

L'évaluation des performances des enveloppes de bâtiments par thermographie infrarouge

Malgré cette conclusion malheureuse, le thermogramme a quand même permis au propriétaire de conclure une entente avec l'architecte et les contracteurs.

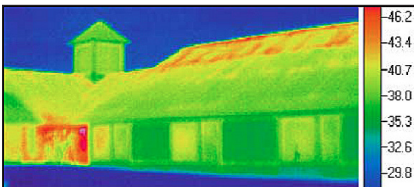


Figure 1 : Dommages causés par la glace, dus à un manque d'isolation et de ventilation.

Les structures dans lesquelles nous vivons sont sujettes à des anomalies de construction ou à un manque de maintenance. Ceci a un impact sur les performances et la sécurité. Quel que soit le type de bâtiment, l'imagerie thermique peut fournir des informations, de façon non-intrusive, sur les caractéristiques et performances.

Cet article présente les différentes applications utilisées pour l'inspection des enveloppes des bâtiments. Incluant la validation de détails structuraux, les performances énergétiques (isolation et fuites), la localisation et l'intrusion d'humidité, la dégradation d'éléments des systèmes structuraux de toitures et façades. Chacune des applications et les méthodes utilisées sont présentées avec des exemples.

Introduction

Les bâtiments de tout type (maisons, usines, gratteciels) peuvent avoir des problèmes difficiles à détecter, qui peuvent être liés à la conception, la construction ou à la maintenance. Les principaux problèmes dans les bâtiments sont:

- Consommation excessive d'énergie liée à l'isolation thermique soit : un manque, endommagée, malperformant, ou des fuites d'air au travers du périmètre isolé
- Dommages liés aux fuites ou à la condensation dans les murs et toits
- Dommages par la glace sur les toits en pente
- Mauvaises performances des systèmes CVAC
- Vérification de détails structuraux, délamination de matériaux de façade
- Salubrité liée aux problèmes de santé, par manque de ventilation, d'humidité excessive

Souvent les problèmes – et leurs causes – ne sont apparents qu'après avoir causé de sérieux dommages. À ce point, les seuls recours possibles sont des réparations majeures et coûteuses. L'immeuble commercial montré à l'image 1, une maison de convalescence, avait de sérieux problèmes de conception de l'isolation plafonds/toit. En hiver, les pertes de chaleur excessives causaient des dommages importants en fondant la neige accumulée qui se transformait par après en glace. Plusieurs centaines de milliers de dollars furent dépensés, en vain, pour tenter de régler le problème. À la fin, le propriétaire dû se résoudre à vivre avec le problème, la solution étant trop coûteuse.

Malgré cette conclusion malheureuse, le thermogramme a quand même permis au propriétaire de conclure une entente avec l'architecte et les contracteurs.

Le grand avantage de la thermographie infrarouge est de percevoir les signatures thermiques invisibles reliées à plusieurs problèmes de bâtiments. Bien utilisée, l'imagerie thermique permet aux propriétaires d'immeubles, aux architectes, aux contracteurs et aux inspecteurs de détecter les problèmes, de vérifier les performances des bâtiments et

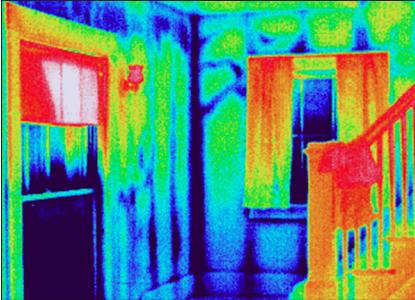


Figure 2 : Lorsque les conditions exigées pour l'inspection sont rencontrées, les signatures typiques pour inspecter l'isolation thermique apparaîtront. Le thermogramme ci-haut, des murs d'une habitation, montre la signature typique d'anomalies liées à des défauts des isolants en mousse injectés.

de valider les modifications. Lorsque des actions sont prises sur ces informations, il en résulte d'énormes économies et les bâtiments deviennent plus confortables!

