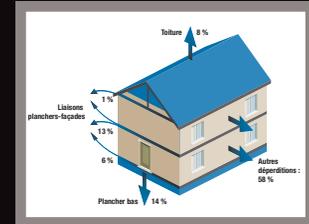


solutions

Les réponses constructives du béton à la RT 2005

>>> SUITE LOGIQUE DE LA RT 2000, LA RT 2005 INSTALLE UN RYTHME D'ÉVOLUTION RÉGULIER DE LA RÉGLEMENTATION APPLICABLE AUX DÉPENSES D'ÉNERGIE DE NOS BÂTIMENTS. LE PRINCIPE EST CELUI D'UNE RÉDUCTION PROGRESSIVE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE NÉCESSAIRE POUR RÉCHAUFFER L'HABITATION EN HIVER ET POUR LA RAFRAÎCHIR EN ÉTÉ. L'ORIENTATION DU BÂTIMENT, MAIS AUSSI L'ISOLATION ET L'INERTIE THERMIQUE, SONT DONC LES "PRINCIPES" DE BASE D'UNE LOGIQUE DE CONCEPTION NOUVELLE POUR CERTAINS, TRADITIONNELLE POUR D'AUTRES, QUI EXPLOITE LES SPÉCIFICITÉS DU SITE ET LES RESSOURCES DE LA TECHNOLOGIE MODERNE. LE BÉTON, ON S'EN DOUTE, A PLUS D'UN ARGUMENT À PROPOSER DANS CETTE AVENTURE.



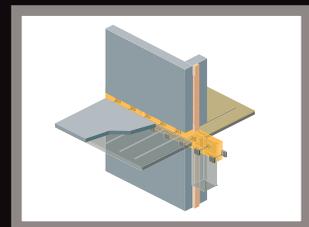
→ Vers l'équilibre énergétique

Tout savoir sur les déperditions énergétiques et la meilleure façon de les traiter. **p. 16**



→ Une maison à faible consommation

Conçue par le cabinet Grabli, cette maison familiale offre le plus grand confort sans dilapider l'énergie. **p. 18**



→ Ponts thermiques

Des planchers aux refends et murs extérieurs, toutes les solutions pour traiter les déperditions d'énergie. **p. 21**

→ Une logique de conception tournée vers « l'équilibre énergétique »

La réglementation thermique édition 2005 et a fortiori les éditions à venir (2010, 2015) impliquent une évolution sensible de la conception architecturale et du choix des principes constructifs. Mais l'évolution n'est pas une révolution et les solutions béton sont là pour répondre aux attentes des maîtres d'œuvre : tour d'horizon des enjeux et des solutions associées à cette nouvelle étape réglementaire.

Le bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus gros consommateur en énergie. Il représente plus de 40 % des consommations énergétiques nationales et près de 25 % des émissions de CO₂. Gourmand en énergie, le bâtiment compte donc parmi les premières sources d'émissions polluantes. Il figure à ce titre parmi les premières cibles du protocole de Kyoto, entré en application en février 2005. L'échéance coïncidait avec la rédaction d'une nouvelle réglementation thermique, entrée en application dès l'automne 2006 : la

"RT 2005". Cette seconde étape annonce une série d'ajustements de la réglementation qui s'échelonnent de cinq ans en cinq ans, avec un niveau d'exigence chaque fois plus élevé. Au moins jusqu'à cette deuxième étape, le principe de la réglementation originale n'est pas bouleversé : de la RT 2000, la RT 2005 reprend la philosophie générale, axée sur la consommation globale d'un bâtiment de référence auquel le projet sera comparé. La logique est celle d'une compensation des performances entre différents composants du

