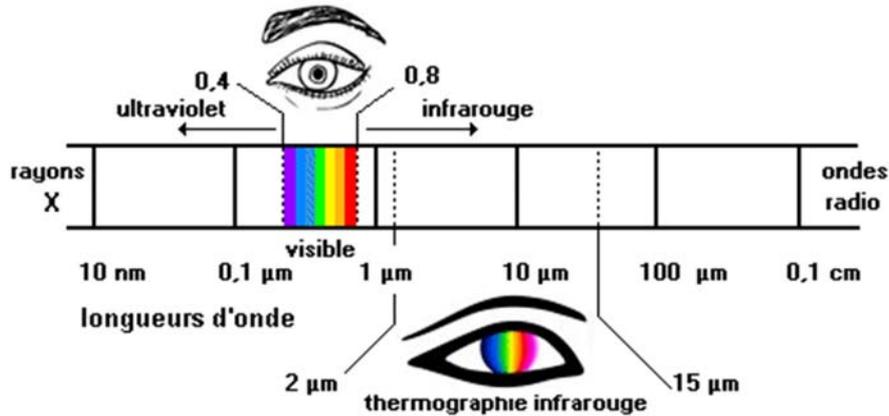


## LA THERMOGRAPHIE

[Le rayonnement, c'est la base de la thermographie](#)

La base de la thermographie c'est les rayonnements comme la lumière, les rayons X, les micro-



ondes, etc...

En thermographie infrarouge, on s'intéresse aux rayonnements situés dans l'infrarouge. Notre œil ne les voit pas. William Herschel a découvert leur existence en 1800, par leur effet calorifique sur le bulbe d'un thermomètre. Placé au-delà du rouge dans le spectre du rayonnement solaire diffracté par un prisme, ce thermomètre indique encore une température (supérieure à la température ambiante) ! Le rayonnement c'est de l'énergie véhiculée dans l'espace à la vitesse de la lumière. Il est émis par la matière et dépend de sa température, d'où le nom *dérayonnement thermique*. Quand la matière est plus chaude (au-delà de 500°C), la lumière émise est visible : notre œil voit ces rayonnements (soleil, flamme, plaque chauffante de cuisinière électrique, braises...). Quand la matière est plus froide, il nous faut un appareil pour percevoir ces rayonnements, c'est la *caméra thermique* qui fonctionne dans l'infrarouge, là où se trouve l'essentiel des rayonnements émis par les corps plus froids. **L'infrarouge, c'est le froid !**

**Mais attention ! Ne pas confondre "proche-infrarouge" et "infrarouge thermique"**

Les caméras vidéo et les appareils photo ont tous la possibilité (dans le principe) de voir le rayonnement **proche-infrarouge** (de 0,8 à 1,1 µm), mais ils sont équipés d'un filtre empêchant de voir ces rayonnements puisqu'ils ne correspondent pas à ce que voient nos yeux. Si, en pleine nuit, on éclaire une scène avec un projecteur infrarouge (à 0,9 µm, comme dans les télécommandes de nos appareils de salon), on peut observer les rayonnements réfléchis sur la scène et voir "comme en plein jour" : voir l'image ci-dessous. Ces caméras (dites infrarouges puisqu'on les utilise dans le proche-infrarouge) ne sont pas des caméras sensibles au rayonnement des objets froids pour lesquelles il faut des caméras sensibles à plus de 2 µm. Ce ne sont donc pas des caméras thermiques, donc ce ne sont pas des caméras de thermographie. Naturellement des exceptions existent. C'est pourquoi, en thermographie, il est préférable de ne pas parler de **caméra infrarouge** mais de **caméra thermique**.

NO LIGHT=NO PICTURE

<http://www.rayled.com/embed/index.php>



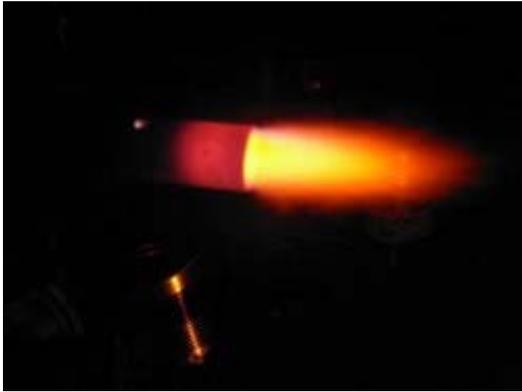
La caméra thermique



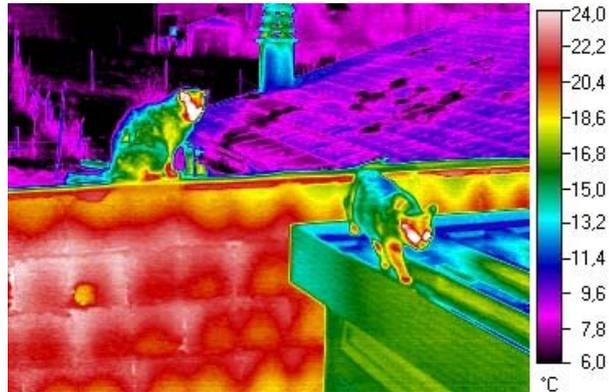
La caméra thermique est un appareil photo numérique spécial (et encore onéreux) ; il est sensible au rayonnement thermique des objets froids (dans l'infrarouge, entre 8 et 12  $\mu\text{m}$ , pour les caméras usuelles). La matrice de détection est donc spécifique (l'un des principaux fabricants mondiaux est situé près de Grenoble). La caméra intègre aussi des technologies d'appareil de métrologie.

### Image thermique et thermogramme

Ainsi, la thermographie infrarouge est la technique qui permet de faire une image des objets plus froids, qui émettent des rayonnements infrarouges : tout ce qui est autour de nous, les bâtiments, la nature et nous-mêmes... La caméra thermique fait des *images thermiques* qui sont des images des rayonnements.



Emission de rayonnement visible avec nos yeux : buse de chalumeau et flamme.



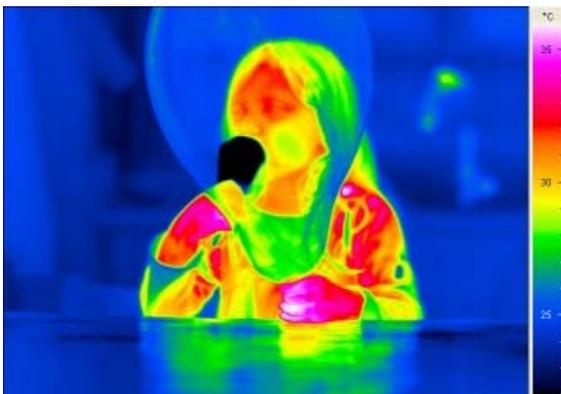
Thermogramme des chats sur les toits. Emission de rayonnement "froid" invisible.



Image thermique de la toiture d'un bâtiment industriel. Emission de rayonnement "froid" invisible



Et comme l'énergie du rayonnement émis par la matière dépend de sa température, on devine qu'on va pouvoir mesurer cette température si l'on sait mesurer cette énergie. C'est aussi ça la thermographie : deux facettes bien distinctes, contrairement à la photographie de nos appareils-photo ou à la vidéo de nos caméscopes ! En plus, elle mesure. La caméra fournit alors une image thermique avec une échelle de correspondance en température, c'est le *thermogramme*. On étalonne la caméra sur un objet parfait de laboratoire, le *corps noir* (il se comporte comme le prévoit la théorie de l'émission des rayonnements, établie en 1900 par Max Planck) et le tour est joué...



