain prévu pour être étanche a entraîné la mise en œuvre d’un cuvelage tolérant de légers passages d’eau, comme prévu par le DTU 14.1. Si ce cuvelage admet une tolérance de deux litres par 1000 m² par jour, la preuve du respect de ces tolérances se révèle en fait très difficile en phase d’expertise.

Les fenêtres de toit, notamment de marque Velux, posent également des problèmes d’infiltration d’eau. Pour garantir ces ouvrages, Velux impose des conditions strictes, notamment une pente minimale à respecter.

Un autre type de désordre concerne l’inconfort thermique dû à une mauvaise régulation des flux d’air ou à une mauvaise protection solaire, ce qui entraîne des températures élevées dans les bâtiments.

L’inconfort acoustique est également important, les bâtiments devant être conçus pour limiter les nuisances sonores, tant à l’intérieur qu’à l’extérieur. Ainsi, une voirie bétonnée a pu causer des claquements audibles dans les bâtiments voisins parce que l’isolation phonique n’avait pas été correctement anticipée.

L’inconfort olfactif est un autre désordre, notamment lorsqu’un bâtiment est situé à proximité d’une source de mauvaises odeurs, comme une usine de traitement des déchets. Ce risque d’inconfort est d’ailleurs valable aussi bien de l’extérieur vers l’intérieur que dans l’autre sens.

Les risques de chute, liés à des parements extérieurs qui se détachent, représentent pour leur part un danger pour les passants et les usagers du bâtiment. Même si ces parements n’ont pas de fonction d’étanchéité ou d’isolation, leur chute constitue un désordre de nature décennale.

Enfin, les non-conformités sans désordre, c’est-à-dire le non-respect de normes non obligatoires, ne peuvent justifier une remise en conformité à la charge du constructeur, selon la Cour de cassation. Cette approche pragmatique favorise la proportionnalité et l’efficacité des solutions, et évite de reconstruire des bâtiments pour des non-conformités mineures sans désordre réel.

Les conditions d’application de la garantie décennale à l’enveloppe

→ L’existence d’un ouvrage

L’application de la garantie décennale sur l’enveloppe du bâtiment est soumise à l’existence d’un ouvrage immobilier, quelle que soit sa nature. Cela peut inclure un bâtiment, un ouvrage de génie civil, un réseau de VRD, un mur, des carrelages fixés à demeure par mortier, ou encore un ravalement assurant l’étanchéité.

Cet ouvrage immobilier doit être défini par son attache à perpétuelle demeure. Dès lors, un bâtiment mobile ne peut être considéré comme un ouvrage immobilier. Par extension, un ouvrage est considéré comme immobilier si son déplacement nécessite des moyens très importants, comme pour un aquarium ou des bungalows fixés sur des plots en béton.

Les travaux sur existants doivent inclure une modification structurelle pour bénéficier de la garantie décennale. L’ajout d’un élément nouveau à la construction, comme des chevrons, des voliges, ou un système d’isolation thermique impliquant des travaux de maçonnerie, est également couvert par cette garantie. Enfin, l’installation d’éléments d’équipement sur des existants, y compris les installations photovoltaïques ancrées à la structure du bâtiment, relève de la garantie décennale.

→ L’impropriété à destination et la solidité compromise

La nature des dommages doit répondre à deux conditions : l’impropriété à destination ou la solidité du bâtiment compromise.

Le dommage qui compromet la solidité de l’ouvrage doit être d’une gravité certaine. Ainsi, le défaut de fixation d’un mur-rideau risquant d’entraîner sa chute est considéré comme un dommage portant atteinte à la solidité de l’ouvrage. De même, des fissures non superficielles

dans un bâtiment sont classées comme un désordre de nature décennale lorsqu’elles compromettent la solidité de l’ouvrage.

Le dommage rendant l’ouvrage impropre à sa destination inclut des cas où les promesses de performance, telles que les économies d’énergie grâce à un système de chauffage ou d’isolation, ne sont pas tenues. La Cour de cassation a ainsi jugé que la non-obtention de ces économies constitue un désordre de nature décennale. De même, l’absence d’isolation phonique conforme rend l’ouvrage impropre à sa destination.