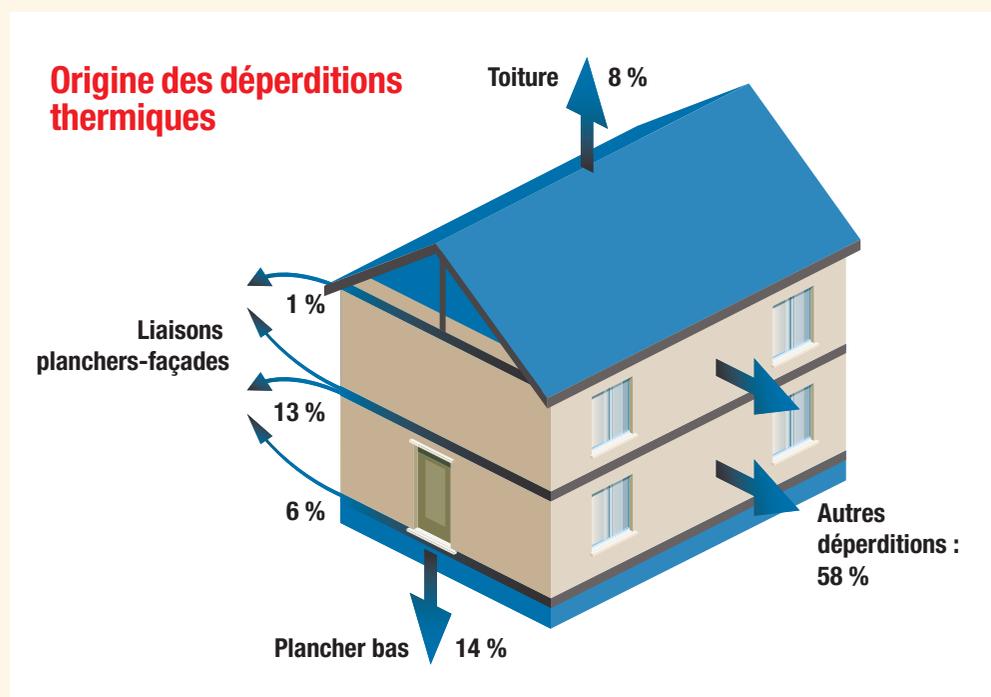
bâtiment, les choix les moins pertinents au niveau énergétique (façade peu isolée, par exemple) devant être équilibrés par d'autres choix plus performants (en matière de chauffage ou d'éclairage, par exemple) qui réduiront la somme des dépenses énergétiques.

Les objectifs sont pour le moins ambitieux : la RT 2005 vise une nouvelle amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15 %, associée à une limitation du recours à la climatisation. Mais ce n'est qu'une étape intermédiaire, car le but à ne pas perdre de vue est bien une diminution minimum de 40 % de la consommation énergétique des bâtiments à l'horizon 2020...

Des méthodes de calcul différentes et des exigences en hausse

Les nouveautés de la réglementation thermique 2005 touchent à la fois les méthodologies de calcul et les exigences sur le bâti et les équipements. Au plan méthodologique, les évolutions les plus notables concernent l'introduction d'une construction de référence qui met en valeur les principes de l'architecture "bioclimatique", dont la vocation est à la fois de réduire la consommation d'énergie en hiver (moins besoin de chauffage) et d'améliorer le confort en été (en éliminant ou réduisant le besoin de climatisation). On notera encore, parmi les autres évolutions notables, le changement d'unité (en l'occurrence le kilowattheure d'énergie primaire par mètre carré SHON [kWh_{ep}/m²]), qui permettra de favoriser les comparaisons entre bâtiments, et l'introduction d'une consommation maximale (chauffage, refroidissement et production d'eau chaude sanitaire) en valeur absolue pour le résidentiel, exprimée en énergie primaire par mètre carré, déclinée par zones climatiques et par types d'énergie de chauffage (combustibles fossiles ou électricité).

Le second volet de la RT 2005 touche donc le bâti et les équipements. Le texte se distingue notamment par un renforcement des exigences sur l'isolation du bâti : concernant la seule thermique, l'amélioration est de l'ordre de 10 % sur les déperditions par les parois et les baies, et de l'ordre de 20 % sur les déperditions par les ponts thermiques. Globalement, et selon le type de bâtiment (tertiaire, résidentiel individuel, résidentiel collec-



>>> Les ponts thermiques observés au niveau du plancher bas, de la toiture et des liaisons façades-planchers représentent à eux seuls 42 % des pertes par rupture de la barrière isolante.

