

# Improving Thermal Performance of Historic Windows

By Craig Sims and Andrew Powter

*Editor's Note:* This is the fourth and final instalment in a series of articles on preserving traditional wood windows in historic buildings. Previous articles addressed the subject of retention versus replacement from the perspectives of sustainability and the impact on heritage character with a focus on methods and materials used for repairing traditional wood windows. In the second article, the authors explained how, with some basic upgrades, a traditional window could approach or exceed CSA 440 performance standards. In this final article they describe the basics of window thermal performance and a range of strategies for optimizing the thermal performance of traditional windows.

## HEAT LOSS MECHANISMS

In order to understand how windows can be thermally upgraded, it is necessary to understand how they gain or lose heat in the first place. Though not a complete list, the major heat transfer mechanisms can be summarized as follows:

### Air Leakage

Air infiltration is the biggest culprit affecting your heat bill and comfort level but it is the easiest and cheapest to remedy. Leakages occur through gaps in the window assembly—cold air leaks in or warm air leaks out. To overcome this weakness, use sealants at fixed joints, weather stripping on operable joints and repair glazing putty. The use of sash locks also ensures a tight fit. Remember, some leakage is a good thing—it's called ventilation—but controlled ventilation is better than uncontrolled ventilation.

### Convection

The window might be tight but room air cools against the cold glass and drops to the floor, creating air currents in the room and prompting complaints of drafts. This convection effect is usually resolved by a combination of approaches: adding a storm window, using curtains or locating a heat source beneath the window

### Conduction

This is a measurement of the ability of certain materials to transmit cold or heat. Glass is a good conductor. For example, if the window is single glazed and it is minus 20 degrees Celsius on the exterior face of the window, you can be sure that it is just as cold on the interior face. Wood, on the other hand, is a poor conductor, which means it is a fairly good insulator. Heat loss by conduction is best overcome by adding a storm window—this is also the best way to improve condensation resistance.



This mock up shows a type of weather stripping where sheet metal fins fit into sheet metal lined kerfs in the sash.

(Mock up by D. J. White Restorations)

*Cette maquette (réalisée par D.J. White Restorations) montre un type de coupe-froid où l'empennage de tôle s'emboîte dans l'entaille pratiquée dans le châssis.*

## TESTING FOR PERFORMANCE

There are simple tests to determine the sources of air infiltration around a window. Thirty years ago, the common device used was a lit cigarette. Plumes of an ostrich feather, the smoke from incense or a smoke pencil (purchased from safety supply stores) also work. Measure air infiltration along various joints in a window, and drastic movement will indicate leakage. These are not quantitative tests but they will identify even the smallest leakage route.

# L'amélioration de l'efficacité thermique des fenêtres d'époque

par Craig Sims et Andrew Powter

*Note de la rédactrice : Voici le quatrième et dernier article sur la préservation des fenêtres en bois traditionnelles des bâtiments historiques. Les articles précédents traitaient de la réparation par opposition au remplacement des fenêtres dans une optique de durabilité et de valeur patrimoniale, en mettant l'accent sur les méthodes et les matériaux utilisés. On y expliquait comment, moyennant certains réajustements élémentaires, une fenêtre pouvait atteindre et même surpasser la norme d'efficacité CSA 440. Enfin, ce dernier article décrit les rudiments de l'efficacité thermique des fenêtres et les stratégies pour optimiser l'efficacité thermique des fenêtres des bâtiments historiques.*

## PROCESSUS DE DÉPERDITION THERMIQUE

Pour bien comprendre comment l'efficacité thermique d'une fenêtre peut être rehaussée, il faut d'abord saisir comment les gains et les pertes de chaleur s'effectuent. La liste suivante n'est pas exhaustive, mais elle résume les principaux processus de transfert de chaleur.

### L'infiltration d'air

Le facteur le plus important en matière de coût de chauffage et de confort est l'infiltration d'air, c'est-à-dire l'air froid qui entre et l'air chaud qui s'échappe, mais c'est aussi l'élément le plus facile et le moins cher à corriger. L'utilisation de produit scellant sur les joints fixes, de coupe-froid sur les joints ouvrants et de nouveau mastic autour des vitres permettra de régler le problème. Les verrous de châssis peuvent également améliorer l'étanchéité. Il faut cependant se rappeler que l'infiltration, à un certain degré, est une bonne chose : cela s'appelle de la ventilation; mais cette ventilation doit demeurer contrôlée.