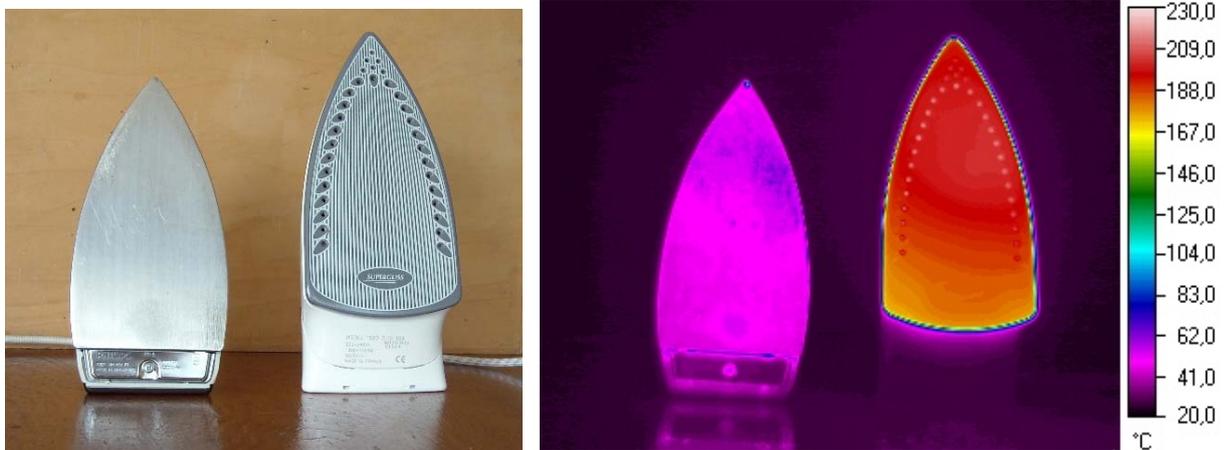
Le rayonnement infrarouge se comporte comme le rayonnement visible, mais les propriétés des matériaux varient en fonction de la longueur d'onde du rayonnement.

Tout n'est qu'apparence et ... réalité !

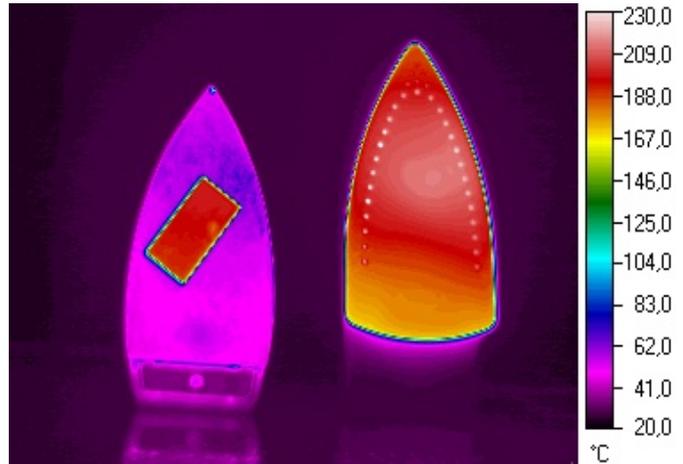
Pas tout à fait, non, le tour n'est pas encore joué ! Il faut quelques notions supplémentaires pour

mesurer les températures des objets qui nous entourent. Pour le simple motif que ces objets ne sont pas parfaits, ce qui a des implications immédiates en maîtrise de la mesure... Mais il existe des situations, particulièrement dans le bâtiment, et tant mieux, où l'on n'a que faire des températures des objets : ce qui nous intéresse c'est un thermogramme en *températures apparentes* (les températures calculées comme si les objets observés étaient parfaits). On montre que l'image thermique est une *image des déperditions par rayonnement*. On passe directement de la température apparente à la déperdition ! C'est le cas général du besoin dans le bâtiment quand le thermographe respecte l'absence de soleil, ce qui est la condition de base d'un diagnostic thermographique signifiant. Bien sûr, nous simplifions l'approche.

Et quand on a besoin des *températures vraies*, comme c'est le cas pour le risque de condensation ? Il nous faut alors une connaissance plus fine du comportement de la matière (de combien elle n'est pas parfaite - c'est son *émissivité*) et de l'environnement de cette matière (quel est le rayonnement qui vient se réfléchir sur la matière en direction de la caméra - c'est la *température d'environnement radiatif*).



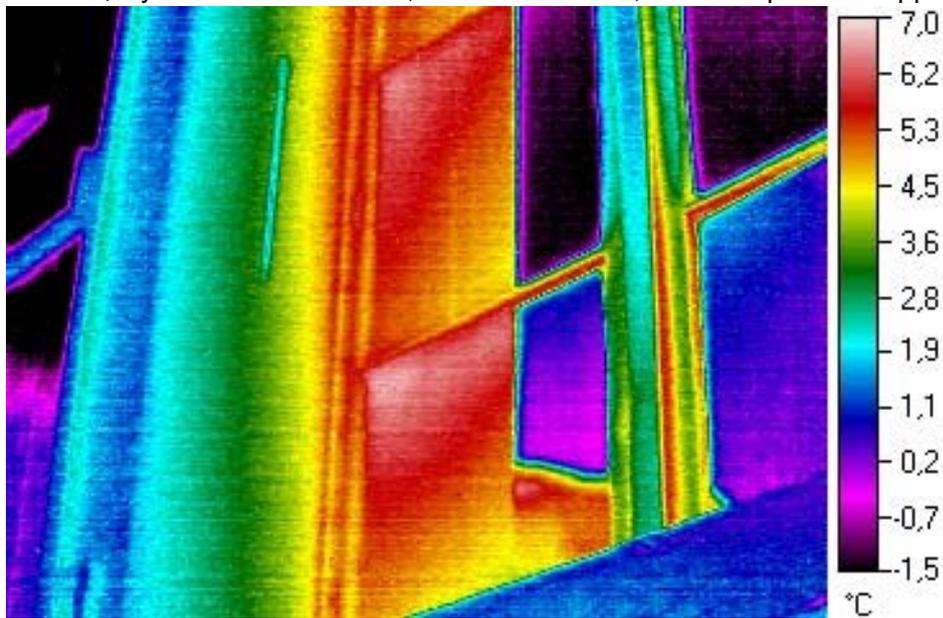
Photographie de deux fers à repasser sous tension et réglés sur *coton* : à gauche, à semelle aluminium brut (faible émissivité) ; à droite, à semelle revêtement céramique (forte émissivité). D'où le thermogramme des *températures apparentes* : 50°C et 200°C (environ) alors que les *températures vraies* sont similaires.



On colle une étiquette de papier sur le fer à faible émissivité, ce qui "augmente" l'émissivité à une valeur proche de celle de la céramique. Le papier, en contact étroit avec la semelle alu, "monte" à 200°C.

Interprétation thermographique et interprétation thermique. D'abord l'un puis l'autre !

Eh bien, il y a de nombreux cas, dans le bâtiment, où la température apparente est proche de la



Température vraie.

C'est le cas facile, à la portée de tous, l'*interprétation thermographique* ne pose pas de problème, on peut passer à l'*interprétation thermique*. Et les autres cas (nombreux également dans le bâtiment) : les températures (apparente et vraie) sont assez différentes : l'illusion est immédiate, l'image thermique peut être l'inverse de la réalité. L'interprétation thermographique devient une difficulté essentielle à délier ; elle interdit l'interprétation thermique tant que la réalité n'est pas comprise. Naturellement, voilà qui n'est pas imaginé une seconde par les amateurs-thermographes. La formation est donc primordiale et ne peut se suffire de quelques pages de banalités.

Et ceux qui comprennent ? Une certaine "catégorie" de ceux qui comprennent sait tirer profit de la difficulté : ils vous lanceront dans les travaux inutiles en vous démontrant tels ou tel problème, en fait inexistant. Voilà la thermographie de l'esbroufe ; la température apparente risque de vous bluffer, vous et bien d'autres ! C'est le risque du thermographe juge et partie. Voilà pourquoi les Thermographes Inscrits au Tableau sont des professionnels indépendants !

