

RAPPORT

STRATÉGIE DE RÉNOVATION

OCTOBRE 2017 – VERSION 1.0



PROGRAMME D'ACTION POUR LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION ET DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

AVANT-PROPOS

Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

Les Rapports PACTE

Les Rapports PACTE présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction des Recommandations Professionnelles et Guide PACTE.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

UNE COLLECTION
UNIQUE



SOMMAIRE

Résumé exécutif	4
01 • Démarche, sources et limites de l'étude	6
1.1 Organisation de l'étude	6
1.2 Principales sources de l'étude	7
02 • Stratégies de rénovation énergétique	8
2.1 Définition de la démarche de rénovation	8
2.2 L'explication de la démarche de rénovation	8
2.2.1 Point(s) d'entrée travaux	8
2.2.2 Tableaux de performance énergétique et tableaux de vétusté	10
2.2.3 Tableaux croisés de performance énergétique – vétusté	12
2.2.4 Consultation des fiches travaux	13
03 • Fiches « solutions techniques »	15
3.1 Organisation et contenu	15
3.2 Fiches « bâti »	16
Fiche 01 • Solutions techniques d'isolation par l'intérieur	17
Fiche 02 • Solutions techniques d'isolation par l'extérieur	27
Fiche 03 • Solutions techniques d'isolation par l'intérieur	37
Fiche 04 • Solutions techniques d'isolation par l'extérieur	46
Fiche 05 • Solutions techniques d'isolation du plancher bas	55
Fiche 06 • Solutions techniques d'isolation du plancher haut ou de la toiture	63
Fiche 07 • Solutions techniques baies vitrées	73
3.3 Fiches « système énergétique »	16
Fiche 08 • Solutions techniques de ventilation naturelle	84
Fiche 09 • Solutions techniques de Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC)	91
Fiche 10 • Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide	100
Fiche 11 • Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide	110
Fiche 12 • Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule	120
04 • Annexes	128
4.1 Bibliographie	128
4.2 Glossaire	129
4.3 Grandeurs physiques	130
4.4 Sigles	131



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
INITIALE	Septembre 2017	
1A	Septembre 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Evolution de la méthodologie de stratégie de rénovation (point(s) d'entrée travaux) • Intégration de tableaux croisés de performance énergétique/vétusté

Le secteur résidentiel est aujourd'hui au cœur des problématiques de développement durable, l'écart énergétique grandissant entre bâtiments neufs et existants milite pour une vaste campagne de **rénovation énergétique** du parc existant. Les données disponibles sur les rénovations énergétiques déjà réalisées montrent que la démarche est engagée mais l'effort global non satisfaisant à ce jour. En effet, la **loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)** publiée au Journal Officiel du 18 août 2015 fixe un objectif clair à l'ensemble du parc de logements : atteindre un niveau de performance énergétique conforme aux normes « Bâtiment Basse Consommation » (BBC) d'ici à 2050. Les années à venir seront donc décisives, puisqu'elles permettront d'engager le processus de rénovation et ainsi répondre positivement aux objectifs des politiques énergétiques.

Définition de la stratégie de rénovation

Chaque projet de rénovation de bâtiments est un **cas unique**, avec son contexte, ses spécificités et sa valeur patrimoniale. Pour améliorer un bâtiment, la recette toute faite n'existe pas.

Le manque de visibilité actuel dans la programmation de ces travaux fait qu'ils sont souvent entrepris dans l'urgence en oubliant bien souvent de se poser les bonnes questions, notamment l'opportunité d'intégrer la performance énergétique à l'action de rénovation ainsi que gérer les interactions entre les différents lots qui en découlent.

En amont des actions énergétiques et des interactions associées, il est important de rappeler que l'acte de rénover est rarement entrepris sous l'angle énergie. Dans la plupart des cas, l'opportunité se présente au regard de travaux urgents à programmer, de planification d'agrandissement du bâtiment ou encore de besoin en confort et qualité d'air. Dans le même temps, des facteurs comme les mutations, le site non occupé, sont des éléments favorables au bon déroulement de l'opération de rénovation : mutations, site non occupé, etc.

Au vu des objectifs fixés par la LTECV, il est primordial de rappeler que le programme de travaux entrepris devra, dans la mesure du possible, être en accord avec les exigences « Bâtiment Basse Consommation », afin de ne pas tuer le gisement. De plus, il est désormais obligatoire d'engager des travaux d'isolation thermique lorsque des gros travaux de rénovation sont réalisés¹.

La réalisation de travaux s'organise généralement autour d'une contrainte et/ou d'une opportunité travaux (mise aux normes, agrandissement, amélioration de la performance énergétique, du confort, ...). Cet « évènement » constitue un véritable « **point d'entrée travaux** » qui se veut variable (différents lots travaux possibles). Puisque les actions engagées sur le bâti et/ou les équipements techniques entrent en interaction les unes avec les autres, la réalisation de ladite action est une formidable occasion pour évaluer la pertinence et la faisabilité d'une rénovation énergétique élargie à d'autres lots.

¹ Le décret n° 2016-711 du 30 mai 2016 précise les conditions dans lesquelles ces dispositions seront mises en œuvre en cas de ravalement, de réfection de toiture et d'aménagement des locaux annexes.

En respectant ce principe, en évaluant les performances énergétiques et vétusté des différents lots en interaction, nous proposons de construire de manière itérative un projet de rénovation complet et performant.

Définition des solutions performantes et durables

Les travaux énergétiques sur le bâtiment devront respecter les principes fondamentaux suivants :

- **Technique de rénovation** appropriée vis-à-vis des caractéristiques et de l'état des ouvrages/équipements existants ; par exemple, spécificités des bâtiments anciens ;
- **Performances énergétiques minimales** et/ou meilleure technologie disponible à appliquer aux ouvrages/équipements : notion de « compatible basse consommation » afin de répondre aux objectifs de la LTECV. On ne pourra effectivement pas se permettre de revenir sur un ouvrage/équipement déjà traité. Ainsi si une performance énergétique minimale n'est pas respectée, alors le potentiel d'économie d'énergie du site sera durablement diminué ;
- **Adaptabilité et compatibilité des ouvrages/équipements** à installer avec les éventuels travaux futurs (par exemple, si le changement d'un générateur de chauffage est prévu pour des raisons de travaux urgents, alors l'équipement devra pouvoir moduler sa puissance pour s'adapter au mieux aux futures baisses des besoins énergétiques) ;
- **Interactions entre éléments** ; l'interaction est définie comme la conséquence sur d'autres lots des actions menées sur un lot. Une démarche de rénovation cohérente passe par la nécessité ou non d'entreprendre des travaux sur les lots entrant en interaction avec l'action de rénovation engagée (tableaux de performance énergétique et vétusté des lots d'interaction).
- **Approche globale** de la rénovation ; les travaux ne doivent pas être uniquement considérés sous l'angle de la performance énergétique. Les autres aspects (sécurité incendie, confort hiver/été, acoustique, accessibilité PMR, etc.) sont à prendre en compte en rappelant les éléments d'appréciation et les points de vigilance.

Le présent document répond au mieux à ces principales attentes et propose une base de connaissance et de réflexion pour tout professionnel du bâtiment, acteur de la rénovation ; le modèle et la logique s'organisent en trois étapes :

- Etape 1 – Identification du ou des **point(s) d'entrée travaux** rencontrés et prise de connaissance de leurs éléments d'interaction.
- Etape 2 – Après sélection du point d'entrée travaux, la **fiche travaux** associée est consultée (ou les fiches s'il y a plusieurs points d'entrée travaux) ; cette dernière regroupe des recommandations propres à cette action ainsi que le détail des interactions avec les autres éléments. Dans le cas où le maître d'ouvrage n'a pas connaissance des travaux qu'il serait souhaitable d'engager, le professionnel peut l'orienter dans la bonne direction en se basant sur des **tableaux de performance énergétique et de vétusté** (ayant vocation à structurer et caractériser les éléments bâti et équipements techniques).
- Etape 3 – Au sein des fiches travaux sont présents des **tableaux croisés de performance énergétique – vétusté**. Ils permettent de répondre à la question : doit-on réaliser l'action en interaction en même temps que l'action de rénovation déjà engagée ?

Rappel sur les réglementations et normes existantes

Cette étude constitue un outil stratégique d'aide à la décision et non pas un outil de conformité réglementaire. Ainsi les différents points d'attention liés aux normes et réglementations ne seront pas détaillés dans ce rapport. Ne seront donc pas traitées les réglementations, normes sécurité incendie, normes handicapés, ...

01

DÉMARCHE, SOURCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE



1.1 Organisation de l'étude

Dans le cadre du programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement) en 2012, il a été demandé à POUGET Consultants de rédiger deux études destinées aux professionnels du bâtiment. Les intitulés de ces deux études sont les suivants :

- Etude 1 : Analyse détaillée du parc résidentiel existant – publication le 01/09/2012
- Etude 2 : Stratégies de rénovation & Fiches « solutions techniques » – publication le 01/04/2013

Aujourd'hui, la mission confiée à POUGET *Consultants* consiste en l'actualisation de ces deux études.

La présente étude consiste à étudier les :

< STRATÉGIES DE RÉNOVATION & FICHES « SOLUTIONS TECHNIQUES »

Ainsi, les stratégies de rénovation évoquées font suite à l'analyse détaillée du parc résidentiel existant et précèdent la mise en œuvre d'un outil numérique « Stratégie de rénovation et évaluation énergétique ».

Les améliorations énergétiques proposées dans les fiches nécessitent des travaux « lourds ». Ces derniers sont effectivement nécessaires pour l'atteinte des objectifs visés (notamment l'objectif BBC 2050). Ils peuvent néanmoins être couplés à des travaux moins importants, i.e. installation de robinets thermostatiques, de programmateurs, etc. ; ces interventions « légères », souvent complémentaires, ne font pas l'objet de fiches spécifiques et ne sont que partiellement évoquées dans l'étude.

Le dossier contient deux grands volets :

■ Stratégies de rénovation énergétique (*chapitre II*)

A défaut de ne pouvoir répondre par une rénovation énergétique en une seule fois, un programme de travaux cohérent doit être réfléchi. L'atteinte d'un niveau énergétique ambitieux tel que « compatible basse consommation » nécessite une intervention sur le bâti ET les systèmes énergétiques. Le lien entre typologies d'habitation et stratégies de rénovation est impactant mais non suffisant. En effet, les stratégies de rénovation vont surtout dépendre du besoin de l'occupant et du couple « vétusté – performance énergétique » de chacun des éléments « bâti » et « équipements techniques ». Le chapitre II propose un modèle permettant la bonne mise en place d'une démarche de rénovation.

Il est à noter que l'objectif n'est pas de « standardiser » les travaux d'amélioration énergétique mais de donner une direction pour la recherche de solutions

adaptées. La prise en compte de la réalité du terrain, des attentes du maître d'ouvrage, des prédispositions de l'existant, vont plus ou moins infléchir les pistes de travaux énoncées dans ce chapitre.

■ **Fiches « solutions techniques » (chapitre III)**

Les interventions énergétiques sur les bâtiments existants sont complexes ; la diversité de matériaux/configurations du parc existant ainsi que la difficulté de choisir des solutions techniques pertinentes, le manque de retours d'expériences, sont souvent des freins à l'acte de rénover.

Aussi, ces fiches « solutions techniques » constituent-elles un outil d'aide à la décision précieux pour les acteurs du secteur de la rénovation. Elles renseignent, synthétiquement sur le choix des solutions, les performances minimales à retenir, les interactions entre éléments bâti et équipements techniques, la notion d'approche globale, etc.

1.2 Principales sources de l'étude

Les principales sources utilisées pour la rédaction des fiches « solutions techniques » sont explicitées ci-dessous. En complément, une liste exhaustive des références utilisées lors de la mission est présentée en *Annexe*.

AUTEURS	INTITULÉ DE L'OUVRAGE
CSTB	Les « Guides pratiques »
CSTB, SOCOTEC, Plan bâtiment Grenelle	Développement Durable : Construire, rénover, exploiter
POUGET <i>Consultants</i> , CSTB, Patrick de JEAN, Jérôme MARIN architectes, Transsolar, Ebök	Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs (Guide ABC)
Le Moniteur	La maintenance des bâtiments en 250 fiches pratiques
GINGER CATED	Réhabilitation des bâtiments
FFB, ADEME, COSTIC	Amélioration énergétique des bâtiments existants : les bonnes solutions
FFB	Exemples de solutions de rénovation BBC en logement collectif
CERQUAL (Qualitel Certification)	Référentiel BPH (Bilan Patrimoine Habitat)



2.1 Définition de la démarche de rénovation

Pour la mise en place d'une démarche de rénovation efficace, durable et responsable, nous proposons un modèle et une logique organisés en trois étapes :

- Etape 1 – Identification du ou des **point(s) d'entrée travaux** rencontrés et prise de connaissance de leurs éléments d'interaction (2.2.1. Point(s) d'entrée travaux).
- Etape 2 – Après sélection du point d'entrée travaux, la **fiche travaux** associée est consultée (ou les fiches s'il y a plusieurs points d'entrée travaux) ; cette dernière regroupe des recommandations propres à cette action ainsi que le détail des interactions avec les autres éléments. Dans le cas où le maître d'ouvrage n'a pas connaissance des travaux qu'il serait souhaitable d'engager, le professionnel peut l'orienter dans la bonne direction en se basant sur les **tableaux de performance énergétique** et les **tableaux de vétusté** présentés ci-dessous (2.2.2. Tableaux de performance énergétique et tableaux de vétusté). Ces tableaux ont vocation à structurer et caractériser les éléments (bâti et équipements techniques).
- Etape 3 – Au sein des fiches travaux sont présents des **tableaux croisés de performance énergétique – vétusté** (2.2.3. Tableaux croisés de performance énergétique - vétusté). Ils permettent de répondre à la question : doit-on réaliser l'action en interaction en même temps que l'action de rénovation déjà engagée ?

Des compléments sur le fonctionnement et le contenu des fiches travaux sont donnés au paragraphe 2.2.4. Consultation des fiches travaux.

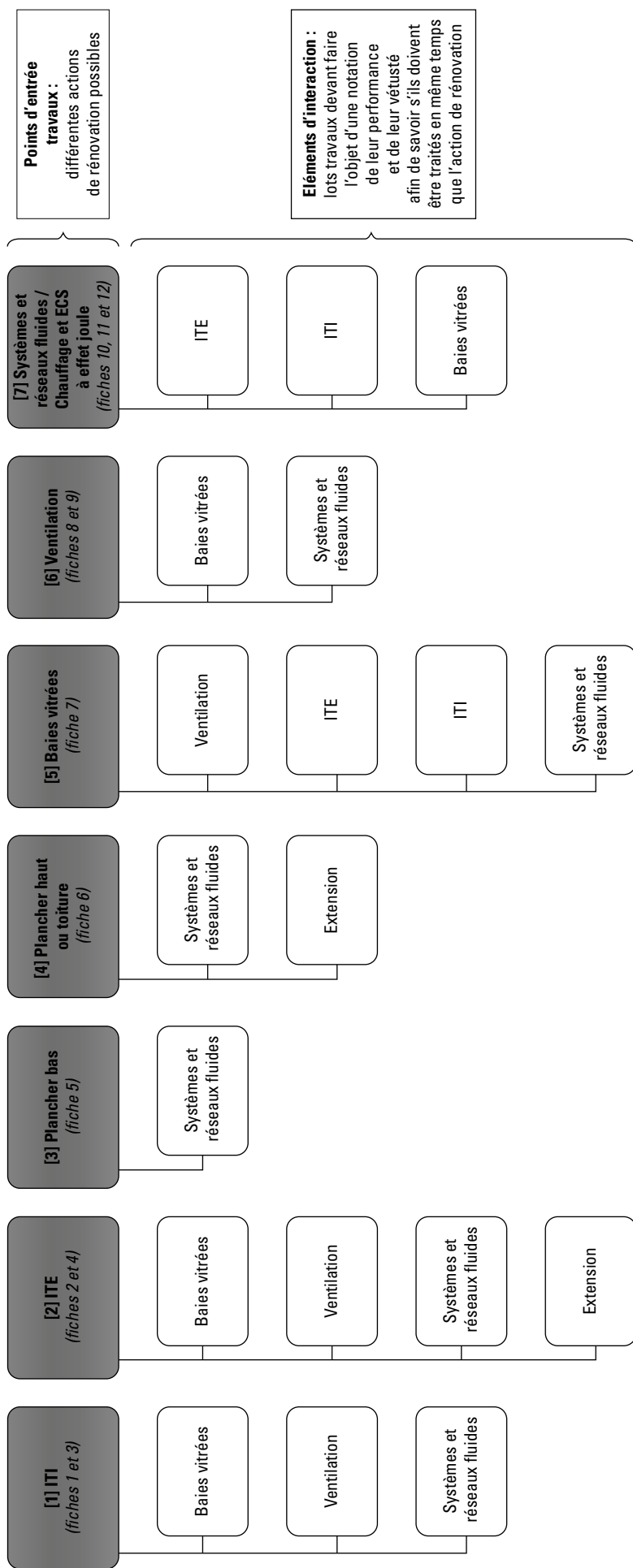
2.2 L'explication de la démarche de rénovation

2.2.1 Point(s) d'entrée travaux

Le manque de visibilité actuel dans la programmation des travaux fait qu'ils sont souvent entrepris dans l'urgence en oubliant bien souvent de se poser les bonnes questions : opportunité d'intégrer la performance énergétique à l'action de rénovation ET gestion des interactions avec les autres lots travaux.

En amont des actions de rénovation et des interactions associées, il est important de rappeler que l'acte de rénover est rarement entrepris sous l'angle énergie. Dans la plupart des cas, l'opportunité se présente au regard de travaux urgents à programmer, de planification d'agrandissement du bâtiment ou encore de besoin en confort et qualité d'air. Néanmoins, entreprendre des travaux énergétiques va de pair avec la réalisation de travaux d'aménagement, d'embellissement et/ou de confort.

Schéma 1 : Points d'entrée travaux et éléments d'interaction*



* Se reporter page suivante qui donnent le détail de ce schéma (4 premiers paragraphes).

Dans le même temps, des facteurs comme les mutations, le site non occupé, sont des éléments favorables au bon déroulement de l'opération de rénovation.

Nous proposons ci-après de lister les « actions principales de rénovation » ainsi que les « actions en interaction » associées. Une interaction est définie comme la conséquence sur d'autres lots de travaux entrepris sur un lot.

Les cases grisées représentent donc les actions de rénovation (travaux à réaliser et engagés dans l'immédiat) : il s'agit du point d'entrée. Les cases blanches représentent les éléments (bâti et équipements techniques) entrant directement en interaction technique et/ou économique avec l'action principale de rénovation. Ces cases sont hiérarchisées : les premières cases ont une interaction plus forte avec l'action de rénovation que les cases suivantes.

Dans l'éventualité où le maître d'ouvrage n'a pas idée des travaux qu'il serait souhaitable d'engager, les tableaux de performance énergétique et de vétusté présentés en étape 2 peuvent être utilisés avant de consulter le schéma des interactions présenté page précédente. En effet, les tableaux de performance énergétique et de vétusté permettront au professionnel d'établir un diagnostic rapide des éléments du bâti et des équipements techniques.

2.2.2 Tableaux de performance énergétique et tableaux de vétusté

Les tableaux de performance énergétique et de vétusté sont proposés pour structurer et caractériser les éléments existants – bâti et équipements techniques – qui rentrent en interaction avec le point d'entrée travaux (action de rénovation déjà engagée). Ils ont vocation à orienter le professionnel du bâtiment sur l'opportunité technique et/ou économique de réaliser l'action en interaction dans le même temps que l'action de rénovation déjà engagée. **Ces tableaux ne sont en aucun cas des tableaux de prescription et de solutions techniques.** Les performances énergétiques minimales à respecter pour les éléments à rénover sont précisées dans leurs fiches travaux respectives.

< TABLEAUX DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Chacun des éléments de l'enveloppe entrant en interaction avec le point d'entrée travaux se verra attribuée une note de performance allant de 1 à 4 (du plus énérgivore au moins énérgivore). Il en sera de même pour les équipements techniques.

Le tableau ci-dessous donne les paramètres nécessaires à la notation de la performance des différents éléments du bâti :

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE BÂTI	1 ENERGIIVORE	2	3	4
Murs extérieurs (unité : m ² .K/W)	$R_{\text{isolant}} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	$1,00 < R_{\text{isolant}} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	$2,3 < R_{\text{isolant}} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	$R_{\text{isolant}} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)
Baies vitrées* (unité Uw : m ² .K/W ; Sw sans unité)	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	$2,6 < U_w \leq 4,00$ (ex : 4 8 4)	$1,3 < U_w \leq 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (ex : 4 12 4)	$U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)
Plancher bas (unité : m ² .K/W)	$R_{\text{isolant}} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	$1,00 < R_{\text{isolant}} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	$2,3 < R_{\text{isolant}} \leq 3$ (ex : entre 8 et 12 cm)	$R_{\text{isolant}} > 3$ (ex : > 12 cm d'isolant)
Toitures-terrasses (unité : m ² .K/W)	$R_{\text{isolant}} \leq 1,00$ (ex : < 5 cm d'isolant)	$1,00 < R_{\text{isolant}} \leq 2,5$ (ex : entre 5 et 8 cm)	$2,5 < R_{\text{isolant}} \leq 4,5$ (ex : entre 8 et 12 cm)	$R_{\text{isolant}} > 4,5$ (ex : > 12 cm d'isolant)
Combles et rampants (unité : m ² .K/W)	$R_{\text{isolant}} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	$1,00 < R_{\text{isolant}} \leq 4$ (ex : entre 3 et 15 cm)	$4 < R_{\text{isolant}} \leq 7$ (ex : entre 15 et 30 cm)	$R_{\text{isolant}} > 7$ (ex : > 30 cm d'isolant)

* Baies vitrées : Hors contraintes acoustiques

Le tableau ci-dessous donne les paramètres nécessaires à la notation de la performance des différents équipements techniques :

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE EQUIPEMENTS TECHNIQUES	1 ENERGIVORE	2	3	4
Ventilation naturelle	Ventilation naturelle	Ventilation naturelle réhabilitée	Ventilation naturelle assistée	Ventilation basse pression
Ventilation mécanique	Simple flux débit fixe	Double flux sans échangeur	Double flux avec échangeur ($\eta < 70\%$) Simple flux auto réglable	Double flux avec échangeur ($\eta > 70\%$) Simple flux hygro réglable
Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Chaudière standard	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur ENR PAC
Emission	Convecteurs	Radiateurs haute température	-	Radiateurs basse température Plancher rayonnant Panneaux rayonnants
Régulation terminale	Sans régulation terminale Robinets manuels	-	Robinets thermostatiques Thermostat d'ambiance	Robinets thermostatiques certifiés Thermostat d'ambiance programmable
Distribution (local non chauffé)	Aucun calorifuge	Défaut de calorifuge ($> 50\%$ L) ou Classe 1	Défaut de calorifuge ($> 25\%$ L) ou Classes 2 – 3	100 % calorifugé ou $>$ Classe 3
Organes d'équilibrage (pieds de colonne, tés de réglage)	Inexistants	Manuels sans repérage	Manuels avec repérage	Auto-équilibrants
Production d'ECS indépendante du chauffage	Ballon électrique	Chauffe bain gaz avec veilleuse	Chauffe bain gaz sans veilleuse	Chauffe bain gaz sans veilleuse étanche ECS thermodynamique ECS solaire

< TABLEAUX DE VÉTUSTÉ

Chacun des éléments de l'enveloppe entrant en interaction avec le point d'entrée travaux se verra attribuée une note de vétusté allant de 1 à 4 (1 signifiant qu'une intervention est nécessaire et 4 signifiant un bon fonctionnement). Il en sera de même pour les équipements techniques.

Le tableau ci-dessous donne les paramètres nécessaires à la notation de la vétusté des différents éléments du bâti :

VÉTUSTÉ BÂTI	1 INTERVENTION NÉCESSAIRE	2	3	4
Parois opaques	Façade présentant un mauvais état général	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Baies vitrées	Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeture important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/ fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans

Le tableau ci-dessous donne les paramètres nécessaires à la notation de la vétusté des différents équipements techniques :

VÉTUSTÉ EQUIPEMENTS TECHNIQUES	1 INTERVENTION NÉCESSAIRE	2	3	4
Ventilation naturelle	Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Ventilation mécanique	Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés Age > 20 ans	Age entre 10 et 20 ans	Age entre 5 et 10 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Production de chaleur (individuel)	Dysfonctionnement Age > 15 ans	Age entre 8 et 15 ans	Age entre 5 et 8 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Production de chaleur (collectif)	Dysfonctionnement Age > 25 ans	Age entre 15 et 25 ans	Age entre 5 et 15 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Emission (radiateurs en acier ou en fonte)	Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Emission (radiateurs électriques)	Dysfonctionnement Age > 20 ans	Age entre 10 et 20 ans	Age entre 5 et 10 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Régulation terminale	Dysfonctionnement	Age > 10 ans (robinet) Age > 20 ans (thermostat)	Age entre 5 et 10 ans (robinet) Age entre 10 et 20 ans (thermostat)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (robinet) Age < 10 ans (thermostat)
Distribution (local non chauffé)	Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Organes d'équilibrage (pieds de colonne, tés de réglage)	Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Production d'ECS indépendante du chauffage	Dysfonctionnement Age > 15 ans	Age entre 8 et 15 ans	Age entre 5 et 8 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans

2.2.3 Tableaux croisés de performance énergétique – vétusté

Les tableaux unitaires de performance énergétique et de vétusté présentés ci-dessus sont ensuite combinés sous la forme de tableaux croisés et présents dans chacune des fiches travaux. Suite à l'évaluation de la performance énergétique et de la vétusté du lot en interaction avec l'action de rénovation déjà engagée, le tableau croisé renseigne sur la programmation du lot.

Ci-dessous un exemple de tableau croisé de performance énergétique / vétusté (cas des baies vitrées lors d'une action sur l'isolation des murs par l'extérieur) :

Tableau 1 : Exemple de tableau croisé de performance/vétusté (cas des baies vitrées)

		Vétusté				
		1	2	3	4	
Performance / Vétusté Baies vitrées**		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans	
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ ($\approx 4\ 8\ 4$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 ($\approx 4\ 12\ 4$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4	$U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

** Hors contraintes acoustiques

Puisque l'action de rénovation « Isolation thermique par l'extérieur » est en interaction avec l'élément « Baies vitrées », nous pourrions retrouver le tableau ci-dessus dans les fiches n°2 et n°4 qui portent sur l'isolation thermique par l'extérieur. Les colonnes de ce tableau permettent d'évaluer la vétusté des baies vitrées tandis que les lignes permettent d'évaluer leur performance énergétique. En fonction des notes attribuées (1,2,3 ou 4), trois cas de figure sont possibles :

- L'action est à engager immédiatement (cases en rouge) : dans ce cas, il faudra poursuivre la démarche en allant parcourir la fiche n°7 qui porte sur les baies vitrées.
- L'action est à engager dans les 3 à 10 ans (cases en orange) : il faudra intégrer une intervention sur les baies vitrées dans le programme de travaux à moyen terme.
- L'action est non prioritaire (cases en vert) : les niveaux de performance et de vétusté sont jugés corrects et ne nécessitant pas d'intervention prioritaire.

Pour chacun des tableaux croisés de performance/vétusté, ces trois cas de figure seront toujours présents : **action à engager immédiatement** (cases en rouge), **action à engager dans les 3 à 10 ans** (cases en orange) et **action non prioritaire** (cases en vert).

En revanche, il convient de préciser que, pour un même lot (exemple ici avec le lot baies vitrées), les préconisations faites dans le tableau croisé de performance/vétusté pourront varier en fonction de la fiche travaux dans laquelle se trouve ce lot. Par exemple, les baies vitrées entrent en interaction avec les actions de rénovation « ITE », « ITI », « Ventilation » et « Systèmes et réseaux fluides » : les préconisations d'action pourront différer selon les cas, même si les indicateurs de performance et de vétusté des baies vitrées resteront toujours les mêmes.

2.2.4 Consultation des fiches travaux

La première fiche travaux à consulter sera celle qui concerne le point d'entrée travaux (l'action de rénovation envisagée ou déjà engagée). Au sein de cette fiche, chacun des éléments d'interaction fera l'objet d'une notation de sa performance et de sa vétusté via les tableaux croisés de performance/vétusté qui leur sont dédiés. En fonction des notes de performance et de vétusté attribuées, les tableaux croisés indiqueront si l'action est à engager immédiatement (cases en rouge) ou non (cases en orange et en vert). Si l'action est à engager immédiatement pour certains des éléments d'interaction, il faudra donc poursuivre la démarche en parcourant les fiches correspondantes.

Il s'agit donc ici d'une démarche itérative permettant un embarquement de la performance énergétique, sans pour autant obliger à une rénovation globale. En effet, les préconisations de travaux dépendront de la performance et de la vétusté des éléments du bâti et des systèmes énergétiques.

En fonction des notes de performance et de vétusté attribuées aux éléments d'interaction, il sera donc possible d'avoir à consulter plusieurs fiches travaux – ayant probablement parfois les mêmes éléments d'interactions. Ainsi lorsque plusieurs fiches travaux sont consultées avec un même élément d'interaction mais des préconisations différentes, il faudra donc appliquer la préconisation la plus défavorable (amenant à la réalisation de travaux).

Un exemple peut être pris pour servir d'illustration : Si l'action de rénovation engagée est l'isolation thermique par l'extérieur (interagissant avec les baies vitrées, la ventilation et les systèmes et réseaux fluides) et que le tableau croisé de performance/vétusté des baies vitrées indique qu'elles doivent être changées, il faudra donc se rendre dans la fiche travaux des baies vitrées. La ventilation entre à la fois en interaction avec l'isolation thermique par l'extérieur et avec les baies vitrées. Si, dans la fiche travaux de l'isolation thermique par l'extérieur, le tableau croisé ne donne pas la ventilation comme action travaux à engager, elle peut en revanche l'être dans la fiche sur les baies vitrées. Dans ce cas, on retiendra la nécessité de traiter la ventilation au même titre que l'isolation thermique par l'extérieur et le changement des baies vitrées.

Le respect de cette démarche permet de construire un programme de travaux cohérent. Ce dernier ne suffit néanmoins pas ; les différentes interventions doivent ensuite respecter des principes fondamentaux tels que :

- **Technique de rénovation** appropriée vis-à-vis des caractéristiques et de l'état des ouvrages/équipements existants ; par exemple, spécificités des bâtiments anciens ;
- **Performances énergétiques minimales** et/ou meilleure technologie disponible à appliquer aux ouvrages/équipements : notion de « compatible basse consommation » afin de répondre aux objectifs de la LTECV. On ne pourra effectivement pas se permettre de revenir sur un ouvrage/équipement déjà traité. Ainsi si une performance énergétique minimale n'est pas respectée, alors le potentiel d'économie d'énergie du site sera durablement diminué ;
- **Adaptabilité et compatibilité des ouvrages/équipements** à installer avec les éventuels travaux futurs (par exemple, si le changement d'un générateur de chauffage est prévu pour des raisons de travaux urgents, alors l'équipement devra pouvoir moduler sa puissance pour s'adapter au mieux aux futures baisses des besoins énergétiques) ;
- **Approche globale** de la rénovation ; les travaux ne doivent pas être uniquement considérés sous l'angle de la performance énergétique. Les autres aspects (sécurité incendie, confort hiver/été, acoustique, accessibilité PMR, etc.) sont à prendre en compte en rappelant les éléments d'appréciation et les points de vigilance.

Les fiches techniques qui suivent répondent au mieux à ces principales attentes et proposent une base de connaissance et de réflexion pour tout professionnel du bâtiment, acteur de la rénovation.



3.1 Organisation et contenu

Les 12 fiches « solutions techniques » sont structurées comme suit :

■ Diagnostic de l'état existant

Un préalable à toute intervention énergétique est un diagnostic de l'état existant de l'élément. Cette partie apporte des informations sur les points particuliers à surveiller, l'état d'usage constaté ainsi que les éventuelles conclusions et impacts pour le programme de rénovation.