### La convection

Malgré un bon ajustement des fenêtres, l'air ambiant se refroidit au contact d'un vitrage froid et redescend au sol pour créer un courant d'air dans la pièce. Cet effet de convection peut être contré de diverses façons : en ajoutant une contre-fenêtre, des rideaux ou une source de chaleur sous la fenêtre.

### La conduction

La conduction est la capacité de certains matériaux à transmettre le froid ou la chaleur. Les vitres sont un excellent conducteur. Si une fenêtre à vitrage simple affiche une température de moins 20 °C du côté extérieur, on peut être certain que la température sur le côté intérieur du vitrage sera tout aussi basse. Le bois, par contre, est un mauvais conducteur, et donc un assez bon isolant. Le meilleur moyen de combattre la déperdition de chaleur par conduction est d'installer des contre-fenêtres, ce qui est aussi le meilleur moyen de combattre la condensation.

## TESTER L'EFFICACITÉ

Il existe des façons bien simples de déterminer par où l'air s'infiltrerait autour d'une fenêtre. Il y a 30 ans on aurait utilisé une cigarette allumée. Des plumes d'autruche, de la fumée d'encens ou une poire à fumée (disponible dans les magasins d'équipement de sécurité) feront aussi l'affaire. On testera divers endroits

le long de la fenêtre, sachant qu'une turbulence se manifesterait s'il y a fuite d'air. Ce ne sont pas des essais quantitatifs, mais s'il y a la moindre voie d'air, ils l'indiqueront.

Les serrures de châssis assurent un ajustement serré. Les fenêtres de plus d'un mètre doivent avoir deux serrures : la première sera installée dans le quart supérieur et la seconde dans le quart inférieur.

*Sash locks are critical for helping secure a tight fit. Windows wider than 1 metre benefit from two sash locks, one at the ¼ point and one at the ¾ point.*



# \_Heritage Matters

## SEALING MOVING SURFACES

Windows must move if they are to be opened. Air leakage occurs when there is too much space between the surfaces due to a poor fit or excessive wear. The solution is to install a high-quality, durable weather-stripping which will close the gaps yet allow movement. Moveable sashes should be sealed at the sides, meeting the rail and the sill. Good quality weather-stripping will be flexible, durable and maintain pressure against both surfaces. Metal weather-stripping, commonly in sprung bronze, is more durable than plastic or vinyl types and has a better memory.

## SEALING NON-MOVING SURFACES

The interior window construction joints are best sealed with caulking materials such as acrylic latex. It is easily tooled with a finger that's been dipped in water, cleans up with a wet cloth and holds paint well.

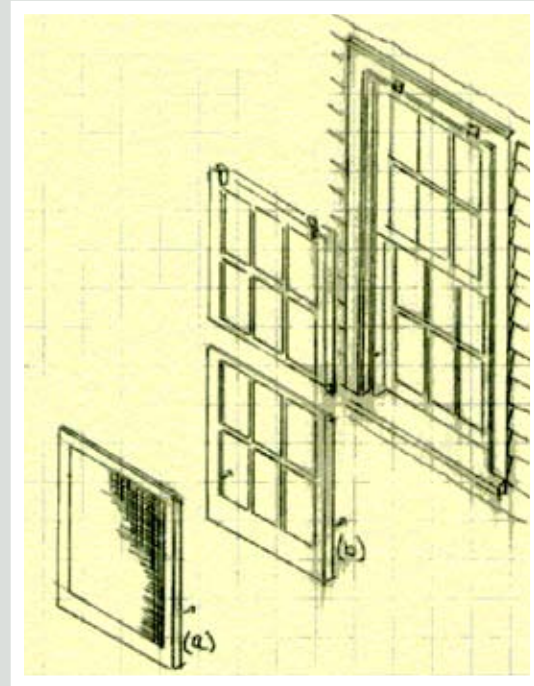
On the exterior side, make sure the caulking between the window and wall assemblies is in good condition and flexible. If not, remove it with a scraper and, if necessary, a little gentle heat, then re-caulk. If it is a wood-to-wood joint, then use the best quality exterior grade paint-able acrylic latex caulking. If it is a wood-to-stone joint, use the best quality one-part urethane (such as "Dymonic" by Tremco™). However, as this does not hold paint well, it's best to match its colour to either the masonry or painted woodwork; there is a wide range of colours to choose from. If the stone sills have a good slope for shedding water, it is advisable not to seal the joint between the wood sill and masonry. Because the masonry is often damp, the risk of wood decay can be accelerated if constant drying is inhibited.