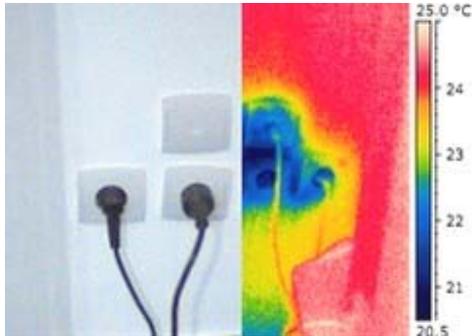
### **Et pourquoi ces images sont-elles en couleurs ?**

L'image thermique est une représentation spatiale de l'énergie des rayonnements en provenance de la scène observée. Elle est donc une succession de valeurs entre un minimum et un maximum d'énergie sur toute l'image. Le minimum est représenté par le noir et le maximum par le blanc, ce qui nous donne une image en Noir et Blanc. Mais pour deux raisons : à la fois esthétique et besoin de meilleure discrimination spatiale des rayonnements sur l'étendue entre le noir et le blanc, on est amené à colorier les images avec une palette de correspondance entre des couleurs (arbitraires) et ces niveaux de noir et blanc ; ce sont de "fausses couleurs".

Certaines applications se contentent agréablement de peu de couleurs principales (avec les dégradés entre elles), ce qui met bien en évidence un phénomène "présent" ou "absent" ("tout ou rien") comme une entrée d'air : les demi-teintes n'ont d'intérêt que pour reconnaître spatialement la scène observée. Mais les phénomènes plus divers ou les grandes surfaces (plusieurs phénomènes peuvent s'y présenter simultanément en divers endroits et à des températures différentes) impliquent de choisir une palette à plus grand nombre de couleurs. Il n'existe pas de norme pour les palettes de couleurs. On constate que la palette "tout ou rien" est beaucoup trop employée, ce qui réduit une part de la qualité ou de l'intérêt des images. (De plus, ces palettes, ayant un dégradé très progressif, permettent de masquer la faible qualité de la caractéristique de bruit de la caméra, sa résolution thermique.) Pratiquement en thermographie, on pourrait fonctionner avec 3 palettes : Noir et Blanc (qui est la palette de travail du professionnel), 2 à 5 couleurs et jusqu'à une dizaine de couleurs.

Bien noter qu'il n'existe aucune correspondance obligatoire entre les températures et les couleurs, mais il est habituel de présenter les températures élevées d'un thermo gramme dans des couleurs claires ou "chaudes", et inversement pour les températures basses ( en couleurs sombres et "froides").

## Thermographie infrarouge : voir les calories perdues



*Le diagnostic thermographique est réalisé à l'aide d'une caméra infrarouge. En mesurant la température de surface des parois, il permet d'obtenir une image précise de la qualité de l'isolation d'un bâtiment. Comment ça marche, quels résultats peut-on en attendre, combien ça coûte.*

Si vous vous demandez quel est l'état de votre isolation ou tout simplement si vous envisagez d'important travaux de rénovation, la thermographie infrarouge peut vous intéresser. Pourquoi ? Car muni d'une caméra infrarouge, un diagnostiqueur peut, non pas voir au travers des murs mais mesurer leur température de surface. Et ainsi détecter les zones à l'origine de la plus importante déperdition d'énergie.

Le diagnostic par caméra infrarouge permet de "connaître l'état réel de l'isolation "

### **Le diagnostic thermique pourquoi faire ?**



Imaginez donc que vous puissiez voir à travers vos murs pour savoir par où s'échappent les calories. Si cela vient d'un défaut d'isolation dans un mur ; si la chaleur s'échappe à cause d'une mauvaise jointure sous une fenêtre ou encore si vous avez une fuite dans votre plancher chauffant. La thermographie infrarouge va répondre à toutes ses interrogations en mesurant la température de surface des parois. En rénovation, elle permet de hiérarchiser les priorités et les problèmes les plus urgents à traiter.

Le thermographie infrarouge peut aussi servir en cas de litige. Pour vérifier la mise en oeuvre de l'isolation ou la pose de menuiseries. Un client sur six fait appel à DPE-C pour des litiges sur des constructions neuves. Mais notre conseil est plutôt de prévenir les intervenants de votre chantier que vous ferez appel à la thermographie, de manière à rendre perceptible la qualité de leur travail, ce qui ne manquera pas de les intéresser et de les motiver.

Et pour la réalisation de maisons passives, c'est un outil indispensable d'aide à la conception. Il permet de traquer le moindre interstice, le moindre défaut pour répondre aux exigences thermiques et d'étanchéité à l'air

Photo ci-dessus : Types de caméras infrarouge.

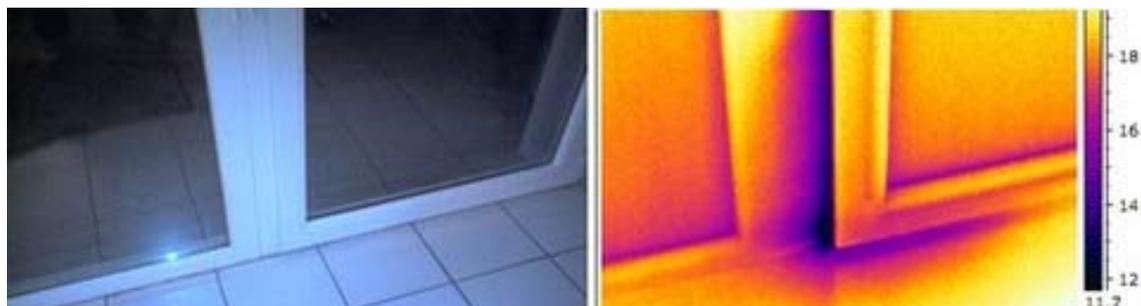
### Comment ça marche ?

Tous les corps rayonnent. Ce rayonnement dépend de la quantité de chaleur émise. La caméra thermique infrarouge, à travers son objectif, capte ces rayonnements. Là où une photo numérique va capter les points de lumière, la caméra infrarouge va capter ce rayonnement et le traduire en un ensemble de points de températures de surface qui vont composer "l'image thermique".

Sur chaque image, la température est traduite par un code de couleur. Plus un point est froid, plus la couleur associée va être choisie dans les tons de couleurs froides (noir, violet, bleu...) et inversement. Ces couleurs ne sont que des conventions destinées à faciliter la lecture de l'image thermique. On obtient ainsi une image thermique d'une fenêtre, d'une prise électrique ou d'un point d'humidité sur un mur.

La mesure de cette température est relative aux autres éléments dans la pièce. C'est-à-dire que si tous les murs sont froids, l'image infrarouge sera homogène. En revanche, si un radiateur est posé sur la face interne d'un mur non isolé, l'examen thermographique de la surface extérieure du mur permettra de visualiser l'empreinte thermique du radiateur (la fuite des calories à travers le mur) par un rectangle de couleur jaune orangé, tranchant vivement avec la couleur plutôt bleutée du reste du mur.

Lorsqu'une anomalie est détectée, deux clichés sont enregistrés par le diagnostiqueur. Le premier est une image numérique classique, il sert de repère. Le second est une image infrarouge.



Ci-dessus, l'ouvrant d'une baie vitrée mal jointe avec le dormant, la partie immobile de la menuiserie. La menuiserie, pourtant en PVC double vitrage, perd tout le bénéfice de sa résistance thermique.

### En pratique comment ça se passe ?

Le diagnostic thermique infrarouge se déroule généralement en deux étapes. Le diagnostiqueur réalise d'abord une visite de terrain durant laquelle il va traquer les défauts d'isolation. Dans un deuxième temps, il réalise son rapport écrit. Selon les entreprises, le rapport est plus ou moins long et plus ou moins détaillé. Ce rapport se présente généralement avec tout ou partie des photos réalisées sur le terrain. Puis une synthèse et une analyse des défauts relevés. Certaines sociétés font également des préconisations.



Ci-dessus : La caméra thermique détecte une zone humide (en vert sur l'image infrarouge) sous la solive, à gauche de la fenêtre.

### Combien ça coûte ?

Les prix d'une thermographie infrarouge sont très variables. Les prix varient en fonction du temps passé sur le terrain et de la complexité du rapport remis au client. Parfois aussi en fonction du type de caméra utilisé. Nous avons pris deux exemples.

