L'expert de justice face à la complexité croissante des ouvrages comportant des produits verriers

Le paradoxe du verre est qu'il est fragile mais capable d'assurer des fonctions structurelles ainsi que la sécurité des personnes et des biens dans des ouvrages, transparent mais capable de contrôler le rayonnement solaire, le bruit, les échanges thermiques. Cette présentation des ouvrages comportant des produits verriers décrit une complexité qui nécessite de la part des experts missionnés à la fois une connaissance approfondie du matériau verre mais également une large culture scientifique.

Serge Escaich
Expert de justice près la cour administrative d'appel de Marseille
Président de la Compagnie nationale des experts de justice du verre et techniques associées (CNEJV)
avec la collaboration des membres de la Compagnie nationale des experts de justice du verre et techniques associées (CNEJV)

Illustration 1 : façade légère de la "Cornell Tech", campus situé sur Roosevelt Island à Manhattan.

Cet article traite de l'expertise de désordres survenant sur des ouvrages comportant des produits verriers présentant les caractéristiques suivantes :

- une grande diversité tant en volume qu'en complexité ;
- des fonctions variées et parfois contradictoires allant de la simple transparence à des performances thermiques ou acoustiques élevées ;
- une composition complexe associant plusieurs matériaux ou revêtements ;
- une installation dans un environnement en constante évolution notamment sous l'effet des changements climatiques (hausse des températures, vents violents) ;
- des exigences esthétiques élevées.

Ces particularités font que les désordres observés prennent des formes très variées. Pour y faire face, l'expert missionné doit non seulement maîtriser les connaissances essentielles sur les produits verriers et l'enveloppe du bâtiment mais aussi posséder des compétences étendues dans de nombreux autres domaines scientifiques. Il doit également connaître les réglementations et les normes tant nationales qu'internationales.

Dans ce contexte, la Compagnie nationale des experts de justice du verre

Illustration 2 : véranda et fenêtres.

(CNEJV) a pour ambition d'accompagner ses membres dans le maintien d'un haut niveau de compétence technique et scientifique, notamment en favorisant le partage et la mutualisation de leurs expériences.

L'industrie du verre et des façades a considérablement évolué ces dernières décennies. On observe une augmentation constante des surfaces vitrées ainsi que la création continue de nouveaux types d'ouvrages comportant des produits verriers devant assurer des fonctions de plus en plus techniques. Cette diversification s'étend des simples fenêtres avec un verre monolithique aux murs-rideaux de dizaines d'étages, des vitrages isolants classiques aux vitrages photochromiques ou aux panneaux photovoltaïques ou encore des garde-corps en verre jusqu'aux planchers et escaliers assurant une fonction structurelle.

1. OUVRAGES COMPORTANT DES PRODUITS VERRIERS

1.1. Quels ouvrages

Présentation d'une liste non exhaustive de types d'ouvrages comportant des produits verriers : murs-rideaux ; façades multi-parois (vitrages respirants, faiblement ventilés, double peau, etc.) ; vitrages extérieurs collés ; vitrages extérieurs attachés ; verrières et vérandas (illustration 2) ; menuiseries extérieures (fenêtres et portes-fenêtres, etc.) ; verre structurel : escaliers, planchers verriers, raidisseurs et poutres en verre ; garde-corps (illustration 3) ; panneaux et vitrages photovoltaïques ; cloisons intérieures ; parois d'aquariums ; cloisons intérieures ; brise-soleil ; éléments décoratifs intérieurs ; vitraux ; mobilier urbain ; cages d'ascenseurs, etc.

Illustration 3 : plancher et garde-corps en verre.

1.2. Les produits verriers et leur évolution technologique

Pour satisfaire aux exigences de ces ouvrages multifonctionnels, l'industrie verrière a développé des produits de plus en plus sophistiqués : vitrages isolants, respirants, faiblement ventilés pour améliorer la thermique ; verres feuilletés incorporant des intercalaires divers pour assurer la sécurité, renforcer la résistance mécanique et améliorer l'acoustique ou modifier l'aspect ; verres trempés thermiquement ou chimiquement pour résister aux chocs mécaniques et aux forts gradients thermiques ; verres à couches sélectives pour modifier la performance thermique, l'aspect (couleur, transparence) ou la résistance à la salissure ; verres intelligents (opacifiants, chauffants, etc.).

Une telle diversité, amplifiée par une évolution permanente, impose une veille technologique et scientifique continue, à laquelle il faut ajouter une veille normative et réglementaire relative aux produits et à leur méthode de mise en œuvre.