You can access other leakage areas by removing either the interior or exterior window casings (depending on the configuration). Removing historic window trim is a delicate task that requires care and patience to avoid damage. Casings are often held in place with few but possibly large finishing type nails. (Trim held with 19<sup>th</sup>-century cut or forged nails is much easier to remove than when held with 20<sup>th</sup>-century wire nails.)

Break all paint seals then gently pry the casing free, allowing the nail head to pull through. Remove the nails afterwards. Small fractures in the casing can be glued and clamped if necessary. Your primary tool, and new best friend, will be the small, sharp pry bar available from most large hardware stores and commonly marketed as a glazing bar. [Red bar in photo in previous article]

With the trim removed, close the cold air routes by caulking around the frames and the joints in sash weight boxes and by filling gaps with insulation. We do not recommend replacing the counterweight system with modern spring balances in order to fill the weight pocket with insulation. Sealing it tight should be sufficient and it allows the original system to be retained. Modern spring balances have a relatively short service life.

Wider hidden gaps, such as the shim space between the window frame and the wall framing, are best sealed with a bead of no-expansion or low-expansion polyurethane foam, which bonds well to wood. Do not use the cheaper high-expansion types as these can exert sufficient pressure to distort the wood frame.



If new storm windows are fabricated they can be made as an upper and lower with a half lap at the false meeting rail. The upper portion hangs from hooks and this allows the lower half to be interchanged seasonally, from the interior, with an insect screen.

**French:** *If new storm windows are fabricated they can be made as an upper and lower with a half lap at the false meeting rail. The upper portion hangs from hooks and this allows the lower half to be interchanged seasonally, from the interior, with an insect screen.*

## THE STORM WINDOW

A properly fitted traditional storm window is an important and very straightforward part of upgrading thermal performance. The fit is important because we are attempting to create a minimally vented airspace on the cold side of the primary windows. Minimal venting means exactly that, MINIMAL VENTING. Whenever additional layers of glass are added to a window, it is vital that the interstitial space be vented and drained to the exterior. This process is achieved by ensuring that any exterior glazing fits a little less tightly than the primary (interior) window. This discrepancy allows warm, moist air to leak past the primary window and into the interstitial space where it will condense on the coldest surface, namely the inside face of the storm window. By keeping the fit of the storm less tight, and by ensuring that there is a very slight gap across the underside of the storm, warm, moist air can be vented to the exterior and any moisture that forms will drain out.



## SCELLER LES SURFACES MOBILES

Les panneaux d'une fenêtre doivent bouger s'ils sont ouvrants. Les fuites d'air surviennent lorsque l'espace entre les surfaces est trop important en raison d'un mauvais ajustement ou d'une usure. Pour éviter ce problème, on installera un coupe-froid de qualité supérieure qui, sans nuire au bon fonctionnement de la fenêtre, comblera les interstices. Les châssis ouvrants seront scellés latéralement et de l'allège et à la traverse. Un coupe-froid de bonne qualité sera souple, durable et maintiendra une pression contre les deux surfaces. Les coupe-froid en métal, souvent à ressorts, sont plus durables que ceux en plastique ou en vinyle et garderont leur forme plus longtemps.

## SCELLER LES SURFACES FIXES

Pour sceller les joints de construction sur la face intérieure d'une fenêtre, on choisira de préférence des produits de calfeutrage en latex acrylique. On forme le joint aisément en l'étalant avec un doigt mouillé, on le nettoie simplement avec un linge humide et la peinture y adhère bien.

