

O U T I L D I D A C T I Q U E



ISOLATION THERMIQUE DES BÂTIMENTS

O U T I L D I D A C T I Q U E

Isolation thermique des bâtiments



Cet outil didactique a été conçu et réalisé avec le soutien de la Région wallonne par le

CIFUL

Université de Liège

Paul WAGELMANS

&

Jean-Marc GUILLEMAU

Marie-Claire PIRENNE

Brigitte ORTMANS

Jean WAGELMANS

Avant-projet

Catherine BALTUS

Comité de lecture

Université de Liège

Marc NOIRHOMME

Géraldine DUPONT

Université catholique de Louvain

Claude CRABBÉ



Université de Liège



RÉGION WALLONNE

Editeur responsable :

S. Vanthourenhout
Rue Royale 45
1000 Bruxelles

Dépôt légal

D/2009/1698/01



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes et entreprises qui ont bien voulu autoriser l'utilisation de leurs photographies.

Les architectes :

- **Artau srl**
- **fhw**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Luc BODDIN**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Joël COUPEZ**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Jean-Marie DELHAYE**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Manfred LEHRO**
- **Léo MICHAELIS**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Nathalie RIES**
- **Eric VANDEBROEK**, partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"

Les entreprises :

- **Eurobau** - partenaire de l'action "Construire avec l'Energie"
- **Vinay HODY**
- **Marc LIEVENS**

Les organismes :

- **CNAC**
- **CSTC**
- **Niedrig Energie Institut (D)**

Les firmes :

- **Actis** et tout particulièrement **Olivier FERNANDEZ**
- **Ecobati** et tout particulièrement **Yannick NOEL**
- **Foamglas** et tout particulièrement **Emmanuel SELECK**
- **Renson** et tout particulièrement **Sébastien LABILLOY**
- **Rockwool** et tout particulièrement **Jean-Pierre BUSSCHOTS**
- **Unilin** et tout particulièrement **Claude VIGNOUL**

ainsi que

- **Argex**
- **Batiplum**
- **Celit**
- **Claytec**
- **Daewool**
- **Ecolith**
- **Eternit**
- **Ewitherm**
- **Fingo**
- **Gutex**
- **Gyproc**
- **Hoffmann et Dupont**
- **Homatherm**
- **Isocell**
- **Isoproc & Pro clima**
- **Isover**
- **Menuiserie Générale Desclée Frédéric**
- **Natilin**
- **Pierret-system**
- **Recticel Belgium**
- **Sibli**
- **Technichanvre**
- **Thermofloc**
- **Thermo-hanf**



OUVRAGES UTILES

Brochures éditées par la Région wallonne

- o La ventilation des logements
- o Condensation et moisissures
- o Isolation thermique de la toiture plate
- o Isolation thermique de la toiture inclinée
- o Les fenêtres
- o Isolation thermique des murs creux
- o Isolation thermique des murs pleins
- o Optimisez votre maison - (1)
- o Construire avec l'énergie - guide pratique - (2)
- o Construire avec l'énergie - brochure technique - (3)

Guides pratiques pour architectes, édités par la Région wallonne

- o L'isolation thermique des murs creux
- o L'isolation thermique des toitures inclinées
- o La ventilation et l'énergie
- o La fenêtre et la gestion de l'énergie
- o La rénovation et l'énergie
- o L'isolation thermique des façades à structure bois
- o L'isolation thermique de la toiture plate
- o La conception globale de l'enveloppe et l'énergie
- o L'isolation thermique des façades verticales

Guides pratiques édités par le FFC

- o Isolation thermique des toitures inclinées - (4)
- o Isolation thermique des murs creux - (5)
- o La ventilation naturelle des habitations - (6)
- o La ventilation mécanique des habitations - (7)

La Terre est notre maison - (8)

Construire, rénover, habiter, en respectant l'Homme et l'environnement
de Françoise JADOUL - éditions Luc Pire - 2002

L'isolation écologique - (9)

Conception matériaux mise en œuvre
de Jean-Pierre OLIVA - éditions Terre vivante - 2001

Isoler la maison Préserver la planète - (10)

de Paul Wagelmans - éditions Nature & progrès - 2004

Guide pratique édité par la Région wallonne

**Mettre en œuvre la performance énergétique
des bâtiments - (11)**



11



Cet outil didactique se compose
de **8 modules**, chacun étant défini par

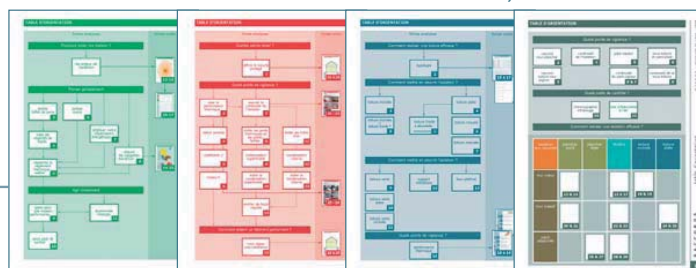


Outil didactique disponible
auprès du

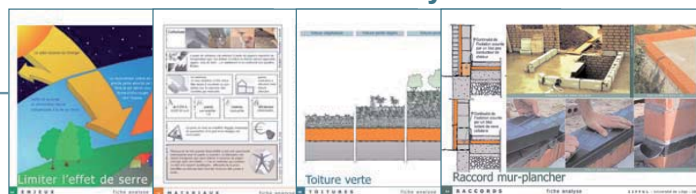
**Fonds de Formation
professionnelle
de la Construction**



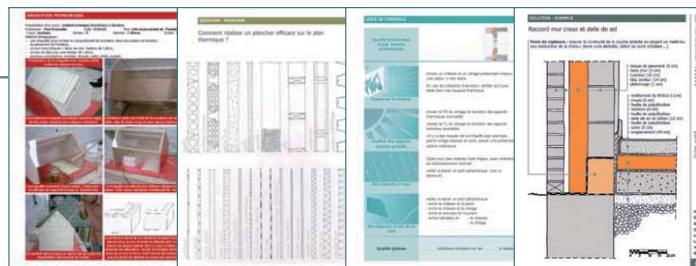
une **table d'orientation**,



des **fiches analyses**



et des **fiches outils**.



Rue Royale 45
1000 Bruxelles

Tél.: 02 210 03 33
Fax : 02 210 03 99

<http://www.laconstruction.be>
E-mail : info@fvbffc.be

INTRODUCTION

Aujourd'hui, plus personne ne nie le lien entre la consommation des énergies fossiles, les émissions de CO₂ et le réchauffement climatique; plus personne ne peut éviter l'augmentation du coût des énergies.

Aujourd'hui, chacun doit réagir. Et la meilleure énergie est celle que nous ne consommons pas. Aussi, l'isolation renforcée des habitations devient-elle indispensable.

La Directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments, approuvée fin 2002, impose que la réglementation thermique évolue. C'est tout le secteur de la construction qui doit s'adapter vers une amélioration de la qualité énergétique de ses ouvrages.

L'outil pédagogique proposé ici ambitionne de rencontrer le défi urgent de concilier confort de l'habitation et économie d'énergie. A travers de nombreux schémas et photographies, il illustre l'importance du soin à apporter dans la mise en œuvre de l'isolation, facteur essentiel de la performance énergétique.