1.3. Les multiples fonctions des ouvrages vitrés

Les ouvrages vitrés doivent répondre, et souvent simultanément, à plusieurs fonctions telles que : la transparence, qui assure également l'éclairement des locaux ; la stabilité mécanique et parfois structurelle ; la sécurité des personnes et des biens (risque de chute, d'incendie, d'explosion et d'effraction) à partir d'un matériau réputé fragile et avec des performances attendues telles que l'étanchéité à l'eau et à l'air, l'isolation thermique et acoustique, le contrôle solaire, l'esthétique.

Illustration 4 : façade légère et verrière de la salle de spectacles « Iconic » de l'architecte Daniel Libeskind (Nice, France).

2. LES COMPÉTENCES REQUISES DE L'EXPERT DE JUSTICE DU VERRE

Illustration 5 : verrière en toiture.

Illustration 6 : escalier en verre structurel.

La diversité des ouvrages, de leurs fonctions, des produits verriers et de leur mise en œuvre nécessite une compétence de l'expert dans un champ scientifique étendu, incluant la résistance des matériaux, l'optique, l'acoustique, la chimie, pour rechercher la cause ou les origines des désordres et établir le niveau d'imputabilité des différentes parties.

Pour cela l'expert de justice du verre et des techniques associées dispose de logiciels, d'appareils de mesure et d'un protocole d'investigation bien spécifique pour procéder à l'évaluation des hypothèses et paramètres suivants : la conception de l'ouvrage par rapport à sa destination, incluant le choix des composants retenus ; la qualité de la fabrication des composants, et plus largement de l'ouvrage ; l'installation de l'ouvrage ; les interactions entre les différents composants de natures différentes et les conditions de service, d'utilisation et de maintenance de l'ouvrage.

La valeur ajoutée de l'expert spécialisé réside dans sa capacité à établir la vérité technique, sans se limiter strictement à l'examen de la conformité aux normes et règles de l'art. C'est ainsi que l'expert peut être conduit à établir que la mise en évidence d'une non-conformité normative ne se traduit pas obligatoirement par un désordre, en l'absence de lien de fait à causalité. *A contrario*, la conformité aux normes existantes ne suffit pas à présumer de la conformité de l'ouvrage à l'usage auquel il est destiné, dans la mesure où ces normes ne sauraient prendre en compte toutes les situations rencontrées.

3. QUELQUES EXEMPLES DE DÉSORDRES

Les désordres constatés sur des ouvrages comportant des produits verriers ont généralement plusieurs causes ou origines possibles, nécessitant une analyse scientifique multidisciplinaire pour déterminer celle qui domine.

3.1. Casse de vitrages

Constater la casse du vitrage est aisé, en déterminer la cause l'est beaucoup moins. La casse nécessite un examen particulier du faciès de fracture, ainsi que de l'environnement immédiat du vitrage. Cette approche peut ensuite être complétée selon les cas par des calculs, des mesures et/ou une prestation confiée à un laboratoire.

Les casses peuvent avoir plusieurs origines dues à des sollicitations mécaniques (vent en particulier) supérieures à la résistance du vitrage mis en œuvre, casse spontanée des verres durcis et trempés thermiquement et un défaut de mise en œuvre (supports, fixations et calages).

Exemples de casses :

- La casse accidentelle ou volontaire provoquée par un choc (illustration 7).

Illustration 7 : casse de vitrage dû à un choc.

- La casse thermique (illustrations 8 et 9) est provoquée par une différence de température hors des limites admissibles entre le bord du verre et le centre du vitrage. Son origine est identifiable par un examen du départ de la fissure. Le risque de casse thermique peut être réduit d'une manière significative en respectant les limites et conditions d'utilisation données par des calculs.

Illustration 8 : casse thermique.

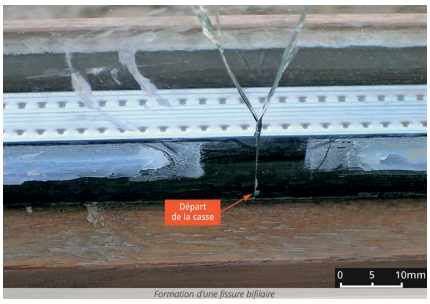

Illustration 9 : départ caractéristique de la casse.

- La casse spontanée à retardement de verres trempés thermiquement (illustration 10) provient de la présence de particules, généralement constituées de sulfure de nickel, incluses dans le verre fondu. L'investigation nécessite la recherche d'une particule de taille généralement inférieure à 500 microns (0,5 mm), suivie d'une identification par analyse au microscope électronique. L'expert doit ensuite rechercher si ces vitrages ont fait l'objet d'un traitement dit HST[1] permettant d'éliminer, avec un taux de confiance très

Illustration 10 : casse spontanée à retardement d'un vitrage trempé thermiquement.