Sur la face extérieure, il faut vérifier si le produit de calfeutrage entre la fenêtre et le mur est toujours en bonne condition et encore souple. Si ce n'est pas le cas, il faut le retirer avec un racloir et, si nécessaire, un peu de chaleur, puis calfeutrer à nouveau. S'il s'agit d'un joint de bois sur bois, on utilise alors un matériau d'étanchéité en latex acrylique peinturable de première qualité. Pour un joint de bois sur pierre, on utilisera plutôt un monocomposant d'uréthane (« Dymonic » de TremcoMC par exemple). Toutefois, ce produit ne pouvant pas être peint, on prendra soin de bien choisir la couleur en fonction de la pierre ou des boiseries peintes; le produit est décliné dans une vaste palette de couleurs. Si l'appui en pierre a une bonne pente permettant l'écoulement de l'eau, il est recommandé de ne pas sceller le joint entre l'allège en bois et la pierre. Puisque la maçonnerie est souvent humide, il y a un risque réel de voir le bois pourrir si on l'empêche constamment de sécher.

Pour atteindre les autres zones d'infiltration, on peut enlever l'encadrement intérieur ou extérieur de la fenêtre (selon le modèle). Enlever les boiseries d'une fenêtre d'époque est une opération délicate qui demande du doigté et de la patience. Les cadres sont souvent maintenus en place grâce à quelques gros clous à finition. (Les cadres retenus par des clous coupés ou des clous forgés du 19<sup>e</sup> siècle sont plus faciles à enlever que ceux fixés par des clous en fil métallique du 20<sup>e</sup> siècle.)

Brisez tous les joints de peinture et détachez délicatement le dormant en laissant la tête du clou s'enfoncer de part en part. Arrachez le clou par la suite. Pour réparer les dormants fissurés, on utilisera de la colle et des serre-joints, si nécessaire. L'outil essentiel à cette étape est un petit levier bien effilé que l'on trouve dans les grandes quincailleries au rayon petit bois. [*Levier rouge dans la photo de l'article précédent*]

Une fois les boiseries enlevées, bloquez les voies d'air en calfeutrant le cadre et les joints du compartiment du contrepois et comblez les vides avec un matériau isolant. On ne doit pas remplacer le mécanisme de contrepois avec des ressorts de rappel pour combler la cavité des contrepois avec un matériau isolant. Il suffira de bien sceller le compartiment et on pourra ainsi préserver le mécanisme original. Les ressorts de rappel modernes ont une vie utile relativement courte.



Traditional top hooks or 'storm hangers' are still commercially available and make installation much easier.

*Les crochets de suspension traditionnels ou « crochets de contre-fenêtre » se trouvent encore sur le marché et facilitent l'installation.*

Les creux cachés plus importants, comme l'espace entre le cadre de fenêtre et l'ossature du mur, seront comblés avec une mousse de polyuréthane sans foisonnement ou à faible foisonnement qui adhère bien au bois. Les mousses à grand foisonnement, moins chères, risquent en prenant du volume de créer suffisamment de pression pour déformer la charpente de bois.

## LES CONTRE-FENÊTRES

Une contre-fenêtre traditionnelle bien ajustée améliore grandement l'efficacité thermique et ce, de façon immédiate. L'ajustement doit être bien fait de mesure à créer une voie d'air minimale du côté extérieur de la fenêtre. Il s'agit de veiller à ce que la voie d'air soit véritablement minimale. Du moment qu'on ajoute un vitrage supplémentaire à une fenêtre, l'espace d'air entre les deux vitres doit absolument être éventé vers l'extérieur. On y arrive en veillant à ce que le vitrage extérieur soit moins juste que le vitrage intérieur. Cet écart permet d'évacuer l'air chaud et humide qui traverse la première fenêtre et qui sinon se condenserait entre les deux fenêtres au contact du vitrage plus froid de la contre-fenêtre. Si la contre-fenêtre est moins étanche et qu'il y a un minuscule espace dans sa partie

## \_Heritage Matters



New storm window being fitted to the exterior of Runciman House, Annapolis Royal, NS, owned by the Heritage Canada Foundation.

*Une nouvelle contre-fenêtre est en train d'être ajustée à la maison Runciman d'Annapolis Royal (Nouvelle-Écosse), propriété de la FHC.*

If the storm window does not fit the frame evenly, this can be improved by installing a cushion foam gasket (4mm Ethafoam) to the top and sides of the storm window. The cushion foam will significantly reduce air leakage around the storm but more importantly, it will eliminate convection into the space between the windows at the bottom and out the top of the window which can happen if the storm is too loose. To permit draining, the bottom of the storm should be a close fit, but not gasketed.

The right hardware is important to ensure that storm windows fit well. To achieve a snug fit, use a combination of exterior top hooks at the top rail and either exterior turn buttons near the bottom, or hooks and eyes on the interior.