Cet outil démontre aussi le besoin d'évolution des différents métiers de la construction et guide le professionnel vers une meilleure compréhension des techniques permettant d'économiser l'énergie.

Le défi à relever est grand mais indispensable car c'est la planète que nous devons préserver.

*M. Grégoire,
Directeur de la Direction
des bâtiments durables
du Service public de Wallonie.*

*R. Hinnens,
Président du Fonds de Formation
professionnelle de la Construction.*

CONTENU DE L'OUTIL DIDACTIQUE

Le présent document est un outil destiné aux professeurs et formateurs des métiers de la construction. Il développe la thématique de l'isolation des différentes parois dans une habitation unifamiliale.

Il contient

- **un index,**
- **huit modules.**

Chaque module se structure comme suit.

- Une **table d'orientation**.
Elle présente les liens logiques entre les différentes fiches.
- Des **fiches analyses**.
Elles offrent des contenus qui peuvent être présentés sous forme de transparents ou de photocopies
 - pour développer un module ou partie de celui-ci,
 - pour constituer un cours avec un objectif spécifique.
- Des **fiches outils**.
Elles présentent des suggestions pédagogiques, des questions-problèmes et leur solution, des listes de contrôle... Ces propositions ne demandent qu'à être améliorées par le professeur ou le formateur. Il lui appartient de s'en inspirer ou de les adapter
 - à son public qu'il connaît mieux que quiconque,
 - au temps et aux moyens dont il dispose,
 - aux objectifs qu'il vise.

Les professeurs et formateurs sont autorisés à reproduire les fiches qui composent cet outil didactique sous la réserve qu'elles soient strictement utilisées dans un contexte de formation.

INDEX	Où trouver l'information à partir d'un mot ?
ENJEUX	Pourquoi isoler ? Quels impacts sur ma maison ? Et sur ma planète ?
PRINCIPES	Quels principes faut-il respecter pour bien isoler ?
MATERIAUX	De quels matériaux d'isolation disposons-nous ? Comment choisir ?
MURS	Comment bien mettre en oeuvre l'isolation dans les différents types de parois verticales ?
PLANCHERS	Comment bien mettre en oeuvre l'isolation dans les différents types de plancher ?
FENETRES	Comment choisir et bien mettre en oeuvre des fenêtres performantes ?
TOITURES	Comment bien mettre en oeuvre l'isolation dans les différents types de toiture ?
RACCORDS	Comment réaliser des raccords performants ?

	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
	H
	I
	J
	K
	L
	M
	N
	O
	P
	Q
	R
	S
	T
	U
	Ů
	W
	X
	Y
	Z

INDEX

Mot-clé	Renvoi vers les fiches analyses
A	
apports solaires	enjeux 9, fenêtres 6, fenêtres 7, fenêtres 8, fenêtres 10
argile expansée	matériaux 3, planchers 5, raccords 4
B	
blower door	raccords 11, murs 9
C	
cellulose	matériaux 7, murs 9, planchers 5, planchers 6, toitures 8, raccords 4
chanvre/chènevotte	matériaux 7
chaume	matériaux 3
classes de pare-vapeur	principes 13, raccords 5
coefficient de conductivité thermique (λ)	principes 4, matériaux 2, matériaux 4
coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ)	raccords 5, raccords 8, principes 7, matériaux 4
coefficient de transmission thermique (U)	principes 5, murs 2, planchers 2, fenêtres 3, fenêtres 4, toitures 2
collage	raccords 4
comportement au feu	matériaux 4
condensation interne	principes 11, principes 12, principes 13, toitures 5, raccords 8
condensation superficielle	principes 8, principes 9, principes 10
conditionnement	matériaux 4
conductivité thermique (λ)	principes 4, matériaux 2, matériaux 4
confort thermique	enjeux 9, enjeux 10, principes 15
consommation	enjeux 6, enjeux 7, enjeux 8, enjeux 9, principes 3, principes 15
continuité (isolation, pare-vapeur et sous-toiture)	principes 7, principes 8, principes 11, murs 4, raccords 2 à 9
coton	matériaux 3
crépi	murs 6, murs 7

INDEX

Mot-clé		Renvoi vers les fiches analyses										
D	déchets d'isolation	matériaux 13										
	développement durable	enjeux 2 à 11										
	diffusion de vapeur d'eau	principes 7	principes 13	matériaux 4	raccords 5	raccords 8						
E	écobilan	matériaux 4										
	effet de serre	enjeux 3										
	énergie	enjeux 2	enjeux 4 à 11									
	énergie grise	matériaux 4										
	énergie primaire	enjeux 9										
	étanchéité à la vapeur d'eau	principes 13	murs 8	murs 12	planchers 10	fenêtres 11	toitures 14	raccords 5+8				
	étanchéité à l'air et au vent	principes 11	principes 15	murs 12	planchers 10	fenêtres 11	toitures 14	raccords 11				
	étanchéité à l'eau	murs 8	murs 12	planchers 10	fenêtres 11	toitures 14	raccords 8					
	exfiltration	fenêtres 2	fenêtres 9	raccords 11								
F	facteur solaire (g)	fenêtres 4	fenêtres 6	fenêtres 11								
	faux-plafond	toitures 13										
	fibragglo	matériaux 3	matériaux 11									
	fibre de bois	matériaux 3	matériaux 9									
	fibre de coco	matériaux 3										
	freine-vapeur	principes 13	matériaux 12	raccords 5								
	fuites d'air	principes 11	principes 15	fenêtres 2	fenêtres 9	fenêtres 11	raccords 11					
	G	g (facteur solaire)	fenêtres 4	fenêtres 6	fenêtres 11							

INDEX

Mot-clé		Renvoi vers les fiches analyses						
H	hydrophile	matériaux 4						
	hydrophobe	matériaux 4						
I	impact sur la santé	matériaux 4						
	impact sur l'environnement	matériaux 4						
	infiltration	fenêtres 2	fenêtres 9	raccords 11				
	infiltrométrie	raccords 11	murs 9					
	insufflation	raccords 4	murs 9	planchers 5	toitures 8			
	intercalaire	fenêtres 5						
	isolant mince réfléchissant	matériaux 11						
J	joint d'étanchéité	matériaux 12	fenêtres 2	fenêtres 9	fenêtres 11	raccords 5	raccords 6	raccords 7
K	K (niveau K)	principes 6	principes 3					
	Kyoto	enjeux 4						
L	laine de bois (WW)	matériaux 3	matériaux 9					
	laine de mouton	matériaux 3	matériaux 10	planchers 6	planchers 5	raccords 4		
	laine de roche (MW)	matériaux 3	matériaux 5	planchers 5	toitures 12	raccords 4		
	laine de verre (MW)	matériaux 3	matériaux 5					
	laine minérale (MW)	matériaux 3	matériaux 5	murs 7				
	lambda (λ)	principes 4	matériaux 2	matériaux 4				
	liège (ICB)	matériaux 3	matériaux 8	toitures 6				
	lin	matériaux 3	matériaux 8					