Définitions

Ponts thermiques et rupteurs ad hoc

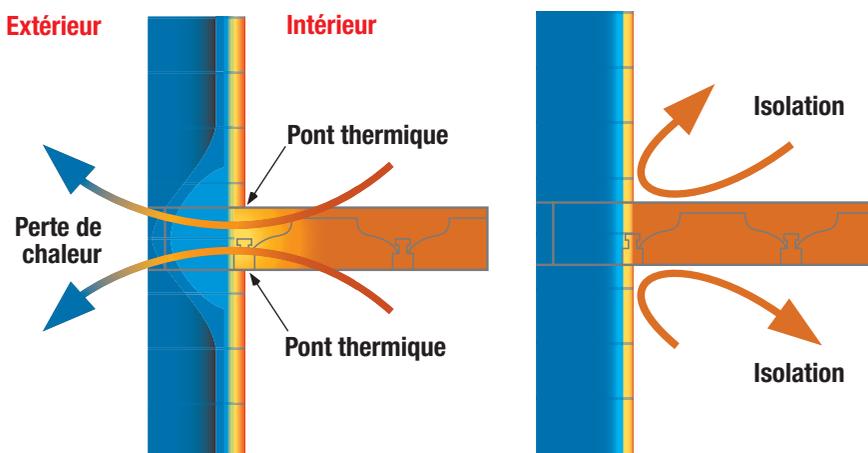
On appelle “pont thermique” un point de la construction où la barrière isolante est rompue, pour des raisons de conception ou de mise en œuvre défectueuse. Les ponts thermiques se situent généralement aux points de raccord entre les différentes parties de la construction – nez de planchers, linteaux, trumeaux et appuis situés au-dessus des ouvertures, nez de refends ou de cloisons en cas d’isolation par l’intérieur en réhabilitation, etc. –, qui sont autant d’occasions données à la chaleur intérieure de s’échapper. Les ponts thermiques entraînent alors une chute locale de température sur la surface intérieure de la paroi, et des zones froides localisées dans la maison. Ces zones critiques sont une source d’inconfort pour les occupants car le corps humain éprouvera une impression de froid si les murs sont froids, et ce, même si l’air de la pièce est suffisamment chaud. On estime que pour un immeuble les seuls ponts thermiques représentent plus de 40 % des déperditions de la construction. Un rupteur de pont thermique est, en toute logique, un dispositif permettant de limiter les déperditions en créant une séparation thermique tout en assurant une continuité mécanique.

tif), ces exigences entraînent une réduction de 10 à 18 % du coefficient “Ubât” [ce coefficient global de déperdition de l’enveloppe du bâtiment est comparé à un coefficient Ubât-réf, exprimé en watts par m² d’enveloppe et degrés Kelvin (W/m² K)]. Un même renforcement des exigences s’observe en matière d’équipements, avec l’introduction de matériels dits “de référence” (chaudière basse température, panneaux rayonnants, solaire thermique, etc.).

Une logique qui fait la part belle au contexte et aux spécificités du bâti

Tels sont les termes d’une réglementation qui met en valeur l’architecture bioclimatique, dont le principe est celui d’une conception qui tient compte, dès ses premières étapes, des conditions d’implantation du projet et donc des besoins futurs en énergie. Elle rappelle que

Effet du rupteur thermique



>>> **1** Dans le cas de cette liaison façade-plancher non isolée, la barrière thermique est rompue et la chaleur s’échappe au travers de la façade exposée au froid (flèches dégradées). **2** Lorsque l’isolation est correctement réalisée, avec mise en place d’un rupteur de pont thermique ad hoc, la barrière thermique est infranchissable et la chaleur intérieure ne peut s’échapper au niveau des jonctions.

chauffage, confort d’été et inertie thermique sont étroitement liés aux caractéristiques du bâti : géométrie, isolation, inertie, perméabilité à l’air, apports solaires. Aussi exigeante soit-elle, cette réglementation, du fait même de sa logique “combinatoire” (tel aspect énergétique compense tel autre), laisse une importante marge de manœuvre au concepteur dans son choix architectural, sans exiger de lui qu’il abdique sa préférence pour un matériau et un type de système constructif.

Le béton reste donc le matériau des architectes orientés vers l’audace architecturale, le confort et l’économie.