Dans un bâtiment patrimonial ou un palace, des fissures esthétiques sont susceptibles de rendre l’ouvrage impropre à sa destination si la qualité de l’enveloppe était essentielle et contractuellement prévue. Le juge peut alors soumettre ce désordre à la garantie décennale. Enfin, le non-respect de la RT 2012 constitue également une impropriété à destination soumise à l’application de la garantie décennale.

Le cas des dommages intermédiaires et des EPERS

→ La notion de dommage intermédiaire

La responsabilité pour faute prouvée et sa relation de causalité avec le dommage allégué, également appelée «dommage intermédiaire», est un fondement important de l’engagement de la responsabilité. Cette notion s’applique lorsque les désordres ne répondent pas aux conditions de la garantie décennale. Dans ce cas, **il s’agit de démontrer une faute du constructeur ou de l’architecte, au sens du Code civil, et de prouver que cette faute est liée au dommage invoqué.**

Pour un architecte, les fautes courantes incluent les erreurs de conception et le défaut de surveillance du chantier. Pour l’entrepreneur, les fautes peuvent être multiples : manquement aux règles de l’art, violation des prescriptions des DTU, non-respect des normes d’application des produits, défauts d’exécution, fautes des sous-traitants, ou défaut de surveillance des travaux sous-traités. Le mauvais choix de matériaux et l’utilisation de matériaux inadaptés, ainsi que l’insuffisance de travaux préparatoires, sont également des fautes engageant la responsabilité pour faute prouvée.

Des exemples jurisprudentiels illustrent ces situations. Ainsi, des peintures non conformes n’engageant pas la responsabilité décennale ont été traitées sous le régime des dommages intermédiaires. De même, le faïençage des façades résultant d’une application inadaptée des produits a été reconnu comme un dommage intermédiaire par la Cour de cassation. Enfin, des désordres causés par un manque de consistance des enduits ont également été jugés relevant des dommages intermédiaires.

→ La notion d’Équipements pouvant engager la responsabilité solidaire (EPERS)

La notion d’EPERS est un mécanisme spécial qui concerne les fabricants d’équipements susceptibles d’engager la responsabilité solidaire de leur fabricant, en dépit du fait que ces derniers ne sont pas considérés comme des constructeurs. La Cour de cassation a, à cet égard, estimé que certains éléments ne constituent pas des EPERS. C’est notamment le cas des tuiles, des revêtements d’étanchéité (notamment de façade), des joints d’étanchéité, des matériaux servant à la réalisation de double vitrage, ou des vitrages utilisés dans une verrière en double vitrage non conçu pour cette finalité.

La particularité de la responsabilité des EPERS repose sur une condition essentielle : il faut impérativement démontrer que le fabricant avait connaissance de la destination de son produit et l’a fabriqué en fonction de cette destination. Cette exigence précise implique que cette responsabilité est rarement reconnue par les juridictions. Ainsi, ont été reconnues comme EPERS, notamment pour l’enveloppe du bâtiment, les fenêtres fabriquées sur

commande spécifique pour un chantier particulier, donc avec une destination particulière.

Échanges avec la salle

De Céline PETREAU, architecte experte à Bordeaux (Gironde)

Le cas des toitures à la fois froides et chaudes est-il aussi fréquent qu’on le pense ?

François MONNET

Le cas le plus fréquent concerne en effet la toiture tiède, qui répond au souhait des charpentiers de réduire la hauteur des complexes de toiture. La toiture froide est de moins en moins utilisée, sauf dans les régions du sud. Dans les régions intermédiaires, un minimum d’isolant est ajouté au-dessus de l’OSB. En conception, il est courant de dimensionner l’épaisseur de l’isolant selon les propriétés demandées par les charpentiers.

Ainsi, pour des constructions en zones humides comme à Sens, il peut être nécessaire d’ajouter 8 à 10 cm d’isolant. Cependant, la surisolation n’est pas la seule solution : la couleur de la membrane d’étanchéité, le type de pare-vapeur et l’isolation entre solivages sont également importants.

Obtenir des ATEx de cas A pour des solutions généralisées à l’échelle nationale est complexe, car les solutions efficaces dans une région peuvent ne pas l’être dans une autre, en raison des différences climatiques. Le système actuel des ATEx ne permet pas d’adapter les typologies de parois aux différents climats, ce qui est problématique.