INDEX

Mot-clé	Renvoi vers les fiches analyses
M	
maison basse énergie	principes 3
maison passive	principes 3
manipulation de l'isolation sur chantier	matériaux 13
marquage CE	matériaux 3
matière première	matériaux 4
moisissures	principes 9 principes 12
mousse phénolique, formaldéhyde de phénol	matériaux 3
mousse polyéthylène	matériaux 3 matériaux 5
mousse synthétique	matériaux 3+5 murs 4+6 murs 17 planchers 5 toitures 6+7 raccords 4
mu (μ), coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau	principes 7 principes 13 matériaux 4 raccords 5 raccords 8
N	
niveau d'isolation thermique globale (K)	principes 6
niveau K	principes 6
O	
P	
panneaux autoportants	matériaux 3 matériaux 12
pare-pluie	matériaux 12 murs 2 murs 8 à 11 raccords 8 raccords 9
pare-vapeur	principes 13 matériaux 12 murs 2+8 planchers 2+4+9 toitures 2 à 14 raccords 5+6+7
parois chaudes	enjeux 10 principes 10 principes 15
parois froides	enjeux 10 principes 9 principes 10
PEB - performance énergétique du bâtiment	enjeux 9 principes 3 principes 15
perlite (EPB)	matériaux 3 matériaux 6
plumes de canard	matériaux 3 matériaux 10

INDEX	
Mot-clé	Renvoi vers les fiches analyses
P pont thermique protection de l'isolation sur chantier protection solaire protocole de Kyoto pollution et impact sur l'environnement polystyrène expansé (EPS) polystyrène extrudé (XPS)	principes 8 principes 9 principes 10 raccords 13 à 29 matériaux 13 fenêtres 8 fenêtres 10 fenêtres 11 enjeux 4 enjeux 6 matériaux 4 matériaux 3 matériaux 5 matériaux 3 matériaux 5
	principes 14 principes 15
	principes 7 fenêtres 2 principes 8 principes 13 raccords tout matériaux 3 matériaux 11 planchers 5 enjeux 5 matériaux 3 matériaux 9 raccords 4
	principes 13 matériaux 12 toitures 3 toitures 8 raccords 8 raccords 9 raccords 19 matériaux 13
	enjeux 9 enjeux 10 toitures 6 toitures 7 toitures 5 toitures 8 toitures 7 toitures 9 toitures 10 toitures 11 fenêtres 7 fenêtres 4

INDEX

Mot-clé		Renvoi vers les fiches analyses									
T	transmission thermique	principes 5	murs 2	planchers 2	fenêtres 3+4+5	toitures 2					
	tri des déchets sur chantier	matériaux 13									
U	U (coefficient de transmission thermique)	principes 5	murs 2	planchers 2	fenêtres 3+4+5	toitures 2					
	U _{max}	principes 5									
	μ (prononcer mu)	principes 7	principes 13	matériaux 4	raccords 5	raccords 8					
V	valeur lambda (λ)	principes 4	matériaux 2	matériaux 4							
	valeur μd	principes 7	principes 13	matériaux 4	raccords 5	raccords 8					
	vapeur d'eau	principes 12	principes 9	principes 7	principes 13	matériaux 4	raccords 5	raccords 8			
	ventilation	principes 10	principes 14	principes 15	fenêtres 9	fenêtres 10					
	vermiculite (EV)	matériaux 3	matériaux 6								
	verre cellulaire (CG)	matériaux 3	matériaux 6	murs 4	planchers 8	toitures 12	raccords 2	raccords 4			
	volume protégé	principes 2	principes 16 à 20								
	vrac	raccords 4	matériaux 4								
W											
X											
Y											
Z											

ENJEUX

Titre de la fiche N°

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

fiches analyses

LES ENJEUX DE L'ISOLATION 2

LIMITER L'EFFET DE SERRE 3

VISER LES OBJECTIFS DE KYOTO 4

RESPECTER LA NOUVELLE RÉGLEMENTATION PEB 5

POLLUER MOINS 6

ATTÉNUER NOTRE DÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE 7

RÉDUIRE LES INÉGALITÉS NORD-SUD 8

OPTER POUR UNE MAISON PERFORMANTE 9

AVOIR PLUS DE CONFORT 10

ÉCONOMISER L'ÉNERGIE 11

fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 12

QUESTION-PROBLÈME : Pourquoi isoler ma maison ? 13

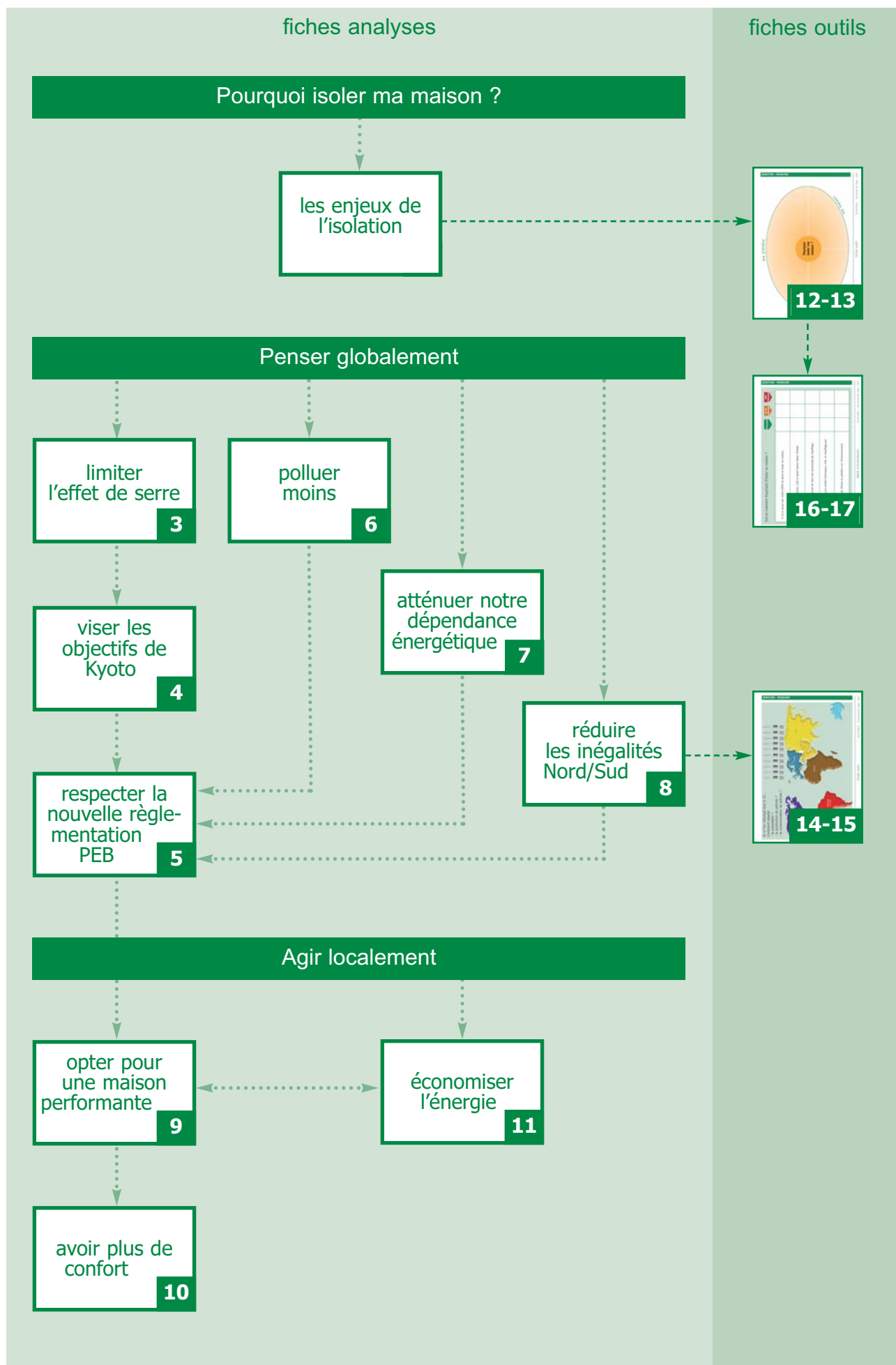
SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 14