Les réponses du béton

L’une des qualités essentielles du béton est son inertie thermique, c’est-à-dire le potentiel de stockage thermique du matériau et plus largement du bâtiment. Elle conditionne sa capacité à emmagasiner de la chaleur ou de la fraîcheur afin de conserver une température intérieure stable et de se réchauffer ou de se refroidir très lentement. L’enjeu est double puisqu’il s’agit à la fois de préserver le confort et de réduire la consommation énergétique. Or le matériau béton est capable de stocker et de restituer d’importantes quantités de chaleur (ou de fraîcheur). L’un des grands enjeux de la RT 2005 et des réglementations futures étant la “lutte”

contre les ponts thermiques, cette qualité d’inertie du matériau pourra par exemple être associée à une isolation thermique par l’extérieur (ITE), qui permettra de supprimer une grande partie des ponts thermiques, sources de déperditions et de dégradations, mais également de tirer le meilleur profit de l’inertie du béton à l’intérieur même du bâtiment. Cependant, sans changer radicalement de système constructif, des solutions s’offrent déjà au concepteur pour exploiter au mieux les atouts du béton. C’est le cas de l’isolation par l’intérieur (ITI), où les apports de la technologie béton sont multiples. Les pertes de chaleur par le sol, notamment, sont éliminées grâce à des systèmes permettant d’isoler le bâti du terrain ou de la fondation : entrevous isolants, chapes flottantes, planchers avec rupteurs, etc. Les pertes causées par les ponts thermiques entre planchers intermédiaires, refends et murs sont également éliminées grâce à des panelles isolantes ou par le choix d’une structure poteaux-poutres.

Ces solutions, qui sont détaillées dans les pages suivantes, sont autant d’atouts du matériau béton face aux échéances de la réglementation. Elles sont aussi la preuve, pour le maître d’œuvre soucieux de sa liberté architecturale, de la pertinence d’un matériau qui, utilisé à bon escient, conserve tout son potentiel créatif. ■

TEXTE : PHILIPPE FRANÇOIS

→ Une maison familiale à très faible consommation à Maisons-Laffitte (78)

objectifs visés

- Respect des grands principes de l'architecture bioclimatique (orientation du bâtiment par rapport à la course du soleil notamment)
- Exploitation des apports solaires passifs
- Utilisation de matériaux et de technologies à hautes performances thermiques (ITE, triple vitrage, rupteurs de ponts thermiques)
- Respect scrupuleux du budget initial

La RT 2005 est entrée en application au second semestre 2006, mais le cabinet Grabli n'a pas attendu cette échéance pour promouvoir une architecture respectueuse de son contexte, conçue de manière à offrir le plus grand confort sans dilapider l'énergie.

Démonstration avec cette maison familiale élevée à Maisons-Laffitte.

La réglementation thermique 2005 n'est en aucun cas une limite à la liberté architecturale. La maison familiale construite à Maisons-Laffitte par le cabinet Grabli, architectes, en est la démonstration éloquente. Cet ouvrage est tout

simplement la matérialisation de différents principes de construction "écologique" où l'orientation – et donc la course du soleil – est la base même d'un concept architectural orienté vers l'utilisation passive de l'énergie solaire et l'exploitation de la température constante du sol par un puits canadien (ou puits provençal), système qui utilise tout simplement la masse thermique de la terre pour réguler la température à l'intérieur du bâtiment.

Des matériaux à haute performance thermique sont venus compléter ces principes de conception : triple vitrage, isolation par l'extérieur au moyen d'une plaque de polystyrène de 100 mm d'épaisseur. Des rupteurs de ponts thermiques ont été disposés aux limites de cette enveloppe, au niveau des nez de dalles.

contrôlé entre pièces sèches et pièces humides. Le puits canadien, quant à lui, permet le préchauffage de l'air neuf en hiver et son rafraîchissement en été.

Apports solaires passifs

Les apports solaires passifs ont également fait l'objet d'une étude minutieuse, avec de grandes baies vitrées orientées au sud et à l'ouest (baies vitrées coulissantes de 2,70 x 2,70 m) et une façade nord très fermée. Notons encore que ces principes de conception s'inscrivent dans le cadre d'un budget "classique", l'enveloppe fixée initialement par les maîtres d'ouvrage étant demeurée inchangée. ■