Toute surface rayonne de l'énergie thermique invisible. Vous avez déjà perçu cette énergie émise par le soleil ou le rond d'une cuisinière. Les caméras infrarouges sont des appareils électroniques conçus pour détecter le rayonnement thermique. Elles convertissent le rayonnement en image thermique ou thermogramme, qui affichent des images pouvant détecter des écarts de température aussi petits que 0,05°C.

Ces appareils portables, à batteries, permettent d'enregistrer les données thermiques en images fixes ou en vidéos numériques. L'image thermique est affichée en direct sur un écran visuel. Le rayonnement thermique est affiché, au choix, en différentes palettes de couleurs ou en teintes de gris. Bien que parfois utile, l'affichage de la température n'est pas nécessaire en bâtiments. Ce sont les variations de températures, les signatures thermiques, qui sont révélatrices.

Dans les bonnes conditions, les bâtiments exhibent des profils thermiques qui peuvent être analysés par des personnes qualifiées. Les imageurs thermiques sont faciles d'utilisation, donc plusieurs thermographistes font des inspections de bâtiments. L'interprétation des thermogrammes, l'analyse des causes, et les solutions aux problèmes sont par contre plus difficiles. Pour ces raisons, les thermographistes travaillent étroitement en équipes avec des experts en bâtiments, des architectes et des contracteurs.

La façon d'inspecter un bâtiment, est de connaître et faire l'inspection dans les conditions normalisées qui feront apparaître les signatures thermiques reliées aux anomalies recherchées.

Applications de la thermographie en bâtiments

La thermographie pour l'inspection des bâtiments, est utilisée depuis les années 60. À la fin des années 70 et au début des années 80, lors de l'augmentation rapide du prix du chauffage, l'imagerie thermique a été utilisée plus intensivement pour évaluer les performances énergétiques des bâtiments. Depuis, d'autres applications liées aux bâtiments, se sont développées et raffinées, comme celles reliées aux vérifications structurelles.

Vérification de l'isolant thermique

Les anomalies thermiques liées à l'isolation (isolant manquant ou endommagé), apparaissent lorsqu'un écart de température (au moins 10°C) stable est présent entre les parois des murs à vérifier. En fonction des capacités thermiques des murs, il est parfois possible de détecter avec des écarts de température moindres. L'inspection se fait de l'intérieur et de l'extérieur du bâtiment. Typiquement l'inspection de l'intérieur du bâtiment est meilleur (moins d'influences). Cependant une meilleure interprétation globale sera possible grâce à la vue globale du bâtiment de l'extérieur.

Il est essentiel de connaître le type d'isolant, son installation et les détails de construction des murs. L'isolant peut avoir été installé, mais ne fonctionne pas ; souvent un prélèvement est nécessaire pour évaluer plus précisément les détails de construction. Chaque type d'isolation génère un profil thermique particulier. La figure 2 montre le profil thermique classique d'un isolant mousse injecté dans un mur à ossature de bois. Ce type d'isolant en mousse peut rétrécir et fissurer lorsqu'il est mal installé.

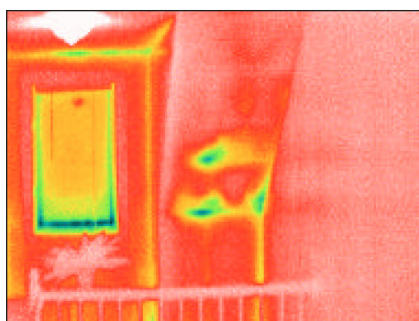


Figure 3 : Profil thermique irrégulier d'un isolant de fibre de verre mal installé. Les zones froides tachent les parois et sont propices au développement de moisissures.

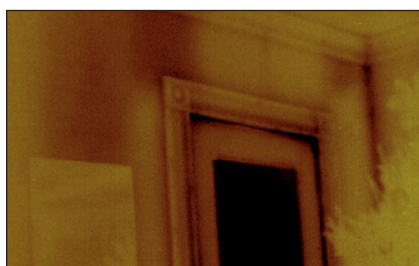


Figure 4 : La cellulose est un excellent isolant. Malheureusement souvent la cellulose est mal installée (endroits oubliés, affaissements).