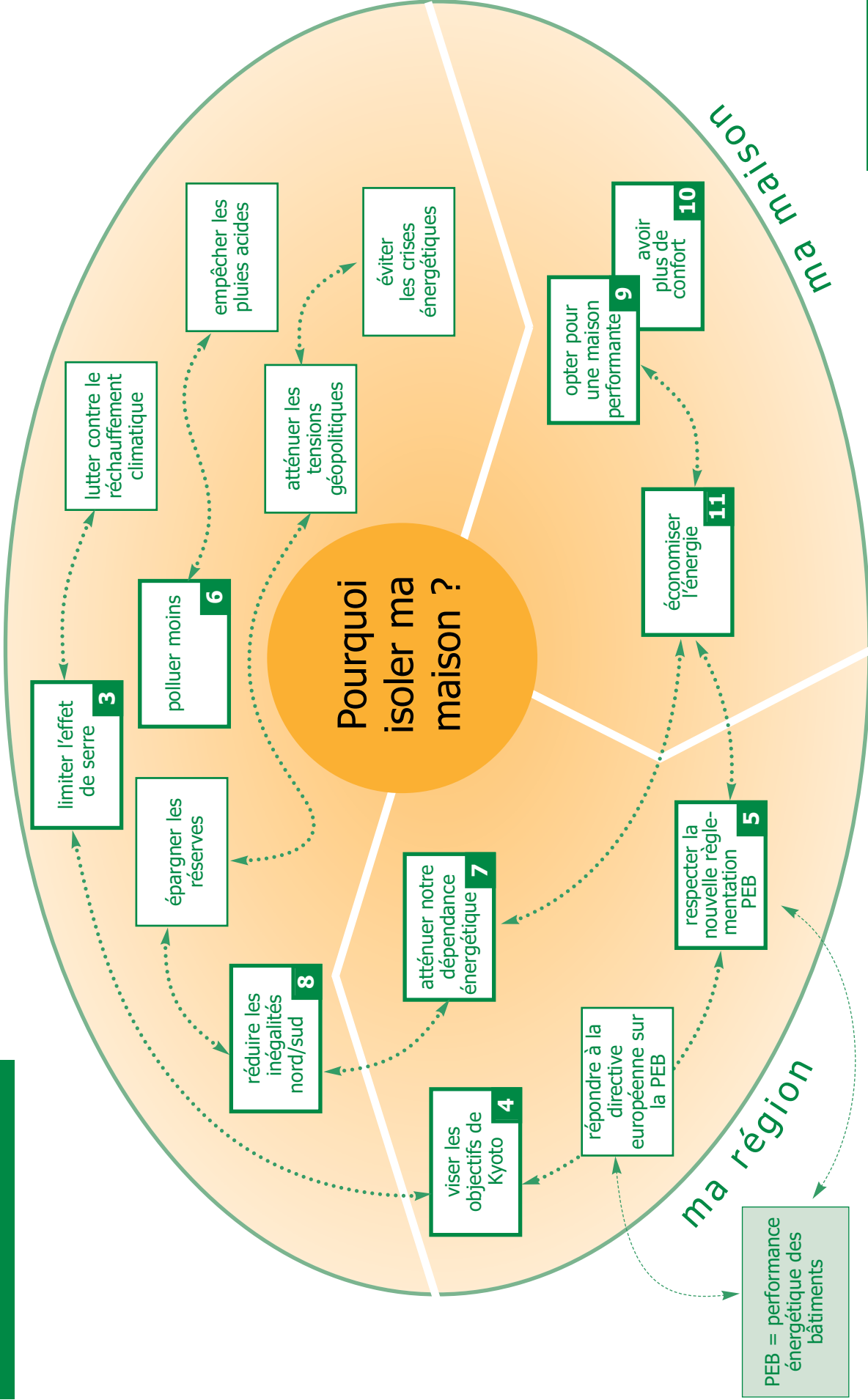
QUESTION-PROBLÈME : Et si l'on réduisait tout à 10 ... 15