■ Solutions d'amélioration énergétique

- Choix de la technique en rénovation

Les techniques de rénovation appropriées sont présentées sous forme de tableau contenant schémas et conseils de mise en œuvre. Des informations sur la performance énergétique de ces différents systèmes sont éventuellement proposées.

- Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »

La définition des technologies clés en rénovation provient du croisement entre technique performante et performance énergétique. Afin de respecter les engagements Grenelle, des interventions énergétiques élémentaires avec des performances minimales sont nécessaires. Aussi, cette partie consiste à préciser les performances énergétiques minimales, i.e. Compatibles Basse Consommation, pour l'élément considéré dans la fiche, afin d'obtenir une économie de consommations énergétiques et de gaz à effet de serre en adéquation avec les objectifs Grenelle.

- Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration

Les préconisations spécifiques aux techniques retenues sont précisées. Elles renseignent sur le fonctionnement de ces systèmes et détaillent les points de vigilance.

- Préconisations spécifiques de traitement des interfaces

Les préconisations spécifiques de traitement des interfaces sont précisées. Elles renseignent sur les traitements optimaux à réaliser au niveau des jonctions physiques (ponts thermiques) afin de limiter les fuites de chaleur et éviter les pathologies. Elle concerne également les interfaces « indirectes » du type chauffage et ventilation.

- Techniques à proscrire

Certaines techniques sont à proscrire impérativement (risques de condensation, non-respect de la réglementation, etc.) lors d'une intervention énergétique sur un bâtiment, elles sont renseignées dans cette partie.

■ Interactions entre éléments

Les éléments entrant en interaction avec l'action de rénovation engagée sont listés et font l'objet d'un rapide diagnostic via les tableaux croisés de performance/vétusté. Si les éléments d'interaction sont jugés trop vétustes ou pas assez performants, l'action est alors à engager en même temps que l'action de rénovation engagée. Un renvoi est alors fait vers la fiche travaux correspondant à l'élément d'interaction.

■ Approche globale

Une rénovation ne peut être uniquement considérée sous l'angle de la performance énergétique. Aussi, le tableau présenté dans la fiche renseigne-t-il sur les aspects autres qu'énergétique en rappelant les points de vigilance et les éléments d'appréciation notamment liés aux notions de sécurité incendie, de confort hiver/été, acoustique, etc.

■ Pour en savoir plus

Cette partie renseigne sur les liens utiles, les textes réglementaires, la bibliographie spécifique, etc.

3.2 Fiches « bâti »

- Fiche 01 – Solutions techniques d'isolation par l'intérieur – Parois verticales anciennes
- Fiche 02 – Solutions techniques d'isolation par l'extérieur – Parois verticales anciennes
- Fiche 03 – Solutions techniques d'isolation par l'intérieur – Parois verticales récentes
- Fiche 04 – Solutions techniques d'isolation par l'extérieur – Parois verticales récentes
- Fiche 05 – Solutions techniques d'isolation du plancher bas
- Fiche 06 – Solutions techniques d'isolation du plancher haut ou de la toiture
- Fiche 07 – Solutions techniques baies vitrées

3.3 Fiches « système énergétique »

- Fiche 08 – Solutions techniques de ventilation naturelle
- Fiche 09 – Solutions techniques de Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC)
- Fiche 10 – Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide
- Fiche 11 – Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide
- Fiche 12 – Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule

Fiche 01

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR



PAROIS VERTICALES ANCIENNES



**Maison individuelle – Immeuble collectif
(bâtiments construits avant 1948)**

Matériaux : pierres, briques, pans de bois

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les bâtis anciens (avant 1948) pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des maçonneries ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Etat général de la maçonnerie et des joints : si fissures apparentes, identifier leurs causes pour pouvoir les traiter si nécessaire ;
- Etat des points particuliers : linteaux, appuis, angles et soubassements, balcons et garde-corps ;
- Etat physico-chimique des altérations, migrations d'humidité, d'eau et phénomènes d'érosion ;
- Caractérisation et état de l'enduit existant (dépose impérative de tous les enduits à base de polymère car ne permet pas la bonne migration de vapeur d'eau : stockage dans la masse) ;
- Type et épaisseur d'isolant existant éventuel ;
- Absence de moisissures (des carottages peuvent être effectués), de champignons, d'insectes xylophage si pans de bois.


Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc.) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

De manière générale, une attention particulière est à porter à la gestion de l'eau dans le bâtiment et à ses abords. Le bâti ancien n'est pas prévu pour bloquer l'eau ou la vapeur d'eau, elle transite par les parois et les sols. Il faut donc absolument conserver ou rétablir les capacités de séchage des parois pour éviter les dégradations et pathologies. A la suite du diagnostic de l'état existant, si des remontées capillaires sont observées et que la source d'humidité ne peut être traitée, un traitement préventif sera nécessaire avant toute intervention. Une méthode de traitement à prévoir peut-être l'électro-osmose-phorèse (assèchement des murs humides par application d'un courant électrique de faible intensité pour repousser les remontées et les bloquer par injection de produit hydrofuge : résine).

Solutions d'amélioration énergétique

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR EN RÉNOVATION

Solution de traitement des parois verticales		
Schéma	Matériaux	Mise en œuvre
	<ul style="list-style-type: none"> – Revêtement intérieur – Avec ou sans pare-vapeur* – Isolant – Mur existant – Revêtement extérieur perméable à la vapeur d'eau 	Isolant soit fixé mécaniquement par chevillage avec ossature (bois ou rails métalliques) pour finition

* Avec ou sans pare-vapeur en fonction de la résistance à la diffusion de vapeur d'eau du matériau isolant.

Nota : dans certains cas, également possible de mettre en œuvre un doublage par une cloison ventilée (isolant, vide d'air, ventilations haute et basse, paroi)

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solution technique	Performances « BBC-compatibles ² » R_{isolant} [m ² .K/W]
ITI	3 – 4

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Pour déterminer ces solutions, il faut respecter les étapes suivantes :

- **Conception globale du mur** : Classement du mur par rapport à la résistance à la pluie en fonction du site (types I, II ou III, selon DTU 20.1)

Elle consiste à déterminer les exigences de protection à l'eau de la paroi en fonction de l'exposition (situation géographique, hauteur de l'immeuble) puis en déduire les contraintes liées à chacun des éléments (isolant hydrophobe, lame d'air, etc.).

- **Choix des matériaux** (isolation thermique / pare-vapeur / paroi de doublage / revêtement extérieur supplémentaire) en fonction de leur perméance respective et du type de mur choisi précédemment :
 - Choisir un pare-vapeur ou frein-vapeur côté intérieur selon résistance à la diffusion de vapeur d'eau du matériau isolant.

² Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique.

- Dans le cas d'une isolation existante, il sera nécessaire d'en vérifier la perméance et la tenue avant d'appliquer une sur-isolation

La pose en zone très froide est exclue pour les complexes de classes P1³ et P2⁴, jugés trop perméables à la diffusion de vapeur d'eau. Les isolants de classe P3⁵ avec mise en œuvre d'un pare-vapeur sont généralement compatibles avec l'ensemble des supports.

L'objectif est d'assurer une résistance à la diffusion de vapeur d'eau des différents matériaux, décroissante de l'intérieur vers l'extérieur (ex : parement extérieur 5 fois plus perméable à la vapeur d'eau que le revêtement intérieur⁶).

■ Spécificité du pan de bois

Les risques de pathologies suite à une isolation par l'intérieur sont importants dans le cas des constructions en pan de bois qui constitue un fond nourrissant (présence de cellulose propice au développement de moisissures en milieu humide).

Avec une isolation par l'intérieur, la paroi en pan de bois est soumise à de fortes variations de température et d'humidité, entraînant un gonflement du bois par absorption d'humidité (risque principal en hiver), puis une rétraction par assèchement (risque secondaire en été).

Il est donc essentiel de ne pas bloquer les échanges hygrothermiques au sein des parois en pan de bois.

La faisabilité d'une isolation par l'intérieur est à étudier impérativement en amont, dans le cadre du diagnostic :

- Etude de transfert de vapeur d'eau
- Etude des risques de condensation
- Etude des risques de développement de moisissures
- Etude de variations structurelles

En l'absence d'isolation, la paroi pourra être enduite par un mélange chaux-chanvre (perspirant) côté intérieur, meilleure solution pour traiter les problèmes de transfert d'humidité.

Pour traiter thermiquement ce type de paroi, l'isolation par l'extérieur (fiche n°2) sera à envisager avec des matériaux isolants perspirants (ouverts à la diffusion de vapeur d'eau). ; et pour éviter tout risque, il convient de mettre en place une membrane frein-vapeur hygrovariable (permettant des échanges en fonction du taux d'humidité).

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

■ Parois verticales / planchers intermédiaires⁷

³ Complexes dont la perméance est comprise entre 15.10^{-3} g/m².h.mm Hg et 60.10^{-3} g/m².h.mm Hg.

⁴ Complexes dont la perméance est supérieure à 60.10^{-3} g/m².h.mm Hg.

⁵ Complexes dont la perméance est inférieure ou égale à 15.10^{-3} g/m².h.mm Hg.

⁶ Cf. tableau des matériaux

⁷ Lors d'une isolation par l'intérieur, la présence de balcon n'influe pas sur les performances énergétiques en bâti ancien. En effet, pour ces bâtiments, le niveau du balcon est décalé par rapport au niveau du plancher intermédiaire.

Solutions de traitement du plancher intermédiaire		Préconisations de traitement de l'interface		
Titres		ITI simple	« Boîte dans la boîte » partielle ou complète	ITI continue entre les solives
Schémas				
Performances thermiques	Plancher Bois/Métal			
	Plancher Béton			-

Cas des planchers à poutres bois ou poutrelles métalliques :

- Possibilité de condensation au niveau des têtes de poutre en façade due à un niveau hygrothermique de la paroi différent de l'état initial et une capacité de séchage diminuée.
 - Poutres métalliques : les enrober avec des produits basiques (non acides) pour réduire le risque de corrosion ;
 - Poutres en bois : supportent en général mieux l'isolation intérieure. Leur capacité à stocker l'humidité puis l'évacuer pendant les périodes plus chaudes, limite le risque de pathologies. Néanmoins, il est préférable d'utiliser un frein-vapeur et non un pare vapeur ;
- Le risque de développement de moisissures en été est important dans le cas des poutres en bois ;
- Intervention lourde en site non-occupé : étudier la solution de remplacement de la dalle ou des appuis réalisés sur la face intérieure du mur avec rupture de pont thermique, ce qui permet de supprimer les têtes de poutre dans le mur.

Les solutions de traitement thermique de la liaison « paroi verticale – plancher intermédiaire » en isolation thermique par l'intérieur ainsi que les éventuelles dégradations hygrothermiques associées, sont aujourd'hui mal maîtrisées. La réalisation de simulations sur un échantillon représentatif de liaisons « paroi verticale – plancher intermédiaire » permettrait de débloquer partiellement la situation critique actuelle et mieux appréhender le comportement hygrothermique de cette liaison.

Lors d'une réhabilitation avec dalles sur poutres, la démarche à suivre est la suivante :

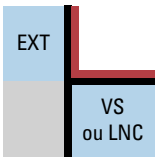
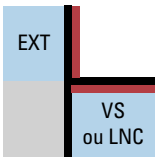
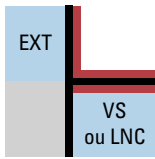
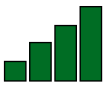
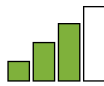
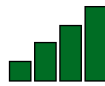
- Vérification de l'état des têtes de poutres avant réhabilitation ;
- Protection extérieure contre l'humidité et la pluie battante ;
- Mise en œuvre d'un frein-vapeur hygro-réglable intérieur (*fonction de la résistance à la diffusion de vapeur d'eau du matériau isolant*) pour traiter la diffusion de vapeur d'eau à travers la paroi et si appliqué, permet également de traiter l'étanchéité à l'air ;
- Ne pas bloquer la diffusion de vapeur d'eau vers l'extérieur (en hiver) et vers l'intérieur (en été) afin de permettre le séchage des têtes de poutre : généralisation des freins-vapeur hygrovariables.
- **Parois verticales / planchers hauts**

Solutions de traitement du plancher haut	Préconisations de traitement de l'interface		
	Titres	Combles aménagés*	Combles perdus**
Schémas			
Performances thermiques			

* A minima retour d'isolant au-dessus et en dessous de 60 cm

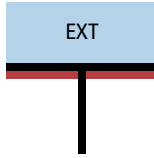
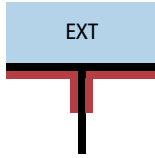
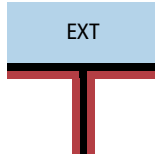
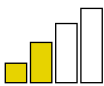
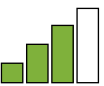
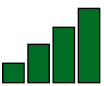
** Plancher haut léger

■ Parois verticales / planchers bas

Solutions de traitement du plancher bas	Préconisations de traitement de l'interface		
	Titres	« Boîte dans la boîte »*	En sous-face
Schémas			
Performances thermiques			

* Solution en terre-plein également

■ Parois verticales / refends et mitoyens

Solutions de traitement du refend	Préconisations de traitement de l'interface		
	Titres	ITI simple	Traitement partiel
Schémas			
Performances thermiques			

< TECHNIQUES OU DISPOSITIONS À PROSCRIRE

- Ne pas utiliser un revêtement extérieur étanche à base de polymère ;
- Si une lame d'air est placée entre l'isolation intérieure et le mur extérieur, ne jamais la « ventiler » par des orifices donnant sur l'intérieur.
- Aucune perforation des pare-vapeur ou frein-vapeur ne doit être faite. Les bandes de recouvrement doivent être respectées.

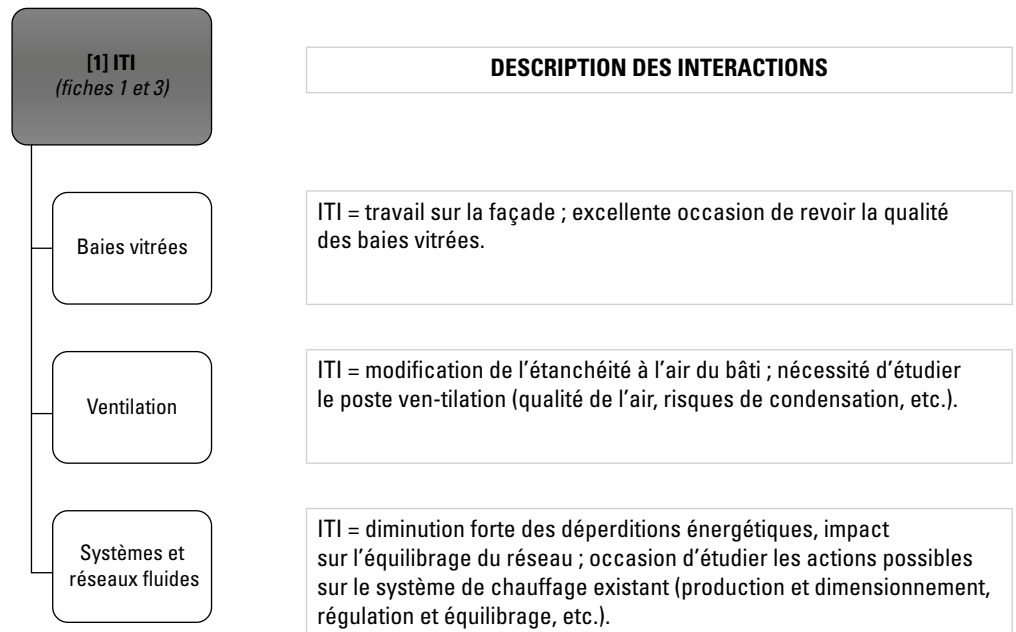
Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à la mise en place d'une isolation thermique par l'intérieur (ITI) et à son interaction avec d'autres lots.

A noter que dans le cas des logements collectifs, l'isolation thermique par l'intérieur fait partie des travaux privatifs et ne peut donc en aucun cas être imposée à tous les copropriétaires.

La mise en œuvre d'une ITI est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION ITI / BAIES VITRÉES

A noter que les interactions travaux et perspectives de travaux complémentaires dépendront également fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « baies vitrées » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

		Vétusté				
		1	2	3	4	
Performance / Vétusté Baies vitrées**		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans	
Performance	1	Uw > 4,00 (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	2,6 < Uw < 4,00 (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	1,3 < Uw < 2,6 Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4	Uw ≤ 1,3 Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

Pour compléter cette approche via les indicateurs performance énergétique et vétusté des baies vitrées, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITI et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Liaison avec baies vitrées	Préconisations « interaction »			
	Titres	Au droit intérieur du porteur	Au droit de l'isolant*	Au milieu du porteur avec retours isolés
Schémas				
Performances thermiques				X

* Solution obligeant au changement de menuiseries

< INTERACTION ITI / VENTILATION

La réalisation d'une isolation par l'intérieur est l'occasion de renforcer l'étanchéité à l'air de la paroi et/ou autour des menuiseries. Le diagnostic de la ventilation est donc indispensable pour vérifier si le renouvellement d'air après travaux est toujours suffisant. En général, la ventilation est naturelle et peut être améliorée ou mécanisée*.

Performance / Vétusté Ventilation naturelle		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Ventilation naturelle	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	2	Ventilation naturelle réhabilitée	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	3	Ventilation naturelle assistée	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire
	4	Ventilation basse pression	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire

* Cf. fiche 8 « Solutions techniques de ventilation naturelle » pour description détaillée de l'action (amélioration de la ventilation naturelle) – cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action (passage à une ventilation mécanisée)

< INTERACTION ITI / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

L'isolation par l'intérieur amène à déplacer les réseaux situés sur les murs donnant sur l'extérieur, et impacte donc directement les émetteurs de chauffage. Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et à la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la façade	Selon les matériaux de façade, une forte isolation thermique par l'intérieur peut accentuer les mouvements différentiels des maçonneries anciennes, entre les périodes chaudes et froides : risque de fissure (absorption d'eau de pluie pouvant faire éclater la maçonnerie en période froide).
Sécurité incendie	Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité contre l'incendie. Les solutions sont présentées dans le « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation contre les risques d'incendie » édité par le CSTB. En cas de changement de plancher, il faut rétablir le degré coupe-feu du plancher au droit de l'isolation thermique installée.
Conforts (hiver, été)	Une isolation thermique par l'intérieur masque l'inertie thermique du mur extérieur. Si l'inertie existante (refends, planchers) est faible, la mise en œuvre de revêtements lourds du côté intérieur du logement peut en partie compenser l'effet de l'isolation.
Santé hygiène	Isoler thermiquement la paroi sans revoir le système de ventilation existant peut engendrer une apparition de moisissures sur les parois froides. Les travaux d'amélioration de la ventilation limitent ce risque.
Acoustique	Il existe un risque de diminution des performances acoustiques entre locaux contigus en cas d'isolation thermique rigide et peu épaisse (polystyrène standard). Les isolants en fibres minérales et le polystyrène expansé élastifié sont parfaitement adaptés pour ne pas altérer les performances existantes.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	L'amélioration des performances énergétiques apporte une valorisation de l'immeuble, qui s'étend à la rénovation de l'aspect décoratif ou esthétique des locaux intérieurs. Il s'agit également de prendre en compte la légère perte de surface au sol des logements liée aux ouvrages mis en œuvre.
Maîtrise d'ouvrage Travaux	L'ajout de parois isolantes intérieures rend nécessaire le déplacement des éléments d'équipements adossés au mur à isoler (radiateurs, canalisations et réseaux, équipements de cuisine, etc...) et la reprise des finitions (peinture, carrelage). Par ailleurs, les travaux nécessitent un accès aux locaux privés avec la gêne que cela peut entraîner.

Pour en savoir plus

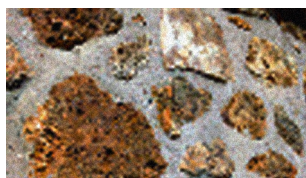
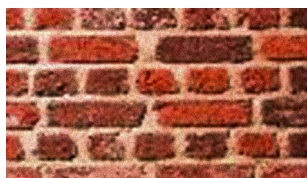
- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude ».

Fiche 02

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR



PAROIS VERTICALES ANCIENNES



**Maison individuelle – Immeuble collectif
(bâtiments construits avant 1948)**

Matériaux : pierres, briques, pans de bois

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les bâtis anciens (avant 1948) pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des maçonneries ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Etat général de la maçonnerie et des joints : si fissures apparentes, identifier leurs causes pour pouvoir les traiter si nécessaire ;
- Etat des points particuliers : linteaux, appuis, angles et soubassements, balcons et garde-corps ;
- Type et épaisseur d'isolant existant éventuel ;
- Etat physico-chimique des altérations, les migrations d'humidité, d'eau et les phénomènes d'érosion ;
- Absence de moisissures (des carottages peuvent être effectués), de champignons, d'insectes xylophages si pans de bois ;
- Planéité du support pour faciliter la bonne mise en œuvre du procédé isolant.

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc..) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

De manière générale, une attention particulière est à porter à la gestion de l'eau dans le bâtiment et à ses abords. Le bâti ancien n'est pas prévu pour bloquer l'eau ou la vapeur d'eau, elle transite par les parois et les sols. Il faut donc absolument conserver ou rétablir les capacités de séchage des parois pour éviter les dégradations et pathologies. A la suite du diagnostic de l'état existant, si des remontées capillaires sont observées et que la source d'humidité ne peut être traitée, un traitement préventif sera nécessaire avant toute intervention. Une méthode de traitement à prévoir peut être l'électro-osmose-phorèse (assèchement des murs humides par application d'un courant électrique de faible intensité pour repousser les remontées et les bloquer par injection de produit hydrofuge : résine).

Solutions d'amélioration énergétique

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR EN RÉNOVATION

Solutions de traitement des parois verticales			
Solutions	Schémas	Matériaux	Mise en œuvre
Enduit sur isolant (ETICS)	<p>Support Int. Ext. Isolant Cheville</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mur existant - Fixation (colle) - Isolant thermique chevillé - Sous-enduit armé - Finition : enduit 	<p>L'isolant est collé et fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Il est ensuite recouvert d'un enduit mince armé puis recouvert d'un revêtement de finition.</p>
Bardage	<p>Int. Ext. Ossature bois Équerre Bardage ventilé Isolant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mur existant - Fixation (colle) - Isolant thermique sur rail - Pare-pluie - Finition : bardage ventilé avec traitement thermique des fixations d'ossature 	<p>L'isolant est fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Une ossature secondaire, fixée à la paroi, sert de support au parement extérieur.</p>
Vêtture	<p>Isolant associé au parement Parement Mur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mur existant - Fixation - Finition : Isolation collée ou sur rail 	<p>L'isolant est préalablement assemblé.</p> <p>Le complexe est ensuite fixé mécaniquement à la paroi.</p>
Vêtage	<p>Mur Isolant Fixation du parement Parement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mur existant - Fixation - Isolation collée ou sur rail - Finition : parement extérieur 	<p>L'isolant est collé et fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Une ossature secondaire, fixée à la paroi, sert de support au parement extérieur.</p>

A noter également le développement des produits et techniques avec enduits isolants. S'il existe encore peu d'exemples d'utilisation d'enduit isolant en France, cette technique est déjà largement répandue en Suisse, en Allemagne, dans la rénovation de bâtiments anciens à valeur patrimoniale. Les enduits isolants sont constitués de mortiers (généralement à la chaux) auxquels sont incorporés des particules de matériaux isolants (chanvre, liège, verre cellulaire, billes de polystyrène expansé, silice, etc.). Ces matériaux possèdent un λ équivalent à celui des matériaux isolants classiques, ils sont par contre limités en épaisseur d'application (6 à 8 cm environ).

Ils pourraient trouver un avenir sur les façades qui ne peuvent accueillir d'ITE classique, ils peuvent en effet être appliqués de manière continue sur des modénatures de façade sans en détériorer l'aspect.

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solutions techniques ITE	Performances « BBC-compatibles ⁹ » R _{isolant} [m ² .K/W]
Enduit sur isolant	4-5
Bardage*	4-5
Vêtire*	4-5
Vêtage*	4-5

* Pour obtenir ce niveau de performance, les ponts thermiques structurels sont à traiter par une interface en polypropylène (ou équivalent) pour éviter les points froids. Les résistances thermiques sont identiques car la variation de déperditions n'aura que peu d'impact sur le bilan de consommations dès lors que ces ponts thermiques structurels sont traités.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Pour déterminer ces solutions, il faut respecter les étapes suivantes :

- **Conception globale du mur** : Classement du mur par rapport à la résistance à la pluie en fonction du site (types I, II ou III, selon DTU 20.1)

Elle consiste à déterminer les exigences de protection à l'eau de la paroi en fonction de l'exposition (situation géographique, hauteur de l'immeuble) puis en déduire les contraintes liées à chacun des éléments (isolant hydrophobe, lame d'air, etc.).

- **Choix des matériaux en fonction des performances de chaque fonction du système** :

- Stabilité des fixations (prévoir tests d'arrachage pour enduits sur isolants (ETICS)) ;
- Résistance aux chocs et aux dégradations (en particulier pour les zones en rez-de-chaussée ou enterrées) ;
- Gestion des transferts d'humidité : ne pas bloquer l'humidité dans le mur existant avec un isolant trop imperméable à la vapeur d'eau ; utiliser un matériau avec une perméance comparable au matériau support ;
- Traitement des ponts thermiques : privilégier les chevilles PVC par rapport aux chevilles métalliques ; privilégier des fixations avec rupteur de pont thermique (interface en polypropylène) pour les vêtements et vêtages ;
- Isolation existante : il sera nécessaire d'en vérifier la perméance et la tenue avant d'appliquer une sur-isolation.

- **Spécificité du pan de bois**

Pour traiter thermiquement ce type de paroi, l'isolation par l'extérieur semble être la meilleure solution pour respecter les échanges hygrothermiques, avec des matériaux isolant perspirant (ouvert à la diffusion de vapeur d'eau), et pour éviter tout risque, il convient de mettre en place une membrane frein-vapeur hygrovariable (permettant des échanges en fonction du taux d'humidité).

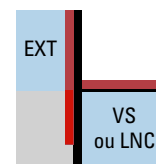
Il faudra recourir à une étude approfondie de transfert de vapeur d'eau et de risque de condensation.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

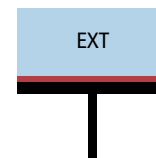
■ Parois verticales / planchers bas

Lors de la réalisation d'une ITE, il faudra veiller à assurer une descente d'isolant en façade (réalisé avec un autre type d'isolant que celui posé en façade) à minima de 40 cm et à accompagner cet isolant d'une protection mécanique tout le long de la descente.



■ Parois verticales / refends et mitoyens

Les ponts thermiques refends sont traités lors d'une ITE.



■ Parois verticales / planchers hauts

Solutions de traitement du plancher haut	Préconisations de traitement de l'interface		
	Titres	Combles aménagés	Combles perdus*
Schémas		ITE en façade, ITI en sous-pente	
Performances thermiques			

* Plancher haut léger

■ Parois verticales / balcons

Solutions de traitement des balcons	Préconisations de traitement de l'interface	
	Manchonnage complet « ouvert »	Sans manchonnage
Schémas		
Performances thermiques		

La mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur est aussi l'occasion pour valoriser les balcons en créant de nouvelles surfaces (cf. partie « Interactions entre éléments » ci-dessous).

Deux autres solutions peuvent également être adoptées : le tronçonnage partiel ou complet des balcons. Ces deux techniques permettent une diminution significative des linéaires de ponts thermiques. Toutefois, un matériel adapté et une main d'œuvre qualifiée sont nécessaires pour des opérations comme celles-ci.

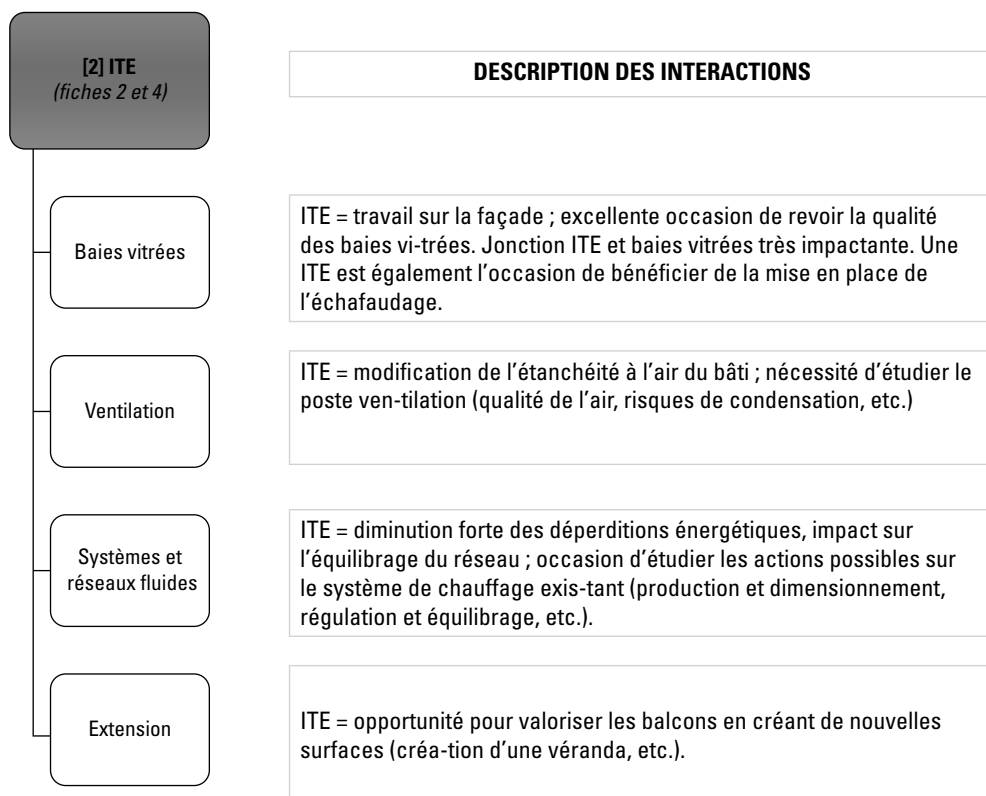
< TECHNIQUES OU DISPOSITIONS À PROSCRIRE

- Utilisation de matériaux bloquant le drainage avec les maçonneries à haut risque de remontées capillaires en soubassement ;
- Pose d'un système de rail sans rupteur de pont thermique ; dégrade fortement les performances de l'isolation.

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention d'ITE et à son interaction avec d'autres lots.

La mise en œuvre d'une ITE est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION ITE / BAIES VITRÉES

A noter que les interactions travaux et perspectives de travaux complémentaires dépendront également fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « baies vitrées » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1 $U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2 $2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3 $1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4 $U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

La position des baies vitrées est importante lorsqu'une isolation des murs est envisagée. C'est pourquoi, lorsque l'action est à envisager à court/moyen terme, il est fortement conseillé de remplacer les fenêtres en même temps que l'isolation est réalisée et de placer les nouvelles fenêtres au nu extérieur dans le cas d'une isolation par l'extérieur, sous réserve de possibilités financières et/ou administratives (cas des copropriétés).

Pour compléter cette approche via les indicateurs de performance énergétique et de vétusté des baies vitrées, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITE et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Liaison avec baies vitrées	Préconisations « interaction »			
	Titres	Au droit intérieur* du porteur sans retour isolé	Au droit intérieur* du porteur avec retour isolé	Au droit extérieur du porteur
Schémas				
Performances thermiques				

* Au droit intérieur ou au milieu du porteur

** Solution obligeant au changement de menuiseries

< INTERACTION ITE / VENTILATION

La réalisation d'une isolation par l'intérieur est l'occasion de renforcer l'étanchéité à l'air de la paroi et/ou autour des menuiseries. Le diagnostic de la ventilation est donc indispensable pour vérifier si le renouvellement d'air après travaux est toujours suffisant. En général, la ventilation est naturelle et peut être améliorée ou mécanisée*.