Chez [Ets ALBERT sprl](#), le diagnostic thermographique s'élève entre 300 € et 500 € dans une maison individuelle de 120 m<sup>2</sup> selon la complexité du bâtiment. Ce prix comprend une intervention à domicile (environ 1h30) avec une thermographie intérieure et extérieure et le rapport d'une vingtaine de pages qui lui fait suite.

A [Energie Positive](#), les prix varient entre 700 et 900 € pour une maison individuelle de 120m<sup>2</sup>. Ce coût inclus également une thermographie intérieure et extérieure de terrain (environ 4 heures). Le rapport, généralement entre 20 et 70 pages, inclus toutes les images prises sur place avec pour chacune un commentaire détaillé.

### Bon à savoir

La thermographie infrarouge aussi magique soit-elle à des limites. Ainsi, les meubles encastrés ne permettent pas de visualiser l'état de l'isolation qui se situe derrière. C'est pourquoi, il est important qu'un diagnostic thermographique se fasse à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

La meilleure période pour faire un diagnostic thermographique infrarouge se situe entre le mois d'octobre et le mois d'avril. "A partir de 10 ° d'écart, on travaille dans de bonnes conditions", explique Bernard Germain. Ainsi, pendant les saisons chaudes, les diagnostiqueurs interviennent tôt le matin ou en fin de journée.

Il n'y a pas de crédit d'impôt pour le diagnostic thermographique infrarouge.

## THERMOGRAPHIE ET PONTS THERMIQUES

Les ponts thermiques

C'est le point délicat de la construction depuis la première réglementation thermique en 1974. Le pont thermique se présente principalement à la jonction des dalles en béton et des parois verticales.

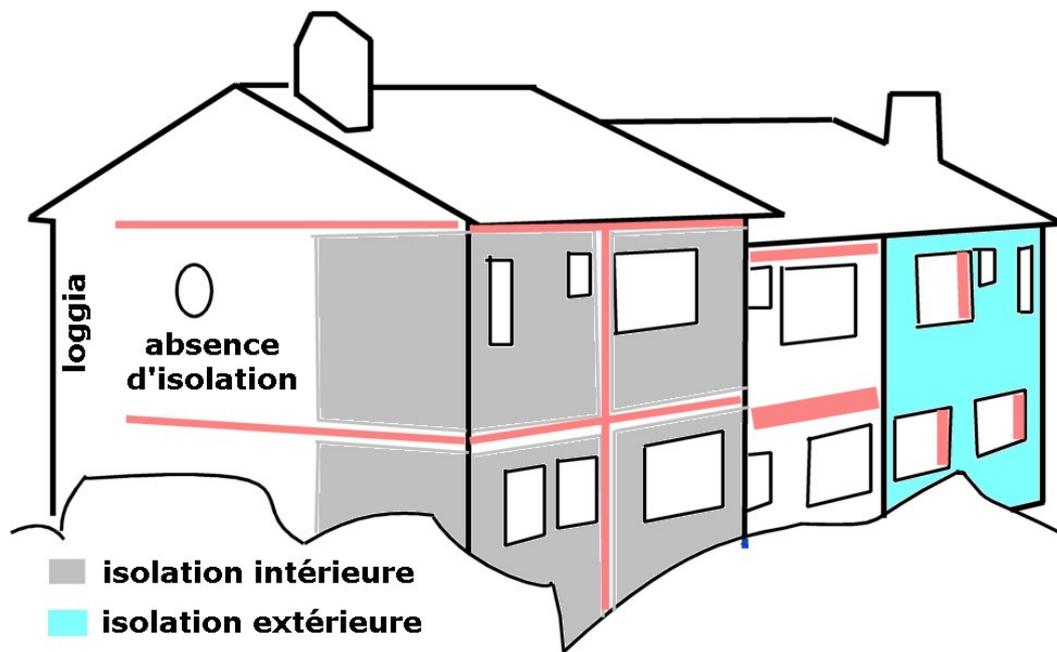
L'isolation par l'intérieur du logement est la première cause de ces ponts thermiques qui n'existent pas dans l'ancien.

- pont thermique linéaire
- pont thermique ponctuel
- pont thermique de menuiserie métallique (dite "sans rupture de pont thermique")

**Ponts thermiques linéaires** - image thermique

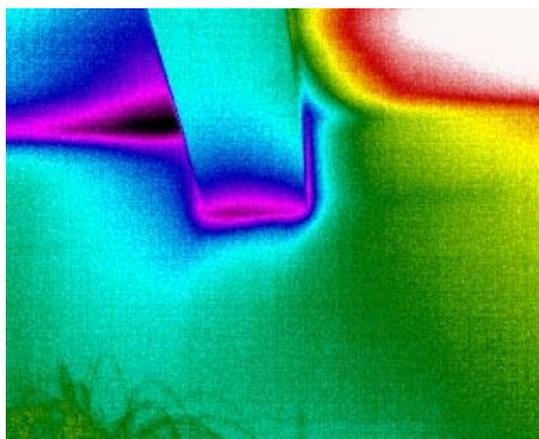


*Commentaire - Les traits rosés sont des ponts thermiques*



Les 3 pavillons - Image thermique merveilleusement démonstrative ! Température extérieure 2°C. Le pavillon de gauche est (partiellement) isolé de l'intérieur, les ponts thermiques subsistent. Le pavillon central n'est pas isolé (paroi verticale) mais les ponts thermiques apparaissent aux chaînages des planchers intermédiaire et haut. Le pavillon de droite est isolé par l'extérieur. Néanmoins, les tableaux des ouvertures n'ont pas été isolés, ce qui provoque, à ces endroits, des déperditions plus importantes qu'en l'absence d'isolation

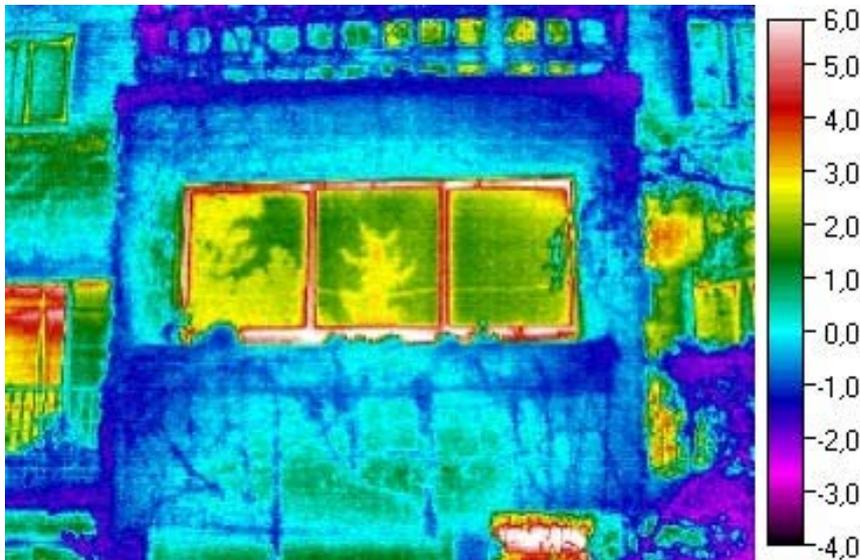
#### Pont thermique ponctuel



Poutre porteuse en béton. Paroi verticale isolée. La partie droite du plafond est surmontée d'une terrasse (absence d'isolation) et présence d'un petit soleil d'hiver, dont on profite pendant qu'il est là. La partie gauche du plafond comprend une chambre chauffée. La poutre donne

directement sur l'extérieur et son extrémité crée un *pont thermique ponctuel*, qui se verrait en "chaud" par thermographie depuis l'extérieur.