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 16

QUESTION-PROBLÈME : Est-ce vraiment important d'isoler sa maison ? 17

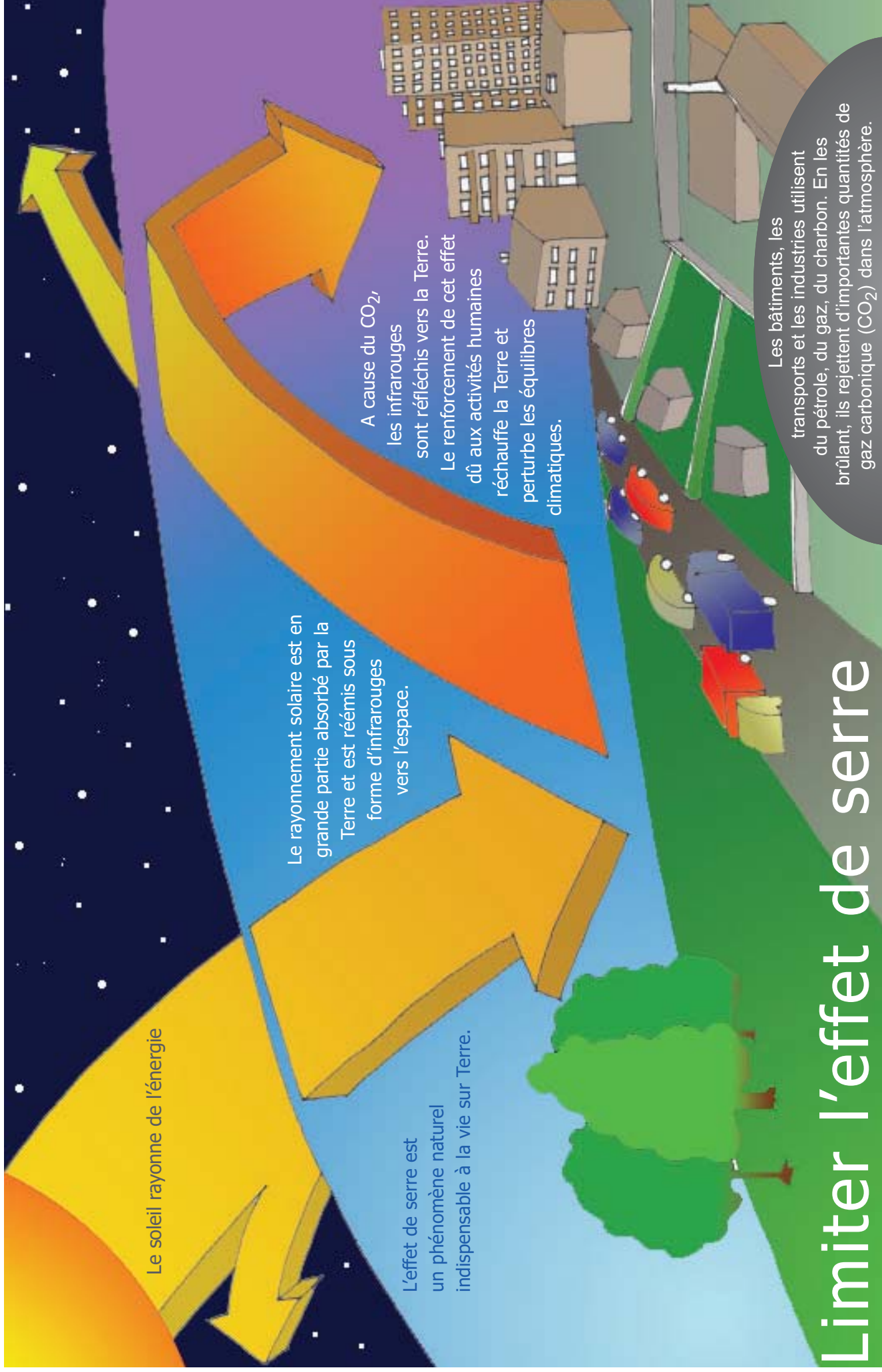
TABLE D'ORIENTATION



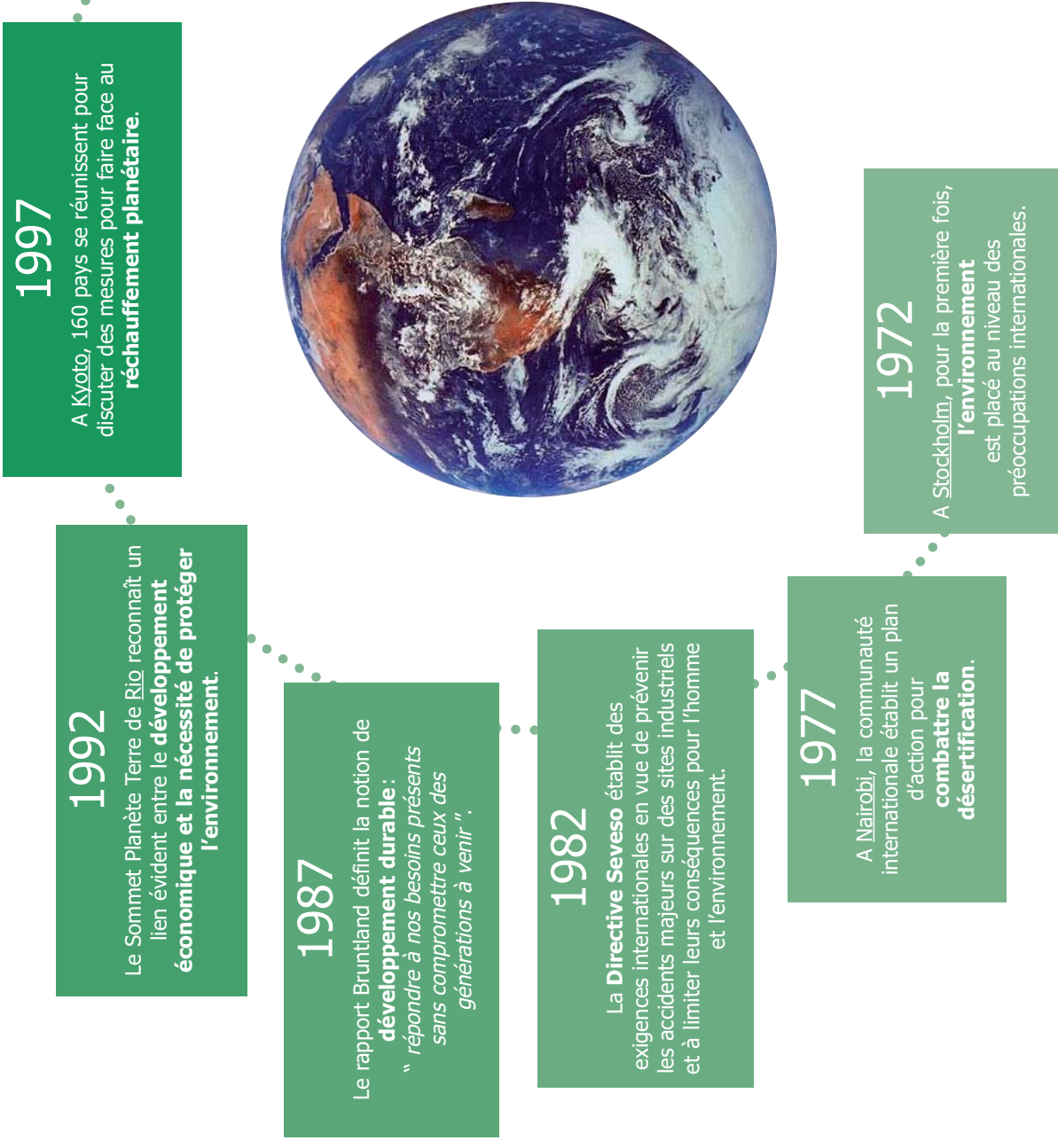


Les enjeux de l'isolation

Agir localement



Limiter l'effet de serre



2002

Lors du sommet mondial de Johannesburg, des décisions internationales sont prises sur **la gestion de l'eau, l'énergie, la santé, l'agriculture et la diversité biologique**.

2005

Février 2005, c'est l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto.

Avec 140 autres pays dont la Russie, le Japon, le Canada et la Chine, la Belgique s'engage dans des démarches concrètes notamment pour :

- **limiter la production de gaz à effet de serre ;**
- **renforcer l'efficacité énergétique** des bâtiments, du transport et des industries ;
- **accroître l'utilisation d'énergies alternatives.**

Viser les objectifs de Kyoto

2002

De nouvelles obligations

La Directive européenne impose à chaque état-membre le respect de nouvelles obligations en matière de performance énergétique des bâtiments (PEB).

1996

Les années de prise de conscience

Les exigences sont renforcées : **K 55 + U_{max}** pour chaque type de paroi + **ventilation obligatoire**.

1985

Les années de tâtonnement

Prise de conscience de l'importance de l'isolation thermique. La Région wallonne impose un niveau d'isolation global pour les bâtiments neufs : **K 70**

1973

Choc pétrolier

Augmentation du prix de l'énergie. Chacun isole, calefeutre... en créant parfois des problèmes d'humidité.

Avant 1973

Les années d'insouciance

L'énergie est bon marché; les habitations ne sont pas isolées et très peu étanches.

