



Patrimoine : un diagnostic 4.0 pour une rénovation mieux appréhendée

La rénovation énergétique des bâtiments historiques à valeur patrimoniale constitue un véritable défi. Des stratégies d'intervention efficaces ne peuvent être mises en place qu'à partir d'investigations complexes mêlant études de conservation et évaluations de la performance énergétique. C'est également l'occasion pour certaines technologies numériques telles que la numérisation 3D et les réseaux de capteurs de révéler leur énorme potentiel.

J. Desarnaud, dr. ir., chef de projet, laboratoire 'Rénovation et patrimoine', CSTC

S. Dubois, dr. ir., chef de projet, laboratoire 'Rénovation et patrimoine', CSTC

1 Le diagnostic avant rénovation : principe et valeur ajoutée

Traditionnellement, le diagnostic d'un bâtiment ancien consiste à **rassembler des informations** relatives à son état. Les causes des pathologies observées (fissures, moisissures, effritement de matériaux, ...) sont recherchées, afin d'y apporter des solutions.

Dans le cadre d'une rénovation énergétique, le diagnostic doit **intégrer les défauts et les qualités intrinsèques du bâti ancien**. En effet, du fait de leurs spécificités, l'application des standards actuels de manière aveugle pourrait s'avérer non seulement regrettable, mais également périlleuse.

Une bonne connaissance de la physique des bâtiments et des matériaux permettra de tenir compte du comportement singulier des bâtiments anciens et de tirer profit, par exemple, de leur inertie thermique pour en réduire les besoins de refroidissement.

2 Les outils du diagnostic

2.1 La mise en place d'un programme d'investigation

Un diagnostic doit fournir un aperçu clair du bâtiment en l'état et des équilibres physiques en place. Cette investigation se base, au moins partiellement, sur des données descriptives (type et état de conservation d'un matériau, ...) et/ou performancielle (valeur U d'une paroi, ...).

Pour chaque type d'information que l'on désire obtenir, il existe des méthodes et des outils de collecte caractérisés par différents niveaux de précision, de fiabilité et d'impact. Selon le projet, les outils seront sélectionnés et combinés dans un programme d'investigation en tenant compte de divers paramètres, à savoir :

- **le type de bâtiment** : il est, par exemple, bien plus difficile, voire impossible, de réaliser des essais avec des techniques destructives sur des bâtiments classés
- **le type d'information recherchée** : la technique utilisée

Le diagnostic a pour but la réalisation de travaux d'amélioration des performances énergétiques compatibles avec les bâtiments anciens.



pour mesurer, par exemple, le flux thermique au travers d'une paroi est différente de celle employée pour connaître les températures de surface de cette paroi

- **la précision de la mesure** : une grande précision dans la mesure nécessite des techniques analytiques plus poussées, la plupart du temps disponibles seulement en laboratoire
- **la durée de l'essai et son impact sur les occupants** : les bâtiments soumis au diagnostic étant souvent occupés, il convient de prendre en compte l'impact des mesures sur leurs occupants
- **le budget alloué au diagnostic** : la mise en place d'une analyse ou d'un équipement représente toujours un coût, qui peut varier énormément.

Le CSTC a développé une méthodologie moderne visant à optimiser la qualité et la quantité des données collectées dans les bâtiments anciens et occupés. Elle intègre des outils numériques pertinents et innovants et maximise leur potentiel de production de données, tout en limitant l'impact pour les occupants. A terme, l'intégration du numérique dans le diagnostic devrait permettre d'augmenter l'ambition des procédures de diagnostic, tout en réduisant leur coût.

2.2 Approche du diagnostic en milieu occupé avec intégration des outils innovants

Des bâtiments témoins ont été étudiés par le CSTC lors de visites dont le nombre devait être maintenu à un minimum. L'objectif de la première visite consistait à dresser une 'image' complète de l'ouvrage, de sa géométrie et des problèmes évidents.

Le recours aux technologies de numérisation 3D a eu pour résultat :

- de diminuer le temps de relevé sur site

- d'accroître considérablement le niveau de détail et la précision de la retranscription des données géométriques (voir figure ci-dessous).

Ainsi, grâce à la **photogrammétrie**, qui génère des modèles 3D de haute qualité, l'identification visuelle des matériaux et des pathologies a pu s'effectuer de manière approfondie et exhaustive hors site. Mentionnons enfin que les données géométriques collectées de cette manière (surface des parois et épaisseur des murs) permettent d'avoir recours à divers outils de calcul énergétique.

La numérisation 3D des bâtiments a également servi de support aux études plus 'classiques'. Des tests supplémentaires ponctuels ont aidé à mieux déterminer la performance énergétique (thermographie infrarouge, ...) et à caractériser les pathologies (utilisation d'un humidimètre pour localiser les murs humides, ...).

Les spécificités du comportement d'un bâtiment ancien, comme l'inertie et le confort qui en découle, sont profondément dynamiques et ne peuvent pas être évaluées lors de simples visites sur site. Le diagnostic exhaustif d'un bâtiment implique donc toujours d'observer les variations de paramètres tels que l'humidité et la température de l'air dans une pièce ou de relever la consommation énergétique sur de longues périodes.

Les systèmes récents dédiés au monitoring s'affranchissent des câbles et permettent **l'accès aux données mesurées à tout moment et depuis un simple smartphone**. Pour cela, un ensemble de capteurs sans fil forment un réseau et communiquent les données vers le responsable du diagnostic. Ce sont des outils flexibles qui ont permis de collecter – à distance – des données, comme la température de l'air dans une pièce, sur des périodes prolongées et pour plusieurs bâtiments sans déranger les occupants. ■



La numérisation 3D et le recours à un réseau de capteurs : des technologies numériques innovantes en support au diagnostic classique.