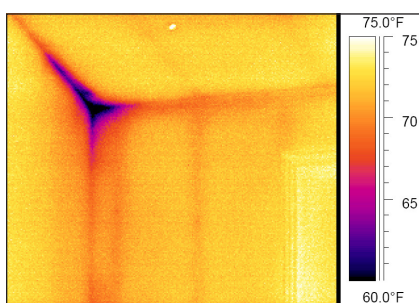


Figure 5: Plusieurs types d'isolant laissent passer l'air. Dans ce thermogramme l'isolant en fibres de verre n'empêche pas l'air des'infiltrer.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'image thermique obtenue. Lorsque l'inspection est faite de jour ou tôt en soirée, la charge thermique par le soleil doit être prise en compte. Les effets de la charge solaire peuvent durer au moins de 6 à 8 heures sur les murs exposés. Souvent ces effets renversent le sens du flux thermique rendant l'évaluation impossible. Le vent doit être considéré ; en augmentant ou diminuant les écarts de température, les contrastes thermiques sont accentués ou même disparus. Si les problèmes du bâtiment sont reliés au vent, l'inspection sera plus juste si elle est faite dans les mêmes conditions de vent. Les conséquences d'une mauvaise isolation sont énormes. En plus d'augmenter le coût de chauffage, l'eau dans les tuyaux (systèmes à incendie) peut geler, générer des problèmes pour la santé (moisissures), endommager (par la formation de glace) les toits et l'intérieur, et se condenser sur les matériaux ou dans les parois de l'immeuble.

Infiltrations

Les fuites d'air peuvent être à l'origine de la moitié du coût de chauffage/climatisation des immeubles. Les changements d'air sont nécessaires pour la santé et la sécurité de ses occupants, cependant la majorité des immeubles en ont trop. Les causes sont une conception et/ou la construction inadéquate. Les problèmes peuvent être simples (coupe-froid sur une porte) ou complexes (un événement de plomberie, par l'entretoit...) Le chemin emprunté par l'infiltration est souvent complexe et difficile à localiser sans l'aide de la thermographie.

Les inspections pour les infiltrations d'air sont facilitées lorsque les mouvements d'air sont contrôlés. Ce contrôle de pressions de l'air dans les bâtiments peut être fait avec l'aide des évacuateurs d'air du bâtiment, les portes ventilateurs pour l'infiltrométrie, ou dans les grands immeubles, avec les systèmes CVC de conditionnement de l'air. Ces essais peuvent être faits en tout temps de l'année, en autant qu'il y ait une légère différence de quelques degrés entre l'intérieur et l'extérieur. La porte-ventilateur peut également quantifier les taux de fuites d'air. Cette méthode est parfaite pour évaluer la performance et vérifier l'étanchéité des immeubles.

La majorité des isolants ne sont pas efficaces pour maintenir le périmètre thermique étanche. Les bonnes pratiques en construction demandent un coupe-air à l'intérieur des bâtiments. Ces coupe-vent empêchent l'air de circuler au travers l'isolant thermique entre l'intérieur et l'extérieur des murs. Malheureusement l'isolant de fibre de verre est particulièrement susceptible à ce type de problème. Or, bien que l'isolant soit présent, sa performance n'est pas celle espérée lorsque l'immeuble est à pression différente de celle de l'extérieur de l'immeuble. La figure 6 (page suivante) montre l'impact de l'air chaud sortant de l'immeuble commercial. Ceci ne sera significatif qu'au moment de payer la facture du chauffage.

Intrusion d'humidité ou condensation

De nos jours les nouvelles conceptions des enveloppes thermiques ont rendu les bâtiments plus étanches. Celles-ci génèrent de nouveaux problèmes d'humidité (fuites ou condensation) dans les bâtiments. L'eau peut pénétrer au travers une petite fissure et demeurer trappée entre des matériaux relativement étanches. Les techniques de construction essaient de résoudre le problème, par l'ajout de coupe-vent et coupe-vapeurs, pour éviter que l'eau ne s'accumule dans les murs.