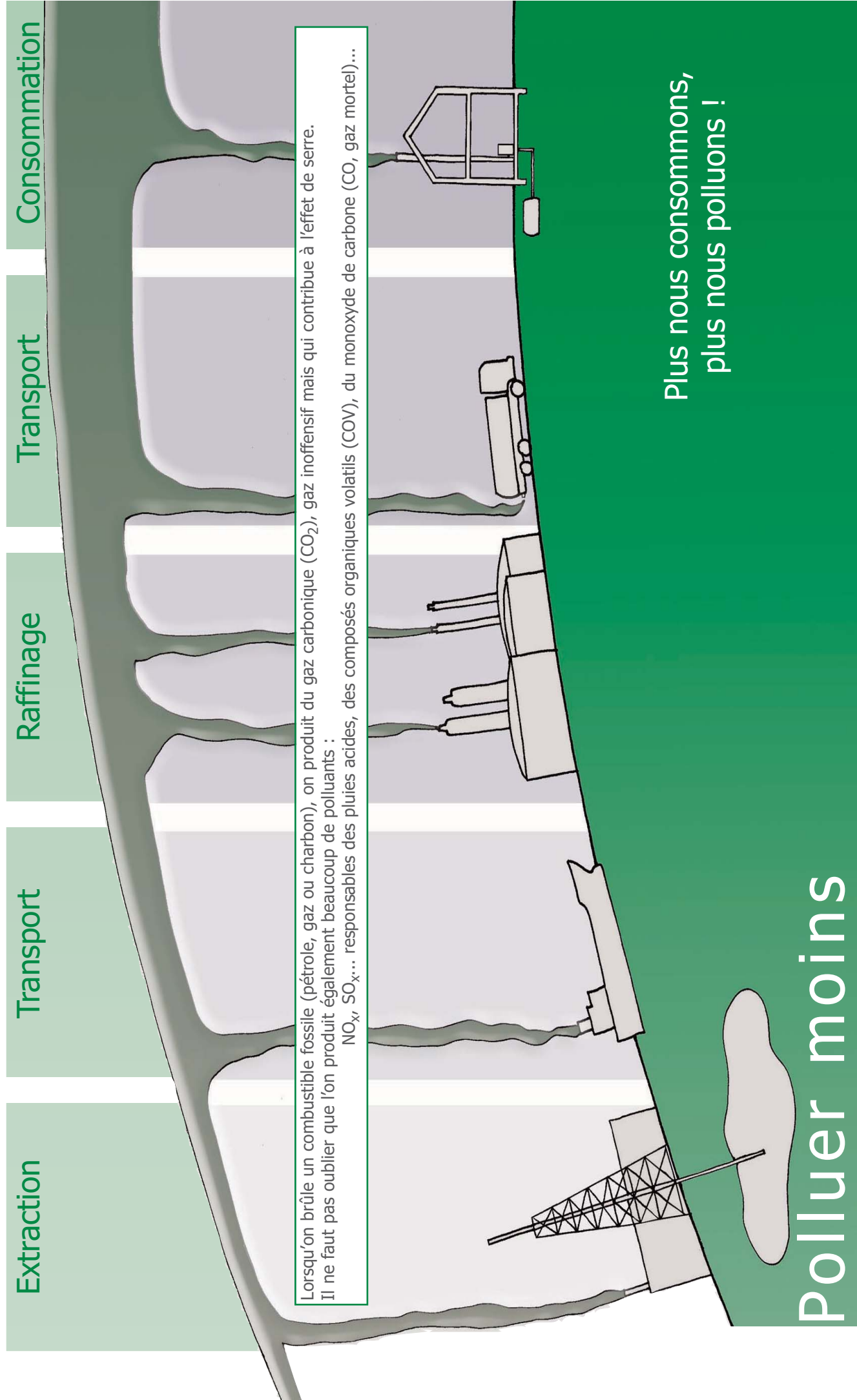
2009

La Région wallonne met en place une nouvelle réglementation visant la performance énergétique des bâtiments (PEB):
le niveau de consommation d'**énergie primaire** du logement **E_w** doit être inférieur à **100**.

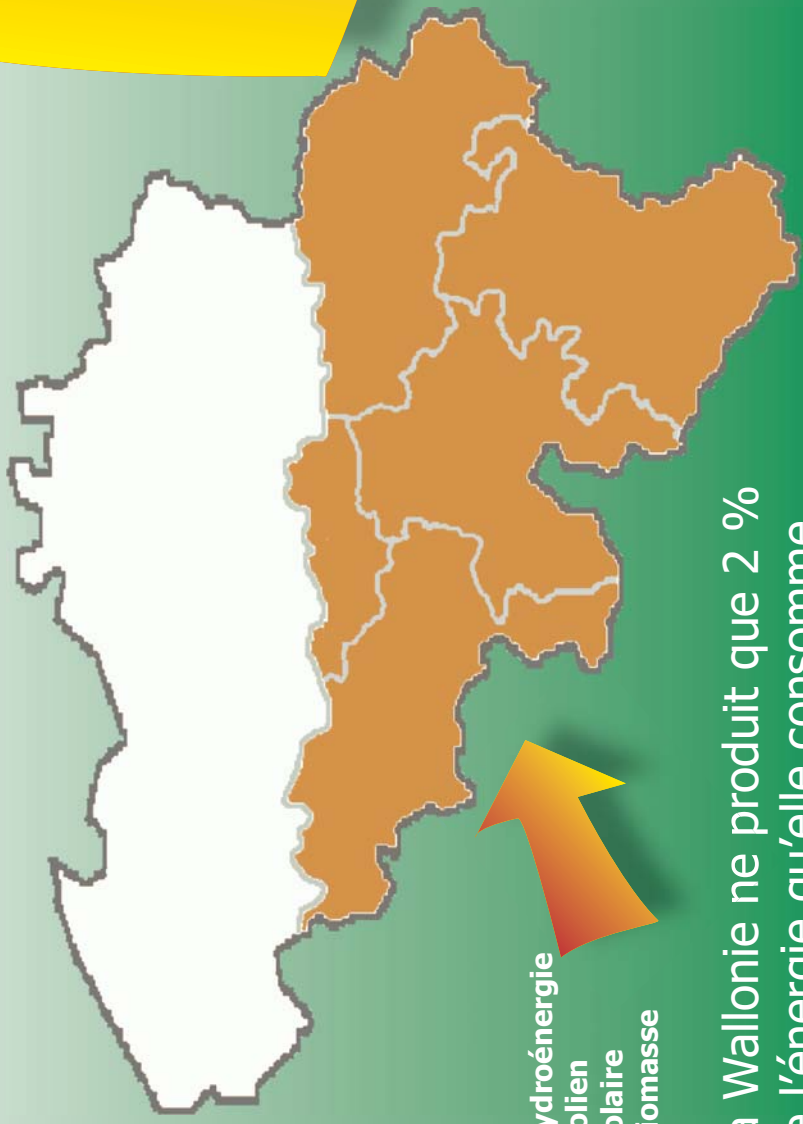
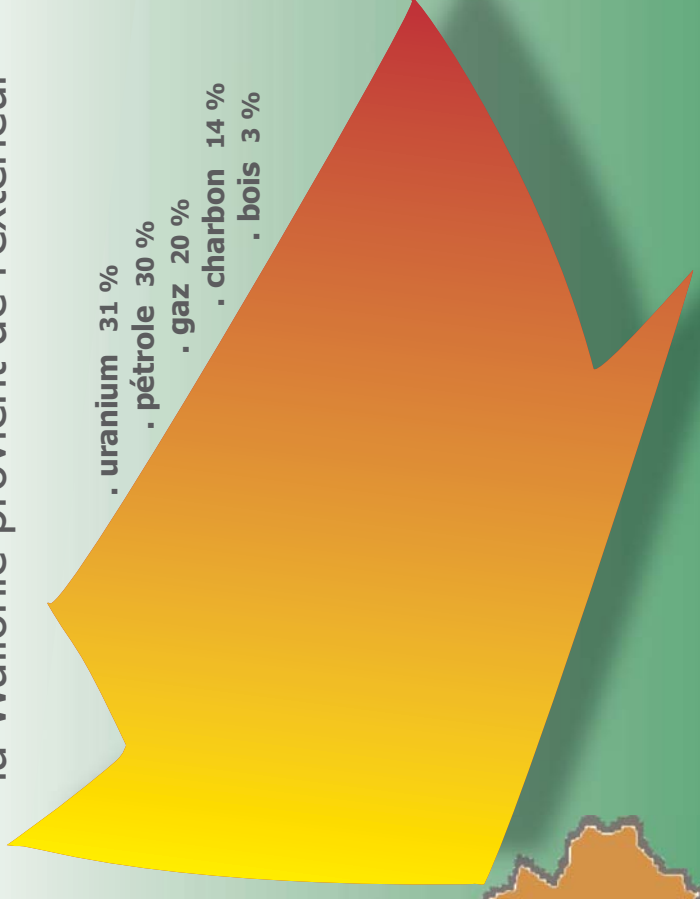
Ceci implique :