Traditional storm windows can be large and heavy. If you don't want the trouble of taking them on and off, there are alternatives. Upper-floor windows can be hinged at the top for opening and left in place through the summer. Alternatively, if new storm windows are being made, use a design that allows the lower half to be interchanged seasonally with a screen accessed from the interior of the building. This way, the storm window can stay in place all year.

A third alternative to consider is the "interior storm" window. An interior storm is really a misnomer, as it actually becomes the new primary window. As such, it now must be as airtight as possible and, as stressed above, the exterior glazing must fit less tightly. Many buildings constructed in Can-

ada from late in the 19<sup>th</sup> century to the 1920s had "interior storms," usually mounted as a fixed full-width window over inward opening casements. Often the only evidence of their former existence is the heavy rebate around the inside of the window frame and the mortices for the former hardware.

### INSULATED GLASS UNITS AND TRADITIONAL WINDOWS

Throughout the 1970s and '80s and continuing today, we are occasionally posed questions about the benefits of installing new insulated glass (IG) units in traditional windows. The thermal performance benefits of this approach are negligible and there are a number of other problems.

To begin with, sealed units require a deeper and wider rebate in the window sash compared to historic glass settings. Also, the National Research Council and the Insulated Glass Manufacturers of Canada recommend that the perimeter glazing channel for the IG unit be vented and drained to the exterior to protect the edge seal. It can be done in windows without muntin bars but is impossible to do with traditionally scaled muntin bars. This glitch leads us to the slippery slope of having to use the fake plastic muntin bar grille, or the fake muntin bars sandwiched within the IG unit, or fake muntin bars stuck on the outside. These problems plus others—such as the increased weight of the sash in combination with the comparably short service life of IG units (see Heritage summer 2006, page 44)—leads us to favour traditional double-glazing solutions. If you must have sealed glazing units in your windows system, we recommend that you install them in an "interior storm" window.

### DETERMINING ACTUAL PERFORMANCE IMPROVEMENT

After your upgrade is complete, try your qualitative tests with feathers and incense. You will have reduced convection coming down off the glass, and no evidence of air leakage should be present. If you have included this work in your Energuide project, the follow-up blower door test will reveal all.

*Craig Sims is a heritage building consultant based in Kingston, Ontario. Many of his projects involve building envelope work, including the restoration and upgrade of windows.*

*Andrew Powter has been involved in heritage programs and projects both nationally and internationally throughout his career. His main areas of interest include historic wood structures, building envelope performance and sustainable heritage conservation practice.*

## \_Enjeux du patrimoine

inférieure, l'air chaud et humide pourra s'échapper et l'humidité pourra s'écouler à l'extérieur.

Par ailleurs, on peut améliorer le mauvais ajustement d'une contre-fenêtre en ajoutant un joint d'étanchéité de mousse (de type Ethafoam de 4 mm) sur le haut et les côtés de la contre-fenêtre. La mousse réduira nettement les fuites d'air autour de la contre-fenêtre, mais, surtout, elle éliminera le mouvement d'air par convection qui se produit entre le haut et le bas des fenêtres quand la contre-fenêtre est mal ajustée. Pour un bon drainage, la partie inférieure de la contre-fenêtre doit être ajustée de manière serrée sans être complètement étanche.

Une quincaillerie adéquate facilitera l'ajustement des contre-fenêtres. Pour un ajustement serré, on utilise une combinaison de crochets de suspension pour la traverse supérieure à l'extérieur et une barrette tournante dans la partie inférieure, ou des crochets et des pitons à l'intérieur.

Les contre-fenêtres traditionnelles sont souvent grandes et lourdes. Si on veut éviter d'avoir à les enlever et à les remettre constamment, il existe des solutions de rechange. Par exemple, les contre-fenêtres situées à l'étage peuvent être suspendues par le haut de sorte qu'on puisse les ouvrir et les laisser en place pendant l'été. Ou encore si de nouvelles contre-fenêtres sont fabriquées, on optera pour un modèle où on peut, depuis l'intérieur, permuter vitre et moustiquaire dans la partie inférieure. De cette manière, les contre-fenêtres peuvent rester en place toute l'année.