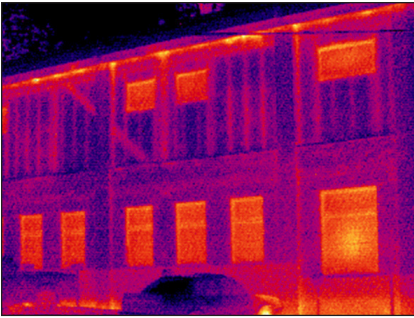


Figure 6: Structure et isolation facilement détectées sur cet immeuble commercial. Les exfiltrations, en pressions normales, sont facilement visible au haut de l'immeubles.

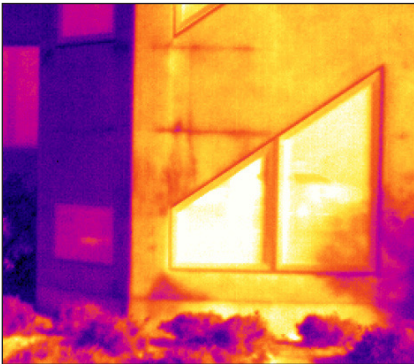


Figure 7: Ce type de construction EIFS (isolation sur finition extérieure) est particulièrement sensible à l'intrusion d'eau qui permet le pourrissement rapide de la structure et la croissance des moisissures.



Figure 8: Thermogramme d'un serpentin de chauffage hydronique dans un plancher en béton.

Détecter l'humidité est souvent facile car l'eau possède une conductivité et une capacité thermique élevées. Déterminer quel est la source de l'humidité peut être plus difficile. Le coupable est souvent la condensation, plutôt qu'une fuite d'eau, il est donc important de trouver l'endroit d'infiltration d'air qui transporte avec elle l'humidité qui se condense sur une surface froide dans le mur. Le cas classique est celui d'air chaud et humide qui exfiltre dans un bâtiment métallique ou une roulotte; qui en entrant en contact avec le coté intérieur d'un toit en métal se condense et souvent gèle, laissant croire aux occupants, faussement, que le toit fuit. Les dommages causés par la condensation peuvent permettre la moisissure, l'éclatement des briques, la corrosion des ancrages de membranes et la dégradation des isolants thermiques.

Constructions avec isolation et finition extérieures (EIFS)

La popularité des bâtiments avec isolation extérieure EIFS (Exterior Insulation and Finish Systems) s'est fait accompagner par de nombreux problèmes de dommages aux structures causés par l'intrusion d'humidité. Souvent attribué aux fuites des fenêtres, l'eau s'infiltré où le calfeutrage ou les solins sont inadéquats ou défectueux. L'humidité est piégée sous la mousse relativement imperméable. Dans les climats chauds la dégradation des éléments structuraux en bois, qui peut se produire rapidement, est un problème sérieux. La croissance des moisissures accompagne souvent l'humidité et est source de problèmes de santé dans les bâtiments.

La thermographie est un excellent outil pour localiser l'humidité dans ce type de construction (EIFS). Le moment idéal pour l'inspection est en début de soirée, de l'extérieur, après une journée ensoleillée avec peu ou sans vent.

Il peut être aussi possible de détecter de l'intérieur en période chauffage ou de refroidissement par climatisation. Avec le temps le polystyrène expansé absorbe mieux l'eau.

Performance des systèmes de CVC

Les systèmes CVC peuvent avoir des problèmes de conception et d'installation qui résultent en une consommation d'énergie excessive et/ou des bâtiments inconfortables. La thermographie aide les spécialistes à visualiser l'impact autrement invisible des performances en indiquant les endroits excessivement chauds ou froids. Ayant localisé les endroits, leurs causes peuvent être déterminées ; flux d'air mal dirigés, des diffuseurs mal positionnés, des retours mal placés.

Malheureusement beaucoup de ces anomalies sont des problèmes de conception. Seul une partie des anomalies pourront être facilement corrigées. Il est aussi possible de visualiser l'écoulement de l'air ! Des études ont été menées en utilisant des moustiquaires de plastic fin suspendu dans la pièce. L'air circulant au travers les mailles fines du moustiquaire fera apparaitre les mouvements convectifs de l'air et sa température.