#### **Pont thermique de menuiserie métallique - thermogramme**



Menuiserie en aluminium (sans rupture de pont thermique). Châssis coulissants, posant donc des problèmes d'étanchéité à l'air (ce qu'on peut deviner en haut à droite de la fenêtre). Côté intérieur, ces menuiseries sont le siège de condensation par temps froid.  
Document Institut de la Thermographie

## **THERMOGRAPHIE ET ISOLATION THERMIQUE**

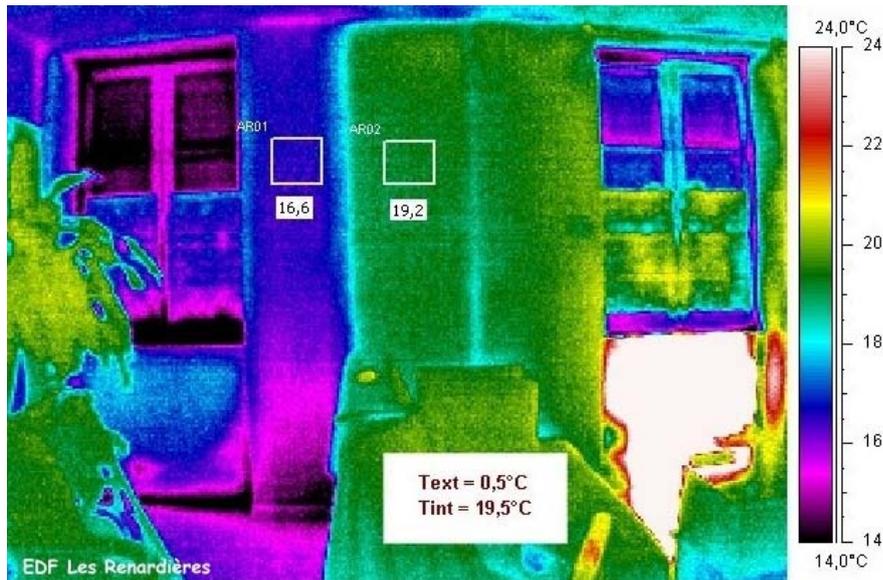
### **L'isolation thermique**

C'est le point primordial à considérer dans un logement.

Les points ci-dessous peuvent être d'origine, en neuf ou en rénovation.

- Absence d'isolant
- Dégradation de l'isolant
- Mauvaise mise en œuvre de l'isolant
- Épaisseur insuffisante de l'isolant : le seul moyen actuellement sérieux pour contrôler ce point est de vérifier la fourniture à sa mise en œuvre.

#### **Absence d'isolant en paroi - thermogramme**

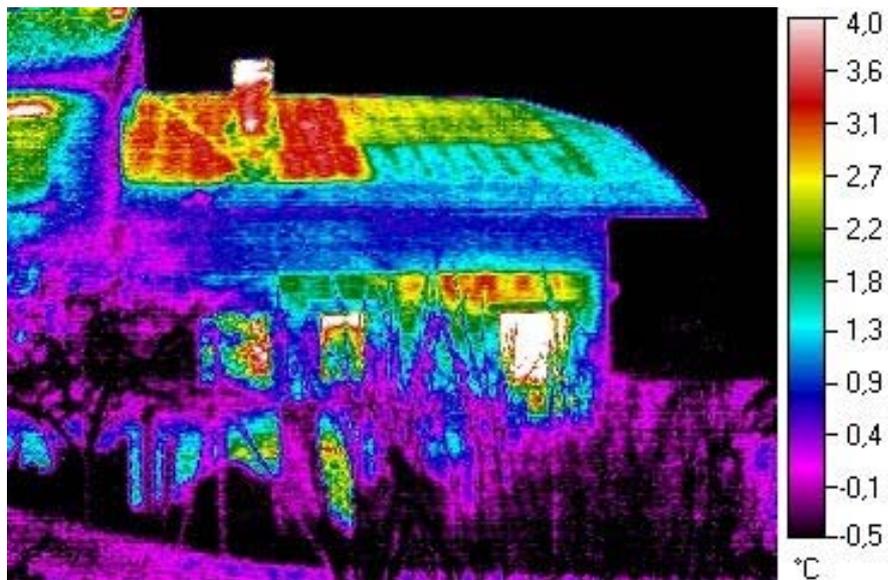


**Absence d'isolant en paroi - photographie**



Après rénovation partielle, ce logement consommait encore trop d'électricité pour le chauffage. Parmi d'autres défauts de réalisation, la caméra thermique détecte immédiatement l'absence d'isolant sur la hauteur complète du salon. Il s'agit d'une malfaçon volontaire avec absence de contrôle durant le chantier.

**Absence d'isolant en toiture - thermogramme**



Absence d'isolant en toiture - photographie



Pavillon de village, rénové avec combles chauffés (2 pièces) et non isolés.

Dégradation de l'isolant en toiture - thermogramme



**Dégradation de l'isolant en toiture - photographie**



Bâtisse de gîtes ruraux. Il s'agit certainement d'un affaissement et déchirement de l'isolant en rouleau, en rampant, au-dessus du faux plafond des combles habités.  
Documents Institut de la Thermographie.

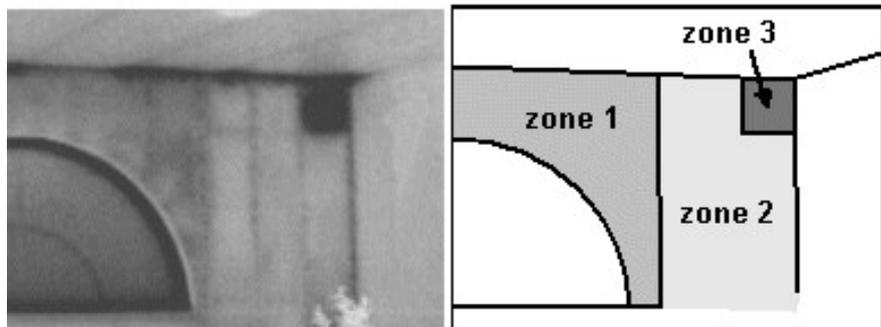
**Dégradation de l'isolant en paroi - thermogramme**



### Dégradation de l'isolant en paroi - Commentaires

Construction en bois. Les bandes d'isolant en rouleaux ne plaquent pas parfaitement à la paroi de part et d'autre du plancher haut, d'où les entrées d'air chaud derrière l'isolant. Documents Institut de la Thermographie.

### Variation d'épaisseur d'isolant - Image thermique



Prise de vue **intérieure** sur paroi extérieure. (Le plus froid est en noir, le plus chaud en blanc.)

La paroi est isolée en 1 et 2, la 2 étant mieux isolée que la 1 (épaisseurs ou qualités différentes d'isolant). Certainement absence d'isolant en zone 3.

Document d'origine internet mais auteur inconnu.