Performance / Vétusté		Vétusté			
		1	2	3	4
Ventilation naturelle		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Ventilation naturelle	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	2	Ventilation naturelle réhabilitée	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	3	Ventilation naturelle assistée	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire
	4	Ventilation basse pression	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire

* Cf. fiche 8 « Solutions techniques de ventilation naturelle » pour description détaillée de l'action (amélioration de la ventilation naturelle) – cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action (passage à une ventilation mécanisée)

< INTERACTION ITE / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté		Vétusté			
		1	2	3	4
Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et à la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système*.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

< INTERACTION ITE / EXTENSION

Si des travaux sur la façade extérieure sont envisagés, il peut être opportun de réfléchir à la possibilité de faire évoluer les balcons/loggias (s'il y en a à l'état actuel) en les «fermant», permettant ainsi d'accroître la surface chauffée ou de créer une zone tampon. Dans le cas où il n'y a pas de balcons, il peut être intéressant de créer de la surface en mettant en place des balcons désolidarisés ; la rénovation énergétique est une formidable occasion pour valoriser le patrimoine. Une étude d'un bureau d'études structures doit être réalisée pour confirmer cette possibilité.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la façade	L'isolation thermique par l'extérieur permet de gérer les problèmes de peau extérieure des façades existantes (bonne tenue, étanchéité, aspect décoratif) en apportant un nouveau revêtement performant (enduit, bardage).
Sécurité incendie	Les travaux devront respecter la circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation. En particulier selon l'instruction technique n°249 relative aux façades, certains isolants ou épaisseurs d'isolants ne peuvent pas être utilisés, selon les familles de bâtiments, pour respecter les dispositions de protection contre la propagation du feu par les façades (Règle du C+D). Par ailleurs des dispositions complémentaires sont à mettre en œuvre en isolation par l'extérieur : recoupement des panneaux isolants à certains niveaux, mise en place de bandeaux de laine de verre au-dessus des ouvertures.
Conforts (hiver, été)	L'isolation thermique par l'extérieur est une solution qui conserve l'inertie thermique de l'immeuble, influant favorablement sur le confort d'été.
Santé hygiène	Sans objet
Acoustique	Les performances existantes d'isolation acoustique peuvent être diminuées de deux manières : – Pont phonique au droit du joint de menuiserie (assurer une continuité entre la menuiserie et le gros œuvre), – Perte d'isolement acoustique par usage de panneaux d'isolant thermique avec enduit mince. Cette perte n'est significative que pour les isollements de façades élevés. En cas de besoin d'isolement élevé, il faut préférer une finition autre qu'un enduit (par exemple bardage ou vêtiture).
Accessibilité / habitabilité	Lors du traitement des façades par l'extérieur, on s'attachera à ne pas dégrader les conditions d'accès aux loggias et balcons pour les personnes handicapées.

Enjeux	Eléments d'appréciation
Valorisation patrimoine Architecture	Le choix de la finition extérieure (enduit, bardage, vêtiture) contribue pour les immeubles d'architecture simple à une requalification de la façade influant fortement sur la valeur patrimoniale. L'isolation thermique par l'extérieur reste difficile à installer si la façade présente un caractère patrimonial.
Maitrise d'ouvrage Travaux	L'isolation par l'extérieur, aisée en partie courante de la façade, présente des difficultés aux droits des points singuliers qui peuvent constituer des ponts thermiques : balcons et loggias, menuiseries, ouvertures et toiture-terrasse. Des études approfondies peuvent être nécessaires préalablement au début des travaux afin d'étudier l'impact et les solutions de traitement des ponts thermiques. Ce type de travaux en extérieur présente l'avantage de ne pas nécessiter d'intervention dans les parties privatives des logements.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

Fiche 03

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR



PAROIS VERTICALES RÉCENTES

**Maison individuelle – Immeuble collectif
(bâtiments construits après 1948)**

**Matériaux : Béton (préfabriqué, banché,...),
parpaing, brique creuse**

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les bâtis récents (après 1948) pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des murs ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

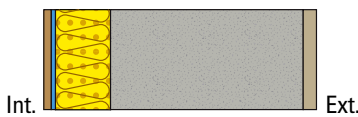
Contenu du diagnostic :

- Etat général maçonnerie (avec ses joints) ou parois en béton (notamment éclats de béton liés à la corrosion des aciers) ; si des fissures sont apparentes, identifier leurs causes pour pouvoir les traiter si nécessaire ;
- Type et épaisseur d'isolant existant éventuel ;
- Etat des points particuliers : linteaux, appuis, angles et soubassements, joints d'étanchéité entre panneaux préfabriqués, balcons, garde-corps et acrotères ;
- Etat physico-chimique des altérations, migrations d'humidité, d'eau.

Conclusions attendues :

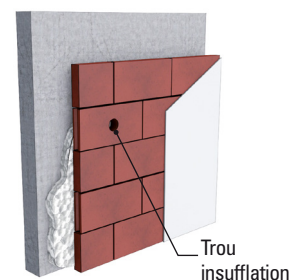
- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc..) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR EN RÉNOVATION

Solution de traitement des parois verticales		
Schéma	Matériaux	Mise en œuvre
	<ul style="list-style-type: none"> – Revêtement intérieur – Avec ou sans pare-vapeur* – Isolation perméable à la vapeur d'eau – Mur existant – Revêtement extérieur perméable à la vapeur d'eau 	<p>Isolant soit fixé mécaniquement par chevillage avec ossature (bois ou rails métalliques) pour finition soit collé sur la paroi existante avec finition contre collée.</p>

* Avec ou sans pare vapeur en fonction de la perméabilité à la vapeur d'eau de l'isolant.

L'isolation des doubles murs avec lame d'air par insufflation est envisageable, l'épaisseur d'isolant ne pourra dépasser les 2 ou 3 cm de lame d'air couramment observés. Une attention particulière devra être portée à l'uniformité de l'épaisseur d'isolant soufflé. Un calepinage précis des trous d'insufflation doit être prévu pour garantir le remplissage de l'espace, notamment sous les fenêtres, angles de mur etc. La densité de remplissage sera contrôlée par prélèvement.



< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solution technique	Performances « BBC-compatibles ⁹ » R_{isolant} [m ² .K/W]
ITI	3-4

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION :

Pour déterminer ces solutions, il faut respecter les étapes suivantes :

- **Conception globale du mur** : Classement du mur par rapport à la résistance à la pluie en fonction du site (types I, II ou III, selon DTU 20.1)

Elle consiste à déterminer les exigences de protection à l'eau de la paroi en fonction de l'exposition (situation géographique, hauteur de l'immeuble) puis en déduire les contraintes liées à chacun des éléments (isolant hydrophobe, lame d'air, etc.).

- **Choix des matériaux** (isolation thermique / pare-vapeur / paroi de doublage / revêtement extérieur supplémentaire) en fonction de leur perméance respective et du type de mur choisi précédemment :
 - Assurer une bonne étanchéité à l'air côté intérieur de l'isolant et concevoir le traitement des jointures entre matériaux ;
 - Dans le cas d'une isolation existante, il sera nécessaire d'en vérifier la perméance et la tenue avant d'appliquer une sur-isolation.

⁹ Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

■ Parois verticales / planchers intermédiaires¹⁰

Solutions de traitement du plancher intermédiaire	Préconisations de traitement de l'interface		
Titres	ITI simple	« Boîte dans la boîte » partielle ou complète	ITI continue entre les solives
Schémas			
Performances thermiques			

Les solutions de traitement thermique de la liaison « paroi verticale – plancher intermédiaire » en isolation thermique par l'intérieur ainsi que les éventuelles dégradations hygrothermiques associées, sont aujourd'hui mal maîtrisées. La réalisation de simulations sur un échantillon représentatif de liaisons « paroi verticale – plancher intermédiaire » permettrait de débloquer partiellement la situation critique actuelle et mieux appréhender le comportement hygrothermique de cette liaison.

■ Parois verticales / planchers hauts

Solutions de traitement du plancher haut	Préconisations de traitement de l'interface			
Titres	Combles aménagés ITI simple	Combles aménagés « Boîte dans la boîte » Partielle* ou complète	Toiture-terrasse ITE	Toiture-terrasse ITI/ITE (ITI partielle* ou complète)
Schémas				
Performances thermiques				

* A minima retour d'isolant au-dessus et en dessous de 60 cm

¹⁰ Lors d'une isolation par l'intérieur, la présence de balcon influe peu sur les performances énergétiques, il est cependant conseillé de proposer des solutions en « boîte dans la boîte » ou « continue entre les solives ».

■ **Parois verticales / planchers bas**

Solutions de traitement du plancher bas	Préconisations de traitement de l'interface		
	« Boîte dans la boîte »	En sous-face	« Boîte dans la boîte » + sous-face
Titres			
Schémas			
Performances thermiques			

■ **Parois verticales / refends et mitoyens**

Solutions de traitement du refend	Préconisations de traitement de l'interface		
	ITI simple	Traitement partiel*	Traitement total
Titres			
Schémas			
Performances thermiques*			

* A minima descente d'isolant de 60 cm

< **TECHNIQUES OU DISPOSITIONS À PROSCRIRE**

- Mise en œuvre d'un revêtement extérieur étanche à la diffusion de vapeur d'eau, à base de polymère.
- En cas d'isolation avec une lame d'air entre la paroi et l'isolant : ne jamais ventiler la lame d'air par des orifices donnant sur l'intérieur du logement.
- Aucune perforation des pare-vapeur ou freine-vapeur ne doit être faite. Les bandes de recouvrement doivent être respectées.

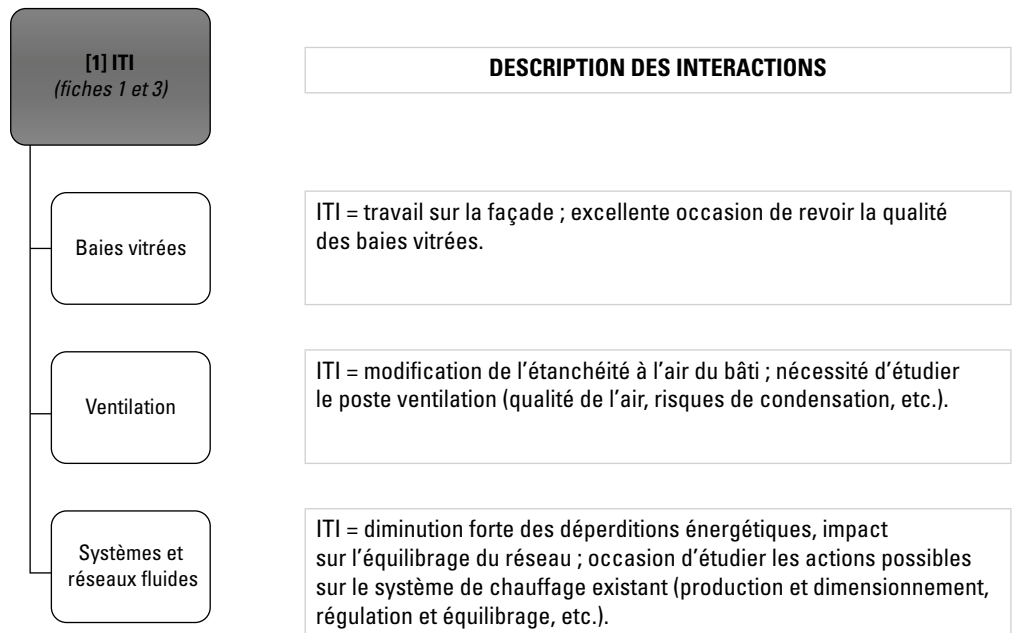
< **INTERACTIONS ENTRE ÉLÉMENTS**

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention d'ITI et à son interaction avec d'autres lots.

A noter que dans le cas des logements collectifs, l'isolation thermique par l'intérieur fait partie des travaux privatifs et ne peut donc en aucun cas être imposée à tous les copropriétaires.

La mise en œuvre d'une ITI est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



Après avoir détaillé la nature des interactions nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION ITI / BAIES VITRÉES

A noter que les interactions travaux et perspectives de travaux complémentaires dépendront également fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « baies vitrées » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans	
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4	$U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

Pour compléter cette approche via les indicateurs performance énergétique et vétusté des baies vitrées, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITI et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Liaison avec baies vitrées	Préconisations « interaction »			
	Titres	Au droit intérieur du porteur	Au droit de l'isolant*	Au milieu du porteur avec retours isolés
Schémas				
Performances thermiques				X

* Solution obligeant au changement de menuiseries

< INTERACTION ITI / VENTILATION

Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est mécanique :

Performance / Vétusté Ventilation mécanique		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés Age > 20 ans	Age entre 10 et 20 ans	Age entre 5 et 10 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Performance	1	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire
	4	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action

Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est naturelle :

Performance / Vétusté Ventilation naturelle		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Action à engager immédiatement*			Action à engager immédiatement*
	2	Action à engager immédiatement*			Action à engager immédiatement*
	3	Action à engager immédiatement*			Action non prioritaire
	4	Action à engager immédiatement*			Action non prioritaire

* Cf. fiche 8 « Solutions techniques de ventilation naturelle » pour description détaillée de l'action (amélioration de la ventilation naturelle) – cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action (passage à une ventilation mécanisée)

< INTERACTION ITI / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

L'isolation par l'intérieur amène à déplacer les réseaux situés sur les murs donnant sur l'extérieur, et impacte donc directement les émetteurs de chauffage.

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et à la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la façade	Selon les matériaux de façade, l'isolation thermique par l'intérieur peut accentuer les mouvements différentiels des maçonneries entre les périodes chaudes et froides : risque faible de fissure, en particulier pour les parois non chargées.
Sécurité incendie	Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie. Les solutions sont présentées dans le « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation contre les risques d'incendie » édité par le CSTB.
Conforts (hiver, été)	Une isolation thermique par l'intérieur masque l'inertie thermique du mur extérieur. Si l'inertie existante (refends, planchers) est faible, la mise en œuvre de revêtements lourds du côté intérieur du logement peut en partie compenser l'effet de l'isolation.
Santé hygiène	Isoler thermiquement la paroi sans revoir le système de ventilation existant peut engendrer une apparition de moisissure sur les parois froides et un risque de condensation dans la masse. Les travaux d'amélioration de la ventilation limitent ce risque.
Acoustique	Il existe un risque de diminution des performances acoustiques intérieures entre locaux contigus en cas d'isolation thermique intérieure rigide et peu épaisse (polystyrène standard). Les isolants non rigides en fibres minérales et le polystyrène expansé élastifié conviennent.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet
Enjeux	Eléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	L'amélioration des performances énergétiques apporte une valorisation de l'immeuble, qui s'étend à la rénovation de l'aspect décoratif ou esthétique des locaux intérieurs. Il s'agit également de prendre en compte la légère perte de surface au sol des logements liée aux ouvrages mis en œuvre.
Maitrise d'ouvrage Travaux	L'ajout de parois isolantes intérieures rend nécessaire le déplacement des éléments d'équipements adossés au mur à isoler (radiateurs, canalisations et réseaux, équipements de cuisine, etc...) et la reprise des finitions (peinture, carrelage). Par ailleurs, les travaux nécessitent un accès aux locaux privés avec la gêne que cela peut entraîner.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

Fiche 04

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR



PAROIS VERTICALES RÉCENTES

**Maison individuelle – Immeuble collectif
(bâtiments construits après 1948)**

**Matériaux : béton (préfabriqué, banché, etc.),
parpaing, brique creuse**

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les bâtis récents (après 1948) pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des murs ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Etat général de la maçonnerie (avec ses joints) ou des parois en béton (banché ou préfabriqué) en particulier la dégradation des aciers : si fissures apparentes, identifier leurs causes pour pouvoir les traiter si nécessaire ;
- Type et épaisseur d'isolant existant éventuel ;
- Etat des points particuliers : linteaux, appuis, angles et soubassements, joints d'étanchéité entre panneaux, balcons, garde-corps et acrotères ;
- Etat physico-chimique des altérations, les migrations d'humidité, d'eau ;
- Planéité du support pour faciliter la bonne mise en œuvre du procédé isolant.

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc.) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR EN RÉNOVATION

Solutions de traitement des parois verticales			
Solutions	Schémas	Matériaux	Mise en œuvre
Enduit sur isolant (ETICS)		<ul style="list-style-type: none"> – Mur existant – Fixation (colle) – Isolant thermique chevillé – Sous-enduit armé – Finition : enduit 	<p>L'isolant est collé et fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Il est ensuite recouvert d'un enduit mince armé puis recouvert d'un revêtement de finition.</p>
Bardage		<ul style="list-style-type: none"> – Mur existant – Fixation (colle) – Isolant thermique sur rail – Pare-pluie – Finition : bardage ventilé <p>Avec traitement thermique des fixations</p>	<p>L'isolant est fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Une ossature secondaire, fixée à la paroi, sert de support au parement extérieur.</p>
Vêtue		<ul style="list-style-type: none"> – Mur existant – Fixation – Finition : isolation collée ou sur rail 	<p>L'isolant est préalablement assemblé.</p> <p>Le complexe est ensuite fixé mécaniquement à la paroi.</p>
Vêtage		<ul style="list-style-type: none"> – Mur existant – Fixation – Isolation collée ou sur rail – Finition : parement extérieur 	<p>L'isolant est collé et fixé mécaniquement à la paroi.</p> <p>Une ossature secondaire, fixée à la paroi, sert de support au parement extérieur.</p>

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solutions techniques ITE	Performances « BBC-compatibles ¹¹ » R_{isolant} [m ² .K/W]
Enduit sur isolant	4 – 5
Bardage*	4 – 5
Vêtue*	4 – 5
Vêtage*	4 – 5

* Pour obtenir ce niveau de performance, les ponts thermiques structurels sont à traiter par une interface en polypropylène (ou équivalent) pour éviter les points froids. Les résistances thermiques sont identiques car la variation de déperditions n'aura que peu d'impact sur le bilan de consommations dès lors que ces ponts thermiques structurels sont traités.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Pour déterminer ces solutions, il faut respecter les étapes suivantes :

- **Conception globale du mur** : Classement du mur par rapport à la résistance à la pluie en fonction du site (types I, II ou III, selon DTU 20.1)

¹¹ Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique

Elle consiste à déterminer les exigences de protection à l'eau de la paroi en fonction de l'exposition (situation géographique, hauteur de l'immeuble) puis en déduire les contraintes liées à chacun des éléments (isolant hydrophobe, lame d'air, etc.).

■ **Choix des matériaux en fonction des performances de chaque fonction du système :**

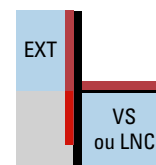
- Stabilité des fixations (prévoir tests d'arrachage pour enduits sur isolants (ETICS) ;
- Résistance aux chocs et aux dégradations (en particulier pour les zones en rez-de-chaussée ou enterrées) ;
- Gestion des transferts d'humidité : ne pas bloquer l'humidité dans le mur existant avec un isolant trop imperméable à la vapeur d'eau ; utiliser un matériau avec une perméance comparable au matériau support ;
- Traitement des ponts thermiques : privilégier les chevilles PVC par rapport aux chevilles métalliques ; privilégier des fixations avec rupteur de pont thermique (interface en polypropylène) pour les vêtues et vêtages ;
- Isolation existante : il sera nécessaire d'en vérifier la perméance et la tenue avant d'appliquer une sur-isolation.

< **PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES**

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

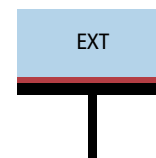
■ **Parois verticales / planchers bas**

Lors de la réalisation d'une ITE, il faudra veiller à assurer une descente d'isolant en façade (réalisé avec un autre type d'isolant que celui posé en façade) à minima de 40 cm et à accompagner cet isolant d'une protection mécanique tout le long de la descente.



■ **Parois verticales / refends et mitoyens**

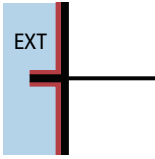
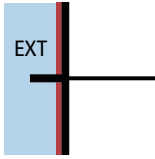
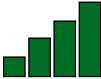
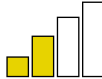
Les ponts thermiques refends sont traités lors d'une ITE.



■ **Parois verticales / balcons**

Parois verticales / planchers hauts Solutions de traitement du plancher haut	Préconisations de traitement de l'interface	
	Traitement de l'acrotère	Sous local non chauffé
Titres		
Schémas		
Performances thermiques		

■ Parois verticales / balcons

Solutions de traitement des balcons	Préconisations de traitement de l'interface	
	Manchonnage complet « ouvert »	Sans manchonnage
Titres		
Schémas		
Performances thermiques		

La mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur est aussi l'occasion pour valoriser les balcons en créant de nouvelles surfaces (cf. partie « Interactions entre éléments » ci-dessous).

Deux autres solutions peuvent également être adoptées : le tronçonnage partiel ou complet des balcons. Ces deux techniques permettent une diminution significative des linéaires de ponts thermiques. Toutefois, un matériel adapté et une main d'œuvre qualifiée sont nécessaires pour des opérations comme celles-ci.

< TECHNIQUES OU DISPOSITIONS À PROSCRIRE

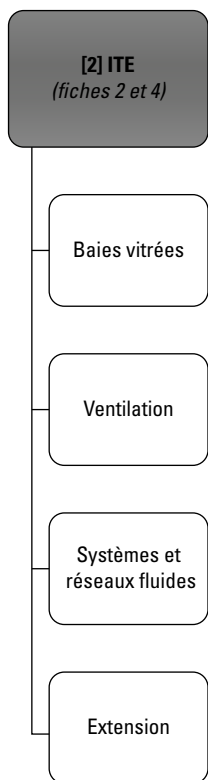
- Utilisation de matériaux bloquant le drainage en cas de risque de remontées capillaires ;
- **Pose d'un système de rail sans rupteur de pont thermique** ; dégrade fortement les performances de l'isolation.

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention d'ITE et à son interaction avec d'autres lots.

La mise en œuvre d'une ITE est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



DESCRIPTION DES INTERACTIONS
ITE = travail sur la façade ; excellente occasion de revoir la qualité des baies vitrées. Jonction ITE et baies vitrées très impactante. Une ITE est également l'occasion de bénéficier de la mise en place de l'échafaudage.
ITE = modification de l'étanchéité à l'air du bâti ; nécessité d'étudier le poste ventilation (qualité de l'air, risques de condensation, etc.).
ITE = diminution forte des déperditions énergétiques, impact sur l'équilibrage du réseau ; occasion d'étudier les actions possibles sur le système de chauffage existant (production et dimensionnement, régulation et équilibrage, etc.).
ITE = opportunité pour valoriser les balcons en créant de nouvelles surfaces (création d'une véranda, etc.).

Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION ITE / BAIES VITRÉES

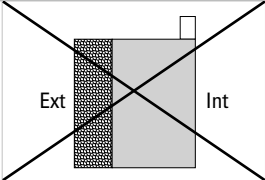
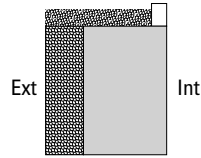
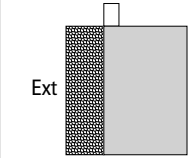
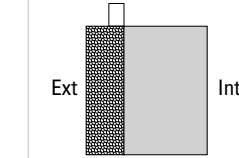
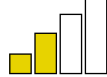
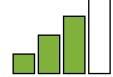
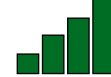
A noter que les interactions travaux et perspectives de travaux complémentaires dépendront également fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « baies vitrées » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1 $U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2 $2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3 $1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4 $U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

Pour compléter cette approche via les indicateurs de performance énergétique et de vétusté des baies vitrées, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITE et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Liaison avec baies vitrées		Préconisations « interaction »			
Titres		Au droit intérieur* du porteur sans retour isolé	Au droit intérieur* du porteur avec retours isolés	Au droit extérieur du porteur	Au droit de l'isolant**
Schémas					
Performances thermiques	X				

* Au droit intérieur ou au milieu du porteur

** Solution obligeant au changement de menuiseries

< INTERACTION ITE / VENTILATION

Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est mécanique :

Performance / Vétusté Ventilation mécanique		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés Age > 20 ans	Age entre 10 et 20 ans	Age entre 5 et 10 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans	
Performance	1	Simple flux débit fixe	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Double flux sans échangeur	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	Double flux avec échangeur ($\eta < 70\%$) Simple flux auto réglable	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire
	4	Double flux avec échangeur ($\eta > 70\%$) Simple flux hygro réglable	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action

Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est naturelle :

Performance / Vétusté Ventilation naturelle		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Ventilation naturelle	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	2	Ventilation naturelle réhabilitée	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	3	Ventilation naturelle assistée	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire
	4	Ventilation basse pression	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire

* Cf. fiche 8 « Solutions techniques de ventilation naturelle » pour description détaillée de l'action (amélioration de la ventilation naturelle) – cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action (passage à une ventilation mécanisée)

< INTERACTION ITE / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération Chauffage électrique	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Basse température	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Réseau de chaleur EnR PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Interaction ITE / Extension

Si des travaux sur la façade extérieure sont envisagés, il peut être opportun de réfléchir à la possibilité de faire évoluer les balcons/loggias (s'il y en a à l'état actuel) en les «fermant», permettant ainsi d'accroître la surface chauffée ou de créer une zone tampon. Dans le cas où il n'y a pas de balcons, il peut être intéressant de créer de la surface en mettant en place des balcons désolidarisés ; la rénovation énergétique est une formidable occasion pour valoriser le patrimoine. Une étude d'un bureau d'études structures doit être réalisée pour confirmer cette possibilité.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la façade	L'isolation thermique par l'extérieur permet de gérer les problèmes de peau extérieure des façades existantes (bonne tenue, étanchéité, aspect décoratif) en apportant un nouveau revêtement performant (enduit, bardage).
Sécurité incendie	Les travaux devront respecter la circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation. En particulier selon l'instruction technique n°249 relative aux façades, certains isolants ou épaisseurs d'isolants ne peuvent pas être utilisés, selon les familles de bâtiments, pour respecter les dispositions de protection contre la propagation du feu par les façades (Règle du C+D). Par ailleurs des dispositions complémentaires sont à mettre en œuvre : recouvrement des panneaux isolants à certains niveaux, mise en place de bandeaux de laine de verre au-dessus des ouvertures.
Conforts (hiver, été)	L'isolation thermique par l'extérieur est une solution qui conserve l'inertie thermique de l'immeuble, influant favorablement sur le confort d'été.
Santé hygiène	Sans objet
Acoustique	Les performances existantes d'isolation acoustique peuvent être diminuées de deux manières : – Pont phonique au droit du joint de menuiserie (assurer une continuité entre la menuiserie et le gros œuvre), – Perte d'isolement acoustique par usage de panneaux d'isolant thermique avec enduit mince. Cette perte n'est significative que pour les isollements de façades élevés. En cas de besoin d'isolement élevé, il faut préférer une finition autre qu'un enduit (par exemple bardage ou vêtture).
Accessibilité / habitabilité	On s'attachera à ne pas dégrader les conditions d'accès aux loggias et balcons lors du traitement des façades par l'extérieur.

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	Le choix de la finition extérieure (enduit, bardage, vêtture) contribue pour les immeubles d'architecture simple à une requalification de la façade influant fortement sur la valeur patrimoniale. L'isolation thermique par l'extérieur reste difficile à installer si la façade présente un caractère patrimonial.
Maitrise d'ouvrage Travaux	L'isolation par l'extérieur, aisée en partie courante, présente des difficultés aux droits des points singuliers qui peuvent constituer des ponts thermiques : balcons et loggias, menuiseries, ouvertures et toiture-terrasse. Des études approfondies peuvent être nécessaires préalablement au début des travaux afin d'étudier l'impact et les solutions de traitement des ponts thermiques. Ce type de travaux en extérieur présente l'avantage de ne pas nécessiter d'intervention dans les parties privatives des logements.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

FICHE 05

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION DU PLANCHER BAS



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Tous matériaux

Diagnostic existant

Avant d'intervenir sur les planchers bas pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des ouvrages ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Etat des structures et sous-faces de planchers : poutrelles métalliques, planchers en béton poutrelles hourdis ou en dalles pleines et leurs conditions de stabilité ;
- Caractérisation et état des vides sanitaires, caves, parking : qualité de l'air, éventuelles venues d'eau, fuites sur réseaux, remontées capillaires, etc. ;
- Etat physico-chimique des altérations, les migrations d'humidité, d'eau.

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc..) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

Solutions d'amélioration énergétique

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION EN RÉNOVATION

Solutions techniques	Terre-plein (ou voûte)	Local non chauffé (ou vide sanitaire)
Isolation en sous-face (panneaux, projection)	X	✓
Isolation sous-chape	✓	✓
Isolation mixte (sous-face et sous-chape)	X	✓

Dans le cas d'un plancher bois, l'isolation pourra être faite par **insertion d'isolant dans le plancher en plus d'une isolation en sous face** par matériau perspirant (ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ; l'isolation sous chape étant difficile à réaliser sur un plancher bois).

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solutions techniques	Performances « BBC-compatibles ¹² » R_{isolant} [m ² .K/W]
Isolations en sous face / en sous-chape / mixte	3 – 4

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

■ Isolation en sous-face (plancher donnant sur un local non chauffé)

La sous-face du plancher est, en général, accessible par le local non chauffé (cave, sous-sol, garage, etc.) et il est alors possible d'appliquer un isolant ; sa nature sera choisie en fonction de ses qualités thermiques¹³ et de sa facilité de pose (rouleaux ou panneaux semi-rigides).

- Isolant thermique en panneaux
 - Fixation mécanique : employer des rondelles et des vis adaptées aux panneaux et au type de plancher, en particulier pour les hourdis creux ou en plâtre. Quel que soit le mode d'accrochage, celui-ci doit maintenir le revêtement protecteur de l'isolant ;
 - Prévention du risque incendie impose l'utilisation d'isolants particuliers (cf. approche globale) ;
 - Ne pas mettre de pare-vapeur ou de panneaux revêtus kraft ou alu.
- Isolant thermique projeté

Une autre méthode consiste à réaliser un flocage, projection de laine minérale collée par un liant synthétique (épaisseur limitée au maximum à 16 cm) pour éviter le décollement ou l'arrachage par gravité. Sinon, il est nécessaire de mettre en place une armature, avec quelques risques techniques à intégrer. Pour cette technique, il conviendra en amont de s'assurer de la bonne ventilation des locaux pour permettre au liant de sécher.

- La surface du plafond doit être dépoussiérée et posséder une tenue suffisante pour supporter durablement le poids de la couche isolante ;
- Réaction au feu : si flocage à base de matériau isolant fibreux recouvert d'un revêtement (enduit...) en surface, vérifier classement de réaction au feu de l'ensemble « revêtement-flocage » (revêtement seul non significatif, classement A-F, S1 S2 S3 d0, d1, d2) ;

Les flocages à base de laine minérale ont généralement un classement A2s1d0 (classement Euroclasse); vérifier que la densité du flocage, objet du procès-verbal de classement, proche de celle appliquée.

- Prévoir une sur-ventilation des locaux durant le séchage de l'isolant.

■ Précautions :

- Ne pas mettre de barrière à la diffusion de vapeur d'eau. L'ensemble plancher + isolant doit être perméable à la vapeur d'eau pour éviter d'avoir une augmentation trop importante du taux d'humidité, engendrant une condensation pouvant conduire à des désordres structurels (pourriture des poutres bois, oxydation des poutres métalliques, désagrégation des poutres béton, ...);

Quel que soit le type d'isolant utilisé, il faudra recourir à la dépose de l'isolant existant éventuel.

¹² Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique

¹³ Cf. Annexes

■ **Isolation sous-chape**

En cas de construction sur terre-plein ou de cave voûtée, l'isolation en sous-face du plancher est plus délicate : elle ne peut être réalisée qu'avec une déconstruction du sol existant. Certes contraignants et onéreux, ces travaux sont toutefois envisageables / nécessaires si le remplacement du sol est prévu pour cause de mauvais état, de changement de type de surface ou de rénovation d'ensemble du logement (acquisition par exemple).