Étanchéité et pérennité

Cette "continuité" de l'enveloppe permet de réduire significativement les déperditions énergétiques tout en contribuant à la pérennité de l'ouvrage. La technologie est venue renforcer ces principes de structure avec une ventilation double flux qui assure un échange d'air

fiche technique

Maître d'œuvre :
cabinet Grabli, architectes

Entreprise gros œuvre : SCRIB

Étanchéité : SAPEB

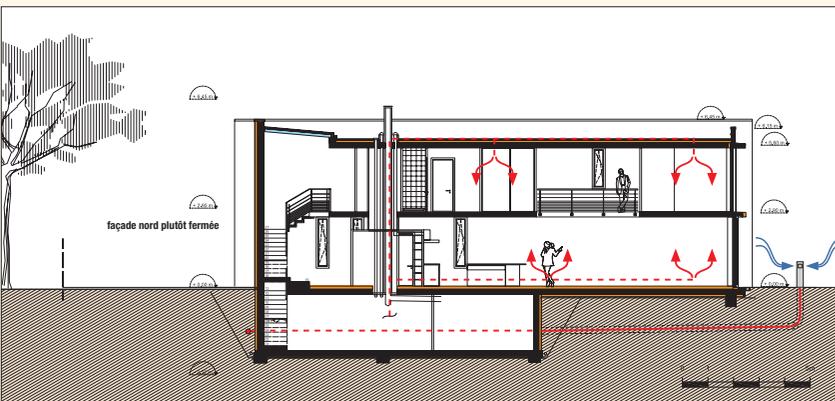
Zone climatique 2

SHON : 209 m²

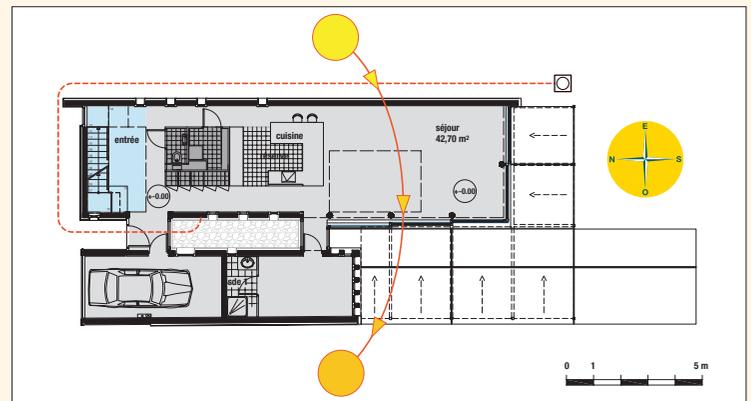
>>> La maison privilégie les grands volumes et les larges baies tournées vers le soleil. Visibles au plafond, les joints de calepinage du béton coulé en place laissés bruts.



>>> **1** et **2** Au sud et à l'ouest, des baies vitrées coulissantes aux dimensions généreuses (2,70 x 2,70 m) laissent pénétrer une abondante lumière naturelle qui contribue à réchauffer les espaces à vivre. **3** Des poteaux de béton reprennent les charges au niveau des façades vitrées.



>>> **Puits canadien** – Un puits canadien (également connu sous le nom de puits provençal) utilise la masse thermique du sol pour préchauffer l'air neuf en hiver et le rafraîchir en période estivale.



>>> **Course du soleil** – Le plan de masse révèle la pertinence de l'organisation spatiale par rapport à la trajectoire du soleil : au nord, des espaces tampons (cage d'escalier, garage) peu éclairés, au sud, de larges baies vitrées.

ENTRETIEN AVEC PASCAL GRABLI, architecte, maître d'œuvre de la maison familiale de Maisons-Laffitte

« La RT 2005 n'est qu'un cadre sur lequel on s'appuie »

La RT 2005 vous a-t-elle amené à revoir votre réflexion architecturale ?

Pascal Grabli : La RT 2005 repose sur une moyenne quand nous raisonnons sur le principe du confort. Notre credo s'est donc trouvé conforté par la nouvelle réglementation thermique et nous n'avons pas eu à bouleverser une logique qui se situe naturellement au-dessus du minimum. Dès lors que le maître d'œuvre fait le choix du bon sens architectural et de l'intelligence environnementale, la réglementation thermique n'est rien de plus qu'un cadre sur lequel on s'appuie. À l'inverse, ceux qui mettent en avant la "chose" architecturale avant le contexte

et l'utilisation du bâtiment seront peut-être amenés à réviser leurs conceptions.