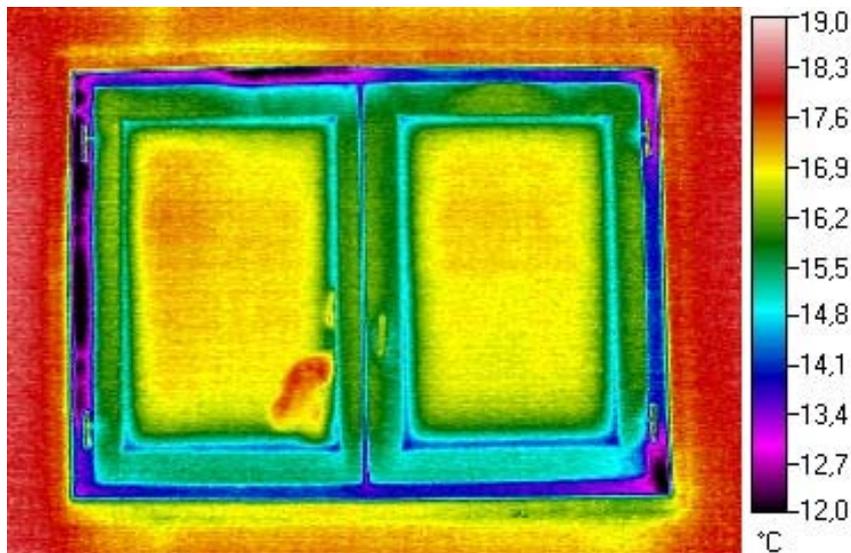
## THERMOGRAPHIE ET ETANCHEITE A L'AIR

### L'étanchéité à l'air

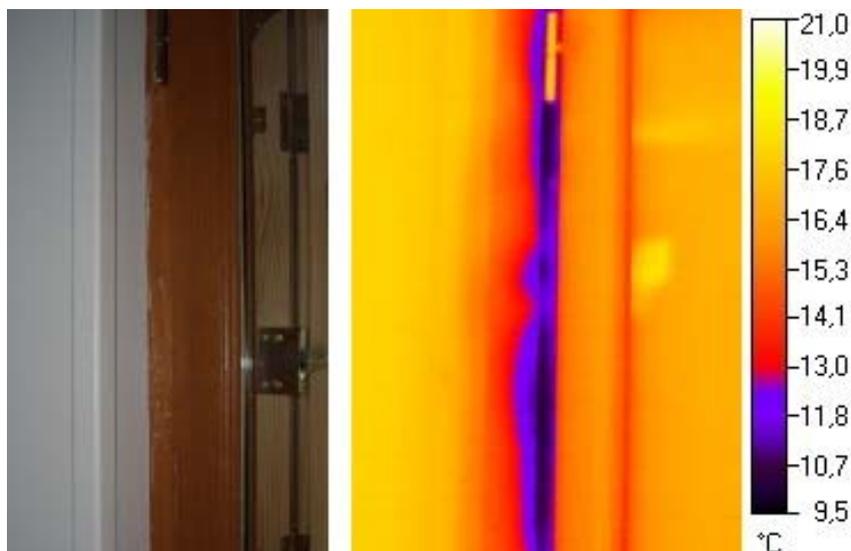
Voilà un sujet bien étrange... Comme si un logement devait être étanche à l'air ! Eh bien oui, les entrées d'air froid et sorties d'air chaud non contrôlées sont la source d'une forte part de la consommation énergétique du logement. La maîtrise du sujet, c'est s'assurer de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment afin que les mécanismes de ventilation contrôlée (VMC) fonctionnent correctement. Ni plus, ni moins.

- entrée d'air froid par les menuiseries, entre dormant et maçonnerie
- sortie d'air chaud par les menuiseries, entre ouvrant et dormant
- entrée d'air froid par les canalisations électriques
- entrée d'air froid par le bas des parois

### Menuiserie entre dormant et maçonnerie - thermogramme



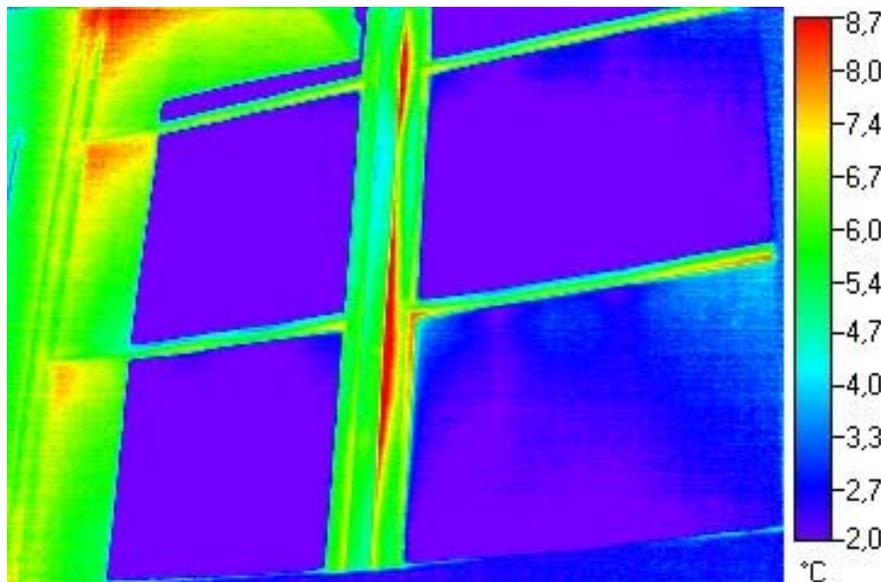
### Menuiserie entre dormant et maçonnerie - thermogramme



Le garage en sous-sol d'un pavillon est remplacé par une pièce à vivre. Remplacement de la porte de garage par une paroi isolée avec fenêtre et porte isolante. L'entrepreneur a été averti qu'une thermographie serait réalisée : courants d'air immédiats et inconfortables à 1 m de la fenêtre à peine posée. Il remet en cause la qualité de la fenêtre qu'il a lui-même préconisée. La thermographie depuis l'intérieur montre que l'air pénètre entre la maçonnerie et le dormant (détail à droite) - en ventilation naturelle - et que la fenêtre n'est pas en cause. Joint silicone pour corriger le défaut de construction :

Dans de très nombreux cas, aucun besoin de la technique de la "porte soufflante". Pour le détail de droite, le cadrage thermique et la palette sont optimisés pour localiser l'entrée d'air.

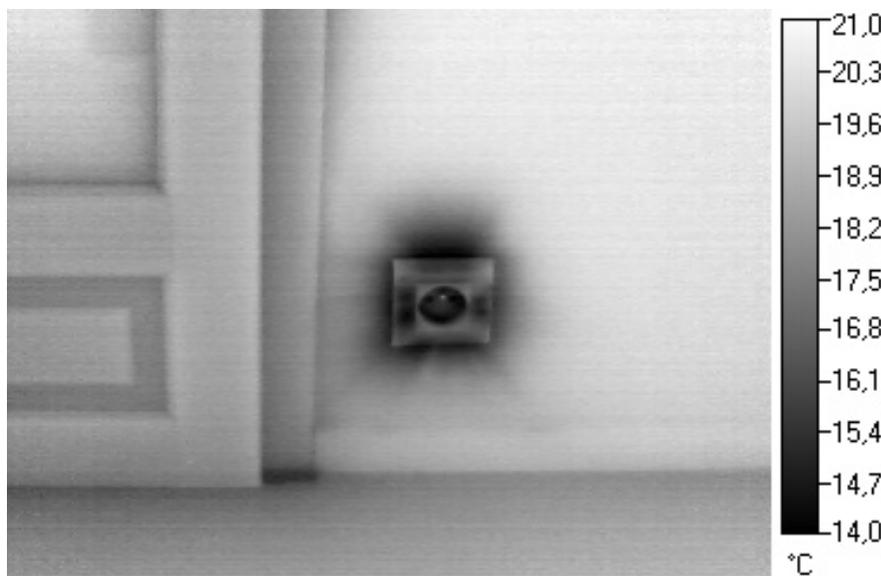
**Menuiserie entre ouvrant et dormant - thermogramme**



**Menuiserie entre ouvrant et dormant - photographie**

Prise de vue d'une fenêtre en bois depuis l'extérieur. Ouverture "à la française". On constate les sorties d'air chaud qui viennent échauffer l'ouvrant. Ventilation naturelle.

**Canalisation électrique - thermogramme**



**Canalisation électrique - commentaire**

Salon neuf (dans l'extension d'un pavillon) chauffé, mais pas encore occupé. Défaut classique fabriqué par l'électricien : entrée d'air froid par une prise électrique. La porte ne manifeste pas un tel défaut alors que c'est plutôt là que l'on s'attendrait à constater des entrées d'air. Ventilation naturelle.

**Bas des parois - thermogramme**



20,3°C

20

**Bas des parois -**  
commentaire

Ce constat a nécessité de mettre en dépression le logement par la technique de la "porte soufflante", devenue un classique du contrôle de l'habitat pour l'attribution du label "bâtiment basse consommation BBC".

L'entrée d'air sous la porte d'entrée est importante, mais le plus étonnant est l'entrée d'air sous la paroi elle-même.