- un niveau d'isolation renforcé (max. K45),
- le respect de la norme de ventilation de 1996,
- un système de chauffage performant,
- un système de production d'eau chaude sanitaire efficace.

Respecter la nouvelle réglementation PEB



98 % de l'énergie que consomme la Wallonie provient de l'extérieur

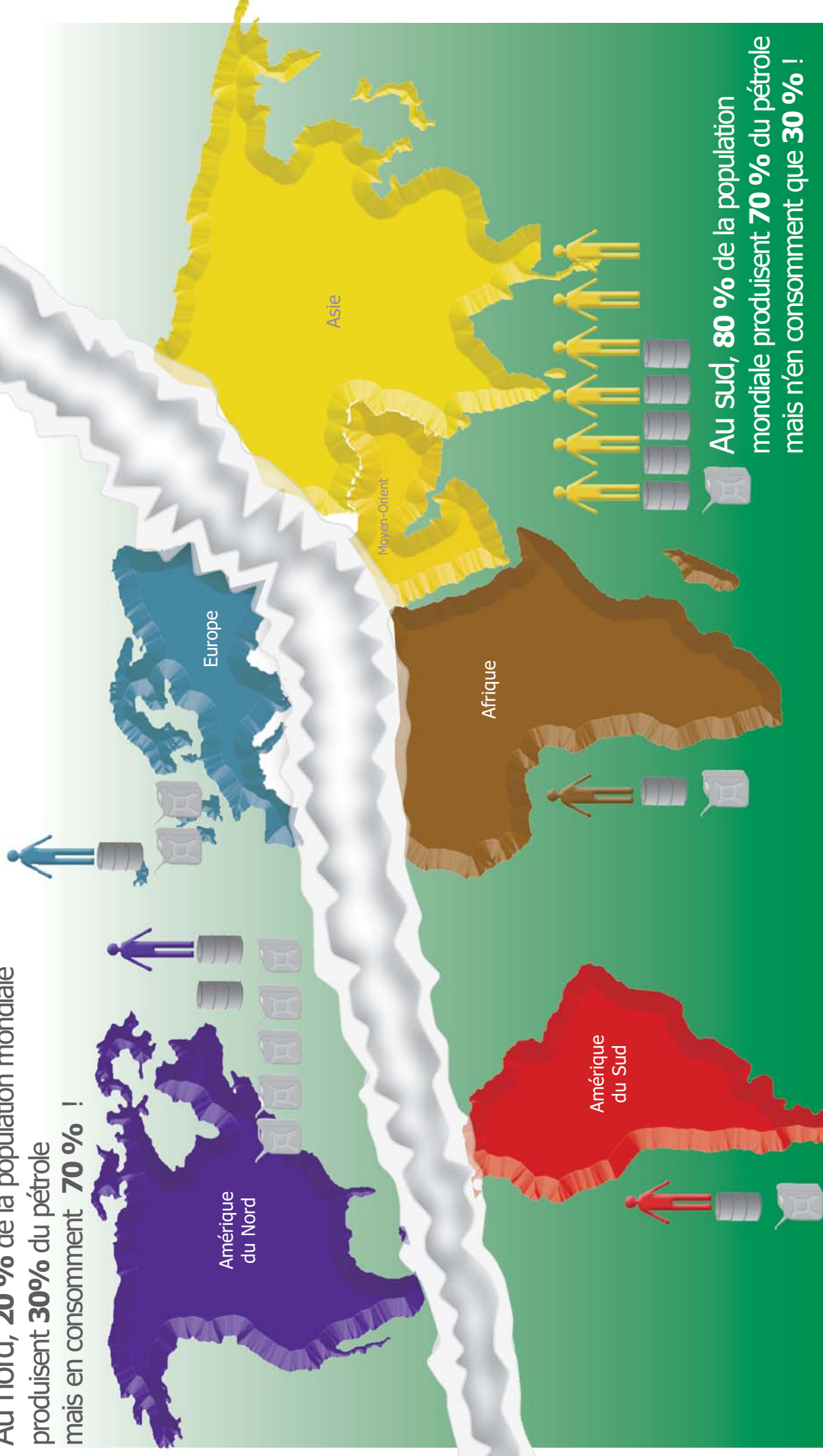


La Wallonie ne produit que 2 % de l'énergie qu'elle consomme

Source : Région wallonne - bilan 2004

Atténuer notre dépendance énergétique

Au nord, **20 %** de la population mondiale produisent **30%** du pétrole mais en consomment **70 %** !



Au sud, **80 %** de la population mondiale produisent **70 %** du pétrole mais n'en consomment que **30 %** !