L'isolation thermique est réalisée sous la chape flottante (sèche ou humide). Cette dernière peut recevoir tout type de revêtements de sol, y compris des planchers bois sur lambourdes le cas échéant. Cette solution permet une continuité avec un doublage isolant des murs et donc, dans ce cas, traite parfaitement les ponts thermiques « paroi verticale/plancher bas » (cf. tableau).

Cette opération pourra être l'occasion de revoir l'installation de chauffage en intégrant un plancher chauffant basse température.

- Ponts thermiques : l'isolation sous-chape est pertinente avec des murs isolés par l'intérieur. La chape doit être désolidarisée des murs extérieurs par une bande d'isolant pour limiter le pont thermique en about de dalle.

■ **Isolation mixte**

L'isolation mixte reprend à la fois les préconisations de l'isolation en sous face et de l'isolation sous chape.

Elle s'applique notamment lorsque l'on rencontre des problèmes de hauteur sous plafond, l'épaisseur totale d'isolant à mettre en œuvre est donc limitée en sous face et/ou sous chape. Aussi, l'atteinte de la résistance thermique souhaitée nécessite une isolation mixte.

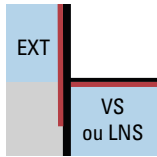
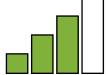
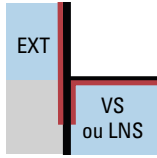
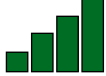
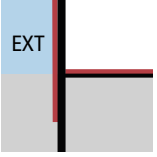

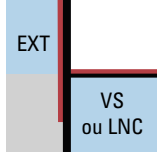

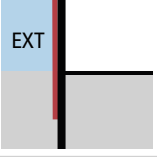

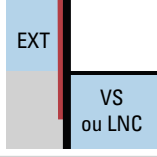

< **CERTIFICATIONS ET QUALIFICATIONS**

- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, CSTBat ou équivalente.

< **PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES**

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

- **Planchers bas / parois verticales isolées par l'extérieur**

Solutions de traitement de la paroi verticale – ITE	Préconisations de traitement de l'interface			
	Terre-plein ou voûte		Vide sanitaire ou local non chauffé	
	Schémas	Performances thermiques	Schémas	Performances thermiques
Isolation en sous-face* (panneaux, projection)	-	-		
	-	-		
Isolation sous-chape*				
Aucune isolation*				

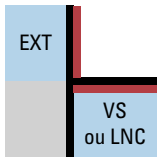
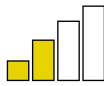
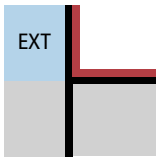
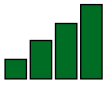
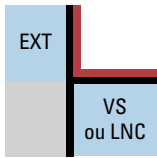
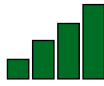
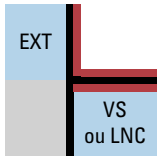
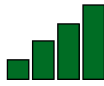
* ATTENTION : performances énergétiques estimées pour une descente d'isolant extérieur minimum de 40 cm.

Cas du vide sanitaire : Après isolation du plancher, la température du vide sanitaire diminue en hiver entraînant des risques de gel accrus pour les canalisations qui y sont situées. Il est nécessaire de les calorifuger ou de les purger, selon leur utilisation, en hiver.

■ **Précautions :**

- Ne pas mettre de barrière à la diffusion de vapeur d'eau en plancher bas. L'éventuelle finition doit être perméable à la vapeur d'eau ;
- Protection mécanique des soubassements : l'isolant extérieur du mur doit être protégé efficacement contre les chocs, les enduits minces sur isolant avec simple armature non renforcée et certains bardages ne sont pas applicables en soubassement.
- Ne pas appliquer de complexes directement sur un mur humide ;
- S'assurer de la bonne aération des locaux

■ **Planchers bas / parois verticales isolées par l'intérieur**

Solutions de traitement de la paroi verticale – ITI	Préconisations de traitement de l'interface			
	Terre-plein ou voûte		Vide sanitaire ou local non chauffé	
	Schémas	Performances thermiques	Schémas	Performances thermiques
Isolation en sous-face (panneaux, projection)	-	-		
Isolation sous-chape				
Isolation mixte	-	-		

Cas du vide sanitaire : Après isolation du plancher, la température du vide sanitaire diminue en hiver entraînant des risques de gel accrus pour les canalisations qui y sont situées. Il est nécessaire de les calorifuger ou de les purger, selon leur utilisation, en hiver.

■ **Précautions pour « planchers bas / parois verticales isolées par l'intérieur ou l'extérieur »**

- Vide sanitaire accessible :
 - Ne pas laisser un isolant à nu (dégradation possible par des rongeurs) ;
 - Si isolation thermique par l'extérieur, le prolongement de l'isolant vers les fondations a pour objectif de traiter le pont thermique du plancher bas. La ventilation du vide sanitaire doit être maintenue pour évacuer l'humidité.
- Caves et sous-sols non enterrés :
 - Complexes à poser en partie basse sur une lisse imputrescible (risques fréquents d'humidité rencontrés en cave et sous-sol) ;
 - Ne pas appliquer de complexes directement sur un mur humide ;
 - S'assurer de la bonne aération des locaux

■ Planchers bas / refends

Solutions de traitement du refend	Préconisations de traitement de l'interface			
	Terre-plein ou voûte		Vide sanitaire ou local non chauffé	
	Schémas	Performances thermiques	Schémas	Performances thermiques
Isolation en sous-face (panneaux, projection)	-	-		
Isolation sous-chappe				
Isolation mixte	-	-		

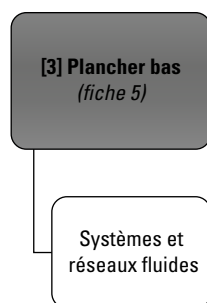
Nota : Amélioration des performances énergétiques avec « manchonnage » du refend en continuité de l'isolant

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le plancher bas et à son interaction avec d'autres lots.

La mise en œuvre d'une isolation du plancher bas est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



DESCRIPTION DE L'INTERACTION

Isolation du plancher bas = diminution des déperditions et donc surdimensionnement (minime) du système de production de chaleur. Distribution des déperditions modifiée donc rééquilibrage des réseaux nécessaire. Opportunité pour remplacer les organes d'équilibrage et pour calorifuger les réseaux de distribution.

Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION PLANCHER BAS / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et à la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Distribution

Si une intervention du plancher bas est prévue, il est opportun de réfléchir à isoler ou renforcer l'isolation des réseaux de fluides situés dans cette zone. Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la structure du plancher	<p>En général le poids des isolants en sous face n'est pas de nature à mettre en cause la résistance du plancher existant.</p> <p>Par contre l'ajout d'une chape coulée sur panneaux d'isolation thermique nécessite de vérifier au préalable la capacité de résistance du plancher existant aux nouvelles surcharges. Les chapes sèches (plaques de plâtre sur isolant thermique) autorisent des surcharges moindres par rapport aux chapes humides.</p> <p>Par ailleurs l'isolation en sous face venant rendre inaccessible la structure existante, il est nécessaire de s'assurer de la bonne qualité de celle-ci auparavant.</p>
Sécurité incendie	<p>Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie en particulier pour les isolants en plafond.</p> <p>Les solutions sont présentées dans le « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation contre les risques d'incendie » édité par le CSTB.</p>
Conforts (hiver, été)	<p>Du point de vue de l'inertie thermique recherchée pour le confort d'été, la chape fluide coulée présente une meilleure performance que la chape sèche (plaques de plâtre sur isolant thermique).</p> <p>Le confort d'hiver est également amélioré par la réalisation d'une chape (diminution de l'effet de paroi froide du sol).</p>
Santé hygiène	Sans objet
Acoustique	Flocages et panneaux collés sont de nature à dégrader légèrement l'isolement acoustique entre sous-sol et rez-de-chaussée.
Accessibilité / habitabilité	<p>Ces travaux ne présentent aucune influence pour les isolations en plafond, si ce n'est une perte de hauteur dans les locaux.</p> <p>Les solutions par chapes sur isolant créent des différences de niveau à traiter vis-à-vis de l'accessibilité des personnes handicapées.</p>

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	L'amélioration des performances énergétiques de la paroi apporte une valorisation de l'immeuble, qui s'étend à la rénovation de l'aspect décoratif ou esthétique des locaux intérieurs. L'amélioration est plus marquée pour les pavillons que pour les logements collectifs.
Maîtrise d'ouvrage Travaux	L'isolation en plafond des sous-sols entraîne des travaux sur toutes les canalisations et réseaux suspendus (points lumineux, câbles, boîtes de dérivation, conduits d'air, etc.). La mise en œuvre de chapes intérieures nécessite un hébergement provisoire des occupants du logement.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

Fiche 06

SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION DU PLANCHER HAUT OU DE LA TOITURE



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Tous matériaux

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les planchers hauts ou sur la toiture pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des ouvrages ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Si toiture-terrace sur support béton : état de l'étanchéité et de son support actuel afin de déterminer si elle peut être conservée comme support de la nouvelle isolation thermique ;
- Si toiture sur charpente bois : état de la structure de la charpente et couverture (étanchéité, défauts et dégradations) ; vérifier éventuel pourrissement des bois, présence d'insectes xylophages, pièces de charpentes exposées aux intempéries ;
- Si toiture sur charpente métallique : état de la structure (défauts et dégradations), éventuelle corrosion ;
- Si plafond : état de conservation des éléments ;
- Type et tenue de l'isolant existant éventuel.

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc.) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ISOLATION EN RÉNOVATION

Solutions techniques	Combles perdus	Combles aménagés	Toitures terrasses
Rouleaux ou panneaux sur plancher léger	✓	X	X
Isolant soufflé	✓	X	X
Panneaux sur toiture*	X	X	✓
Isolant extérieur sous couverture (type sarking)	X	✓	X
Rouleaux ou panneaux en sous pente de toiture	✓	✓	X

* Une attention particulière sera portée sur la compressibilité de l'isolation sous étanchéité des toitures terrasses

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solutions techniques	Performances « BBC-compatibles ¹⁴ » R_{isolant} [m ² .K/W]
Combles perdus	9 – 10
Combles aménagés	6 – 7
Toitures terrasses	5 – 6

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

■ **Rouleaux ou panneaux sur plancher léger en combles perdus**

- Afin de préserver le plancher et l'isolant contre les risques de condensation, il est important d'évaluer ce risque selon la région (zone très froide ou non), le taux de ventilation des combles, la perméabilité à la vapeur d'eau du plancher et le fait qu'il soit recouvert ou non par un plancher. Tous ces éléments déterminent si le pare-vapeur est nécessaire.
- L'étanchéité à l'air doit être traitée, que ce soit par la mise en place du pare-vapeur ou par d'autres éléments.
- La première couche d'isolant est posée ou déroulée entre les solives (épaisseur égale à la hauteur des solives) ;
- La largeur de l'isolant formant la première couche doit être légèrement supérieure à l'écart entre solives (environ 1 cm de plus). Le produit est alors légèrement compressé ;
- Ne pas mettre de pare-vapeur entre les deux couches d'isolant (ni un isolant revêtu kraft ou alu) ;
- La seconde couche d'isolant est posée en couche croisée par rapport à la première ;
- L'isolant ne doit pas être compressé dans son épaisseur ;
- Si découpe d'isolant, la coupe doit être soignée pour ne pas laisser de jour entre l'isolant et les éléments de charpente (au besoin, calfeutrer avec des bouts d'isolants) ;
- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, CSTBat ou équivalente.



¹⁴ Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique

■ Isolant soufflé sur plancher léger en combles perdus

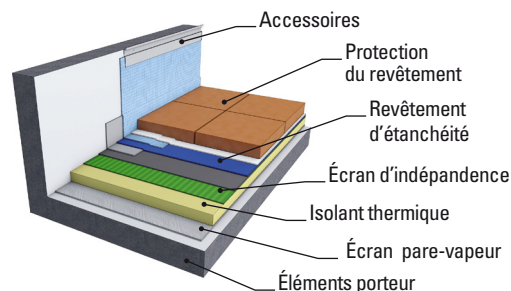
- Afin de préserver le plancher et l'isolant contre les risques de condensation, il est important d'évaluer ce risque selon la région (zone très froide ou non), le taux de ventilation des combles, la perméabilité à la vapeur d'eau du plancher et le fait qu'il soit recouvert ou non par un plancher. Tous ces éléments déterminent si le pare-vapeur est nécessaire.
- L'étanchéité à l'air doit être traitée, que ce soit par la mise en place du pare-vapeur ou par d'autres éléments.
- La technique consiste à recouvrir la surface du plancher de comble à l'aide d'un produit isolant conditionné en vrac ;
- L'isolant ne doit pas être compressé dans son épaisseur ;
- Eviter des combles trop ventilés où les courants d'air risqueraient de déplacer le produit ;
- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, CSTBat ou équivalente.



■ Isolation des toitures terrasses

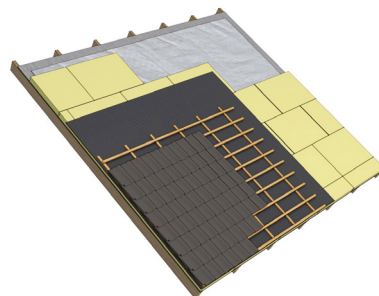
Deux solutions sont envisageables : l'isolation sous étanchéité (toiture-isolant-étanchéité) ou l'isolation inversée (toiture-étanchéité-isolant).

- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, ATec, DTA, CSTBat ou équivalente ;
- Variante : dans le cas d'une isolation par l'intérieur des parois verticales, l'isolant peut être placé en sous-face du plancher haut **en plus de l'isolant sur toiture**. La plus forte épaisseur d'isolant est à placer au-dessus du plancher (épaisseur 3 à 4 fois supérieure à celle placée en plafond). De plus, si un taux important d'humidité relative est constaté côté intérieur, alors il est fortement conseillé de mettre en œuvre un pare vapeur en sous-face de l'isolant intérieur ;
- Selon l'accessibilité à la toiture, la compacité du complexe isolant devra être vérifiée.



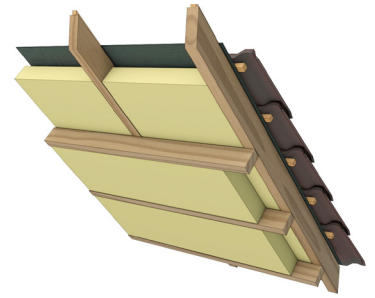
■ Isolation extérieure sous couverture (type sarking) en combles aménagés

- Dépose de la couverture existante / pose d'un écran rigide sur les chevrons / pose d'un pare-vapeur / mise en place des panneaux d'isolant / mise en place de contre-chevron et de liteaux / repose de la couverture ;
- En variante des panneaux sandwichs bois ou panneaux chevrons bois assurent les mêmes fonctions à partir d'éléments préfabriqués ;
- Laisser une lame d'air de 3 cm entre la couverture et l'isolant afin d'assurer une ventilation suffisante et d'éviter les chocs thermiques sur la toiture ;
- Ce mode d'intervention ne fait pas l'objet d'un DTU. Seuls des ATec ou des DTA y font référence ;
- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, CSTBat ou équivalente.



■ **Rouleaux ou panneaux en sous pente de toiture en combles aménagés (et combles perdus)**

- Laisser une lame d'air de 3 cm entre les tuiles et l'isolant afin d'assurer une ventilation suffisante et d'éviter les chocs thermiques sur la toiture ;
- Première couche entre chevrons et deuxième couche croisée
- Pose d'un pare-vapeur coté intérieur avant finition ;
- Ce mode d'intervention n'est pas régi par les règles de l'art actuelles. Ils ne font référence aujourd'hui qu'à des ATec ou DTA ;
- Utiliser des produits ayant la certification ACERMI, CSTBat ou équivalente.



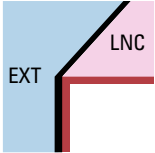
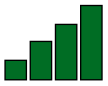
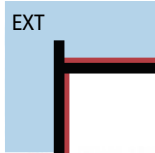
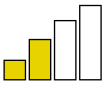
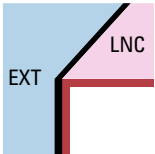
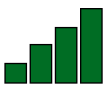
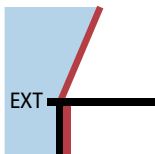
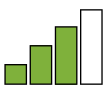
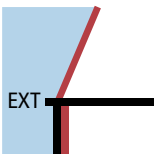
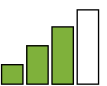
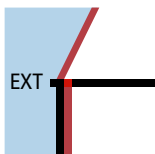
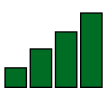
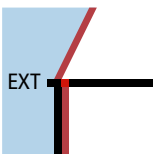
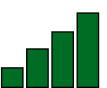
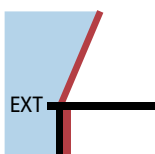
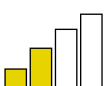
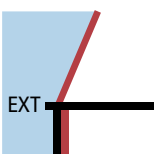
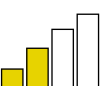
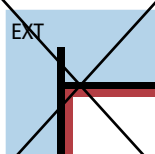
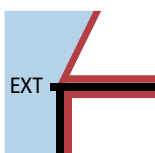
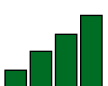
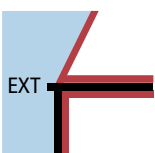
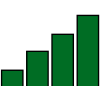
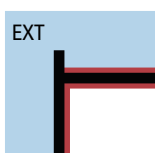
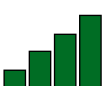
< **PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES**

Une interface est une jonction physique entre deux lots.

■ **Plancher haut ou toiture / parois verticales isolées par l'extérieur**

Solutions de traitement de la paroi verticale – ITE	Préconisations de traitement de l'interface					
	Combles perdus		Combles aménagés		Toitures terrasses	
	Schéma	Performances thermiques	Schéma	Performances thermiques	Schéma	Performances thermiques
Rouleaux ou panneaux en surface du plancher			-	-		
	-	-	-	-		
Isolant en vrac			-	-	-	-
Isolation extérieure sous couverture (type sarking)					-	-
Rouleaux ou panneaux en sous-face de la toiture					-	-
Isolation mixte	-	-	-	-		

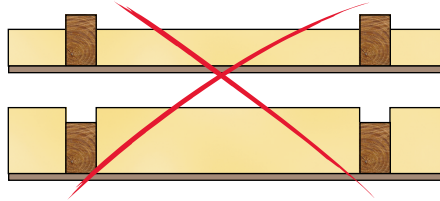
■ Plancher haut ou toiture / parois verticales isolées par l'intérieur

Solutions de traitement de la paroi verticale – ITI	Préconisations de traitement de l'interface					
	Combles perdus		Combles aménagés		Toitures terrasses	
	Schéma	Performances thermiques	Schéma	Performances thermiques	Schéma	Performances thermiques
Rouleaux ou panneaux en surface du plancher			-	-		
Isolant en vrac			-	-	-	-
Isolation extérieure sous couverture (type sarking)					-	-
					-	-
Rouleaux ou panneaux en sous-face de la toiture						x
Isolation mixte						

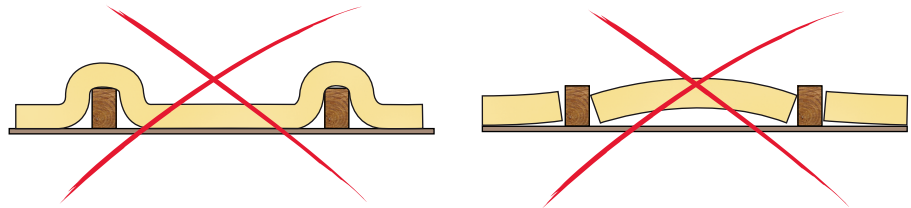
< TECHNIQUES OU DISPOSITIONS À PROSCRIRE

■ Rouleaux ou panneaux en combles perdus

- L'épaisseur de la première couche d'isolant doit être égale à la hauteur des solives :

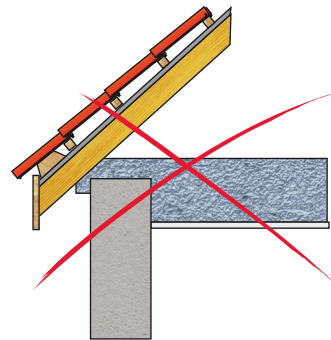


- L'isolant doit être posé entre les solives, sans vide d'air :



■ Isolant soufflé en combles perdus

- Pour la pose d'isolant soufflé, les abouts ne doivent pas être traités avec l'isolant (cf. préconisations spécifiques) :



- Pour tout type de traitement des combles non-aménagés, éviter de marcher directement sur l'isolant.

■ Toiture terrasse

Interdiction d'isoler la toiture terrasse uniquement en sous-face (risque de fissurations occasionnées par les fortes variations thermiques).

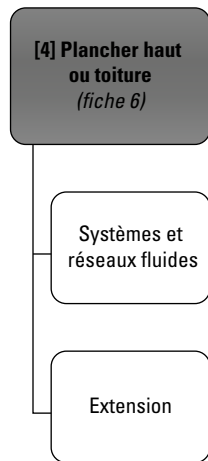
- **Complément d'isolation : « Isolants minces réfléchissants »** ne doivent pas être mis en place en tant qu'isolant, mais en tant que compléments d'isolation.

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le plancher haut ou la toiture et à leur interaction avec d'autres lots.

La mise en œuvre d'une isolation du plancher haut ou de la toiture est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



DESCRIPTION DES INTERACTIONS

Isolation du plancher haut ou de la toiture = diminution des déperditions et donc surdimensionnement (minime) du système de production de chaleur. Distribution des déperditions modifiée donc rééquilibrage des réseaux nécessaire. Opportunité pour remplacer les organes d'équilibrage.

Isolation du plancher haut ou de la toiture = occasion pour créer une surélévation (toiture-terrasse) ou pour transformer des combles perdus en combles habitables (toiture en pente).

Après avoir détaillé la nature des interactions nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION PLANCHER HAUT OU TOITURE / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage et à la modification de l'inertie du bâtiment, après isolation.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

< INTERACTION TOITURE-TERRASSE / SURÉLÉVATION OU COMBLES PERDUS / COMBLES AMÉNAGÉS

Si des travaux sur la toiture-terrasse sont envisagés, il peut être opportun de réfléchir à la possibilité de mettre en place une surélévation sur cette toiture. Les avantages d'une surélévation sont multiples : création de surfaces, possibilité de financer des travaux avec la vente de la surélévation, etc.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Dans le cas de la présence de combles perdus, il est aussi intéressant de réfléchir à la transformation en combles aménagés, pour pouvoir créer des surfaces.

Une étude d'un bureau d'études structures et/ou d'un architecte doit être réalisée pour confirmer ces possibilités.

< INTERACTION COMBLES / VENTILATION MÉCANIQUE

Dans le cas où une ventilation mécanique est déjà en place et que le(s) caisson(s) de ventilation est localisé dans les combles, il peut être opportun, lorsqu'une isolation des combles est prévue, d'en profiter pour vérifier l'état des caissons et de réfléchir à l'opportunité de venir remplacer ce(s) dernier(s).

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de la structure	Les charges apportées par l'isolation thermique sont peu significatives par rapport au poids total de la couverture ou de la terrasse. L'isolation en sous face d'une couverture rendant inaccessible les ouvrages de structure de celle-ci, une analyse préalable de leur bonne qualité est à envisager afin de réaliser les ouvrages nécessaires à court terme.
Sécurité incendie	Les travaux en intérieur doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie en particulier pour les isolants en plafond. Les solutions sont présentées dans le « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation contre les risques d'incendie » édité par le CSTB. L'isolation thermique des planchers en terrasse n'est pas concernée par ces exigences
Conforts (hiver, été)	L'isolation des combles apporte une amélioration significative du confort d'été des logements du dernier étage en particulier lorsque l'inertie de l'immeuble est faible.
Santé hygiène	Sans objet
Acoustique	La solution de panneaux isolants formant à la fois plafond et support de couverture nécessite des précautions au droit des parois séparatives entre logements : il s'agit d'un point singulier à traiter afin de ne pas subir de transmission latérale des bruits d'un logement à l'autre.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine Architecture	L'amélioration des performances énergétiques de la paroi en partie haute des logements apporte une valorisation de l'immeuble, qui est plus marquée pour les pavillons que pour les logements collectifs.
Maitrise d'ouvrage Travaux	Lors de la mise en place de l'isolant thermique sous toiture, il faut veiller à assurer une ventilation des ouvrages supports de couverture (lites) et du dessous de la couverture. La présence d'amiante dans les éléments de couverture nécessite la mise en œuvre de précautions lors des travaux pour ne pas exposer les travailleurs et les futurs occupants.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des produits isolants : <http://www.acermi.com/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

Fiche 07

SOLUTIONS TECHNIQUES BAIES VITRÉES



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Matériaux : Bois, PVC, aluminium

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les menuiseries extérieures pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition et l'état de conservation des ouvrages ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

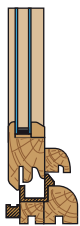
- Nature des éléments : menuiseries, vitrage (simple ou double), fermetures (volets) ;
- Etat de conservation : fuites, qualité de fonctionnement, isolement acoustique ;
- Etat du dormant (état d'oxydation, de moisissure, de déformation), maintien mécanique et étanchéité.
- Rôle des menuiseries dans la ventilation (type d'entrées d'air) ;
- Classement acoustique des infrastructures environnantes (routes, voie ferroviaires, couloirs aériens, ...)

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages et points singuliers ;
- Etat de conservation et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, etc..) ;
- Liste des actions de réparation préalables nécessaires (capacité de conserver la menuiserie existante pour créer une double fenêtre) ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique (conservation d'une partie du dormant) ;
- Liste des travaux associés.

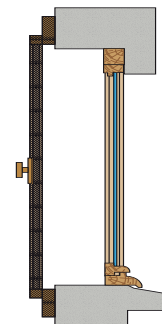
< CHOIX DE LA TECHNIQUE DE POSE

Dans le cas d'une menuiserie simple vitrage ou double vitrage première génération¹⁵

Solution de traitement des baies vitrées		
Solution	Schéma	Préconisations
Changement complet de la menuiserie		<ul style="list-style-type: none"> – Menuiseries double vitrage 4/16/4²⁰ peu émissif, lame argon ou triple vitrage – Positionnement de la fenêtre dans le tableau (milieu de tableau, nu extérieur ou nu intérieur du porteur), fonction de la technique d'isolation des parois verticales associée ou future (isolation intérieure-extérieure) – Entrées d'air dans les pièces de vie imposées par la Réglementation Thermique dans l'existant, si aucun système de ventilation n'est présent

Cette solution est la plus pertinente d'un point de vue énergétique et assure un meilleur traitement optimal à la perméabilité à l'air (grâce au changement du cadre complet). Toutefois, dans le cas de **bâtiments classés**, trois autres techniques peuvent être mises en œuvre :

- Remplacement des vitrages (conservation du dormant et ouvrants existants)
 - Maintien de la fenêtre au même emplacement ;
 - Pose d'un double vitrage 4/16/4¹⁶ peu émissif, lame argon ; vérifier la compatibilité avec la largeur de la feuillure existante, que les dormants et ouvrants peuvent supporter le poids des nouveaux vitrages. Une étude approfondie devra être menée afin d'écartier tout risque de condensation sur les éléments opaques conservés.
- Pose d'une double fenêtre (côté intérieur)
 - Positionnement de la double fenêtre côté intérieur de la baie d'origine qui, elle, reste en place ;
 - Mettre impérativement en place des entrées d'air dans les deux menuiseries pour assurer une bonne ventilation (cf. « Interactions entre éléments », partie ventilation) ;
 - La pose de la double fenêtre peut aussi se faire côté extérieur.
- Pose en rénovation avec conservation du dormant existant



Une dernière solution consiste à poser une nouvelle menuiserie sur les dormants existants. Par contre cette solution impose différentes contraintes :

- Diminution du clair de vitrage
- Augmentation nette du pont thermique d'encadrement de baie, accentuant les risques de condensation superficielle

Il est impératif de vérifier l'état du dormant existant avant toute modification.

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Solution technique	Performances « BBC-compatibles ¹⁷ »	
	U fenêtres [W/ (m ² .K)]	Sw (hiver)
Baies vitrées	< 1,7	

¹⁵ Double vitrage première génération : avant 1982.

¹⁶ En cas de contraintes acoustiques, il sera nécessaire de moduler les épaisseurs de vitrage et de lame de gaz

¹⁷ Valeurs moyennes, fonction de la zone climatique et du matériau

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

■ Caractéristiques des matériaux de baies

- Dans le cas des menuiseries métalliques, prévoir des menuiseries à rupture de ponts thermiques
- Dans le cas des menuiseries PVC, il sera difficile, du fait du poids de la menuiserie, d'installer des fenêtres « grand format » (au-delà des tailles standards).

■ Caractéristiques des baies vitrées

- Les doubles vitrages, pour des performances optimales, posséderont : un espace entre les 2 vitres de 16 mm, un espace rempli d'un gaz « lourd » (argon, krypton, etc.), un traitement à faible émissivité en phase 3 (sur la face côté lame de gaz du vitrage intérieur) et un intercalaire à rupture de pont thermique (bord chaud ou « warm edge ») ;
- Le triple vitrage est très bénéfique vis-à-vis des déperditions d'hiver ($0,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} < U_w < 1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), mais réduit la transmission des apports solaires « gratuits » et l'éclairage naturel. Il ne peut conduire à un gain significatif que dans les zones froides et pour les expositions nord.

Plutôt équiper les fenêtres exposées au sud et à l'ouest de doubles vitrages, les autres orientations pouvant être équipées de triples vitrages, au moins en zone climatique H1. Pour les autres zones climatiques, le triple vitrage n'apporte pas de gain de consommation significatif si les facteurs solaires sont trop faibles.

- En fonction des lois d'urbanisme des collectivités, l'uniformisation des modèles, matériaux (bois, métal), proportions, partitions des carreaux, types d'occultation et teinte sera nécessaire pour une même façade ;

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES

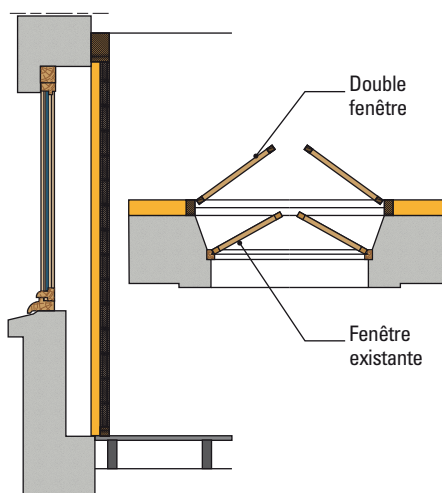
Une interface est une jonction physique entre deux lots.

Baies vitrées / Murs extérieurs

- S'assurer que le support puisse recevoir la menuiserie avant la pose (tolérance satisfaisante).
- Solutions de traitement thermique des ponts thermiques :
 - si le dormant et les ouvrants sont conservés, le positionnement de la nouvelle baie vitrée est identique à l'initiale ;
 - si le remplacement est total, le positionnement de la nouvelle menuiserie sera en partie fonction de la technique d'isolation thermique des parois verticales associée ou future.
- Si les façades sont isolées par l'extérieur, de préférence poser les menuiseries neuves au niveau de l'isolant (au nu extérieur du mur existant).
- Remarque : la performance énergétique globale sera atteinte en optimisant le positionnement de la fenêtre, le coefficient de transmission thermique de la fenêtre et les apports solaires.

■ Cas particulier de la pose d'une double fenêtre :

Il s'agit généralement de préserver le patrimoine et/ou de traiter les problèmes acoustiques. Aussi, dans l'éventualité où une isolation intérieure est prévue, la double fenêtre prend logiquement place en continuité du doublage isolant.



Risque de condensation entre les deux fenêtres : le revêtement de la paroi dans cette zone doit donc ne pas être sensible à l'humidité (éviter le plâtre peint et préférer des matériaux bruts type pierre bois).