5,3°C

## THERMOGRAPHIE ET HUMIDITE,

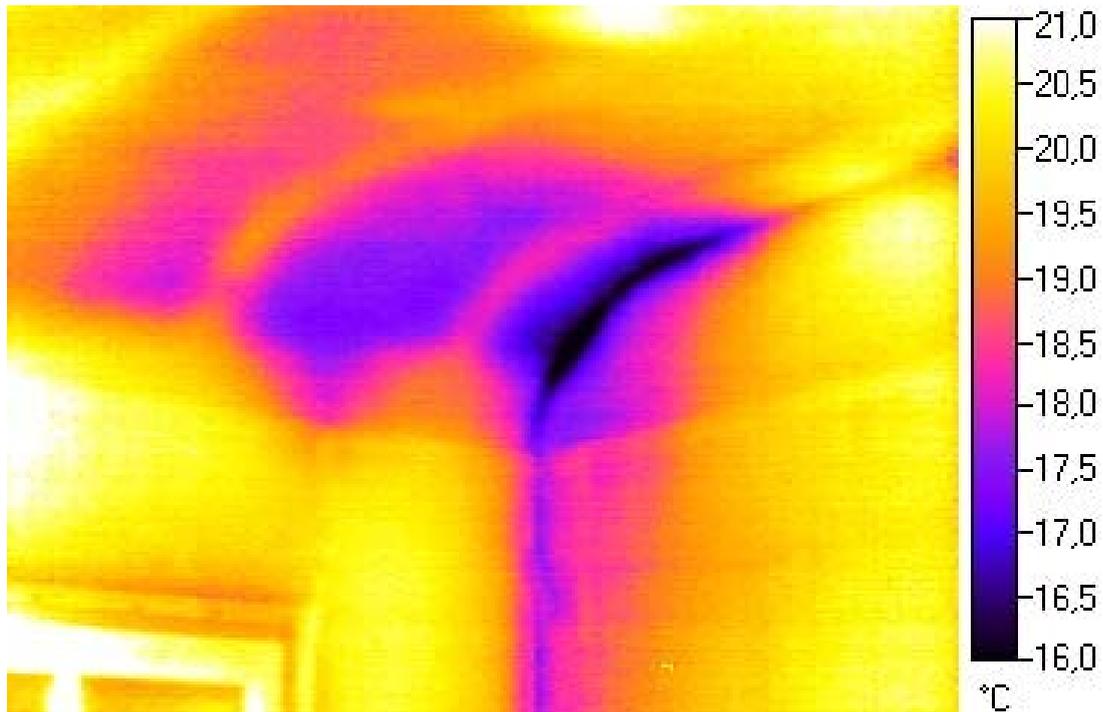
### CONDENSATION ET ETANCHEITE A L'EAU

Les problèmes liés à l'eau

L'enveloppe du bâtiment doit être étanche à l'eau afin qu'elle n'entre pas dans les parois et les isolants. L'eau intérieure peut être un danger pour les matériaux en cas de condensation et de remontées capillaires ; il est important que l'eau en excès, amenée par l'activité et l'occupation des locaux, soit évacuée par la ventilation. Se pose aussi parfois le problème des fuites, lorsqu'elles ne sont pas visibles ... avec les yeux.

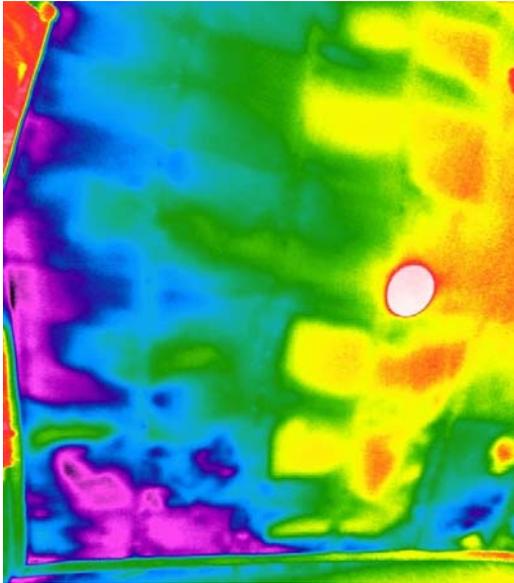
- risque de condensation sur des parois trop froides
- entrée d'eau dans un isolant
- remontées capillaires dans une paroi en terre
- fuite d'eau invisible à l'œil

### Risque de condensation - thermogramme



Problème d'isolation en bordure de toiture d'une lucarne rampante. Il y a déjà eu de la condensation : le papier peint est dégradé dans l'angle, et il y a ses traces de moisissures nettoyées.

### Entrée d'eau dans un isolant - image thermique



L'entrée d'eau dans un isolant peut anéantir la qualité de celui-ci, il se tasse et ne retrouvera donc pas ses caractéristiques d'origine, même redevenu sec. C'est le cas de l'isolant au-dessus de cet angle de plafond (salle de séminaire dans un hôtel - la tache blanche est un spot allumé ; en haut à gauche, début d'une tringle à rideau). L'échelle des couleurs va de +15°C (isolant dégradé) à 25°C (isolant correct).

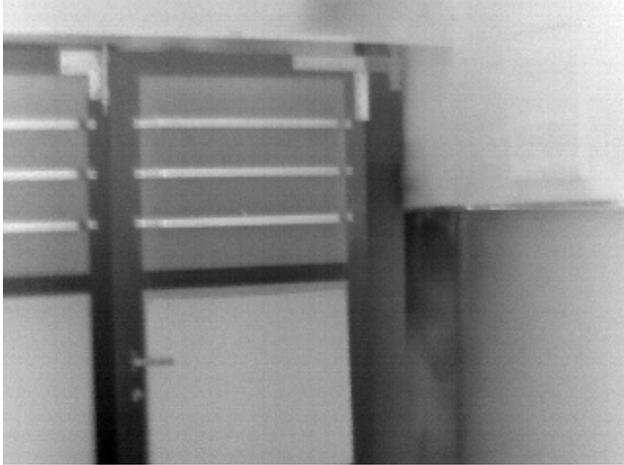
### Remontées capillaires dans une paroi - image thermique



#### Explication

Les remontées capillaires sont très fréquentes dans le bâti ancien (ici à gauche - paroi en terre). La caméra thermique les met facilement en évidence à la suite d'un ensoleillement de la paroi. Sur la partie droite, plus récente et en parpaing, on ne constate pas ce phénomène, mais on observe le pont thermique de la dalle du plancher bas.

## Humidité invisible à l'oeil - image thermique



Explication

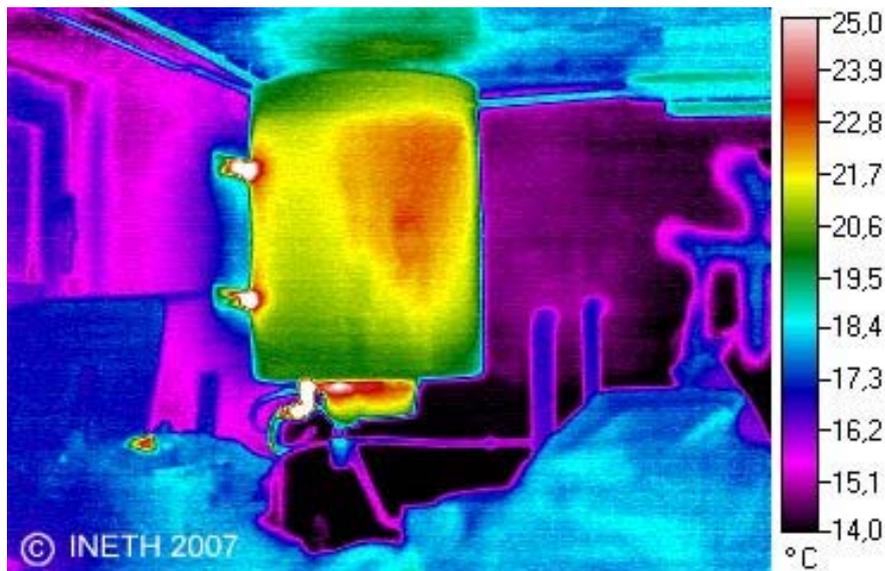
Vue intérieure de la paroi verticale à droite de la porte de garage en sous-sol. Cette paroi verticale est en contact avec le sol extérieur. Descente des eaux de pluie dans un puisard à l'extérieur. Certainement un problème d'étanchéité du puisard. Cette humidité n'est pas encore visible à l'œil mais peut entraîner progressivement la dégradation du support et celle du revêtement.