Sources de chaleur enfouies

Les serpentins de chauffage sont de plus en plus utilisés soit pour garder les allées extérieures ou les rampes d'accès exempts de glace ou de neige ou chauffer des endroits à l'aide d'eau chaude ou de câbles chauffants. La thermographie permet de vérifier facilement l'emplacement et les performances des installations enfouies. Typiquement l'image thermique apparait très clairement même lorsque la source de chaleur est noyée

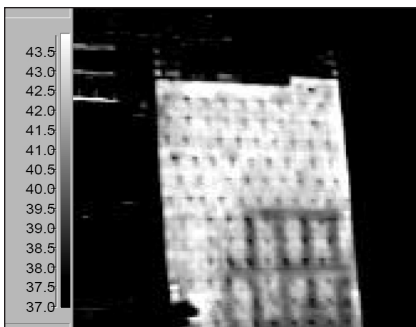


Figure 9: Problème important de structure : mur en blocs de béton mal cimenté. Image courtoisie de Phil McMullen.

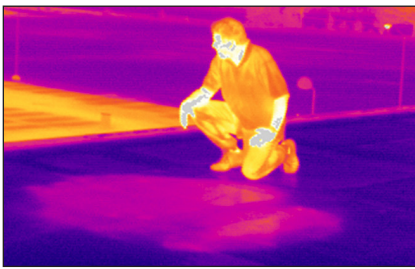


Figure 10: La capacité thermique beaucoup plus élevée de l'eau mouillée permet la détection des sections mouillées.



Figure 11: Lors de la mise en service du bâtiment, la thermographie a révélé un problème d'exfiltration sévère au travers le soffite. Gracieuseté Phil McMullen.

dans plusieurs centimètres de béton. De même les tuyaux ou conduits d'eau dans les murs peuvent habituellement être localisés facilement.

Les fuites de tuyaux d'eau, dans les murs ou sous un plancher ou dalle, peuvent être localisés par thermographie. La détection par ultrasons pourrait s'avérer plus simple. Pour utiliser la thermo, un écart de température est nécessaire. Faire couler l'eau froide ou chaude habituellement est suffisant. Les fuites sous les dalles de béton peuvent ne pas apparaître, si la fuite d'eau est drainée directement dans le gravier/sable sous le tuyau.

Note : On demande souvent de détecter des armatures d'acier dans un bâtiment, c'est plus difficile. Chauffer l'acier n'est pas simple, habituellement par induction ou directement en CC. La chaleur est souvent insuffisante. D'autres méthodes basées sur l'envoi et la réception d'ondes radio sont probablement plus utiles.

Vérification des détails de construction

De nos jours, aucune application n'est plus importante, particulièrement dans les bâtiments commerciaux, que la vérification des performances et de détails de construction. La thermographie est utilisée avec succès pour vérifier les poutres de renforcement et trouver l'emplacement des renforts dans les structures en maçonnerie et murs de maçonneries préfabriqués. Comment? La partie solide du mur change de température moins vite que le reste. L'inspection peut être faite en régime transitoire n'importe quand – typiquement en début de soirée lorsque le mur se refroidit. Parce que l'inspection est faite pendant la construction, les corrections peuvent être faites avec des inconvénients mineurs. À cause du prix élevé de l'énergie et de considérations pour la santé, la vérification par thermographie de l'isolation des murs de maçonnerie est importante. Les cavités froides des murs de béton peuvent être des endroits propices pour le développement des moisissures.

Syndrome du bâtiment malsain

Lorsque les bâtiments sont trop étanches ou trop humides, rapidement des problèmes reliés à la santé sont mis en avant-plan. Regroupé sous l'appellation « Syndrome du bâtiment malsain » ceci peut provenir du système CVC inadéquat, d'humidité piégée dans les murs, de moisissures sur des surfaces froides et humides et des taux de changement d'air inadéquats. Plusieurs de ces éléments peuvent être visualisés et diagnostiqués, du moins en parti, avec la thermographie pour aider à solutionner ces problèmes – sérieux – communs – et graves. Diagnostiquer ces problèmes est souvent un processus compliqué et, avec les litiges potentiels, un domaine à ne pas prendre à la légère.