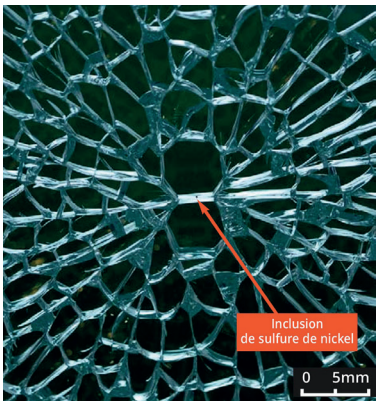

Illustration 11 : départ de la casse spontanée, particules en forme d'ailes de papillon avec une inclusion en son centre.

élevé, les vitrages affectés d'un tel risque, et rechercher également si ce traitement a été effectué dans les conditions normalisées.

3.2. Dégradation des vitrages isolants

Produits verriers complexes constitués d'un assemblage de composants de natures différentes dont il résulte

Illustration 12 : dégradation de vitrage isolant.

des contraintes à la fois mécaniques et chimiques.

La pénétration d'humidité dans le vitrage isolant a dégradé la couche contrôle solaire appliquée sur une de ses deux faces internes (illustration 12). Plusieurs hypothèses sont à évaluer afin d'identifier la cause déterminante à considérer comme étant la cause principale : mise en œuvre, qualité du vitrage

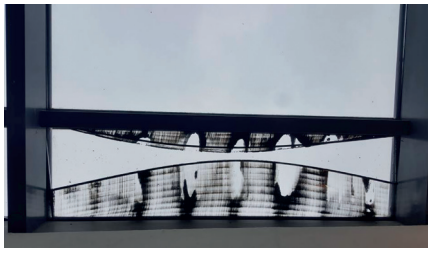

Illustration 13 : dégradation de vitrage isolant.

Illustration 14 : décollement de l'intercalaire du verre feuilleté.

isolant conforme pour cette application, conception de l'ouvrage, conditions d'utilisation.

Les espaceurs métalliques sont rentrés à l'intérieur du vitrage isolant (illustration 13). Plusieurs hypothèses doivent être examinées pour identifier la cause déterminante : conception du vitrage, conditions de fabrication et/ou de service et/ou de mise en œuvre.

3.3. Désordre de verres feuilletés

Le verre feuilleté est constitué de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées par un ou plusieurs intercalaires et, dans le cas de produits coupe-feu, avec un produit intumescent[2].

Si l'intercalaire se décolle dans le temps ou si le produit intumescent est dégradé le verre feuilleté perd ses caractéristiques mécaniques de comportement à la chaleur et /ou esthétique (illustration 14). La dégradation du verre feuilleté à la suite du décollement et/ou

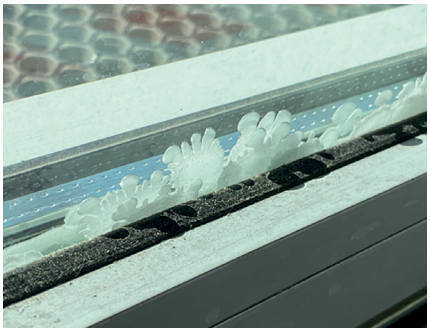

Illustration 15 : produit intumescent dégradé.

à la dégradation de l'intercalaire présente un risque pour la sécurité des personnes. Le désordre peut provenir d'une conception ne tenant pas correctement compte de l'environnement auquel sera exposé le vitrage, de mauvaises conditions de stockage des composants et/ou de fabrication, d'un défaut d'installation.

Une dégradation de verre feuilleté assurant la fonction de coupe-feu ou pare-flamme peut également survenir (illustration 15), de même qu'une dégradation de verre feuilleté assurant la

Illustration 16 : dégradation de l'intercalaire du verre feuilleté assurant la fonction de garde-corps.

fonction de garde-corps (illustration 16). Ce désordre peut provenir d'une conception ne tenant pas correctement compte de l'environnement auquel sera exposé le vitrage, d'un défaut d'installation ou de mauvaises conditions de stockage des composants et/ou de fabrication.

Illustration 17 : exemple d'entrée d'eaux pluviales dans un mur-rideau à travers les assemblages verre/profilés aluminium et entre profilés aluminium.