Baies vitrées / Coffres de volets roulants

■ Menuiserie avec volet roulant existant :

- Menuiserie avec coffre intérieur indépendant (menuiserie fixée au coffre intérieur) :

Lors de la dépose de la menuiserie, des précautions seront prises pour la conservation (si souhaitée) du coffre existant (généralement en bois). Le coffre conservé devra être isolé thermiquement et toutes les infiltrations d'air parasites devront être traitées.

Il est également possible de déposer la totalité (menuiserie et coffre) et de reposer, dans la même configuration un bloc baie de caractéristiques thermiques nettement meilleures qu'en état existant.

L'entrée d'air de la ventilation peut être placée au niveau du coffre de volet roulant ou dans la menuiserie.

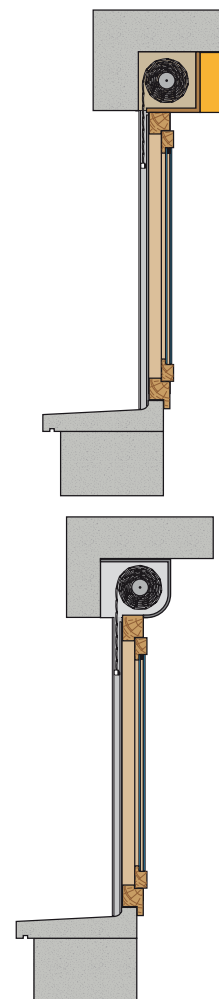
- Menuiserie avec coffre intérieur intégré (bloc baie) :

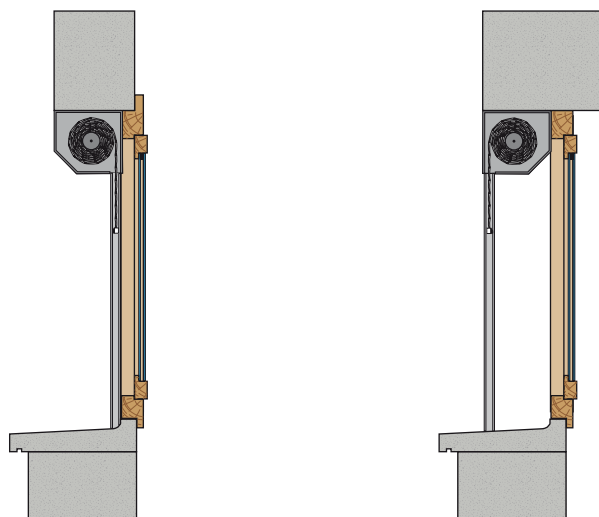
Le bloc baie (généralement en PVC) est entièrement déposé pour être remplacé par un nouvel ensemble plus performant.

L'entrée d'air de la ventilation peut être placée au niveau du coffre de volet roulant ou dans la menuiserie.

■ Menuiserie sans volet roulant existant :

- En ITE, les coffres de volets roulants sont généralement placés à l'extérieur : un isolant devra être mis en place entre le coffre et le linteau. La largeur des coulisses doit également permettre le retour d'isolant pour les tableaux. Enfin, le capot du coffre de volet doit pouvoir s'ouvrir, même après isolation des tableaux.





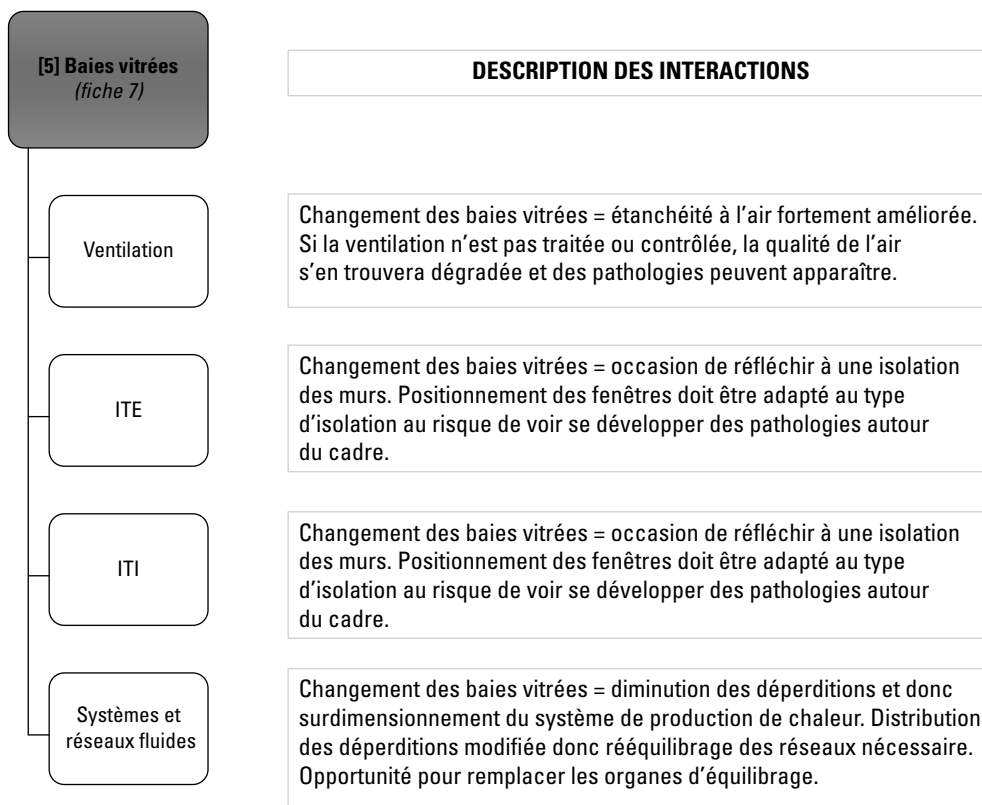
- En ITI, les coffres de volets roulants sont placés à l’intérieur pour des raisons esthétiques. Ils doivent être isolants. (cf. § Menuiserie avec coffre intérieur intégré (bloc baie)).

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d’autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées au changement des baies vitrées et à son interaction avec d’autres lots.

Le changement des baies vitrées est l’occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d’étudier l’opportunité d’une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION BAIES VITRÉES / VENTILATION

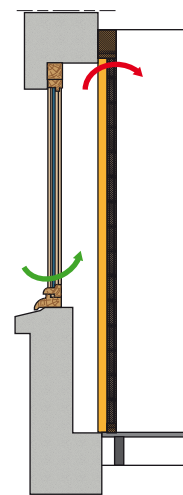
Des réflexions sur la ventilation du logement doivent être engagées pour chaque réhabilitation, même si des mesures partielles, comme par exemple le remplacement des fenêtres, sont prévues. Il faut dans tous les cas assurer une ventilation suffisante.

Une réhabilitation avec une isolation des parois et/ou un changement des fenêtres modifie l'étanchéité à l'air du bâtiment. Il faut donc reconsidérer la ventilation des logements. Si aucun système de ventilation n'est présent, il est obligatoire d'équiper les nouvelles menuiseries d'entrées d'air bien dimensionnées. En parallèle de ces entrées d'air, il convient d'installer des bouches d'extraction dans les pièces humides raccordées par gaine à un extracteur pouvant reprendre la totalité des débits réglementaires.

Quelques points spécifiques à prendre en considération :

- Pour un remplacement des menuiseries, il sera impératif d'y intégrer, dès la fabrication, des entrées d'air (imposé par la réglementation thermique des bâtiments existants), permettant un débit conforme à la réglementation de 1982 et en cohérence avec le système de ventilation envisagé ;
- Si des menuiseries double-vitrage ont déjà été installées, la mise en place d'entrées d'air hygro-réglables est possible par la création (ou l'élargissement) de mortaises ;
- Lors de la pose d'une double fenêtre (côté intérieur), les deux menuiseries devront être pourvues d'entrées d'air. L'entrée d'air sur la menuiserie existante conservée devra être de type autoréglable et surdimensionnée par rapport à l'entrée d'air (hygro-réglable ou autoréglable) de la deuxième menuiserie installée côté intérieur.

De plus, afin de ventiler l'espace entre les deux menuiseries et de profiter des apports solaires pour le préchauffage de l'air, il est possible de placer la première entrée d'air (autoréglable) en partie basse de la menuiserie existante et la deuxième entrée d'air en partie haute de la menuiserie installée côté intérieur. Inverser ces positions entraîne des condensations.



Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est mécanique :

Performance / Vétusté Ventilation mécanique		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés Age > 20 ans	Age entre 10 et 20 ans	Age entre 5 et 10 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Performance	1	Simple flux débit fixe	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Double flux sans échangeur	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	Double flux avec échangeur (η < 70%) Simple flux auto réglable	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	4	Double flux avec échangeur (η > 70%) Simple flux hygro réglable	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action

Dans le cas où la ventilation de l'état actuel est naturelle :

Performance / Vétusté Ventilation naturelle		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Bouches/conduits encrassés ou colmatés	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Ventilation naturelle	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	2	Ventilation naturelle réhabilitée	Action à engager immédiatement*		Action à engager immédiatement*
	3	Ventilation naturelle assistée	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire
	4	Ventilation basse pression	Action à engager immédiatement*		Action non prioritaire

* Cf. fiche 8 « Solutions techniques de ventilation naturelle » pour description détaillée de l'action (amélioration de la ventilation naturelle) – cf. fiche 9 « Solutions techniques de ventilation mécanique contrôlée (VMC) » pour description détaillée de l'action (passage à une ventilation mécanisée)

< INTERACTION BAIES VITRÉES / ITE

Dans le cas où les murs extérieurs de l'état actuel ne disposent d'aucune isolation, l'action est à engager immédiatement (représenté en « performance 1 » ci-dessous).

Performance / Vétusté Murs isolés par l'extérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade présentant un mauvais état général	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 2 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 4 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Lorsque la façade a fait l'objet de travaux très récemment et dans le cas où le coche de l'isolation des murs a été manqué : bien que financièrement il est peu probable que cette action soit engagée, il a tout de même été préconisé dans le tableau que l'action est à engager immédiatement car l'interaction est considérée comme forte, surtout dans le cas de l'isolation par l'extérieur.

En effet, cette action est importante, puisque la position des baies dans l'encadrement va déterminer s'il y a besoin ou non de retour d'isolant. Dès lors, si le remplacement des baies vitrées est à prévoir, il est possible d'agir sur la position des nouvelles fenêtres, c'est pourquoi il est fortement conseillé de réaliser ces deux actions dans le même temps.

Dans tous les cas, lorsqu'un coffre de volet roulant est positionné à l'extérieur, il doit être compatible avec une isolation des murs par l'extérieur. Un isolant doit être positionné entre le linteau et le coffre. La largeur du capot ainsi que celle des coulisses doivent permettre l'isolation des tableaux.

Pour compléter cette approche via les indicateurs de performance énergétique et de vétusté des murs extérieurs, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITE et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Solutions de traitement de la liaison « paroi verticale » – ITE	Préconisations « interaction »				
	Positionnement de la menuiserie	Au droit intérieur du porteur	Au milieu du porteur	Au droit extérieur du porteur	Au droit de l'isolant
Schéma					
Performances thermiques de la liaison					X

< INTERACTION BAIES VITRÉES / ITI

Dans le cas où les murs extérieurs de l'état actuel ne disposent d'aucune isolation, l'action est à engager immédiatement (représenté en « performance 1 » ci-dessous).

Performance / Vétusté Murs isolés par l'intérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade intérieure présentant un mauvais état général	Façade intérieure présentant des dégradations ponctuelles	Façade intérieure présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade intérieure ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 1 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 3 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Dans le cas des murs isolés par l'intérieur, si la façade intérieure présente d'importants problèmes (pathologies, condensation, etc.), il est conseillé de traiter le problème et d'en profiter pour ré-isoler par l'intérieur. De la même façon que le paragraphe précédent (interaction baies /ITE), l'implantation de coffre de volet roulant à l'extérieur doit permettre l'isolation des tableaux, appuis et linteaux.

Pour compléter cette approche via les indicateurs performance énergétique et vétusté des murs extérieurs, nous proposons des recommandations quant à la liaison ITI et baies vitrées. Ces schémas mettent d'autant plus en évidence l'importance de la bonne gestion de ce point.

Solutions de traitement de la paroi verticale – ITI	Préconisations « interaction »			
Positionnement de la menuiserie	Au droit intérieur du porteur	Au droit de l'isolant	Au milieu du porteur	
Schéma				
Performances thermiques de la liaison				X

< INTERACTION BAIES VITRÉES / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage.

Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et même étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation des menuiseries	En cas de conservation d'un dormant existant, il faut vérifier son état (joint, absence de moisissure ou dégradation) et le traiter si nécessaire, car il deviendra en partie inaccessible.
Sécurité incendie	Les travaux devront respecter la circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation. En particulier selon l'instruction technique n°249 relative aux façades, les menuiseries devront respecter les exigences de masse combustible de la façade, ainsi que celles relatives aux dispositions constructives, et au type d'isolation prévu (par l'intérieur ou par l'extérieur) : – Bandes de laines minérales autour des menuiseries – Cornières métalliques rigides en encadrement
Conforts (hiver, été)	Le changement des menuiseries apporte une amélioration du confort d'hiver (température de surface des châssis et vitrages plus élevée qu'avec les anciens vitrages et châssis). Volets ou stores à lames extérieures constituent des moyens simples et efficaces pour réguler la température des logements : la nuit en hiver, ils limitent les pertes de chaleur ; le jour en été, ils protègent du rayonnement direct du soleil.
Santé hygiène	La reprise des menuiseries extérieures doit être accompagnée d'une analyse du système de ventilation des logements et éventuellement de sa rénovation.
Acoustique	L'isolation acoustique de la façade vis-à-vis des bruits extérieurs est toujours amélioré quel que soit le procédé choisi (l'amélioration étant plus ou moins grande selon le type de fenêtre existante). Les fenêtres équipées de triple-vitrage ont une vocation thermique plus qu'acoustique (leurs performances acoustiques sont équivalentes à une fenêtre équipée de double-vitrage).
Accessibilité / habitabilité	Lors du changement des portes fenêtres donnant sur les balcons et loggias ou sur l'extérieur, on s'attachera à améliorer l'accessibilité des personnes handicapées.

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine Architecture	La mise en place de menuiseries extérieures neuves apporte une amélioration du patrimoine cumulant différents effets : performance énergétique, fonctionnement plus aisé, aspect esthétique rénové, amélioration acoustique.
Maitrise d'ouvrage Travaux	La réalisation couplée de travaux sur les menuiseries et sur l'ITE nécessite l'intervention d'une ingénierie technique traitant les domaines d'étanchéité, acoustique, thermique, incendie.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
 - Certification des vitrages : www.cekal.com/
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie « principales sources de l'étude »

Fiche 08

SOLUTIONS TECHNIQUES DE VENTILATION NATURELLE



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les ouvrages participant à la ventilation naturelle d'un logement, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Identifier l'année de construction du bâtiment ;
- Comprendre le fonctionnement et identifier les principes qui la régissaient lors de sa conception ;
- Recenser les modifications du système initial de ventilation ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique / confort.

Contenu du diagnostic :

- Caractéristiques du système de ventilation existant : type, matériels et composants ;
- Etat des réseaux (vacuité, encrassement, etc.) et recensement des altérations du système initial : entrées/grilles d'extractions d'air obturées, hottes de cuisine reliées, clapet coupe-feu défectueux, etc. ;
- Avis des occupants sur le système existant : nuisance sonore, problèmes de refoulement, odeurs, etc. ;
- Environnement du bâtiment : zones ventées, risque de pollution de l'air extérieur, zones de bruit extérieur, zone à risque de radon, etc. ;
- Prise en compte des contraintes de sécurité incendie (clapets coupe-feu, matériau des gaines, etc.) de la présence ou non d'équipements de combustion utilisant l'air ambiant comme air comburant, appareil non étanche autre que la gazinière, et du mode d'évacuation des gaz de combustion.

Conclusions attendues :

- Description du système en place et éventuels dysfonctionnements ;
- Contraintes intérieures et extérieures influençant la rénovation du système ;
- Attentes des occupants vis-à-vis du nouveau système de ventilation ;
- Liste des réparations et des travaux nécessaires à l'installation d'un nouveau système ;

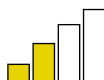
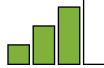
< RÉGLEMENTATION

La réglementation actuellement en vigueur doit être respectée uniquement si le principe de fonctionnement de la ventilation est modifié. Sinon, la réglementation en vigueur à l'époque de construction s'applique.

- Arrêté 14 novembre 1958 : 1^{er} texte de loi national ; aération pièce par pièce (entrée et sortie d'air) des pièces humides.
- Arrêté 22 octobre 1969 : arrête le principe de ventilation générale, avec entrée d'air neuf dans les pièces de vie et extraction dans les pièces humides, et permanente, lors de la période de chauffage, des logements.
- Arrêté 24 mars 1982 (modifié par arrêté 28 octobre 1983) : débits d'air à extraire à conditions climatiques moyennes d'hiver selon typologie du logement et type de ventilation installée.

Solutions d'amélioration énergétique

< CHOIX DE LA TECHNIQUE EN RÉNOVATION






Solutions techniques	Performance énergétique
Ventilation naturelle réhabilitée	
Ventilation naturelle assistée	

Les solutions techniques comme la Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC), la ventilation mécanique contrôlée basse pression, la ventilation mécanique répartie sont traitées dans la [Fiche 9].

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Les systèmes hygro-réglables modulent les débits en fonction du taux d'hygrométrie de l'air intérieur, qui est un indicateur de l'activité dans le logement. Ainsi ces systèmes permettent de limiter les déperditions par la ventilation tout en améliorant le confort et en assurant les débits de renouvellement d'air réglementaires (arrêté 28 octobre 1983).

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Solutions techniques	Ventilation naturelle réhabilitée	Ventilation naturelle assistée
Confort thermique		
Renouvellement et qualité d'air intérieur		
Traitement du bruit		
Facilité d'installation		
Entretien / maintenance		

■ Ventilation naturelle réhabilitée :

En réhabilitation, un des avantages de la ventilation naturelle est de réutiliser les conduits existants de fumée ou de ventilation. Ces conduits sont généralement maçonnés. Selon l'âge du bâtiment, seront réutilisés soit les conduits individuels (autant de conduits que de bouches) soit les conduits SHUNT (raccordement individuel de hauteur d'étage sur un conduit collecteur collectif).

Elle ne fonctionne que par balayage : entrées d'air dans les pièces de vie (chambres, séjours, ...) et bouches d'extraction d'air dans les pièces humides (cuisine, WC, salle de bain, ...). Les portes intérieures doivent donc être détalonnées afin que l'air puisse circuler dans le logement.

La réhabilitation concerne en particulier les entrées et les bouches d'extraction d'air :

- Ventilation hygro-réglable de type B à privilégier ;
- Renouvellement d'air par tirage thermique et par effet du vent ;
- Entrées d'air à positionner de préférence en partie haute (sensation de courant d'air froid évité) soit des menuiseries, soit des coffres intérieurs des volets roulants, soit en traversée de parois ;
- Conduits d'extraction (individuels ou collectifs).

La réhabilitation des conduits consiste à leur reconnaissance (quel conduit en toiture dessert quelle bouche en logement), la vérification de leur vacuité et de leur continuité (pas de trous).

Pour fonctionner, la ventilation naturelle réhabilitée nécessite une hauteur de tirage minimale, il n'est donc possible de l'installer que sur des bâtiments d'au moins de 8-10 étages, en deçà, il faut assister le tirage via la ventilation naturelle assistée.

■ Ventilation naturelle assistée :

La ventilation naturelle assistée est de la ventilation naturelle réhabilitée à laquelle on ajoute une assistance mécanique en toiture afin d'assurer le tirage.

Cette assistance mécanique en toiture ne se met en fonctionnement que si le débit extrait est insuffisant, cas notamment en mi-saison lorsque les températures extérieures sont moins basses et donc le tirage thermique inopérant.

< TECHNIQUE À PROSCRIRE

■ Ventilation mécanique ponctuelle :

Elle consiste en l'installation d'un ou plusieurs systèmes d'extraction mécanique dans les pièces humides et à garder la ventilation naturelle en l'état dans les autres pièces. Ce système est généralement installé afin de pallier à un manque de ventilation qui génère un inconfort (buée, condensation, ...) et/ou des pathologies (murs humides, moisissures, ...) ; exemple : salle de bain sans entrée ni sortie d'air mais avec une fenêtre. Ce système ne fonctionne pas en permanence, actionné par l'utilisateur ou bien asservie (détecteur de présence, d'humidité, horloge, ...).

Ainsi, ce système ne respecte pas l'arrêté de 1969 : la ventilation n'est ni générale, ni permanente. Le rejet du ventilateur vers l'extérieur se fait soit en direct (ventilateur positionné contre le mur extérieur) soit via un conduit (de longueur limitée).

< MAINTENANCE / ENTRETIEN

■ Fréquence des interventions

Dans le cas d'un système mécanique d'extraction, son fonctionnement doit être vérifié une fois par an. Le ramonage périodique des conduits horizontaux (entre 1 et 3 ans) est conseillé.

Le nettoyage, à l'aide d'un chiffon tous les 6 mois, des entrées et des bouches d'extraction à l'intérieur du logement peut se faire par les occupants.

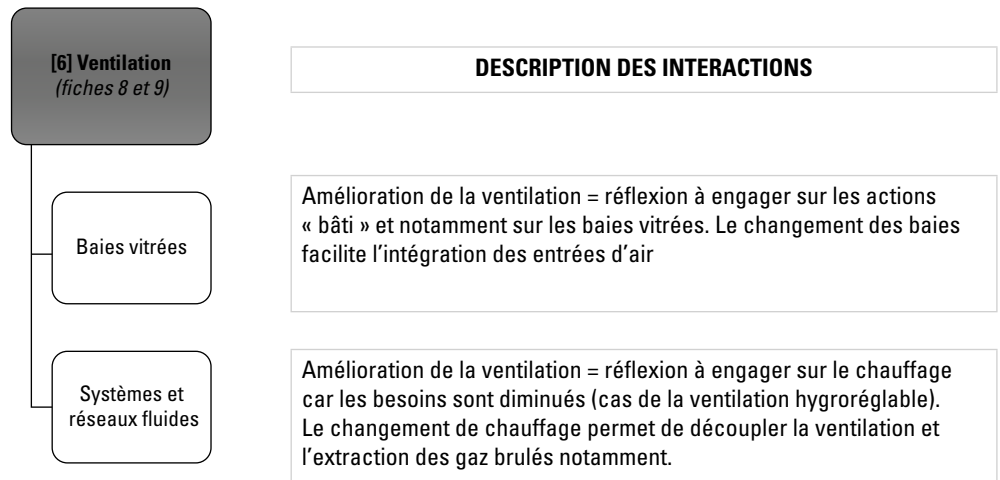
■ **Accessibilité des installations**

Lors de la conception de la nouvelle installation, l'accessibilité des éléments nécessitant un entretien sera étudiée afin d'en faciliter l'accès et les opérations.

< **INTERACTIONS ENTRE ÉLÉMENTS**

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le poste ventilation et à son interaction avec d'autres lots.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< **INTERACTION VENTILATION / BAIES VITRÉES**

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1 Uw > 4,00 (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2 2,6 < Uw < 4,00 (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3 1,3 < Uw < 2,6 Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire
	4 Uw ≤ 1,3 Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action
 ** Hors contraintes acoustiques

< INTERACTION VENTILATION / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Avant d'évoquer les tableaux croisés de performance/vétusté des systèmes et réseaux fluides, il est important de rappeler deux obligations liées aux équipements de combustion :

■ Équipement de combustion à brûleur atmosphérique (non étanche)

L'amélioration de la ventilation induit une **réflexion globale** sur les améliorations à apporter au bâtiment, notamment relatif aux équipements de combustion non étanches :

Si des équipements de combustion (autre que les gazinières) utilisant l'air ambiant comme air comburant sont installés et qu'il n'est pas prévu de les remplacer par des équipements étanches (c'est-à-dire dont l'air comburant n'est pas puisé dans l'air ambiant du local), alors il faudra vérifier les deux conditions suivantes :

$$\text{SMEA} \geq 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

ET

$$\text{SMEA} \geq 6,2 \times P \text{ m}^3/\text{h}$$

SMEA = Somme de Module d'Entrée d'Air

P = puissance utile en kW de l'appareil à combustion

■ Équipement de combustion à brûleur à air pulsé (étanche) : pas d'interface avec la ventilation ; extraction des fumées par ventouse indépendante.

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage. Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de l'immeuble	La réhabilitation de la ventilation naturelle ou l'installation d'une ventilation naturelle assistée contribuent à l'amélioration du comportement hygrothermique des ouvrages : ces travaux permettent de réguler et de maîtriser l'évacuation de vapeur d'eau pour éviter d'éventuelles condensations sur parois froides.
Sécurité incendie	Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie lors des modifications de ventilation. L'installation de systèmes de ventilation naturelle assistée ou de ventilation mécanique basse pression est considérée comme ne modifiant pas les conditions de sécurité contre l'incendie.
Conforts (hiver, été)	Les entrées d'air seront disposées de façon à éviter les effets de coulée d'air frais.
Santé hygiène	Les solutions décrites sont pertinentes pour améliorer les conditions de ventilation des locaux dans la mesure où elles sont suivies d'un entretien régulier (systèmes pouvant perdre leur performance).
Acoustique	Définition des entrées d'air en rapport avec l'environnement sonore extérieur. Cela peut amener à utiliser des entrées d'air aux performances acoustiques renforcées, voire des entrées d'air en traversée de mur.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet

Enjeux	Eléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	Si l'intervention sur la ventilation naturelle n'apporte pas de forte valeur ajoutée sur le patrimoine, elle permet aux travaux qui lui sont souvent associés (changement de menuiseries extérieures ou de chaudière murale) de satisfaire les occupants sans entraîner de dégradations sur le patrimoine. Leur efficacité est plus grande dans les logements collectifs.
Maîtrise d'ouvrage Travaux	La conception des ouvrages de ventilation nécessite à la fois un diagnostic de la ventilation ainsi que la prise en compte, dans une étude d'ingénierie, de tous les autres travaux associés (menuiserie extérieures, étanchéité à l'air, etc.) influant sur la ventilation.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique
 - cf. partie [principales sources de l'étude]
 - « Guide de la ventilation naturelle et hybride » : <http://www2.ademe.fr>
 - « Guide Bio-Tech : Ventilation naturelle et mécanique » : <http://www.areneidf.org>

Fiche 09

SOLUTIONS TECHNIQUES DE VENTILATION MÉCANIQUE CONTRÔLÉE (VMC)



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur des ouvrages participant à la ventilation d'un logement, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des améliorations envisageables.

Objectifs du diagnostic :

- Comprendre le fonctionnement et identifier les principes qui la régissaient lors de sa conception ;
- Recenser les modifications du système initial de ventilation ;
- Identifier et aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique / confort.

Contenu du diagnostic :

- Etat des lieux de l'existant ; équipements de systèmes, réseaux, etc. et capacité à être réutilisé avec chemisage des conduits ;
- Bâti : date de construction, étanchéité à l'air et niveau d'isolation thermique des parois ;
- Avis des occupants sur le système existant : nuisance sonore, problèmes de refoulement, odeurs, etc. ;
- Présence ou non d'équipements (autre que la gazinière) de combustion utilisant l'air ambiant comme air comburant, c'est-à-dire un appareil non étanche, et le mode d'évacuation des gaz de combustion ;
- Environnement du bâtiment ; zones ventées, risque de pollution de l'air extérieur, zones de bruit extérieur, etc. ;
- Prise en compte des contraintes de sécurité incendie.

Conclusions attendues :

- Analyse et description des ouvrages existants (état de conservation, respect des exigences incendie, acoustique, débits d'air, etc.) ;
- Propositions de solutions adaptées par types de bâtiment et selon la cible énergétique visée ;
- Liste explicite des travaux envisageables, phasages, économies d'énergies attendues, etc.

< RÉGLEMENTATION

La réglementation actuellement en vigueur doit être respectée uniquement si le principe de fonctionnement de la ventilation est modifié. Sinon, la réglementation en vigueur à l'époque de construction s'applique.

- Arrêté 14 novembre 1958 : 1^{er} texte de loi national ; aération pièce par pièce (entrée et sortie d'air) pièces humides.
- Arrêté 22 octobre 1969 : arrête le principe de ventilation générale, avec entrée d'air neuf dans les pièces de vie et extraction dans les pièces humides, et permanente, lors de la période de chauffage, des logements.
- Arrêté 24 mars 1982 (modifié par arrêté 28 octobre 1983) : débits d'air à extraire à conditions climatiques moyennes d'hiver selon typologie du logement et type de ventilation installée.

Solutions d'amélioration énergétique

< CHOIX DE LA TECHNIQUE EN RÉNOVATION

Différents choix technologiques possibles :

Solutions techniques	Performances énergétiques
VMC SF répartie	
VMC SF auto-réglable	
VMC SF basse pression	
VMC SF hygro-réglable	
VMC DF haute efficacité	

SF : Simple Flux / DF : Double Flux

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Pour atteindre le niveau de performance énergétique équivalent basse consommation, les solutions hygroréglables ou VMC double flux seront nécessaires. Les autres solutions demeurent possibles, l'étude devra justifier l'obtention de l'objectif visé.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Solutions techniques	VMC SF répartie	VMC SF auto-réglable	VMC SF hygro-réglable	VMC SF basse pression	VMC DF haute efficacité
Confort thermique					
Renouvellement et qualité de l'air intérieur					
Traitement du bruit					
Facilité d'installation					
Entretien/maintenance					

■ VMC simple flux répartie :

Ce système comprend les entrées d'air (pièces de vie), les bouches d'extraction (pièces humides) raccordées à un ou plusieurs ventilateurs individuels. Il permet de ventiler des pièces humides éloignées lorsque la création d'un réseau est complexe.

Immeubles collectifs : cette solution est la moins performante car elle impose la mise en œuvre d'un ou plusieurs ventilateurs par logements d'où des consommations électriques importantes (attention à l'intégration acoustique des ventilateurs).

■ VMC simple flux auto-réglable :

Ce système est équivalent au précédent sauf que là, le ventilateur (caisson d'extraction) est collectif, commun à tous les logements, disposé en toiture (combles ou terrasse).

Sur le plan énergétique, cette solution est moins efficace que par exemple l'hygro-réglable, les débits non modulés sont plus importants, donc plus de déperditions.

La mise en œuvre de cette installation nécessite de pouvoir créer ou réutiliser des gaines d'extraction étanches (type réseau en acier galvanisé). Il n'est pas possible de réutiliser des gaines maçonnées existantes.

Recommandations de mise en œuvre :

- Entrées d'air positionnées en partie haute des menuiseries ou des coffres intérieurs des volets roulants dans les pièces de vie ;
- Balayage intégral et permanent du logement à réaliser au moyen d'un détalonnage des portes intérieures ;
- Extraction au moyen des bouches d'extraction en pièce humide ;
- Mise en œuvre d'extracteurs « basse consommation » (limiter l'impact de la consommation électrique des ventilateurs).

■ VMC simple flux hygro-réglable :

Ce système est équivalent au précédent (extracteur collectif). Il diffère sur le mode de gestion du débit de renouvellement d'air, il est là asservi à l'hygrométrie. Cette fonction permet de moduler les débits extraits, donc de réduire les déperditions.

Il existe deux types de VMC hygro-réglable :

- Hygro. A : entrées d'air auto-réglables et bouches d'extraction hygro-réglables,
- Hygro. B : entrées d'air et bouches d'extraction hygro-réglables.

La VMC hygro. B autorise une modulation plus « fine » que le type A et donc s'avère plus performante. En présence d'une climatisation, une VMC hygro.B est généralement incompatible.

La mise en œuvre de cette installation nécessite de pouvoir créer ou de réutiliser des gaines d'extraction étanches (type réseau en acier galvanisé ou chemisage des conduits existants). Les recommandations de mise en œuvre sont en tout point identiques à celles énoncées ci-dessus.