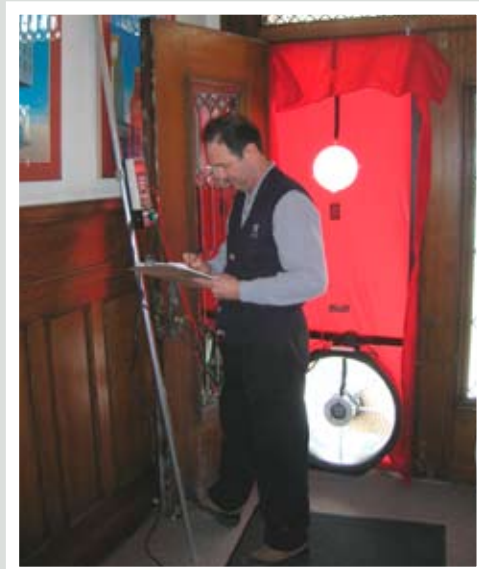
Une troisième solution consiste à installer des « contre-fenêtres intérieures ». La contre-fenêtre intérieure est mal nommée, puisque, en fait, elle devient alors la principale fenêtre. À ce titre, elle doit alors être aussi étanche que possible et, comme on l'a expliqué plus haut, le vitrage extérieur doit être ajusté de manière moins serrée. Plusieurs immeubles construits au Canada à la fin du 19<sup>e</sup> siècle et jusque dans les années 1920 étaient munis de contre-fenêtres intérieures pleine largeur fixées au cadre de la fenêtre pour s'ouvrir de l'intérieur. L'imposant bâti du cadre intérieur de la fenêtre et les mortaises de l'ancienne quincaillerie sont souvent les seuls témoins de leur existence passée.

### LES VITRAGES ISOLANTS ET LES FENÊTRES D'ÉPOQUE

Tout au long des années 1970 et 1980 et jusqu'à aujourd'hui, on s'est interrogé sur les avantages des vitrages isolants pour les fenêtres d'époque. Cette solution, qui n'apporte pas d'amélioration thermique notable, peut causer divers autres problèmes.

Pour commencer, les vitrages isolants nécessitent un cadre plus large et plus profond que les vitrages d'époque. En outre, le Conseil national de recherches et les fabricants de vitrages isolants du Canada recommandent que le périmètre de feuillure du vitrage isolant soit ventilé et drainé vers l'extérieur afin de protéger l'étanchéité des rives, ce qui est possible pour les fenêtres qui n'ont pas de croisillons, mais impossible pour les fenêtres à carreaux. Cette

difficulté nous entraîne sur la pente glissante des faux meneaux en plastique ou encastrés dans le vitrage isolant, ou encore appliqués sur la face extérieure. Ces problèmes et bien d'autres aussi – tels que le poids accru du châssis et le cycle de vie relativement court des vitrages isolants (voir Héritage, été 2006, page 45) – indiquent qu'il vaut mieux favoriser une fenêtre à double vitrage traditionnelle. Dans les cas où l'on doit absolument avoir une fenêtre à vitrages isolants, on privilégiera alors une installation à la manière d'une « contre-fenêtre intérieure ».



Test d'infiltrométrie au siège de la FHC. Le ventilateur expulse suffisamment d'air pour pouvoir découvrir les sources d'infiltration d'air – autour des fenêtres bien sûr, mais aussi le long des plinthes, autour des portes, des prises électriques et ailleurs.

*A blower door test is underway at the Heritage Canada Foundation headquarters. The fan expels enough air from the building interior to permit sources of infiltrating air to be identified—not just from the windows but from under the baseboards, through doors, electrical outlets, and more.*

### MESURER L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ

Une fois les améliorations apportées, on procède à un essai qualitatif avec des plumes et de l'encens. L'essai devrait conclure à une convection réduite et à l'absence de fuite d'air. Pour les travaux faisant partie d'un projet Énergie, l'essai du moteur souffleur sera le test définitif.

*Craig Sims, de Kingston (Ontario) est un expert-conseil en matière d'immeubles patrimoniaux. Il a réalisé de nombreux projets de travaux visant l'ensemble de l'enveloppe de bâtiment, y compris la restauration et l'amélioration de fenêtres.*

*Andrew Powter a participé à des programmes et projets patrimoniaux tant au pays qu'à l'étranger pendant toute sa carrière. Ses principaux domaines d'intérêt sont les structures historiques en bois, le rendement de l'enveloppe de bâtiment et les pratiques durables de conservation du patrimoine.*