3.4. Défauts d'étanchéité à l'eau et à l'air

Ils peuvent se produire aussi bien autour d'une simple fenêtre (illustration 17) d'un appartement que sur la façade d'un mur-rideau entièrement vitré de plusieurs dizaines d'étages ou d'une verrière en toiture d'un bâtiment. Leurs conséquences sont doubles : dégâts des eaux et défauts d'isolation thermique et phonique.

La recherche des causes de ce type de désordres conduit souvent à porter l'attention sur l'enveloppe du bâtiment plutôt que sur le vitrage proprement dit.

3.5. Aspects optiques des produits verriers

La transparence, propriété essentielle du verre, joue un rôle d'amplificateur en matière d'acceptabilité de défauts. Celle-ci variera fortement selon la dimension esthétique de l'ouvrage.

Les normes et les règles professionnelles contribuent à décrire, classifier et/ou quantifier les défauts habituellement rencontrés. Ce sera à l'expert de les prendre en compte et de déterminer dans quelle mesure elles peuvent s'appliquer au désordre constaté et à son environnement (visibilité, usage du local, etc.).

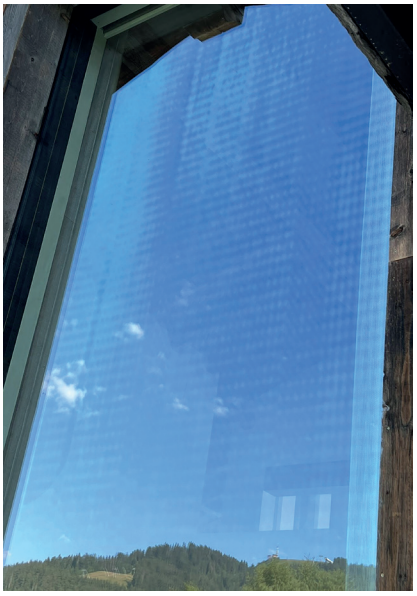

Illustration 18 : traces brunes crées par le phénomène d'anisotropie.

Sans prétendre à l'exhaustivité, on se contentera de citer l'anisotropie[3] (illustration 18), des déformations des images extérieures visibles sous certains angles d'observation (illustration 19), un voile permanent ou apparaissant d'une manière plus ou moins marquée selon l'exposition et l'incidence du rayonnement solaire.

Illustration 19 : déformation de l'image extérieure créée par des variations de planéité ou d'épaisseur.

L'expert devra donner son avis au tribunal en appréciant le niveau d'acceptabilité de l'aspect optique, en tenant compte de l'usage du vitrage.

CONCLUSION

Les ouvrages comportant des produits verriers sont de plus en plus complexes et en perpétuelle évolution pour satisfaire à des nouvelles fonctions et exigences réglementaires. Cette évolution technique impose aux experts, après avoir identifié les causes des désordres, de hiérarchiser les origines et de mobiliser leurs compétences pluridisciplinaires constamment actualisées.

Cette particularité a justifié la création en 2018 de la Compagnie nationale des experts de justice du verre et techniques associées (CNEJV) qui regroupe les experts de justice spécialisés dans ce domaine de la construction et reconnus dans la profession. La CNEJV poursuit un double objectif : favoriser, lorsque nécessaire, le partage confidentiel des compétences entre ses membres et assurer une veille technologique, scientifique, normative et réglementaire leur permettant de suivre les évolutions permanentes.

À ces actions d'ordre technique, s'ajoute une formation procédurale, en complément de celles organisées au niveau des cours d'appel et des compagnies d'expert généralistes, en traitant les cas particuliers propres à ce domaine d'activité. Par ailleurs, le regroupement des experts spécialisés dans la CNEJV permet d'assurer un tutorat des postulants et des membres nouvellement inscrits sur une liste d'une cour d'appel.

Photographies © Compagnie nationale des experts de justice du verre et techniques associées (CNEJV) [www.cnejv.fr]

NOTES

1. Le *Heat Soak Test* (HST), également nommé traitement de haute sécurité (THS), est un traitement thermique complémentaire permettant d'éliminer les verres présentant des risques de casses spontanées aléatoires.
2. Produit sensible à l'humidité qui sous l'action de la chaleur s'expanse en formant une couche isolante qui retarde la propagation du feu et de la chaleur.
3. Phénomène de diffraction de la lumière sur des verres trempés thermiquement créant l'apparition de tâches irisées dont la perception visuelle varie selon les conditions météorologiques et l'environnement extérieur.

Mots-clés : Serge Escaich / Bâtiment / Casse de vitrage / CNEJV / Cour d'appel / Désordre / Expert / Ouvrage vitré / Produit verrier - RÉF. : ST, C, 07. www.revue-experts.com