■ VMC simple flux basse pression :

Comme pour ce qui a été présenté, il existe deux types de VMC simple flux basse pression : auto-réglable, hygro-réglable aux mêmes caractéristiques que celles décrites ci-dessus.

L'intérêt de ce système est de pouvoir réutiliser les conduits shunt pour les bâtiments ventilés naturellement. Il est à noter que les débits sont plus importants que pour les systèmes classiques « haute pression ». Ceci va induire des déperditions un peu plus importantes que pour les systèmes « classiques ». Du fait de la réutilisation des conduits existants, il existe des limites d'installations (nombres d'étages maximum, ...).

■ VMC double flux haute efficacité :

Ce système consiste à mettre en œuvre :

- Bouches de soufflage : font rentrer un débit d'air fixe dans les pièces de vie ;
- Bouches de reprise dans les pièces humides (salles de bains, salle d'eau, WC, cuisine et cellier) : extraient un débit d'air permanent et constant ;
- Collecteurs d'extraction horizontaux / verticaux : acheminent l'air jusqu'à la centrale de traitement d'air ;
- Collecteurs de soufflage horizontaux / verticaux : acheminent l'air jusqu'aux bouches de soufflage ;
- Centrale de traitement d'air (positionnés en combles ou toiture) ;
- Echangeur de chaleur (peut être inclus dans la centrale ou déporté).

Solution avec la meilleure performance énergétique : récupération d'une partie de l'énergie contenue dans l'air extrait pour préchauffer l'air insufflé. Pour efficacité maximale, préconiser des échangeurs de chaleur avec un rendement supérieur à 90 % pour palier l'augmentation des consommations électriques (2 ventilateurs au lieu d'1 en simple flux).

Solution optimale du point de vue du renouvellement et de la qualité de l'air ; allie caractéristiques d'un système auto-réglable (renouvellement d'air optimal) à une filtration de l'air entrant.

Mise en œuvre difficile : nécessite de pouvoir créer ou de réutiliser des gaines d'extraction étanches (type réseau en acier galvanisé ou chemisage des conduits existants). Elle nécessite, de plus, la réalisation de deux réseaux de ventilation (un réseau de soufflage et un de reprise). Cette solution reste envisageable mais induit des travaux importants qui ne sont pas possibles pour tous les types de bâtiment et nécessite une étude au cas par cas.

Maisons individuelles : il existe des systèmes de double flux hygro-réglable ; le débit d'air sera dès lors ajusté automatiquement en fonction de l'humidité de l'air.

Le confort thermique et acoustique seront assurés par des éléments, de type plenums, permettant de diminuer les vitesses d'air de soufflage.

■ Système « 3 en 1 » (pour la ventilation et le chauffage individuel)

En cas d'une rénovation complète du système thermodynamique de production de chaleur individuel, il est à noter l'existence de systèmes permettant d'assurer trois fonctions :

- Ventilation double flux : avec récupération sur l'air extrait pour préchauffer l'air soufflé ;
- Chauffage : produit par une PAC air/air qui reprend non pas l'air extérieur, mais l'air extrait (donc chauffé, améliore le COP) ;
- Eau chaude sanitaire : même principe de fonctionnement que pour le chauffage, mais avec un ballon d'accumulation.

< TECHNIQUES À PROSCRIRE

- Uniquement conservation des ventilations hautes et basses dans pièces humides (non conforme à l'arrêté du 24 mars 1982) avec la mise en place d'entrées d'air dans les pièces de vie, inévitable dans le cadre d'une amélioration de la ventilation ;
- Incompatibilité entre une VMC (tout type sauf basse-pression gaz) et un brûleur atmosphérique pour une chaudière gaz ;
- Incompatibilité entre une VMC (tout type) et une cheminée en usage.

< MAINTENANCE / ENTRETIEN

■ Fréquence des interventions

Dans le cas d'un système mécanique d'extraction, son fonctionnement doit être vérifié une fois par an. Le ramonage périodique des conduits horizontaux (entre 1 et 3 ans) est conseillé.

Le nettoyage, à l'aide d'un chiffon tous les 6 mois, des entrées et des bouches d'extraction à l'intérieur du logement peut se faire par les occupants.

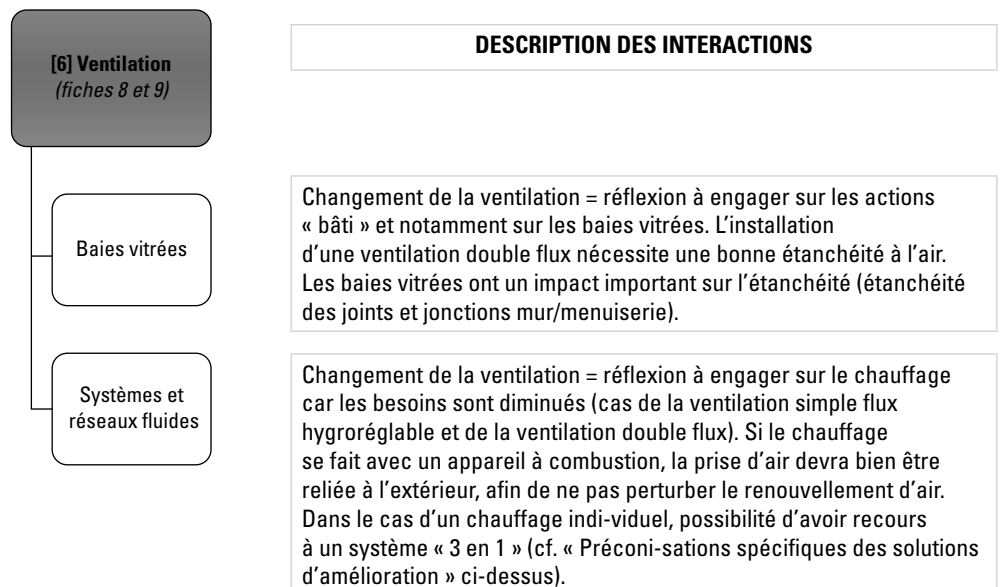
■ Accessibilité des installations

Lors de la conception de la nouvelle installation, l'accessibilité des éléments nécessitant un entretien sera étudiée afin d'en faciliter l'accès et les opérations.

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le poste ventilation et à son interaction avec d'autres lots.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION VENTILATION / BAIES VITRÉES

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans	
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire
	4	$U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

< INTERACTION VENTILATION / SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES

Avant d'évoquer les tableaux croisés de performance/vétusté des systèmes et réseaux fluides, il est important de rappeler deux obligations liées aux équipements de combustion :

■ Equipement de combustion individuel non étanche – VMC gaz

Principe : évacuer, par l'une des bouches d'extraction existante (en général en cuisine), l'air vicié du logement et les produits de combustion d'une chaudière ou d'un chauffe-eau à gaz.

Si des équipements de combustion (autres que les gazinières) utilisant l'air ambiant comme air comburant sont installés et qu'il n'est pas prévu de les remplacer par des équipements étanches (c'est-à-dire dont l'air comburant n'est pas puisé dans l'air ambiant du local), il ne sera possible que d'utiliser des systèmes basse-pression Gaz. L'extraction des gaz brûlés se fera par le même conduit que la ventilation de la pièce où est installé l'équipement. Ce système est cependant moins efficace que l'utilisation de VMC standard et équipements étanches.

Les systèmes individuels étanches sont une nécessité si réhabilitation énergétiquement performante.

La réglementation¹⁸ impose les opérations de maintenance et vérifications :

- Extracteurs, gaines (ou conduits), bouches d'extraction et entrées d'air ;
- Détecteur de défaut du dispositif de sécurité collective pour les installations qui en sont pourvues ;
- Ensemble du Dispositif de Sécurité Collective (DSC) sur chaque appareil raccordé pour les installations équipées du dispositif (sinon, test d'arrêt d'extraction pour contrôle des sécurités individuelles) ;
- Installation d'origine (conformité) ;
- Clapets coupe-feu (non déclenchement, pas d'obstruction à leur fermeture).

■ **Equipement de combustion à brûleur à air pulsé (étanche) :** pas d'interface avec la ventilation ; extraction des fumées par ventouse indépendante.

¹⁸ Réglementation fixée par l'arrêté du 25 avril 1985 (JO du 26 mai 1985), modifiée par l'arrêté du 30 mai 1989 (JO du 09 juin 1989)

Production

Performance / Vétusté Production de chaleur individuelle ou collective (avec ou sans production d'ECS associée)		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans (individuel) Age > 25 ans (collectif)	Age entre 8 et 15 ans (individuel) Age entre 15 et 25 ans (collectif)	Age entre 5 et 8 ans (individuel) Age entre 5 et 15 ans (collectif)	Bon fonctionnement Age < 5 ans (individuel et collectif)	
Performance	1	Chaudière ancienne génération ($\eta < 70\%$)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	Chaudière standard	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**
	3	Chaudière standard avec sonde Chaudière Basse température sans sonde	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**
	4	Chaudière condensation Chaudière basse température avec sonde Réseau de chaleur / ENR / PAC	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**	Action non prioritaire**

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

** Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Dans le cas où le système de production de chaleur n'est pas à revoir (action à engager dans les 3 à 10 ans ou action non prioritaire), il convient tout de même de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage). Avant toute chose, il convient de préciser que si l'élément concerné présente un dysfonctionnement au moment du diagnostic, il est pertinent d'engager une action de réparation/amélioration en même temps que l'action envisagée. Ce cas évident ne sera donc pas évoqué dans les paragraphes.

Emission

Lorsque l'émetteur est ancien (supérieur à 10 ans pour les radiateurs électriques, supérieur à 20 ans pour les radiateurs en acier/fonte) ou encore si l'émetteur est peu performant au niveau énergétique (cas des convecteurs), il est conseillé d'engager son remplacement par un système plus performant*.

Régulation terminale

La régulation doit permettre de s'adapter aux nouveaux besoins de chauffage. Dans le cas où il n'y a pas de régulation terminale performante (robinets manuels voire aucune régulation), il est fortement préconisé d'engager cette action en même temps que l'action envisagée. En effet, la régulation terminale est le lien direct et privilégié entre le système de chauffage et l'occupant. Dans le cas où le système de régulation est ancien (âge supérieur à 10 ans pour un robinet et/ou âge supérieur à 20 ans pour un thermostat), il est conseillé de prévoir une action sur ces éléments dans les 3 à 10 ans à venir pour améliorer leur performance et agir avant qu'ils ne deviennent trop vétustes.

Distribution

Calorifuger les réseaux de chauffage hors du volume chauffé permet de limiter les pertes thermiques, non négligeables par ce poste, mais également d'optimiser le système. Il est donc fortement préconisé de les calorifuger, notamment s'il n'y a pas ou peu de calorifuge (moins de 50 % de la longueur isolée) à l'état existant. Dans le cas où le calorifuge est abîmé, il est également conseillé d'intervenir pour combler les défauts de calorifuge. L'isolant doit être au minimum de classe 3.

* Cf. fiche 10 « Solutions techniques : équipements individuels sur réseau fluide » (chauffage individuel) – cf. fiche 11 « Solutions techniques : équipements collectifs sur réseau fluide » (chauffage collectif) – cf. fiche 12 « Solutions techniques : chauffage et ECS à effet joule » (chauffage électrique).

Organes d'équilibrage

Les organes d'équilibrage désignent ici les éléments permettant d'équilibrer le réseau de chauffage tels que les vannes de pieds de colonnes et les tés de réglage. L'équilibrage d'un système de chauffage est fortement préconisé lorsque des travaux énergétiques ont été réalisés. Concernant les organes d'équilibrage, il est indiqué de les remplacer par des systèmes avec repérage ou à fonctionnement automatique, si ce n'est pas le cas actuellement.

Production d'ECS indépendante du chauffage

Lorsque la production d'Eau Chaude Sanitaire est indépendante du chauffage, dans le cas d'un chauffe-bain gaz comportant une veilleuse, il est fortement conseillé de le remplacer par un système équivalent, sans veilleuse et étanche (avec prise d'air à l'extérieur). Si au moment du diagnostic, le système est ancien (plus de 15 ans), il est fortement conseillé de réfléchir au remplacement de ce système.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation de l'immeuble	L'installation d'une ventilation mécanique contribue à l'amélioration du comportement hygrothermique des ouvrages : elle régule l'évacuation de vapeur d'eau pour éviter d'éventuelles condensations sur parois froides, tout en maîtrisant le renouvellement d'air au strict nécessaire.
Sécurité incendie	Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie notamment pour les modifications apportées à la ventilation. En cas d'installation d'une nouvelle VMC, les dispositions du règlement de sécurité des immeubles d'habitation sont à respecter (solution courante : mise en place d'un extracteur résistant aux flammes)
Conforts (hiver, été)	Les entrées d'air seront disposées de façon à éviter les effets de coulée d'air frais.
Santé hygiène	Les solutions de VMC assurent une régularisation et une fiabilité aux systèmes de ventilation dans la mesure où ils font l'objet d'une maintenance régulière avec mesure de leurs performances. Installation de VMC gaz : présence DSC (Dispositif de Sécurité Collective) obligatoire.
Acoustique	L'ajout de systèmes motorisés est de nature à apporter une gêne acoustique aux occupants. Des dispositions d'isolement des moteurs ou choix de moteurs silencieux sont à mettre en œuvre. La définition des entrées d'air doit prendre en compte l'environnement sonore extérieur. Cela peut amener à utiliser des entrées d'air aux performances acoustiques renforcées. Il est inévitable de se référer à la Nouvelle Réglementation Acoustique.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet

Enjeux	Eléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	L'ajout d'une VMC contribue à la valorisation du patrimoine, elle permet aux travaux qui lui sont souvent associés (changement de menuiseries extérieures ou de chaudière murale) de satisfaire les occupants sans entraîner de dégradations sur le patrimoine. L'installation d'une VMC trouve sa pleine efficacité dans les logements collectifs.
Maitrise d'ouvrage Travaux	La conception des ouvrages de ventilation nécessite à la fois un diagnostic de la ventilation ainsi que la prise en compte, dans une étude d'ingénierie, de tous les autres travaux associés (menuiseries extérieures, étanchéité à l'air, etc.) influant sur la ventilation.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique
 - cf. partie « principales sources de l'étude »
 - « Guide Bio-Tech : Ventilation naturelle et mécanique » : <http://www.areneidf.org/fr/ficheProduit-265.html?idProduit=456&nc=110&e=bWljaGVsQGxlc29tbWVvYmZy>

Fiche 10

SOLUTIONS TECHNIQUES : ÉQUIPEMENTS INDIVIDUELS SUR RÉSEAU FLUIDE



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les systèmes de chauffage individuel pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale de la situation initiale du bâtiment et des performances à atteindre.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition des différents éléments du système de chauffage et leur état de conservation ;
- Aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Caractéristiques du système de chauffage existant (production, régulation, distribution, émission) et état (traces de fuite, possibilité de réutiliser en l'état), avis des occupants sur ses performances ;
- Type et état du conduit de fumée ;
- Conditions de maintenance régulière du système ;
- Contraintes de sécurité incendie (chaufferie, clapets coupe-feu, etc.) ;
- Qualité de l'eau dans les réseaux (si présence d'air et couleur d'eau aux purges des radiateurs).

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages, installations et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, performances, pollution etc.) ;
- Liste des actions de réparation ou renforcement préalables nécessaires, notamment en ce qui concerne une éventuelle isolation de l'enveloppe à prévoir ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< ASPECT RÉGLEMENTAIRE

Pour les systèmes de production de chaleur dans les bâtiments faisant l'objet d'améliorations énergétiques concernés par l'article 131-26 du code de la construction et de l'habitation (supérieurs à 1 000 m² et dont le coût total prévisionnel de travaux de rénovation est supérieur à 25 % de sa valeur), il est obligatoire de réaliser une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie, comme défini dans l'arrêté du 18 décembre 2007.

Cette étude aura pour but de proposer le meilleur système de production en substitution du système existant.

Le présent document fait également référence aux textes :

- Version consolidée au 23 janvier 2011 de l'arrêté du 2 août 1977 relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible et d'hydrocarbures liquéfiés situés à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances
- DTU 61.1 Installations de Gaz
- DTU 24.1 Travaux de Fumisterie
- DTU 68.2 Exécution des installations de ventilation mécanique

Solutions d'amélioration énergétique

Plusieurs éléments sont à prendre en compte lors du changement de chaudière individuelle :

- Le générateur ;
- La gestion de l'installation : régulation ; programmateur ;
- Les émetteurs.

< CHOIX DE LA SOLUTION DES GÉNÉRATEURS EN RÉNOVATION

- Générateurs « classiques » :

Pour avoir des rendements optimum, le dimensionnement au plus juste est important, une fois le bâtiment isolé. En effet, le besoin de chauffage peut être réduit de 40 à 50 % après une isolation importante du bâtiment. Les générateurs présents étant souvent largement dimensionnés, il est important de repartir d'une évaluation des besoins de chauffage réels après rénovation. Si le générateur produit également l'eau chaude sanitaire, c'est cette production qui devient prépondérante pour le dimensionnement.

Solutions techniques Générateurs	Rendement ¹⁹ (PCI ²⁰ à 30 % de charge)	Plage de Puissance	Usages
Chaudière gaz à condensation	100 % – 108 %	A partir de 15 kW Modulation de 25 à 100 %	Chauffage et ECS
Chaudière fuel à condensation	100 % – 106 %	A partir de 15 kW Modulation de 25 à 100 %	Chauffage et ECS
Chaudière bois à plaquettes (maison individuelle uniquement)	85 % – 92 %	20 – 200 kW Avec ballon tampon	Chauffage et ECS
Chaudière bois bûche (maison individuelle uniquement)	80 % – 90 %	15 – 50 kW Avec ballon tampon	Chauffage
Poêle à bois	70 % – 80 %	5 – 15 kW	Chauffage
Chaudière bois granulés à condensation (maison individuelle uniquement)	100 % – 106 %	4 – 60 kW Modulation de 25 à 100 %	Chauffage et ECS

- Pompes à chaleur (PAC) :

Les PAC sont des systèmes de production qui peuvent se substituer aux systèmes existants. Elles sont caractérisées par leurs coefficients de performance et leurs puissances, fonctions des températures extérieures et des températures de départ du réseau (fixé en fonction du type d'émetteur). Aussi, il existe un grand nombre de configurations possibles.

¹⁹ Rendement : rapport de la quantité d'énergie sortant de la chaudière sous forme de chaleur par rapport à la quantité d'énergie injectée dans la chaudière sous forme de combustible.

²⁰ PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) : quantité d'énergie qu'on peut retirer de la combustion du gaz, sans condensation des fumées.

Solutions techniques Générateurs	COP***	Efficacité Énergétique Saisonnière	Plage de Puissance	Usages
Pompe à chaleur air/eau**	3,5-4 Régime de température : 7/6_30/35*	≥ 102 %	8 – 20 kW Régime de température 7/6_30/35	Chauffage et ECS (avec appoint)
Pompe à chaleur eau/eau (maison individuelle uniquement)	4,5-5 Régime de température : 10/7_30/35*	≥ 117 %	8 – 30 kW	Chauffage et ECS (avec appoint)
Pompe à chaleur eau glycolée/eau (maison individuelle uniquement)	4-4,5 Régime de température : 0/-3_30/35*	≥ 117 %	6 – 30 kW	Chauffage et ECS (avec ou sans appoint)


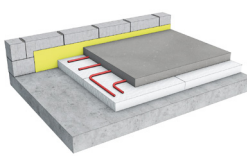
* Températures de réseau primaire entrée/sortie_ températures de réseau secondaire départ/retour

** Intégration architecturale des unités extérieures à prévoir

*** Coefficient de Performance : rapport entre l'énergie utile (chaleur restituée pour le chauffage) et l'énergie consommée (facturée) pour faire fonctionner la pompe à chaleur

Des systèmes combinés de pompe à chaleur avec relève par chaudière gaz ou fioul existent. Pour ces équipements, la PAC assure le chauffage et l'ECS et la chaudière démarre en cas de température extérieure trop basse ou de demande importante de température élevée de chauffage ou d'ECS.

< CHOIX DE LA SOLUTION DES ÉMETTEURS EN RÉNOVATION : SI INTERVENTION SUR LE BÂTI

Solutions techniques : Emetteurs	Schéma	Température**
Radiateur		Basse ou moyenne température
Plancher chauffant*		Basse température
Plafond et murs chauffants*	-	Très basse température

* Ces solutions techniques doivent plutôt être favorisées lors de rénovation lourde car elles présentent l'avantage de fonctionner en basse température

** Très basse température : 25°C, Basse température : 35°C, Moyenne température : 50°C, Haute température : 70°C

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Pour atteindre le niveau de performance énergétique équivalent bâtiment basse consommation, il est très fortement conseillé d'adapter les puissances de chauffage aux nouveaux besoins de chaleur nettement réduits en cas d'isolation thermique préalable sur le bâti.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Chaudières gaz ou fioul à condensation

- Raccordement, de préférence, sur plancher chauffant basse température et /ou sur radiateurs moyenne température, pour profiter au maximum de la condensation des fumées (meilleur rendement).

- Evacuations des gaz brûlés, différents raccordements (ventouses verticales ou horizontales, gaines extérieures ou intérieures) ;
- Evacuation des condensats ;
- Calorifugeage des réseaux ;
- Chaudières fonctionnant au butane ou au propane : une cuve de stockage doit être installée.

Chaudière bois à plaquettes ou granulés

- Existence du label qualité « Flamme verte » : chaudières bois avec un rendement minimum de 70%, un rejet de monoxyde de carbone inférieur à 0,3 % et respect des exigences de la norme européenne NF CEN 303.5 sur les émissions polluantes ;
- Nécessité d'un espace alloué au stockage du combustible bois avec connexion directe à la chaudière, par équipement de dessilage ;
- Evacuations des gaz brûlés, différents raccordements (ventouses verticales ou horizontales, gaines extérieures ou intérieures).

Pompe à chaleur

- Choix se portera sur les pompes à chaleur offrant les meilleures performances (Efficacité Énergétique Saisonnière (EES) élevée). Les EES minimales demandées par le règlement européen 813/2103 sont de 102 % pour les pac air/eau et 117 % pour les PAC eau/eau. Ces données sont accessibles sur le site Certita ;
- CERTITA (organisme de certification mandaté pour la marque NF) donne toutes les caractéristiques des différentes pompes à chaleur certifiées ;
- Intégration architecturale et acoustique des unités extérieures est à prévoir ;
- Beaucoup de pompes à chaleur (air/eau ou géothermiques¹²) installées en rénovation sur un réseau de chauffage avec des radiateurs ne peuvent pas fonctionner en mode réversible. Si le mode réversible est souhaité, des émetteurs spécifiques doivent être installés (ventilo-convecteur à eau) ou plancher chauffant-rafraîchissant (dans ce cas, uniquement certains revêtements de sols sont possibles).

Amélioration de la régulation et la programmation

- Programmateur avec diminution de la température de consigne la nuit et programmation hebdomadaire ;
- Système de régulation sur loi d'eau (température de départ d'eau en fonction de la température extérieure).

Plage de modulation de la puissance

- Il est conseillé d'équiper les chaudières de brûleurs avec possibilité de moduler la puissance manuellement, si ce n'est automatiquement, en cas d'intervention sur l'isolation du bâti après changement de chaudière.
- Outre l'abaissement de puissance du brûleur à la suite de travaux d'isolation, une modulation automatique permet un ajustement plus fin de la puissance selon les besoins réels, et donc une régulation sur la loi d'eau.

Cas avec production d'eau chaude sanitaire

- Réseau de distribution ECS devra être calorifugé de la production aux différents points de puisage de façon à limiter les pertes de chaleur et éviter un risque de surchauffe estivale par un échange trop important avec l'ambiance ;
- Ballons d'accumulation de stockage doivent être impérativement isolés ;
- Production ECS sur ballon d'accumulation de stockage doit être asservie afin d'optimiser les performances : une plage pour la production et une relance possible (sous condition de température) dans la journée.

¹² On entend par PAC géothermiques : PAC sur capteurs enterrés ou sur nappe

Conduits de fumée

- Le remplacement du système de production demande que le conduit de fumées soit compatible avec les nouvelles températures de fumée (condensation des fumées dans les conduits). Il convient de réaliser le diagnostic préalable décrit précédemment selon les préconisations du DTU fumisterie : DTU 24.1 ;
- Si le conduit s'avère non compatible, il faudra recourir au tubage ou au chemisage, voire à son remplacement dans certains cas (fonction des spécifications du DTU) ;
- Il est également possible de procéder au raccordement d'une ventouse (indépendante) sur brûleur à air pulsé permettant de dissocier l'évacuation des gaz brûlés, de la ventilation.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES INTERFACES

Si remplacement d'appareils de combustion, tenir compte de l'interface avec la ventilation :

■ **Équipement de combustion à brûleur atmosphérique (non étanche) – VMC gaz**

Principe : évacuer, par l'une des bouches d'extraction existante (en général en cuisine), l'air vicié du logement et les produits de combustion d'une chaudière ou d'un chauffe-eau à gaz.

Si des équipements de combustion (autre que les gazinières) utilisant l'air ambiant comme air comburant sont installés et qu'il n'est pas prévu de les remplacer par des équipements étanches (c'est-à-dire dont l'air comburant n'est pas puisé dans l'air ambiant du local), il ne sera pas possible d'utiliser les systèmes précédemment décrits.

Les systèmes individuels étanches sont une nécessité si la réhabilitation envisagée est énergétiquement performante.

La réglementation¹³ impose les opérations de maintenance et vérifications :

- Extracteurs, gaines (ou conduits), bouches d'extraction et entrées d'air ;
- Détecteur de défaut du dispositif de sécurité collective pour les installations qui en sont pourvues ;
- Ensemble du Dispositif de Sécurité Collective (DSC) sur chaque appareil raccordé pour les installations équipées du dispositif (sinon, test d'arrêt d'extraction pour contrôle des sécurités individuelles) ;
- Installation d'origine (conformité) ;
- Clapets coupe-feu (non déclenchement, pas d'obstruction à leur fermeture).

■ **Équipement de combustion à brûleur atmosphérique (non étanche) – Ventilation naturelle**

L'amélioration de la ventilation induit une **réflexion globale** sur les améliorations à apporter au bâtiment, notamment par rapport aux équipements de combustion non étanches :

Si des équipements de combustion (autres que les gazinières) utilisant l'air ambiant comme air comburant sont installés et qu'il n'est pas prévu de les remplacer par des équipements étanches (c'est-à-dire dont l'air comburant n'est pas puisé dans l'air ambiant du local), alors il faudra vérifier les deux conditions suivantes :

$$\text{SMEA} \geq 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

ET

$$\text{SMEA} \geq 6,2 \times P \text{ m}^3/\text{h}$$

SMEA = Somme de Module d'Entrée d'Air

P = puissance utile en kW de l'appareil à combustion

¹³ Réglementation fixée par l'arrêté du 25 avril 1985 (JO du 26 mai 1985), modifiée par l'arrêté du 30 mai 1989 (JO du 09 juin 1989)

- **Équipement de combustion à brûleur à air pulsé (étanche) :** pas d'interface avec la ventilation ; extraction des fumées par ventouse indépendante.

< SOLUTION ÉMERGENTE : LA MICRO-COGÉNÉRATION (CHAUDIÈRE ÉLECTROGÈNE)

- Principe : associer une chaudière gaz à condensation et un moteur Stirling produisant de l'électricité ;
- Pertes de chaleur du moteur Stirling sont récupérées pour la production de chaleur ;
- Puissances généralement rencontrées : 24 kW (chauffage seul) ou 28 kW (chauffage et ECS) avec 1 kW pour la production électrique.

< MAINTENANCE / ENTRETIEN

Avant le remplacement des équipements, il faut impérativement s'assurer du bon fonctionnement du réseau dans le cadre du diagnostic initial :

- Désembouage à effectuer, un pot de désembouage peut être installé sur le réseau ;
- Test permettant de vérifier la calcification et la corrosion ; nécessite une découpe d'éléments apparents du réseau pour analyse :
 - Contrôles métallurgiques sur site ;
 - Essais matériaux métalliques ;
 - Contrôles Non Destructifs.

Si le réseau est trop altéré, un remplacement sera inévitable.

- Si la circulation de l'eau dans les canalisations est mauvaise, prévoir un désembouage (chimique ou mécanique) ;
- Si la présence de tartre est trop importante, le réseau doit être changé ;
- Durée de vie des éléments avec entretien régulier : brûleur (10 ans), chaudière (15 à 20 ans), calorifuge (20ans) ;
- La réglementation (décret n°2009-649) relative à l'entretien annuel des chaudières de puissance nominale comprise entre 4 et 400 kW impose que le professionnel effectuant le contrôle fournisse à son client les conseils nécessaires portant sur le bon usage de la chaudière en place, les améliorations possibles de l'ensemble de l'installation de chauffage et l'intérêt éventuel du remplacement de celle-ci.

Interactions entre éléments

Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le poste chauffage et à son interaction avec d'autres lots.

La rénovation du poste chauffage est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.

A noter l'importance et la priorité à donner à la réduction des besoins énergétiques (intervention bâti) avant une intervention lourde sur les systèmes énergétiques.

Le changement de ces systèmes et réseaux fluides amène à se poser la question d'une intervention sur le bâti : cela permettrait ainsi de mettre en place un système de puissance moindre.

[7] Systèmes et réseaux fluides / Chauffage et ECS à effet joule (fiches 10, 11 et 12)

ITE

ITI

Baies vitrées

DESCRIPTION DES INTERACTIONS

Changement des systèmes énergétiques = réflexion à engager sur les actions « bâti » ; possibilité de réduire la puissance en conséquence, surtout dans le cas d'une isolation des murs extérieurs.

Changement des systèmes énergétiques = réflexion à engager sur les actions « bâti » ; possibilité de réduire la puissance en conséquence, surtout dans le cas d'une isolation des murs extérieurs.

Changement des systèmes énergétiques = réflexion à engager sur les actions « bâti » ; possibilité de réduire la puissance en conséquence.

Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

NOTA : Les cas traités dans ces tableaux tiennent compte de paramètres techniques, d'amélioration énergétique de l'état actuel, de combinaisons intéressantes/opportunes de travaux, etc pour pouvoir réaliser un diagnostic cohérent avec l'état actuel du bâtiment/logement. Les paramètres financiers et « administratifs » (cas des copropriétés, séparation des parties privatives/collectives) qui constituent un paramètre à ne pas négliger mais qui complexifient la démarche proposée ici, ne sont pas traités.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITE

Performance / Vétusté Murs isolés par l'extérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade présentant un mauvais état général	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1 $R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2 $1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire
	3 $2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4 $R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 2 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 4 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Le cas des murs non isolés à l'état actuel est représenté en «Performance 1» dans le tableau ci-dessus.

Les travaux sur le bâti ayant un fort impact énergétique (isolations des murs, remplacement des baies vitrées) réduisent le besoin de chauffage de manière non négligeable et permettent donc de remplacer le système par un système de moindre puissance.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITI

Performance / Vétusté Murs isolés par l'intérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade intérieure présentant un mauvais état général	Façade intérieure présentant des dégradations ponctuelles	Façade intérieure présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade intérieure ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 1 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 3 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Le cas des murs non isolés à l'état actuel est représenté en « Performance 1 » dans le tableau ci-dessus.

Dans le cas des murs isolés par l'intérieur, si la façade intérieure présente d'importants problèmes (pathologies, condensations, etc.), il est conseillé de traiter le problème et d'en profiter pour mettre en place une nouvelle isolation.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / BAIES VITRÉES

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	$2,00 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$U_w \leq 1,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

< AUTRES ÉLÉMENTS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Il convient de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage (émission, régulation terminale, distribution, organes d'équilibrage et production d'ECS indépendante du chauffage).