Délamination des façades

Beaucoup d'études ont été faites dans le sud-est-asiatique pour détecter la dégradation des façades d'immeubles. La délamination des tuiles des façades présentent des risques sérieux pour les personnes se trouvant à proximité lors du détachement de celles-ci. En régime transitoire, grâce aux variations de température diurnes il est possible de détecter par thermographie les tuiles défectueuses. Les tuiles mal collées se réchauffent et se refroidissent plus rapidement que les tuiles saines comparables. La période idéale pour l'inspection est à la tombée de la nuit après une journée chaude et ensoleillée.

L'avantage principal de la thermographie est l'assurance que les immeubles inspectés seront à la hauteur des exigences souhaitées et que les occupants seront plus confortables, souvent à un coût moindre.

L'humidité piégée dans les toits plats

L'inspection des toits plats par thermographie, spécialement les toits multicouches, a fait ses preuves depuis plusieurs années. L'inspection permet de détecter l'humidité piégée dans le toit ; avec le temps cette humidité dégrade prématurément le toit. La capacité thermique élevée de l'eau permet la détection des sections humides de la toiture. L'inspection est faite la nuit après une journée ensoleillée. La surface doit être sèche. L'inspection est plus facile pour les toits contenant des isolants absorbant. L'inspection peut se faire directement sur le toit ou dans les airs, à partir d'un avion.

Normes et références

Plusieurs normes importantes pour l'inspection par thermographie infrarouge des bâtiments existent. En voici quelques-unes :

- ASTM C 1060-97 Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings
- ASTM C-1153-97 Practice for the Location of Wet Insulation in Roofing Systems Using Infrared Imaging
- ISO 6781 : 1983 Isolation thermique -- Détection qualitative d'irrégularités thermiques dans des enveloppes de bâtiments -- Méthode infrarouge
- American Concrete Institute Design Standard 530 /American Society of Civil Engineers Standard 5, Masonry Building Code and Specification

Une autre excellente référence, bien que pas une norme, le Manuel d'analyse thermographique des enveloppes de bâtiments CAN/CGSB 149-GP-2MP (février 1986). De nombreux articles relatifs aux bâtiments ont été publiés au fil des ans. Ils ont été recueillis sur CD-ROM par SPIE. Intitulé : Selected Papers from the Proceedings of Thermosense, édité par John Snell et Doug Burleigh, disponible de www.spie.org.

Qualifications des thermographistes

Bien que l'utilisation de la thermographie en bâtiment paraisse simple, l'application de la thermo en bâtiment demande du personnel qualifié avec expérience pertinente suffisante.

Conclusion

Utilisée par du personnel qualifié, l'imagerie thermique est un outil diagnostique remarquable qui peut faire apparaître les conditions et problèmes des bâtiments, qui autrement seraient invisibles. L'outil est utilisé par les architectes et contracteurs pour valider les performances de leurs immeubles. Par des spécialistes pour diagnostiquer les problèmes qui, non détectés, pourraient s'avérer coûteux ou dangereux. Par les propriétaires en inspection préachat et/ou lors de la mise en service d'un nouveau bâtiment.

Bien qu'une grande base de connaissances soient nécessaires pour l'utilisation de la thermographie en bâtiment, débiter n'est pas trop compliqué : un imageur thermique, la formation et l'expérience approprié. Connaître les sciences de la construction et des bâtiments est primordial. L'avantage principal de la thermographie est l'assurance que les immeubles inspectés seront à la hauteur des exigences souhaitées et que les occupants seront plus confortables, souvent à un coût moindre.

Pour plus d'informations sur la thermographie, l'inspection des bâtiments et la formation en thermographie infrarouge, visitez www.thesnellgroup.com ou contacter The Snell Group au 1- 800-636-9820. ☎