Vous n'avez donc pas eu à abandonner un quelconque principe constructif...

P. G. : Le système du mur-manteau est une technique que nous entendons développer et la RT va dans ce sens. La seule contrainte est celle du coût, un peu plus élevé. Mais ce n'est en aucun cas une nouvelle façon d'exercer l'architecture. Pour qu'une certaine "pédagogie" émane de cette maison, il fallait que son coût reste accessible, de l'ordre de 1500 €/m², avec un confort supérieur à celui d'une maison classique. Le

résultat est une habitation qui s'approche du seuil supérieur des maisons à très faible consommation, la part "chauffage" se limitant à 70 kWh/m²/an.

Quelle est la part du béton dans cette réalisation ?

P. G. : Elle est double. Il y a d'abord des blocs-béton pour tout ce qui est vertical, et ensuite du béton coulé en place pour ce qui est horizontal. Des blocs dits "à bancher" ont été utilisés sur les grandes surfaces, pour éviter tout affaissement. Le béton coulé en place est brut de décoffrage. Des rupteurs de ponts thermiques ont été installés au niveau des rives de dalles, non sans difficulté

pour l'entreprise qui n'avait pas l'habitude de ce genre de technique. Cela montre au passage que les usages des entreprises devront évoluer au même titre que les habitudes des architectes. Quoi qu'il en soit, cette réalisation montre que l'on peut atteindre des objectifs thermiques élevés avec des moyens simples.

Dans ce contexte, quel regard portez-vous sur le matériau béton ?

P. G. : Le béton est un matériau magnifique... Pour notre part, nous nous devons de répondre aux objectifs avec des moyens astucieux et peu coûteux.

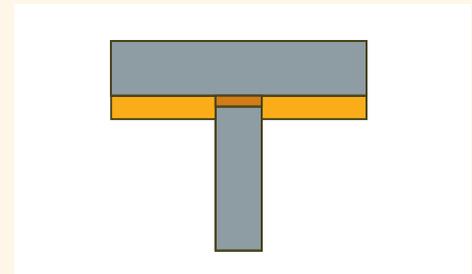
→ Les refends

Moins problématiques que les liaisons façades/planchers, les liaisons refends/murs restent une source potentielle de déperditions. Plusieurs solutions sont possibles.

Exemples de traitement des ponts thermiques – murs de refend

Solution 1 – Planelle isolante

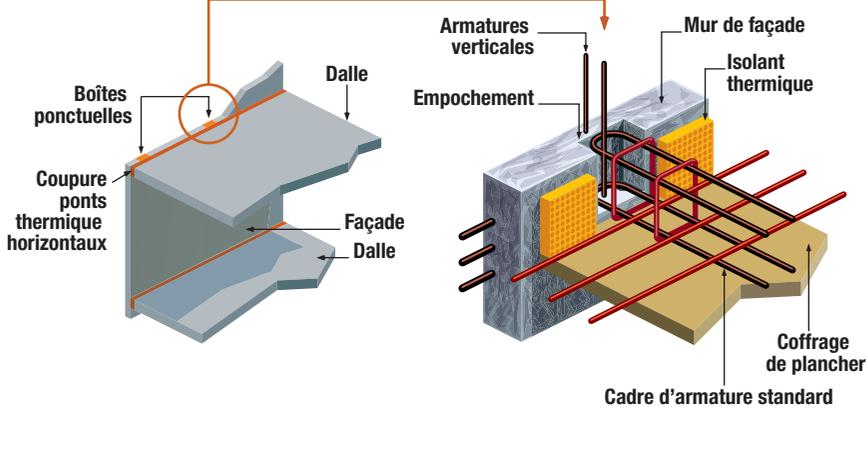
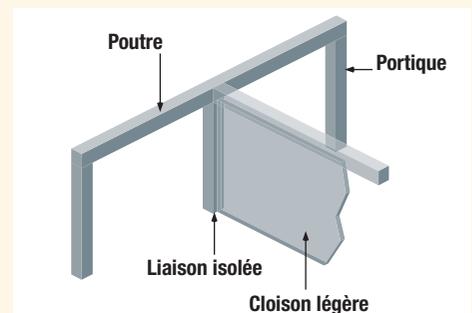
La rupture des ponts thermiques aux jonctions façade-refend peut s'effectuer par la mise en place d'une planelle isolante entre le mur de façade et le refend. L'amélioration thermique est de l'ordre de 70 à 80 %, sans changement par rapport au système constructif classique. Le mur de façade peut être réalisé en maçonnerie ou en béton banché.