Dans le cas des équipements individuels sur réseaux fluides, nous présentons ici les interactions entre la production de chaleur (avec ou sans production d'Eau Chaude Sanitaire) et les autres équipements constitutifs d'un équipement individuel, à savoir l'émission, la régulation terminale et la production d'Eau Chaude Sanitaire, si elle est indépendante du chauffage. La distribution étant surtout impactante dans le cas des réseaux collectifs (pertes de chaleur dans les locaux non chauffés par lesquels elle passe), elle n'est pas traitée ici.

Emission

Performance / Vétusté Emission de chaleur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Convecteurs	Action à engager immédiatement		Action à engager immédiatement
	2	Radiateurs haute température	Action à engager immédiatement		Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	-			
	4	Radiateurs basse température Plancher rayonnant Panneaux rayonnants	Action à engager immédiatement		Action non prioritaire

Régulation terminale

Performance / Vétusté Régulation terminale		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	Age > 10 ans (robinet) Age > 20 ans (thermostat)	Age entre 5 et 10 ans (robinet) Age entre 10 et 20 ans (thermostat)	Age < 5 ans (robinet) Age < 10 ans (thermostat)
Performance	1	Sans régulation terminale Robinets manuels	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	-			
	3	Robinets thermostatiques Thermostat d'ambiance	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	Robinets thermostatiques certifiés Thermostat d'ambiance programmable	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire

Production d'ECS indépendante du chauffage

Performance / Vétusté Production d'ECS indépendante du chauffage		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Age > 15 ans	Age entre 8 et 15 ans	Age entre 5 et 8 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Performance	1	Ballon électrique	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	Chauffe bain gaz avec veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire
	3	Chauffe bain gaz sans veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4	Chauffe bain gaz sans veilleuse étanche ECS Thermo ECS Solaire	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire

NOTA : Si le chauffage ou la production d'Eau Chaude Sanitaire se fait avec un appareil à combustion situé dans le logement, il faudra veiller à ce que la prise d'air du système soit reliée à l'extérieur, dans le cas contraire, l'appareil risque de perturber le renouvellement d'air dans le logement et impacter dès lors la qualité de l'air.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation des installations	En cas de changement d'une partie seulement de l'installation, la conception de la solution devra répondre aux questions soulevées par la présence simultanée d'équipements conservés et d'équipements neufs et de leur fonctionnement commun. L'ajout d'un plancher chauffant (avec chape sur isolant thermique) nécessite la vérification de la capacité du plancher support à recevoir les nouvelles charges.
Sécurité incendie	Les équipements de chauffage individuel (de faible puissance) ne font pas l'objet d'exigences en matière de sécurité incendie. Seule la conformité au marquage CE est exigée.
Conforts (hiver, été)	La rénovation partielle ou complète d'une installation de chauffage apporte un confort d'hiver d'autant plus important que des dispositifs de régulation permettent d'adapter le fonctionnement à la demande (jour/nuit, demi-saison, orientation). Le plancher chauffant apporte un confort supplémentaire avec une diffusion plus homogène de la chaleur dans les pièces.
Santé hygiène	Le remplacement d'une chaudière individuelle au gaz dans un immeuble collectif d'habitation doit prendre en compte le risque d'insuffisance de tirage du conduit de fumée. En cas d'insuffisance, la chaudière risque de voir son fonctionnement interrompu par le dispositif de sécurité intégré. La solution de chaudière à ventouse pour le logement individuel ou collectif permet de résoudre les problèmes de ventilation et de gaz.
Acoustique	Le respect du niveau de pression acoustique réglementaire conduit à choisir une chaudière avec une puissance acoustique limitée (fonction du local d'implantation de la chaudière et de la communication avec les pièces principales du logement). En cas d'installation de pompe à chaleur (eau/eau ou air/eau), la gêne acoustique se manifeste à l'extérieur des locaux (bruit des moteurs), notamment pour les PAC réversibles fonctionnant durant l'été.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet pour les installations de production. L'installation de planchers chauffants (chape sur isolant thermique) est à coordonner avec les niveaux existants pour faciliter le déplacement des personnes handicapées.

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	Une rénovation des installations de chauffage apporte une valorisation du patrimoine multi domaines (économies d'énergie, aspect esthétique des installations neuves, confort d'utilisation et d'entretien). Immeuble collectif : L'installation de chaudières à ventouse (par l'ajout de prises d'air extérieures) apporte une modification relativement importante sur l'esthétique des façades.
Maitrise d'ouvrage Travaux	En fonction des choix techniques, les interventions dans les parties privatives peuvent entraîner des contraintes pour les occupants pendant les travaux.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie [principales sources de l'étude]

Fiche 11

SOLUTIONS TECHNIQUES : ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS SUR RÉSEAU FLUIDE



Diagnostic de l'état existant

Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Avant d'intervenir sur les systèmes de chauffage pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale sur la situation initiale de l'immeuble et les performances à atteindre.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition des différents éléments du système de chauffage et leur état de conservation ;
- Aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Caractéristiques du système de chauffage existant (production, régulation, distribution, émission) et état (traces de fuite, possibilité de réutiliser en l'état), avis des occupants sur ses performances ;
- Type et état du conduit de fumée ;
- Conditions de maintenance régulière du système ;
- Contraintes de sécurité incendie (chaufferie, clapets coupe-feu, etc.) ;
- Qualité de l'eau dans les réseaux (si présence d'air et couleur d'eau aux purges des radiateurs).

Conclusions attendues :

- Description des ouvrages, installations et points singuliers ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles (incendie, acoustique, performances, pollution etc.) ;
- Liste des actions de réparation ou renforcement préalables nécessaires, notamment en ce qui concerne une éventuelle isolation de l'enveloppe à prévoir ;
- Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< ASPECT RÉGLEMENTAIRE

Pour les systèmes de production de chaleur dans les bâtiments faisant l'objet d'améliorations énergétiques concernés par l'article 131-26 du code de la construction et de l'habitation (supérieurs à 1 000 m² et dont le coût total prévisionnel de travaux de rénovation est supérieur à 25 % de sa valeur), il est obligatoire de réaliser une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie, comme défini dans l'arrêté du 18 décembre 2007.

Cette étude aura pour but de proposer le meilleur système de production en substitution du système existant.

Le présent document fait également référence aux textes :

- Version consolidée au 23 janvier 2011 de l'arrêté du 2 août 1977 relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible et d'hydrocarbures liquéfiés situés à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances
- DTU 61.1 Installations de Gaz
- DTU 24.1 Travaux de Fumisterie
- DTU 68.2 Exécution des installations de ventilation mécanique

Solutions d'amélioration énergétique

Plusieurs éléments sont à prendre en compte lors du changement de chaudière collective²³ :

- Le générateur ;
- La gestion de l'installation : régulation ; programmeur ;
- Les émetteurs.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE DES GÉNÉRATEURS EN RÉNOVATION

- Générateurs « classiques » : plage de puissance à partir de 30 kW – usages chauffage/ECS

Solutions techniques : Générateurs	Rendement* (PCI** à 30 % de charge)
Chaudière gaz à condensation	100 % – 108 % Modulation de 25 à 100 %
Chaudière fuel à condensation	100 % – 106 % Modulation de 25 à 100 %
Chaudière bois à plaquettes	75 % – 90 % Avec ballon tampon
Chaudière bois granulés à condensation	100 % – 106 % Modulation de 25 à 100 %

* Rendement : rapport de la quantité d'énergie sortant de la chaudière sous forme de chaleur par rapport à la quantité d'énergie injectée dans la chaudière sous forme de combustible

** PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) : quantité d'énergie qu'on peut retirer de la combustion du gaz, sans condensation des fumées

- Raccordement réseau de chaleur

Les productions collectives peuvent être remplacées par une sous station raccordée à un éventuel réseau de chaleur passant à proximité.

L'avantage de ce système est de permettre une augmentation des tarifs énergétiques plus faible que les autres systèmes énergétiques car les calories de ces réseaux sont générées par un ensemble diversifié de combustibles (gaz, bois, incinérations d'ordures ménagères, etc.).

Une sous station se résume à l'installation d'un échangeur de chaleur entre le réseau primaire (fournisseur) et le réseau secondaire (client). En général, le coût de l'abonnement est fonction de la puissance de l'échangeur. Avant tout remplacement, il faut nécessairement réfléchir à la diminution éventuelle de la puissance, compte tenu, le cas échéant de la réalisation de travaux d'amélioration thermique sur le bâti.

²³ La réduction des consommations de chauffage passe aussi par une meilleure gestion des installations (régulateur ou programmeur).

■ Pompes à chaleur

Les pompes à chaleur (PAC) sont des systèmes de production qui peuvent se substituer aux systèmes existants. Elles sont caractérisées par leurs coefficients de performance et leurs puissances fonction des températures extérieures et des températures de départ du réseau (fixé en fonction du type d'émetteur).

Il existe donc un grand nombre de configurations possibles.

Il existe deux types de PAC particulièrement adaptés aux solutions collectives :

- Pompe à chaleur « air/eau » ;
- Pompe à chaleur « eau/eau » (avec pour source froide la nappe phréatique).


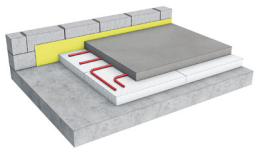
Solutions techniques : Générateurs	COP**	Efficacité Énergétique Saisonnière	Plage de Puissance	Usages
Pompe à chaleur air/eau	3,5 – 4 Régime de température : 7/6_30/35*	≥ 102 %	8 – 100 kW Régime de température 7/6_30/35	Chauffage et ECS (avec appoint)
Pompe à chaleur eau/eau	4-5 Régime de température : 10/7_30/35*	≥ 117 %	8 – 100 kW	Chauffage et ECS (avec appoint)

* Températures de réseau primaire entrée/sortie_ températures de réseau secondaire départ/retour

** Coefficient de Performance : rapport entre l'énergie utile (chaleur restituée pour le chauffage) et l'énergie consommée (facturée) pour faire fonctionner la pompe à chaleur

En cas de nécessité, plusieurs pompes à chaleur peuvent être connectées en série.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE DES ÉMETTEURS EN RÉNOVATION : SI INTERVENTION SUR LE BÂTI

TECHNIQUES CLES : Emetteurs	Schéma	Température*
Radiateur		Basse ou moyenne température
Plancher chauffant		Basse température
Plafond et murs chauffant		Très basse température

* Très basse température : 25°C, Basse température : 35°C, Moyenne température : 50°C, Haute température : 70°C

< PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »

Pour atteindre le niveau de performance énergétique équivalent bâtiment basse consommation, il est très fortement conseillé d'adapter les puissances de chauffage aux nouveaux besoins de chaleur nettement réduits en cas d'isolation thermique préalable sur le bâti.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION

Chaudières à condensation

- Raccordement, de préférence, sur plancher chauffant basse température et/ou sur radiateurs moyenne température, pour profiter au maximum de la condensation des fumées (meilleur rendement) ;
- Evacuations des gaz brûlés, différents raccordements (ventouses verticales ou horizontales, gaines extérieures ou intérieures) ;
- Evacuation des condensats ;
- Calorifugeage des réseaux ;
- Chaudières fonctionnant au butane ou au propane : une cuve de stockage doit être installée.

Chaudière bois à plaquettes ou granulés

- Existence du label qualité « Flamme verte » : chaudières bois avec un rendement minimum de 70 %, un rejet de monoxyde de carbone inférieur à 0,3 % et respect des exigences de la norme européenne NF CEN 303.5 sur les émissions polluantes ;
- Nécessité d'un espace alloué au stockage du combustible bois avec connexion directe à la chaudière, par équipement de dessilage ;
- Evacuations des gaz brûlés, différents raccordements (ventouses verticales ou horizontales, gaines extérieures ou intérieures).

Pompes à chaleur

- Choix se portera sur les pompes à chaleur offrant les meilleures performances (Efficacité Énergétique Saisonnière (EES) élevée). Les EES minimales demandées par le règlement européen 813/2103 sont de 102 % pour les PAC air/eau et 117 % pour les PAC eau/eau. Ces données sont accessibles sur le site Certita.
- CERTITA (organisme de certification mandaté pour la marque NF) donne toutes les caractéristiques des différentes pompes à chaleur certifiées ;
- Intégration architecturale des unités extérieures est à prévoir ;
- Beaucoup de pompes à chaleur (air/eau ou géothermiques²⁴) installées en rénovation sur un réseau de chauffage avec des radiateurs ne sont pas réversibles. Si le mode réversible est souhaité, des émetteurs spécifiques doivent être installés (ventilo-convecteur à eau) ou plancher chauffant-rafraîchissant (dans ce cas, uniquement certains revêtements de sols sont possibles).

Amélioration de la régulation et la programmation

Programmateur avec diminution de la température de consigne la nuit et programmation hebdomadaire ;

- Système de régulation performant si inexistant ; si PAC, régulation sur loi d'eau en fonction de la température extérieure.

Plage de modulation de la puissance

- Chaudières équipées de brûleurs avec possibilité de moduler la puissance manuellement, si ce n'est automatiquement, en cas d'intervention sur l'isolation du bâti après changement de chaudière.
- Outre l'abaissement de puissance du brûleur à la suite de travaux d'isolation, une modulation automatique permet un ajustement plus fin de la puissance selon les besoins réels, et donc une régulation sur la loi d'eau.

Cas avec production d'eau chaude sanitaire

- Réseau de distribution ECS pourra être calorifugé de la production aux différents points de puisage de façon à limiter les pertes de chaleur et éviter un risque de surchauffe estivale par un échange trop important avec l'ambiance ;

²⁴ On entend par PAC géothermiques : PAC sur capteurs enterrés ou sur nappe

- Ballons d'accumulation de stockage doivent être impérativement isolés ;
- Production ECS sur ballon d'accumulation de stockage doit être asservie afin d'optimiser les performances : une plage pour la production et une relance possible (sous condition de température) dans la journée.

Conduits de fumée

- Le remplacement du système de production demande que le conduit de fumées soit compatible avec les nouvelles températures de fumée (condensation des fumées dans les conduits). Il convient de réaliser au préalable un diagnostic tel que défini dans le DTU fumisterie : DTU 24.1 ;
- Si le conduit s'avère non compatible, il faudra recourir au tubage ou au chemisage, voire à son remplacement dans certains cas (fonction des spécifications du DTU).

< SOLUTION ÉMERGENTE : LA MICRO-COGÉNÉRATION (CHAUDIÈRE ÉLECTROGÈNE)

- Solution émergente en petits collectifs demandant peu de puissance de chauffage ;
- Principe : associer une chaudière gaz à condensation et un moteur Stirling produisant de l'électricité ;
- Pertes de chaleur du moteur Stirling sont récupérées pour la production de chaleur ;
- Puissances généralement rencontrées : 24 kW (chauffage seul) ou 28 kW (chauffage et ECS) pour 1 kW pour la production électrique.

< MAINTENANCE / ENTRETIEN

Avant le remplacement des équipements, il faut impérativement s'assurer du bon fonctionnement du réseau dans le cadre du diagnostic préalable :

- Désembouage à effectuer, un pot de désembouage peut être installé sur le réseau ;
- Test permettant de vérifier la calcification et la corrosion ; nécessite une découpe d'éléments apparents du réseau pour analyse :
 - Contrôles métallurgiques sur site ;
 - Essais matériaux métalliques ;
 - Contrôles Non Destructifs.

Si le réseau est trop altéré, un remplacement sera inévitable.

- Si la circulation de l'eau dans les canalisations est mauvaise, prévoir un désembouage (chimique ou mécanique) ;
- Si la présence de tartre est trop importante, le réseau doit être changé ;
- Durée de vie des éléments avec entretien régulier : brûleur (10 ans), chaudière (15 à 20 ans), calorifuge (20ans)
- La réglementation (décret n°2009-649) relative à l'entretien annuel des chaudières de puissance nominale comprise entre 4 et 400 kW impose que le professionnel effectuant le contrôle fournisse à son client les conseils nécessaires portant sur le bon usage de la chaudière en place, les améliorations possibles de l'ensemble de l'installation de chauffage et l'intérêt éventuel du remplacement de celle-ci.

Interactions entre éléments

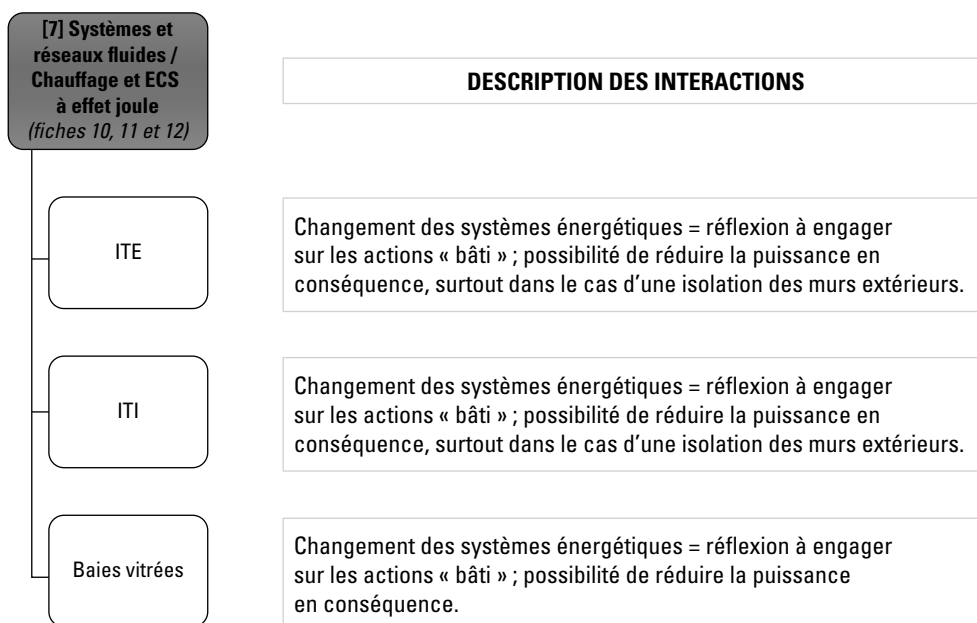
Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le poste chauffage et à son interaction avec d'autres lots.

La rénovation du poste chauffage est l’occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.

A noter l’importance et la priorité à donner à la réduction des besoins énergétiques (intervention bâti) avant une intervention lourde sur les systèmes énergétiques.

Le changement de ces systèmes et réseaux fluides amène à se poser la question d’une intervention sur le bâti : cela permettrait ainsi de mettre en place un système de puissance moindre.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d’étudier l’opportunité d’une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITE

Performance / Vétusté Murs isolés par l'extérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade présentant un mauvais état général	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 2 « Solutions techniques d’isolation par l’extérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d’avant 1948) – cf. fiche 4 « Solutions techniques d’isolation par l’extérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d’après 1948)

Le cas des murs non isolés à l’état actuel est représenté en «Performance 1» dans le tableau ci-dessus.

Les travaux sur le bâti ayant un fort impact énergétique (isolations des murs, remplacement des baies vitrées) réduisent le besoin de chauffage de manière non négligeable et permettent donc de remplacer le système par un système de moindre puissance.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITI

Performance / Vétusté Murs isolés par l'intérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade intérieure présentant un mauvais état général	Façade intérieure présentant des dégradations ponctuelles	Façade intérieure présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade intérieure ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 1 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 3 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Le cas des murs non isolés à l'état actuel est représenté en « Performance 1 » dans le tableau ci-dessus.

Dans le cas des murs isolés par l'intérieur, si la façade intérieure présente d'importants problèmes (pathologies, condensations, etc.), il est conseillé de traiter le problème et d'en profiter pour mettre en place une nouvelle isolation.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES (EMISSION) / ITI (CAS PARTICULIER DES COPROPRIÉTÉS) :

Il arrive parfois que le changement des radiateurs dans le cas d'un chauffage collectif soit soumis aux articles 25 et 24 de la loi du 10 juillet 1965. Le cas échéant, il faudra donc solliciter au préalable une autorisation des copropriétaires réunis en assemblée générale. Mais dans la majorité des cas, le règlement de copropriété définit les changements de radiateurs comme des travaux privés.

En revanche, les travaux d'isolation par l'intérieur sont considérés comme des travaux privés et peuvent donc être réalisés sans autorisation.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / BAIES VITRÉES

A noter que les interactions et perspectives de travaux complémentaires dépendront fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « menuiseries » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	$1,3 < U_w < 2,6$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,54 (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$U_w \leq 1,3$ Sw hiver = 0,34 et Sw été = 0,40 (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

< AUTRES ÉLÉMENTS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Il convient de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage.

Dans le cas des équipements collectifs sur réseaux fluides, nous présentons ici les interactions entre la production de chaleur (avec ou sans production d'Eau Chaude Sanitaire associée) et les autres équipements constitutifs d'un équipement collectif, à savoir l'émission, la distribution, la régulation terminale, les organes d'équilibrage et la production d'Eau Chaude Sanitaire, si elle est indépendante du chauffage.

Emission

Performance / Vétusté Emission de chaleur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Convecteurs	Action à engager immédiatement		Action à engager immédiatement
	2	Radiateurs haute température	Action à engager immédiatement		Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	-			
	4	Radiateurs basse température Plancher rayonnant Panneaux rayonnants	Action à engager immédiatement		Action non prioritaire

Distribution

Performance / Vétusté Distribution (local non chauffé)		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Aucun calorifuge	Action à engager immédiatement		Action à engager immédiatement
	2	Défaut de calorifuge (> 50% L) ou Classe 1	Action à engager immédiatement		Action à engager immédiatement
	3	Défaut de calorifuge (> 25% L) ou Classe 2	Action à engager immédiatement		Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	100% calorifugé ou > Classe 3	Action à engager immédiatement		Action non prioritaire

Régulation terminale

Performance / Vétusté Régulation terminale		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	Age > 10 ans (robinet) Age > 20 ans (thermostat)	Age entre 5 et 10 ans (robinet) Age entre 10 et 20 ans (thermostat)	Age < 5 ans (robinet) Age < 10 ans (thermostat)
Performance	1	Sans régulation terminale Robinets manuels	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	-			
	3	Robinets thermostatiques Thermostat d'ambiance	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	Robinets thermostatiques certifiés Thermostat d'ambiance programmable	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire

Organes d'équilibrage

Performance / Vétusté Organes d'équilibrage (pieds de colonnes, tés de réglage, ...)		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement	-	-	Bon fonctionnement
Performance	1	Inexistants	Action à engager immédiatement		Action à engager immédiatement
	2	Manuels sans repérage	Action à engager immédiatement		Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	Manuels avec repérage	Action à engager immédiatement		Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	Auto-équilibrants	Action à engager immédiatement		Action non prioritaire

Production d'ECS indépendante du chauffage

Performance / Vétusté Production d'ECS indépendante du chauffage		Vétusté			
		1	2	3	4
		Dysfonctionnement Age > 15 ans	Age entre 8 et 15 ans	Age entre 5 et 8 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans
Performance	1	Ballon électrique	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	Chauffe bain gaz avec veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire
	3	Chauffe bain gaz sans veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire
	4	Chauffe bain gaz sans veilleuse étanche ECS Thermodynamique ECS Solaire	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire

NOTA : Si le chauffage ou la production d'Eau Chaude Sanitaire se fait avec un appareil à combustion situé dans le logement, il faudra veiller à ce que la prise d'air du système soit reliée à l'extérieur, dans le cas contraire, l'appareil risque de perturber le renouvellement d'air dans le logement et impacter dès lors la qualité de l'air.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation des installations	En cas de changement des installations thermiques en chaufferie, il faut s'assurer que les parois sur lesquelles elles prennent appui (plancher) ou sur lesquelles elles se fixent (murs ou plafonds) présentent la résistance suffisante vis-à-vis des nouvelles charges. Lors du changement d'une partie seulement de l'installation, la conception de la solution devra répondre aux questions soulevées par la présence simultanée d'équipements conservés et d'équipements neufs et de leur fonctionnement commun.
Sécurité incendie	Les travaux doivent respecter les recommandations de la circulaire du 13 décembre 1982 : ne pas aggraver la situation en matière de sécurité incendie en particulier pour les modifications apportées à la chaufferie collective.
Conforts (hiver, été)	La rénovation partielle ou complète d'une installation de chauffage apporte un confort d'hiver d'autant plus important que des dispositifs de régulation permettent d'adapter le fonctionnement à la demande (jour/nuit, demi-saison, orientation).
Santé hygiène	Sans objet
Acoustique	La rénovation d'une chaufferie collective peut générer des gênes acoustiques à différents niveaux : – Bruits aériens des équipements (chaudières et pompes) – Transmission des vibrations (chaudières, pompes, réseau) – Bruits liés au conduit de fumée Ces problématiques sont à traiter lors de l'étude préalable de la rénovation de la chaufferie.
Accessibilité / habitabilité	Sans objet

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	Une rénovation des installations de chauffage apporte une valorisation du patrimoine multi domaines (économies d'énergie, aspect esthétique des installations neuves, confort d'utilisation et d'entretien).
Maîtrise d'ouvrage Travaux	Au-delà de la compétence thermique et énergétique du bureau d'études, la réfection d'une chaufferie collective nécessite d'associer des compétences acoustiques, particulièrement lorsque les installations collectives sont intégrées ou adossées au bâtiment. La performance de la chaudière est à adapter aux besoins de chaleur : il faut ainsi prendre en compte l'éventuel renforcement de l'isolation thermique de parois extérieures. Dans cette optique, il faut privilégier les travaux d'isolation des parois avant le changement de chaudière.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence

Bibliographie spécifique : cf. partie [principales sources de l'étude]

Fiche 12

SOLUTIONS TECHNIQUES : CHAUFFAGE ET ECS À EFFET JOULE



Maison individuelle – Immeuble collectif (toutes périodes de construction)

Diagnostic de l'état existant

Avant d'intervenir sur les systèmes de chauffage par effet joule pour une amélioration énergétique, un diagnostic spécifique est à engager dans le cadre d'une approche plus générale sur la situation initiale de l'immeuble et les performances à atteindre.

Objectifs du diagnostic :

- Connaître la composition des différents éléments du système de chauffage et leur état de conservation ;
- Aider au choix des solutions techniques d'amélioration énergétique.

Contenu du diagnostic :

- Caractéristiques du système de chauffage existant (production – émission) et état ;
- Avis des occupants sur ses performances ;
- Présence et bon fonctionnement du programmateur et thermostat d'ambiance ;
- Abonnement électrique existant pour intégrer un comptage heure pleine, heure creuse ;
- Production d'ECS : température de stockage (60°C), calorifugeage, pression d'eau, groupes de sécurité, niveau d'entartrage.

Conclusions attendues :

- Description des installations ;
- Etat de conservation, et respect des exigences actuelles ;
- Liste des actions de réparation ou renforcement préalables nécessaires, notamment en ce qui concerne une éventuelle isolation de l'enveloppe à prévoir ; Conditions de mise en œuvre des travaux d'amélioration énergétique ;
- Liste des travaux associés.

< CHOIX DE LA TECHNIQUE DE CHAUFFAGE

Solutions techniques	Titre	Economie d'énergie*	Economie de CO ₂ *	Facilité de mise en œuvre*
Solutions en applique	Convecteurs			
	Panneaux Rayonnant			
	Radiateur à inertie (chaleur douce)			
Solutions intégrées**25	Plancher rayonnant			
	Plafond Rayonnant			
Solution thermodynamique	Pompe à chaleur air/air			

* par rapport à une situation existante par convecteurs anciens

** Il faudra s'assurer que la hauteur sous plafond ne soit pas, in fine, inférieure à 2,50 m

■ Solutions en applique

Les systèmes panneaux rayonnant et radiateurs à inertie sont dit « en applique » car leur mise en œuvre se résume à la pose d'un élément sur un mur. Il n'y a pas de système à intégrer (à l'inverse des systèmes évoqués ci-après).

■ Solutions intégrées

Les planchers et plafonds rayonnants sont intégrés respectivement sous une chape ou un faux plafond.

Leur mise en œuvre demande une intervention lourde avec déménagement, à minima des pièces traitées (envisageable en plafond rayonnant), si ce n'est de la totalité du logement (cas général du plancher rayonnant sous chape).

■ Solutions thermodynamiques

Ces PAC air/air fonctionnent en récupérant les calories de l'air extérieur par l'intermédiaire d'une unité extérieure (ou prenant l'air extérieur) pour les restituer à une unité intérieure qui souffle de l'air par un réseau de gaines (ou un plenum de soufflage) ou à plusieurs unités intérieures par un réseau de fluide frigorigène.

Choix de la technique de production d'eau chaude sanitaire

	Titre	Economie d'énergie	Economie de CO ₂	Facilité de mise en œuvre
Solutions techniques	Ballon électrique			
	Ballon thermodynamique			
	Ballon électro-solaire			

■ **Ballon électrique :**

Les ballons électriques sont mieux calorifugés qu'autrefois. Ainsi, les pertes de stockage sont nettement limitées. Il est recommandé d'utiliser des ballons certifiés NF Performance 3 étoiles.

■ **Ballon thermodynamique :**

Le principe de fonctionnement est identique à une pompe à chaleur, les calories présentes dans l'air (intérieur ou extérieur) sont récupérées pour chauffer l'ECS.

Il est préférable de mettre en œuvre un ballon thermodynamique sur air extrait (via la ventilation), pour s'assurer une source de chaleur constante à l'entrée du ballon, ce qui augmente sensiblement les performances énergétiques. Ces ballons intègrent un appoint électrique pour assurer les chocs thermiques (anti-légionnelle).

■ **Ballon électro-solaire :**

Le système se compose d'un ballon d'accumulation et de capteurs solaires permettant le préchauffage de l'ECS. Le ballon est également équipé d'une résistance électrique d'appoint pour atteindre la température souhaitée, quel que soit l'ensoleillement.

■ **Système « 3 en 1 » :**

En cas d'une rénovation complète du système thermodynamique de production de chaleur individuelle (petites puissances), il est à noter l'existence de systèmes permettant d'assurer trois fonctions :

- Ventilation double flux : avec récupération sur l'air extrait pour préchauffer l'air soufflé ;
- Chauffage : produit par une PAC air/air qui reprend non pas l'air extérieur, mais l'air extrait (donc chauffé, améliore le COP) ;
- Eau chaude sanitaire : même principe de fonctionnement que pour le chauffage, mais avec un ballon d'accumulation.

< **PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES « COMPATIBLES BASSE CONSOMMATION »**

L'atteinte des objectifs énergétiques exprimés en énergie primaire nécessite une amélioration du système énergétique mais également une amélioration du cadre bâti (diminution des besoins énergétiques). En effet, le niveau BBC ne peut être atteint sans une diminution drastique des besoins de chauffage. Les consommations d'ECS ne doivent pas être négligées et le recours aux Energies Renouvelables ou de Récupération est conseillé.

Il est à noter que sous l'angle de la diminution des émissions de gaz à effet de serre, les solutions proposées dans cette fiche sont très satisfaisantes.

< **PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES « CHAUFFAGE »**

■ **Solutions en applique et intégrées :**

- Régulation par programmateur et thermostat d'ambiance à installer avec fil pilote ou courant porteur ;
- Détecteurs d'ouverture de fenêtre à installer pour assurer l'arrêt des émetteurs ;
- Pour les solutions intégrées, plus spécifiquement, une attention particulière sera portée sur les emplacements des futurs percements (ex : butées de porte pour le plancher) qui pourraient interférer avec le positionnement des éléments chauffants.

■ **Solution thermodynamique :**

- S'assurer d'un coefficient de performance (COP) nominal à +7°C extérieur très performant : de l'ordre de 4 et d'un COP à -7°C extérieur performant : de l'ordre de 3 ;

- Dimensionner correctement le système « PAC + appoint » et s'assurer que la PAC puisse fonctionner à température basse pour couvrir le maximum des besoins.

< PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES « EAU CHAUDE SANITAIRE »

- L'abonnement électrique doit permettre, à minima, un fonctionnement en heures creuses ; Les ballons thermodynamiques sur air extrait assurent également la ventilation, leur fonctionnement sera donc continu.
- Le ballon de production pourra être placé au plus près des points de puisage ;
- Le réseau de distribution ECS pourra être calorifugé, de la production jusqu'aux points de puisage, en local non chauffé : de façon à limiter la couverture des pertes par le réseau sur les consommations d'ECS ; et en ambiance intérieure : de façon à limiter l'impact des pertes sur le confort d'été ;
- Ballon électrique : son fonctionnement doit être programmé sur les heures creuses au moyen d'un programmateur ;
- Ballon thermodynamique : offrant plus de performance sur l'air extrait, il est préférable de le raccorder à la ventilation. L'extraction de l'air en pièce humide assure une source de chaleur constante toute l'année. Dans ce cas, les débits d'extraction seront à ajuster (surdimensionnement éventuel à prévoir) selon les besoins d'ECS du logement.

< MAINTENANCE / ENTRETIEN

- Solutions en applique et intégrées : aucune maintenance particulière excepté un dépoussiérage régulier des éléments ;
- Solution thermodynamique : une maintenance de l'équipement est nécessaire et surtout obligation d'un contrôle annuel d'étanchéité, à partir de 2 kg de fluide frigorigène, par une entreprise disposant d'une attestation de capacité.
- Solution solaire : la maintenance doit intégrer la vérification du fluide solaire et son acidité. Les capteurs solaires doivent être nettoyés tous les 2-3 ans selon l'empoussièremement ambiant.

Interactions entre éléments

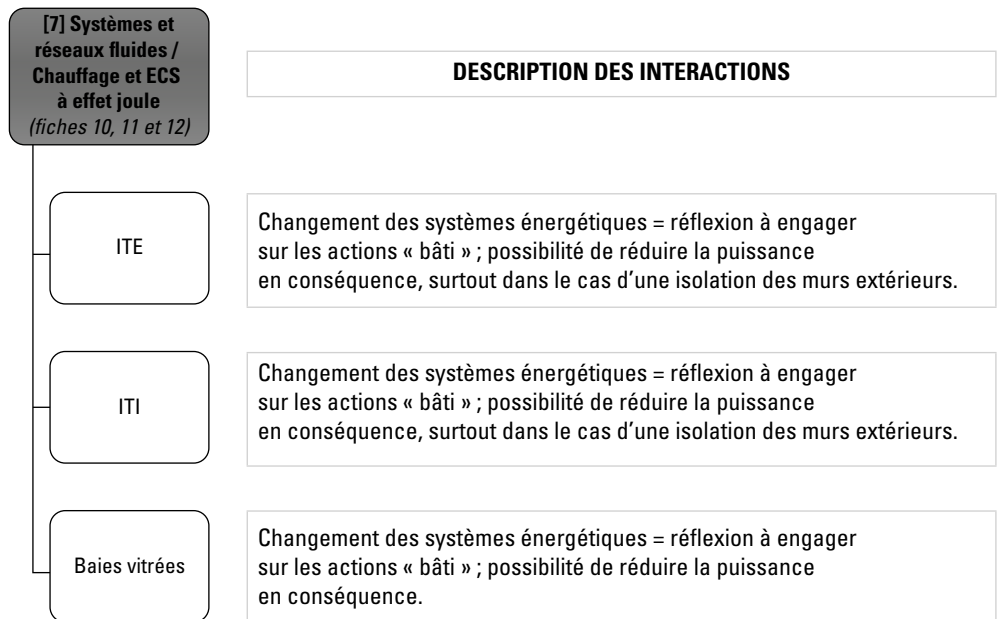
Une interaction est la conséquence sur d'autres lots des travaux entrepris sur un lot.

Ce chapitre a pour objet la mise en évidence des contraintes et opportunités, techniques et économiques, liées à l'intervention sur le poste chauffage et à son interaction avec d'autres lots.

La rénovation du poste chauffage est l'occasion de réfléchir à la réalisation de travaux complémentaires, bâti et systèmes, ci-après listés et détaillés.

A noter l'importance et la priorité à donner à la réduction des besoins énergétiques (intervention bâti) avant une intervention lourde sur les systèmes énergétiques.

Le changement de ces systèmes et réseaux fluides amène à se poser la question d'une intervention sur le bâti : cela permettrait ainsi de mettre en place un système de puissance moindre.



Après avoir détaillé la nature des interactions, nous proposons d'étudier l'opportunité d'une action sur les autres lots au regard de la performance énergétique et vétusté de ces derniers.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITE

Performance / Vétusté Murs isolés par l'extérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade présentant un mauvais état général	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 2 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 4 « Solutions techniques d'isolation par l'extérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Le cas des murs non isolés à l'état actuel est représenté en «Performance 1» dans le tableau ci-dessus.

Les travaux sur le bâti ayant un fort impact énergétique (isolations des murs, remplacement des baies vitrées) réduisent le besoin de chauffage de manière non négligeable et permettent donc de remplacer le système par un système de moindre puissance.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / ITI

Performance / Vétusté Murs isolés par l'intérieur		Vétusté			
		1	2	3	4
		Façade intérieure présentant un mauvais état général	Façade intérieure présentant des dégradations ponctuelles	Façade intérieure présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, façade intérieure ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$R_{isolant} \leq 1,00$ (ex : < 3 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	2	$1,00 < R_{isolant} \leq 2,3$ (ex : entre 3 et 8 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*
	3	$2,3 < R_{isolant} \leq 3,7$ (ex : entre 8 et 12 cm)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$R_{isolant} > 3,7$ (ex : > 12 cm d'isolant)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 1 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales anciennes (bâtiment datant d'avant 1948) – cf. fiche 3 « Solutions techniques d'isolation par l'intérieur, parois verticales récentes (bâtiment datant d'après 1948) »

Le cas des murs non isolés à l'état actuel est représenté en « Performance 1 » dans le tableau ci-dessus.

Dans le cas des murs isolés par l'intérieur, si la façade intérieure présente d'importants problèmes (pathologies, condensations, etc.), il est conseillé de traiter le problème et d'en profiter pour mettre en place une nouvelle isolation.

< INTERACTION SYSTÈMES ET RÉSEAUX FLUIDES / BAIES VITRÉES

A noter que les interactions et perspectives de travaux complémentaires dépendront fortement de la gestion des parties privatives et parties collectives. En copropriété, les caractéristiques des éléments « menuiseries » seront potentiellement variables car rattachées aux parties privatives. Pourtant, une réponse collective devra être soutenue.

Performance / Vétusté Baies vitrées**		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général (à titre d'exemple : corrosion, pourrissement important, éléments cassés, fêlés, problème d'ouverture / fermeure important, défaut d'étanchéité ...)	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles (à titre d'exemple : peintures, vernis écaillés, corrosion, pourrissement en surface, quincaillerie défectueuse, problème mineur d'ouverture/fermeture ...)	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf, fenêtres ayant fait l'objet de travaux depuis moins de 2 ans
Performance	1	$U_w > 4,00$ (ex : Simple vitrage ou 4/6/4 Alu)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Pas d'action, cas particulier des secteurs sauvegardés
	2	$2,6 < U_w < 4,00$ (≈ 4 8 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	$1,3 < U_w < 2,6$ $Sw \text{ hiver} = 0,34 \text{ et } Sw \text{ été} = 0,54$ (≈ 4 12 4)	Action à engager immédiatement*	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	$U_w \leq 1,3$ $Sw \text{ hiver} = 0,34 \text{ et } Sw \text{ été} = 0,40$ (ex : 4 16 4 ITR)	Action à engager immédiatement*	Action non prioritaire	Action non prioritaire

* Cf. fiche 7 « Solutions techniques baies vitrées » pour description détaillée de l'action

** Hors contraintes acoustiques

< AUTRES ÉLÉMENTS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Il convient de vérifier l'état de performance et de vétusté des autres constituants du réseau de chauffage.

Dans le cas des équipements collectifs sur réseaux fluides, nous présentons ici les interactions entre la production de chaleur (avec ou sans production d'Eau Chaude Sanitaire associée) et les autres équipements constitutifs d'un équipement de chauffage à effet Joule, à savoir l'émission, la régulation terminale et la production d'Eau Chaude Sanitaire, si elle est indépendante du chauffage.

Emission

Performance / Vétusté Emission de chaleur		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement (radiateurs acier / fonte) Age > 20 ans (radiateurs électriques)	Age entre 10 et 20 ans (radiateurs électriques)	Age entre 5 et 10 ans (radiateurs électriques)	Bon fonctionnement (radiateurs acier / fonte) Age < 5 ans (radiateurs électriques)	
Performance	1	Convecteurs	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	Radiateurs haute température	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	3	-				
	4	Radiateurs basse température Plancher rayonnant Panneaux rayonnants	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire

Régulation terminale

Performance / Vétusté Régulation terminale		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement	Age > 20 ans (thermostat)	Age entre 10 et 20 ans (thermostat)	Age < 10 ans (thermostat)	
Performance	1	Sans régulation terminale	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	-				
	3	Thermostat d'ambiance	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action à engager dans les 3 à 10 ans
	4	Thermostat d'ambiance programmable	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

Production d'ECS indépendante du chauffage

Performance / Vétusté Production d'ECS indépendante du chauffage		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dysfonctionnement Age > 15 ans	Age entre 8 et 15 ans	Age entre 5 et 8 ans	Bon fonctionnement Age < 5 ans	
Performance	1	Ballon électrique	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement
	2	Chauffe bain gaz avec veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire
	3	Chauffe bain gaz sans veilleuse	Action à engager immédiatement	Action à engager dans les 3 à 10 ans	Action non prioritaire	Action non prioritaire
	4	Chauffe bain gaz sans veilleuse étanche ECS Thermo ECS Solaire	Action à engager immédiatement	Action non prioritaire	Action non prioritaire	Action non prioritaire

NOTA : Si le chauffage ou la production d'Eau Chaude Sanitaire se font avec un appareil à combustion situé dans le logement, il faudra veiller à ce que la prise d'air du système soit reliée à l'extérieur. Dans le cas contraire, l'appareil risque de perturber le renouvellement d'air dans le logement et impacter dès lors la qualité de l'air.

Approche globale

Approche globale	Points de vigilance
Etat général de conservation des installations	Chauffage : sans objet. Pour la production d'ECS par ballon thermodynamique sur air extrait, le réseau de ventilation existant pourra être conservé à la condition d'être nettoyé et ne présentant pas de pertes de charge trop importantes pour le modèle de ballon choisi. Si les débits extraits doivent être plus importants, un redimensionnement de réseau aéraulique sera à prévoir. L'ajout d'un plancher ou plafond rayonnant nécessite la vérification de la capacité de la structure portante à recevoir les nouvelles charges.
Sécurité incendie	Utiliser des appareils portant la mention NF Electricité Performance C. Une attention particulière sera apportée sur le raccordement des appareils (NF C 15100). Attention à l'implantation des appareils électriques dans les pièces humides.
Conforts (hiver, été)	Le plancher ou plafond rayonnant apporte un confort supplémentaire avec une diffusion plus homogène de la chaleur dans les pièces.
Santé hygiène	La position des émetteurs est à déterminer afin de ne pas créer de gêne auprès des occupants (flux d'air dans les locaux).
Acoustique	L'installation d'une pompe à chaleur air/air peut constituer une source de nuisance acoustique à deux niveaux : – Pièces habitables : bruit des unités intérieures (ventilateur) à réduire au maximum, en particulier dans les chambres ; – Extérieur : bruit de l'installation extérieure (compresseur et ventilateur) à limiter, surtout lorsque les installations fonctionnent l'été.
Accessibilité / habitabilité	L'installation de planchers chauffants (chape sur isolant thermique) est à coordonner avec les niveaux existants pour faciliter le déplacement des personnes handicapées.

Enjeux	Éléments d'appréciation
Valorisation patrimoine	Une rénovation, des installations de chauffage apporte une valorisation du patrimoine multi domaines (économies d'énergie, aspect esthétique des installations neuves, confort d'utilisation et d'entretien).
Maitrise d'ouvrage Travaux	Pour les pompes à chaleur, l'implantation de l'unité extérieure exige un choix judicieux afin de permettre un entretien facile des équipements et de limiter la gêne sonore vis-à-vis des occupants du logement et des riverains.

Pour en savoir plus

- Liens utiles :
 - Règlementation thermique : <http://rt-batiment.fr/>
 - Base INIES – base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : <http://www.inies.fr/>
 - Avis techniques : <http://www.cstb.fr/evaluations/>
- Textes réglementaires
- NF DTU, règles professionnelles, cahiers des prescriptions techniques, normes, autres documents de référence
- Bibliographie spécifique : cf. partie [principales sources de l'étude]



4.1 Bibliographie

AQC, *BBC & Risques de non-qualité – Les premiers retours d'expériences*

APUR, *Analyse de la performance des thermiques des logements parisiens construits :*

- avant 1800, Paris, 2010, 15 p.
- entre 1801 et 1850, Paris, 2010, 14 p.
- entre 1851 et 1914, Paris, 2010, 14 p.
- entre 1918 et 1939, Paris, 2010, 15 p.
- entre 1945 et 1974, Paris, 2010, 16 p.
- entre 1975 et 2000, Paris, 2010, 12 p.

CATED, *Guides CATED des techniques du bâtiment – Réhabilitation des toitures terrasses*, Publications techniques construction, 81 p.

CSTB, AFME, *Isolation de l'habitat existant – technique et économies d'énergie*, 204 p.

CSTB, SOCOTEC, *Plan bâtiment grenelle, Développement durable « Construire, rénover, exploiter »*, tome 1, CSTB éditions, nov. 2011.

CSTB, *Guides pratiques :*

- Ecrans souples de sous toiture, Juillet 2011, 125 p.
- Isolation des combles aménagés, Février 2011, 83 p.
- Isolation des combles perdus, Octobre 2010, 99 p.
- Les sous-couches, isolant sous carrelage, Novembre 2010, 63 p.
- Maçonneries, Juin 2008, 125 p.
- Plancher rayonnant électrique (PRE), Juin 2008, 70 p.

DE VIGAN Jean, *Dicobat – dictionnaire général du bâtiment*, 1993, 960p.

FFB, ADEME, COSTIC, *Amélioration énergétique des bâtiments existants : les bonnes solutions*, 2004, 180 p.

GDF-SEZ, *La rénovation énergétique des maisons individuelles*, Paris, 2010, 36 p.

GDF-SUEZ, *La rénovation énergétique des logements collectifs à chauffage collectif*, Paris, 2011, 52 p.

GINGER CATED, *Réhabilitation des bâtiments*, 2010, 175 p.

Grenoble Facteur 4, *Le bâti ancien, le patrimoine et l'énergie*, 20 p.

Le Moniteur, *La maintenance des bâtiments en 250 fiches pratiques*, Editions Le Moniteur, 2009, 491 p.

PACT-SOCOTEC, *Les copropriétés des années 50 à 80, un parc à enjeux*, 2010, 15 p.

Plan Bâtiment Grenelle – Groupe de travail « Innovation », *Leviers à l'innovation dans le secteur du bâtiment*, Septembre 2011, 115p.

POUGET Consultants, Cabinet Patrick de JEAN et Jérôme MARIN, architectes dplg, CSTB, TRANSSOLAR, EBÖK, *Guide ABC « Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs »*, construits de 1850-1974, Éd. EDIPA, 2011, 344 p.

PROMOTELEC, *Label – Rénovation énergétique*, Mai 2011, 40 p.

4.2 Glossaire

Argon : Gaz rare inerte présent dans l'air (moins de 1 %).

Bardage : Revêtement de façade mis en place par fixation mécanique avec une lame d'air et/ou un isolant thermique.

« **Boîte dans la boîte** » : Traitement des ponts thermiques du mur extérieur par manchonnage des refends, du plancher et du plafond lors d'une isolation par l'intérieur.

Calorifuge : Désigne et qualifie divers isolants thermiques, en particulier ceux utilisés pour éviter les déperditions calorifiques des équipements de chauffage, canalisations et gaines.

Coefficient de performance énergétique (COP) : Rapport entre l'énergie utile (chaleur restituée pour le chauffage) et l'énergie consommée (facturée) pour faire fonctionner la pompe à chaleur.

Compatible Basse Consommation : Intervention respectant une performance énergétique minimale afin d'obtenir une économie de consommations énergétiques et de gaz à effet de serre en adéquation avec les objectifs Grenelle.

Désembouage : C'est une technique de nettoyage des installations de chauffage central. Elle consiste à éliminer les boues qui se sont formées et accumulées dans le réseau de chaleur. Ce procédé peut être mécanique ou chimique.

Energie finale : Energie livrée et facturée à l'utilisateur, transformée ensuite en énergie utile (chaleur, lumière ou en énergie mécanique). Unité : Wh ou kWh

Energie primaire : Forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation ; charbon, gaz naturel, pétrole, uranium, énergie solaire...

Humidité relative : Rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions, rapport variable selon la pression et la température de l'air, le contenu en vapeur d'eau restant constant. Unité : %HR

Pare-pluie : Membrane étanche à l'eau mais perméable à la vapeur d'eau.

Pare-vapeur : Feuille ou membrane étanche à la vapeur d'eau pour empêcher la diffusion de la vapeur d'eau à travers la paroi.

Parois anciennes : On considère dans cette étude que les parois anciennes sont toutes les parois verticales des bâtiments construits avant 1948. On trouve généralement comme matériaux : la pierre, le pan de bois ou bois massif, la brique. (cf. l'étude préalable des Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 sur « l'analyse détaillée du parc résidentiel existant »).

Parois récentes : On considère dans cette étude que les parois récentes sont toutes les parois verticales des bâtiments construits après 1948. On trouve généralement comme matériaux : le béton et ses déclinaisons (banché, préfabriqué, panneau sandwich...), la brique creuse, le parpaing. (cf. l'étude préalable des Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 sur « l'analyse détaillée du parc résidentiel existant »).

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : Quantité d'énergie qu'on peut retirer de la combustion du gaz, sans condensation des fumées.

Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : Quantité d'énergie qu'on peut retirer de la combustion du gaz, avec condensation des fumées.

Frein-vapeur : Membrane à perméabilité variable. En hiver elle est plus étanche permettant de protéger les parois de l'humidité. En été, elle est plus perméable permettant le séchage par diffusion.

Warm edge (ou « bord chaud ») : profilés situés à la périphérie de chaque vitrage isolant entre les couches de verres

4.3 Grandeurs physiques

Cep : Coefficient de consommation conventionnelle d'énergie primaire pour chauffage, auxiliaires, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire et éclairage des locaux, unité : kWh_{ep}/(m²_{SHON}.an).

Coefficient de transmission linéique ψ : Flux thermique passant à travers un mètre linéaire d'un élément de construction, pour une différence de 1 Kelvin, unité : W/(m.K).

Coefficient de transmission ponctuel X_i : Flux thermique passant à travers un élément de construction, pour une différence de température de 1 Kelvin, unité : W/K.

Coefficient de transmission surfacique U : Flux thermique passant à travers un mètre carré de surface d'un élément de construction, pour une différence de 1 Kelvin, unité : W/(m².K).

K Kelvin : Unité de mesure de la température (0°C = 273,15 K).

kWh : Kilo Watt heure (ou Wattheure Wh), unité de mesure pour le travail d'une force ou pour une quantité d'énergie.

kWh_{ep} : Kilowattheure d'énergie primaire. Unité de mesure d'une quantité d'énergie primaire.

kgeqCO₂ : Kilogramme (ou tonne) équivalent CO₂. Unité de mesure du potentiel de réchauffement global (PRG) d'un gaz à effet de serre, calculé par équivalence avec une quantité de CO₂ qui aurait le même PRG.

λ (lambda) : Conductivité thermique, caractérisant le comportement d'un matériau lors du transfert thermique par conduction, Elle correspond au flux de chaleur traversant un matériau homogène d'une surface de 1 m² et d'une épaisseur d'un mètre soumis à une différence de température de 1 K de part et d'autre du matériau, unité : W/(m.K).

olf : Unité de mesure pour l'évaluation de la pollution olfactive de l'air. Un homme « normalisé » en activité assise a une émission olfactive de 1 olf.

R : Résistance thermique représentant la capacité d'une épaisseur de matériau à résister à la transmission de chaleur par conduction, unité : m².K/W.

Sd : Mesure de perméance, caractérise la résistance au transport de vapeur d'eau à travers un matériau. Plus Sd est faible et plus le matériau est perméable à la vapeur d'eau.

Sg : Facteur solaire d'un vitrage avec ou sans protection rapportée. Le facteur solaire d'une paroi correspond à la proportion du flux énergétique que le vitrage laisse passer : celui-ci s'exprime en pourcentage du rayonnement reçu.

SHAB : Surface HABitable en m². Surface de plancher calculée après déduction de l'emprise des murs, des cloisons, des caves, des sous-sols, des balcons et locaux dont la hauteur sous plafond est inférieure à 1,80 m.

SHON : Surface Hors Œuvre Nette en m². Ensemble des surfaces construites y compris l'emprise des murs et cloisons et déduction faite des surfaces extérieures et des surfaces non aménageables.

Sw : Facteur solaire d'une baie. La différence avec le facteur solaire du vitrage (Sg) est la prise en compte du facteur solaire de la menuiserie.

U : Coefficient de transmission surfacique d'une paroi représente la capacité ramenée à une unité de surface à laisser passer la chaleur, unité : $W/(m^2.K)$.

U bât : Coefficient de transmission surfacique moyen du bâtiment.

U global : Coefficient de transmission surfacique global sur une portion de mur (maille type) comprenant les déperditions surfaciques et linéiques ramenées à un m^2 de paroi, unité : $W/(m^2.K)$.

U_w : Coefficient de transmission surfacique de la fenêtre (w window), unité : $W/(m^2.K)$.

U_g : Coefficient de transmission surfacique du vitrage (g glass), unité : $W/(m^2.K)$.

U_f : Coefficient de transmission surfacique de la menuiserie (f frame), unité : $W/(m^2.K)$.

U_p : Coefficient de transmission surfacique d'une paroi, unité : $W/(m^2.K)$.

W Watt : Unité de flux thermique, puissance.

4.4 Sigles

DV : Double Vitrage

ECS : Eau Chaude Sanitaire

EVAPDC : EVAcuation des Produits De Combustion

GES : Gaz à Effet de Serre

HBM : Habitation à Bon Marché

IAO : profilés I à Ailes Ordinaires

IGH : Immeuble de Grande hauteur

IPN : profilés I à Poutrelles Normalisées

ITE : Isolation Thermique par l'Extérieur

ITI : Isolation Thermique par l'Intérieur

RCU : Réseau de Chaleur urbain

RT Ex : Règlementation Thermique pour les bâtiments Existants

SHAB : Surface habitable

SHON : Surface Hors Œuvre Nette

SV : Simple Vitrage

Tic : Température intérieure conventionnelle

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

VMR : Ventilation Mécanique Répartie

VNA : Ventilation Naturelle Assistée

TABLE DES MATIÈRES

01 • DÉMARCHÉ, SOURCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE	6
1.1 Organisation de l'étude	6
1.2 Principales sources de l'étude	7
02 • STRATÉGIES DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE	8
2.1 Définition de la démarche de rénovation	8
2.2 L'explication de la démarche de rénovation	8
2.2.1 Point(s) d'entrée travaux	8
2.2.2 Tableaux de performance énergétique et tableaux de vétusté	10
2.2.3 Tableaux croisés de performance énergétique – vétusté	12
2.2.4 Consultation des fiches travaux	14
03 • FICHES « SOLUTIONS TECHNIQUES »	15
3.1 Organisation et contenu	15
3.2 Fiches « bâti »	16
FICHE 01 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR	17
Choix de la technique d'isolation par l'intérieur en rénovation	18
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	18
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	18
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces	19
Techniques ou dispositions à proscrire	21
Interaction ITI / Baies vitrées	22
Interaction ITI / Ventilation	23
Interaction ITI / Systèmes et réseaux fluides	24
Production	24
Emission	24
Régulation terminale	24
Distribution	25
Organes d'équilibrage	25
Production d'ECS indépendante du chauffage	25
FICHE 02 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR	27
Choix de la technique d'isolation par l'extérieur en rénovation	28
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	29
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	29
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces	30
Techniques ou dispositions à proscrire	30
Interaction ITE / Baies vitrées	32
Interaction ITE / Ventilation	33
Interaction ITE / Systèmes et réseaux fluides	33
Production	33
Emission	34

Régulation terminale.....	34
Distribution.....	34
Organes d'équilibrage.....	34
Production d'ECS indépendante du chauffage.....	34
Interaction ITE / Extension.....	35
FICHE 03 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'INTÉRIEUR.....	37
Choix de la technique d'isolation par l'intérieur en rénovation.....	38
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation ».....	38
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration :.....	38
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces.....	39
Techniques ou dispositions à proscrire.....	40
Interactions entre éléments.....	40
Interaction ITI / Baies vitrées.....	41
Interaction ITI / Ventilation.....	42
Interaction ITI / Systèmes et réseaux fluides.....	43
Production.....	43
Emission.....	43
Régulation terminale.....	43
Distribution.....	44
Organes d'équilibrage.....	44
Production d'ECS indépendante du chauffage.....	44
FICHE 04 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR.....	46
Choix de la technique d'isolation par l'extérieur en rénovation.....	47
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation ».....	47
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration.....	47
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces.....	48
Techniques ou dispositions à proscrire.....	49
Interaction ITE / Baies vitrées.....	50
Interaction ITE / Ventilation.....	51
Interaction ITE / Systèmes et réseaux fluides.....	52
Production.....	52
Emission.....	52
Régulation terminale.....	52
Distribution.....	53
Organes d'équilibrage.....	53
Production d'ECS indépendante du chauffage.....	53
Interaction ITE / Extension.....	53
FICHE 05 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION DU PLANCHER BAS.....	55
Choix de la technique d'isolation en rénovation.....	55
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation ».....	56
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration.....	56
Certifications et qualifications.....	57
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces.....	57

Interaction plancher bas / Systèmes et réseaux fluides	60
Production	60
Emission	60
Régulation terminale.....	60
Distribution	61
Organes d'équilibrage	61
Production d'ECS indépendante du chauffage	61

FICHE 06 • SOLUTIONS TECHNIQUES D'ISOLATION DU PLANCHER HAUT OU DE LA TOITURE 63

Choix de la technique d'isolation en rénovation	64
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	64
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration.....	64
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces.....	66
Techniques ou dispositions à proscrire	68
Interaction plancher haut ou toiture / Systèmes et réseaux fluides	69
Production	69
Emission	70
Régulation terminale.....	70
Distribution	70
Organes d'équilibrage	70
Production d'ECS indépendante du chauffage	70
Interaction Toiture-terrasse / Surélévation ou Combles perdus	
/ Combles aménagés	70
Interaction Combles / Ventilation mécanique	71

FICHE 07 • SOLUTIONS TECHNIQUES BAIES VITRÉES . 73

Choix de la technique de pose	74
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	74
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration.....	75
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces.....	75
Interaction baies vitrées / Ventilation.....	78
Interaction baies vitrées / ITE.....	79
Interaction baies vitrées / ITI	80
Interaction baies vitrées / Systèmes et réseaux fluides	81
Production	81
Emission	81
Régulation terminale.....	82
Distribution	82
Organes d'équilibrage	82
Production d'ECS indépendante du chauffage	82
3.3 Fiches « système énergétique ».....	16

FICHE 08 • SOLUTIONS TECHNIQUES DE VENTILATION NATURELLE 84

Réglementation.....	85
Choix de la technique en rénovation.....	85
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	85

Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	85
Technique à proscrire	86
Maintenance / entretien	86
Interactions entre éléments	87
Interaction Ventilation / Baies vitrées	87
Interaction Ventilation / Systèmes et réseaux fluides	88
Production	88
Emission	89
Régulation terminale	89
Distribution	89
Organes d'équilibrage	89
Production d'ECS indépendante du chauffage	89

FICHE 09 • SOLUTIONS TECHNIQUES DE VENTILATION MÉCANIQUE CONTRÔLÉE (VMC) 91

Réglementation	92
Choix de la technique en rénovation	92
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	92
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	92
Techniques à proscrire	94
Maintenance / entretien	95
Interaction Ventilation / Baies vitrées	96
Interaction Ventilation / Systèmes et réseaux fluides	96
Production	97
Emission	97
Régulation terminale	97
Distribution	97
Organes d'équilibrage	98
Production d'ECS indépendante du chauffage	98

FICHE 10 • SOLUTIONS TECHNIQUES : ÉQUIPEMENTS INDIVIDUELS SUR RÉSEAU FLUIDE . . 100

Aspect réglementaire	100
Choix de la solution des générateurs en rénovation	101
Choix de la solution des émetteurs en rénovation : si intervention sur le bâti	102
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	102
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	102
Préconisations spécifiques de traitement des interfaces	104
Solution émergente : la micro-cogénération (chaudière électrogène)	105
Maintenance / entretien	105
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITE	106
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITI	107
Interaction Systèmes et réseaux fluides / Baies vitrées	107
Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire	107
Emission	108
Régulation terminale	108
Production d'ECS indépendante du chauffage	108

FICHE 11 • SOLUTIONS TECHNIQUES : ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS SUR RÉSEAU FLUIDE . . .	110
Aspect réglementaire	110
Choix de la technique des générateurs en rénovation	111
Choix de la technique des émetteurs en rénovation : si intervention sur le bâti.	112
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	112
Préconisations spécifiques des solutions d'amélioration	113
Solution émergente : la micro-cogénération (chaudière électrogène).	114
Maintenance / entretien	114
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITE	115
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITI	116
Interaction Systèmes et réseaux fluides (Emission) / ITI (Cas particulier des copropriétés) : . . .	116
Interaction Systèmes et réseaux fluides / Baies vitrées	116
Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire	117
Emission	117
Distribution	117
Régulation terminale.	117
Organes d'équilibrage	118
Production d'ECS indépendante du chauffage	118
FICHE 12 • SOLUTIONS TECHNIQUES : CHAUFFAGE ET ECS À EFFET JOULE	120
Choix de la technique de chauffage	121
Performances énergétiques « Compatibles Basse Consommation »	122
Préconisations spécifiques « chauffage »	122
Préconisations spécifiques « eau chaude sanitaire »	123
Maintenance / entretien	123
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITE	124
Interaction Systèmes et réseaux fluides / ITI	125
Interaction Systèmes et réseaux fluides / Baies vitrées	125
Autres éléments de chauffage et d'eau chaude sanitaire	125
Emission	126
Régulation terminale.	126
Production d'ECS indépendante du chauffage	126
04 • ANNEXES	128
4.1 Bibliographie	128
4.2 Glossaire.	129
4.3 Grandeurs physiques	130
4.4 Sigles.	131

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple de tableau croisé de performance/vétusté (cas des baies vitrées).	13
---	----



Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

MAÎTRES D'OUVRAGE



ENTREPRISES/ARTISANS



MAÎTRES D'ŒUVRE



CONTRÔLEURS TECHNIQUES



INDUSTRIELS



ASSUREURS



PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE est assuré par l'Agence Qualité Construction.

RAPPORT

STRATÉGIE DE RÉNOVATION

OCTOBRE 2017 – VERSION 1.0

La réalisation de travaux s'organise généralement autour d'une contrainte et/ou d'une opportunité travaux (mise aux normes, agrandissement, amélioration de la performance énergétique, du confort,...). Cet « évènement » constitue un véritable « point d'entrée travaux » qui se veut variable (différents lots travaux possibles). Puisque les actions engagées sur l'enveloppe et/ou les équipements techniques entrent en interaction les unes avec les autres, la réalisation de ladite action est une formidable occasion pour évaluer la pertinence et la faisabilité d'une rénovation énergétique élargie à d'autres lots. En respectant ce principe, en évaluant les performances énergétiques et vétusté des différents lots en interaction, nous proposons d'accompagner à la construction d'un projet de rénovation performant. Cette stratégie de rénovation est complétée de fiches techniques précisant les techniques appropriées, les performances énergétiques minimales ainsi que l'adaptabilité/compatibilité avec de futures travaux. Cette étude complète le rapport « analyse détaillée du parc résidentiel existant ».

Cette étude a été réalisée par le bureau d'étude POUGET Consultants.