De Jean-Pierre PISSARRA, architecte expert à Osny (Val-d’Oise)

Le cas pratique n° 2 examiné ci-dessus évoquait les facteurs entraînant l’humidité. La température de certaines pièces ne constitue-t-elle pas également un facteur aggravant ?

François MONNET

La température peut en effet influencer ces paramètres. Si l’air est plus froid, le phénomène pourrait s’aggraver. Toutefois, dans ce cas précis, la température est régulée, donc ce n’était pas une préoccupation majeure. La stratification de température peut affecter certains sinistres. Par exemple, dans les chais viticoles, les différences de température et d’humidité entre le haut et le bas des empilements de barriques affectent différemment le vieillissement des cognacs et des eaux-de-vie.

De X [intervenant non identifié]

Est-il possible d’avoir une idée du coût des cinq cas pratiques étudiés ?

François MONNET

Certaines études sont assez anciennes et cela varie considérablement en fonction de l’étendue du sinistre, du nombre d’études à réaliser, des variantes à examiner et des investigations nécessaires. C’est donc assez complexe. Cependant, on peut considérer une fourchette allant de 5000 à 15000 euros.

De Céline PERRET-ACKNIN, architecte experte à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine)

Qu’en est-il de la Garantie de parfait achèvement (GPA) et des assurances qui imposent malgré tout aux entreprises de respecter les DTU ?

Pierrick HAUDEBERT

Les assurances peuvent imposer le respect des DTU, mais en cas de non-conformité sans désordre, comme dans le cas de la GPA, il n’y a pas lieu de déclarer un sinistre ni d’engager

une procédure. La Cour de cassation précise qu’une réparation n’est nécessaire que si le respect du DTU est imposé contractuellement.

François MONNET

Une remarque s’impose concernant l’impropriété à la destination et les aspects thermiques. Les outils utilisés par les bureaux d’études pour évaluer la conformité aux normes RT 2012, RT 2005 ou RE 2020 ne prévoient pas la consommation réelle des bâtiments, mais seulement leur conformité. Cela pose un problème lorsque l’on considère le non-respect des consommations prévues, car ces outils ne sont pas conçus pour cette évaluation.

Pierrick HAUDEBERT

Dans le cas particulier de la décision citée précédemment, une consommation spécifique avait été contractuellement convenue, ce qui ne relevait pas du cadre classique. En revanche, un autre dossier concerne une assignation reçue par un architecte et des entreprises pour divers désordres qui n’en étaient pas vraiment, peu de temps avant l’expiration de la garantie décennale. Dans le contrat initial de l’architecte et des entreprises, il était prévu d’obtenir le label Bâtiment basse consommation (BBC), ce qui n’a jamais été effectif en raison d’un test d’étanchéité à l’air non concluant. Cela relève de la garantie décennale, car le label n’a pas été obtenu. Lors de l’expertise judiciaire, un nouveau test a montré des améliorations, bien que toujours non conforme.

L’expertise a révélé une zone sans plaque de plâtre avec un trou dans la membrane dans un recoin du bâtiment, défaut qui après réparation devrait permettre d’atteindre la conformité. Bien qu’il n’y ait pas de désordre manifeste, le fait que le contrat prévoyait l’obtention du label BBC pourrait permettre d’engager la responsabilité décennale.

[Sous les applaudissements chaleureux de l’assemblée, Pascal Meignen, coordinateur des 20 dernières TRNTJ, annonce transmettre à Nicolas Bual et Yann Cherrier la charge d’organiser les suivantes.]



Sigles

ADEME : Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie

AQC : Agence qualité construction

ATEX : Attestation d’expérimentation

BBC : Bâtiment basse consommation

CLT : Cross laminated timber, bois lamellé croisé

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

DTU : Document technique unifié

EPERS : Equipement pouvant engager la responsabilité solidaire

GPA : Garantie de parfait achèvement

ITE : Isolation thermique par l’extérieur

OSB : Oriented strand board, panneau en lamelles minces orientées

RAGE : Règles de l’art Grenelle environnement

RE : Réglementation environnementale

RPE : Revêtement plastique épais

RT : Réglementation thermique

© CNEAF – 24 mars 2024

Crédits photographiques : CNEAF, intervenants

Rédaction :