>>> **Planelle entre façade et refend.**

Solution 2 – Structure poteaux-poutres

Une autre solution est possible en optant pour une structure poteaux-poutres en lieu et place des refends. Ce type de structure permet de substituer au refend porteur une cloison légère, et ainsi de supprimer les liaisons avec les façades. Le système repose sur des éléments préfabriqués en béton en association avec des poteaux préfabriqués ou coulés en place. Il apporte une modularité appréciable.



>>> **Schémas de principe de la solution 3, "assise de dalle limitée à des points d'appui isolés".** À gauche, localisation des rupteurs de ponts thermiques; à droite, détail des cages d'armatures ponctuelles.

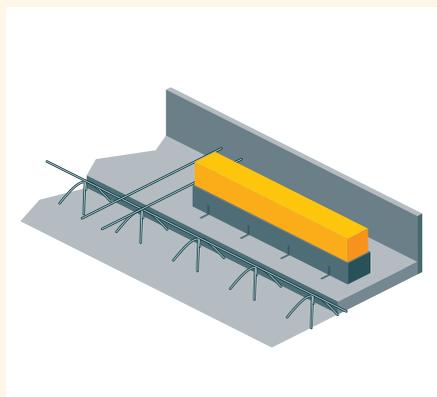
Solution 3 – Assise de dalle limitée à des points d'appui isolés

Le principe consiste cette fois à limiter l'assise de la dalle en béton armé sur les murs de façade à des points d'appui isolés, de 20 à 25 cm de largeur, le plus espacés possible (de 1 m à 2,2 m). Des boîtes de coffrage pincées dans les banches du mur de façade créent des "empochements", traversés par une armature verticale, dans lesquels la future dalle prendra appui sur le voile. Sont ensuite mis en place le coffrage du plancher,

les aciers habituels, ainsi qu'un cadre d'armature standard enfilé sur l'armature verticale, destiné à ancrer la dalle au droit des réservations. Vient ensuite la mise en œuvre des éléments isolants du rupteur thermique, entre les points d'appui, contre la face du mur tournée vers la dalle. En phase finale, l'entreprise procède au coulage de la dalle et le béton pénètre dans chaque empochement.

Solution 4 – Prédalle équipée de blocs isolants intégrés

Applicable aux logements collectifs et aux habitations individuelles, cette solution consiste en une prédalle en béton armé de 18 à 25 cm d'épaisseur, équipée de boîtes en polymère rigide incorporées le long des rives de la dalle. Des blocs isolants en laine de roche compressée sont ensuite mis en place dans ces bacs par l'entreprise avant de procéder au coulage de la dalle de compression. Les ancrages de la dalle dans les refends périphériques sont assurés par des cages d'armatures intégrées à la prédalle. Facile à mettre en œuvre sur le chantier, cette solution permet une réduction des ponts thermiques de l'ordre de 40 %.



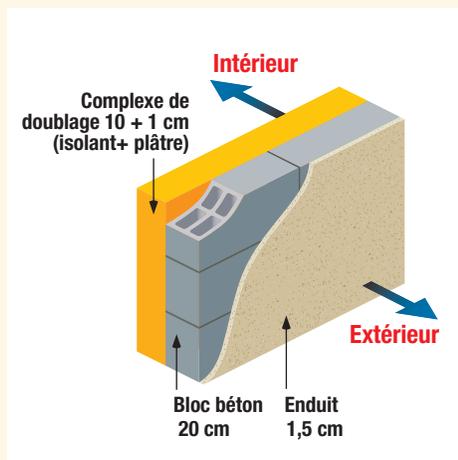
>>> **Schéma de principe d'une prédalle équipée de blocs en polymère rigide disposés en rive, et dans lesquels sont insérés des blocs isolants en laine de roche.**

→ Les murs extérieurs

L'isolation thermique par l'intérieur (ITI) est le système le plus couramment employé par les maîtres d'œuvre, en neuf comme en réhabilitation. Ses avantages immédiats sont l'absence de modification de l'aspect extérieur et un coût relativement peu élevé.