Info de 2014 : le puisard présentait bien une fuite devenue finalement visible ; il a été échangé 4 ans après cette thermographie.

## THERMOGRAPHIE ET EAU CHAUDE SANITAIRE

Le stockage de l'eau chaude sanitaire

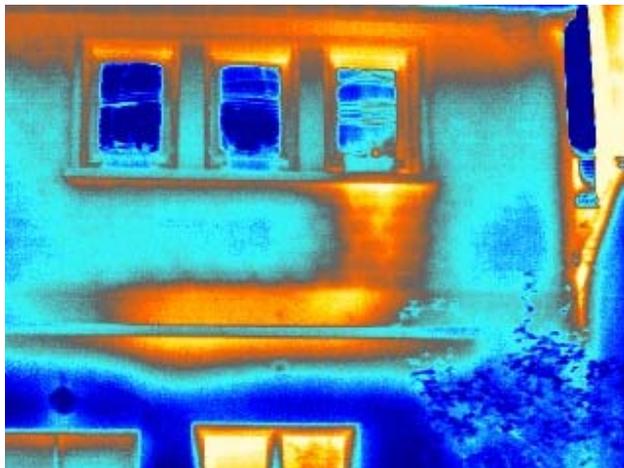
Les enveloppes de stockage de l'eau chaude sanitaire sont isolées et, à ce titre, sujettes à des déperditions énergétiques. On peut constater ce fait et choisir un stockage mieux isolé lorsqu'il est placé dans un local non chauffé.



Thermographie d'un chauffe-eau de 100 litres placé au sous-sol non chauffé d'un pavillon. La consommation permanente de ce chauffe-eau est d'environ 100 W (somme des déperditions par rayonnement et par convection).

#### Réseau de distribution d'eau chaude

Le réseau d'eau chaude, qu'il soit de chauffage ou sanitaire, se doit d'être calorifugé dans les pièces non chauffées et, en particulier, il ne doit pas passer derrière les isolants en rénovation, comme c'est le cas sur le document ci-dessous.



Thermographie depuis l'extérieur d'une paroi isolée de l'intérieur. Pavillon de brique et de brique. Le circuit de chauffage passe derrière l'isolant découpé pour ce passage et alimente le radiateur de la salle de bain à l'étage, pièce non isolée. La palette utilisée est un peu spéciale, elle force la mise en évidence du problème. Le haut de l'image est dû à la convection naturelle bloquée par le débord de toit qui sert aussi de visière de protection vis à vis du ciel froid : confinement convectif et radiatif.

THERMOGRAPHIE ET CONFORT THERMIQUE

Le chauffage, source de gaz à effet de serre qui épuise la planète, sert au confort

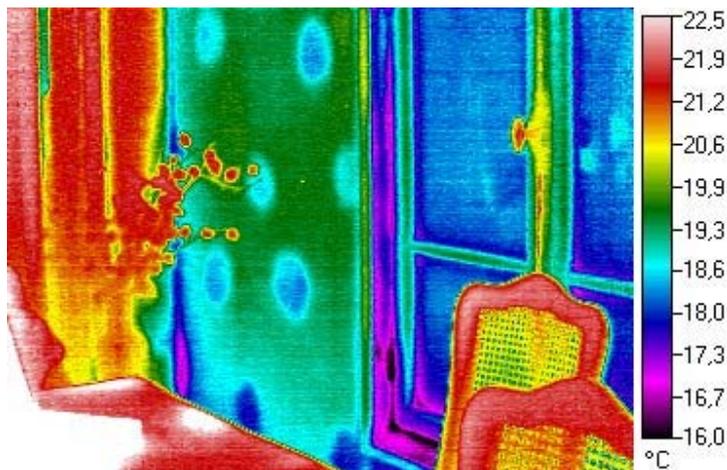
Voilà le confort bien essentiel, au même titre que la climatisation des véhicules, pour quelques jours par an ! Mais regardons un peu les cas particuliers qui font que nous augmentons le chauffage, du fait de l'inconfort.

L'effet de paroi froide

Cause importante d'inconfort, idem pour la paroi chaude des parasols sur les terrasses des cafés en été.

La *température ressentie* dépend à la fois de la *température ambiante* (échanges thermiques avec l'air = par convection) et de la *température d'environnement radiatif* (échanges thermiques avec toute la matière autour de nous = par rayonnement). Par temps froid, la "paroi froide" est un mur ou une fenêtre non isolés : ils sont à une température nettement plus faible que la température des parois donnant sur des pièces chauffées. La température ressentie est trop basse. Par réflexe, on augmente le chauffage et donc la température ambiante pour trouver un équilibre acceptable. D'où surconsommation.

Autre solution : isolation ou masquage de ces parois par des paravents ou des rideaux, des tentures, qui se mettent à une température plus élevée.

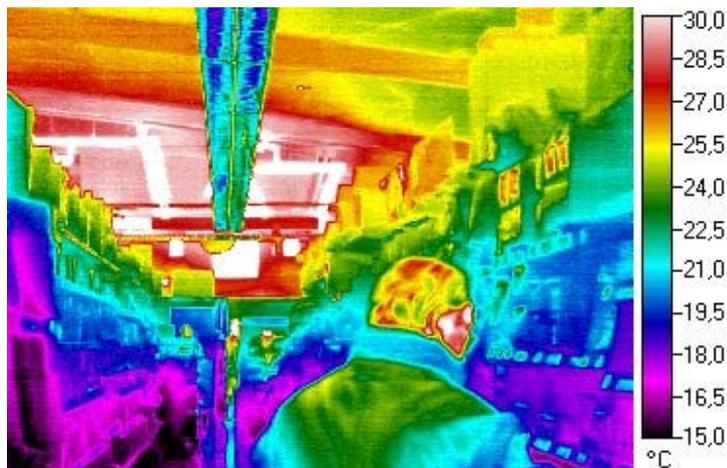


Pièce de pavillon où l'effet de "paroi froide" n'est pas très marqué du fait du chauffage à 22°C. La paroi n'est pas isolée mais doublée au BA13 (on constate la trace thermique des plots de colle en contact avec le mur). La fenêtre est en simple vitrage de 4 mm et laisse passer l'air froid.

Dans la notion de "paroi froide", ce sont les températures apparentes qui entrent en ligne de compte, et non les températures vraies.

Le gradient vertical de température

Cause importante d'inconfort, évident sur sol non isolé et lorsque le chauffage ne part pas du sol (aérotherme dans le cas industriel). La stratification provoque un gradient thermique vertical, froid aux pieds et tête chaude. On parle de situation d'inconfort au-delà de 1,5 °C / m.



Ce thermogramme est réalisé dans un supermarché. On peut lire un gradient vertical de  $5^{\circ}\text{C} / \text{m}$  sur les rayonnages de gauche ( $10^{\circ}\text{C}$  sur la hauteur de 2 m). D'où l'inconfort à la traversée des rayons et la canadienne du client, malgré la température moyenne correcte. Cette grande surface est chauffée par des aérothermes placés en hauteur (on en voit un au fond du magasin) : la chaleur est évacuée presque immédiatement vers l'extérieur aux jonctions des plaques d'isolant en sous toiture - bords non jointifs puisque simplement posés sur rails - par construction. Une belle conception de l'ensemble = inconfort et consommation élevée.

Le gérant de la grande surface dit que le chauffage lui "coûte un œil". Il lui reste à tenir compte des conseils de l'œil du Thermographe.

## Combien coûte un diagnostic thermographique ?

Le coût d'une thermographie infrarouge est très variable en fonction du type de caméra utilisé, de la nature et de la taille du bâtiment et de la complexité du rapport remis au client.

Pour une clientèle grand public, le prix varie **entre 300€ et 500€** pour une maison individuelle de 120 m<sup>2</sup>.

Le coût de cette opération est donc raisonnable au regard des économies d'énergie qu'elle va générer.