Pour autant, ce système d'isolation par l'intérieur ne permet pas de traiter complètement l'ensemble des ponts thermiques et il peut en outre réduire de façon significative la surface des pièces. D'autres solutions peuvent être mises en œuvre.

70 % des murs maçonnés construits en France sont en blocs béton



technique

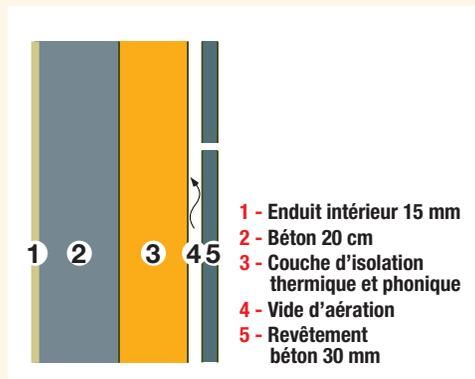
Sous l'œil du CSTB

La plupart des rupteurs de ponts thermiques disponibles sont soumis à un avis technique du CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment). L'avis ainsi émis donne une description du produit, complétée d'un texte relativement détaillé précisant le domaine d'application et les éventuelles restrictions.

Exemples de traitement des ponts thermiques – murs extérieurs

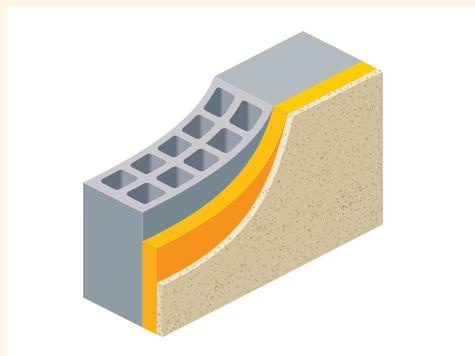
Solution 1 – Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

Dans ce cas, les problèmes de ponts thermiques sont pour la plupart résolus, les panneaux couvrant l'intégralité de la façade et donc les liaisons planchers-façade et refends-façade. Autres avantages : l'ITE préserve l'inertie des murs en béton et contribue ainsi à l'amélioration du confort d'été. Cette isolation ne modifie pas la surface habitable mais elle présente plusieurs inconvénients : le coût est plus élevé que celui de l'isolation par l'intérieur et l'ITE modifie l'aspect extérieur du bâti. Cependant plusieurs solutions constructives sont possibles pour éviter cet inconvénient :



>>> Schéma de principe d'une isolation par l'extérieur sur mur béton (coupe transversale).

Parements sur isolant – Ces systèmes sont constitués d'une ossature verticale recouverte d'un parement extérieur (éléments en béton par exemple). L'isolation est assurée par des panneaux de fibre minérale (laine de verre ou laine de roche) fixés sur le mur. Une lame d'air permet la ventilation de l'ensemble.



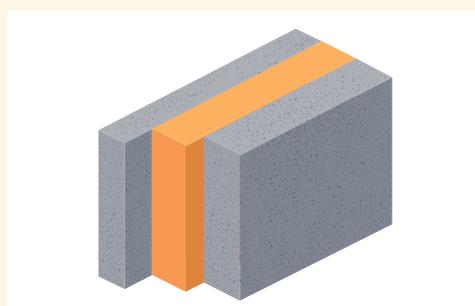
>>> Schéma de principe d'une isolation par l'extérieur sur la base d'un isolant PSE enduit.

Enduits isolants – Le système se compose d'un isolant collé sur le mur à l'extérieur de l'habitation (PSE ou laine de roche), d'un enduit spécifique armé d'un tissu de fibres de verre, et d'un enduit de finition.

Solution 2 – Double mur

Le double mur est une réponse pertinente à la question de l'isolation thermique qui permet à l'architecte de profiter pleinement des atouts plastiques et esthétiques du béton, apparent sur les deux faces du mur.

Le principe est celui d'un mur extérieur et d'un mur intérieur en béton, entre lesquels un isolant est pris en sandwich, combinant ainsi inertie thermique et isolation.



>>> Schéma de principe d'un double mur.