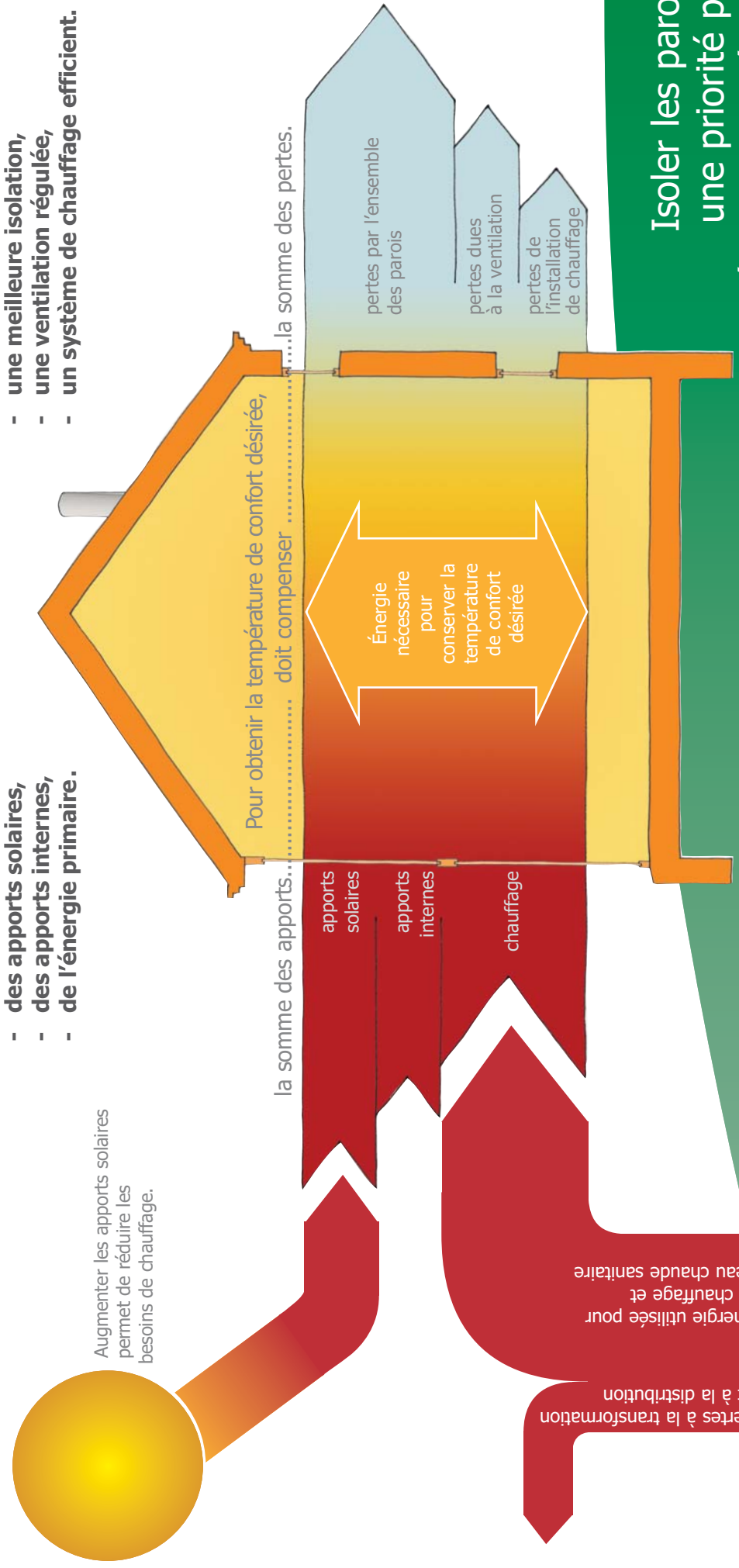
Réduire les inégalités nord/sud

Une maison performante préserve l'énergie

- en tenant compte
 - des apports solaires,
 - des apports internes,
 - de l'énergie primaire.

- en limitant les pertes par
 - une meilleure isolation,
 - une ventilation régulée,
 - un système de chauffage efficient.

Augmenter les apports solaires permet de réduire les besoins de chauffage.



pertes à la transformation et à la distribution
énergie primaire
l'énergie utilisée pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

L'énergie primaire est l'énergie directement prélevée à la planète. Elle comprend l'énergie consommée pour la chauffage et l'eau chaude sanitaire mais aussi les pertes nécessaires pour transformer la "matière première" (pétrole, gaz, uranium...) en énergie utilisable (mazout, gaz naturel, électricité...).

Isoler les parois :
une priorité pour
économiser l'énergie
et garantir le confort !

Opter pour une maison performante

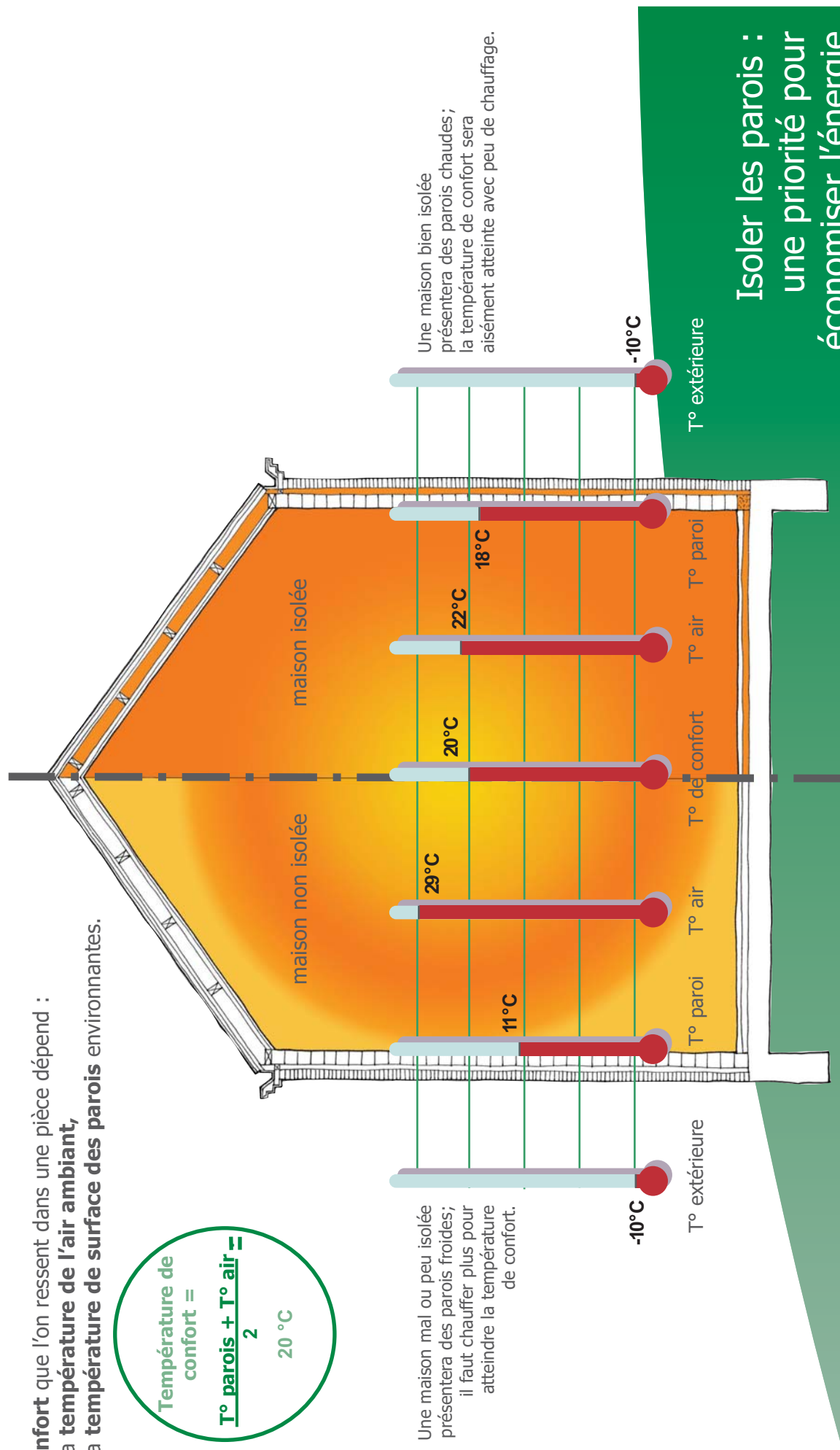
Le **confort** que l'on ressent dans une pièce dépend :

- de la **température de l'air ambiant**,
- de la **température de surface des parois** environnantes.

Température de confort =

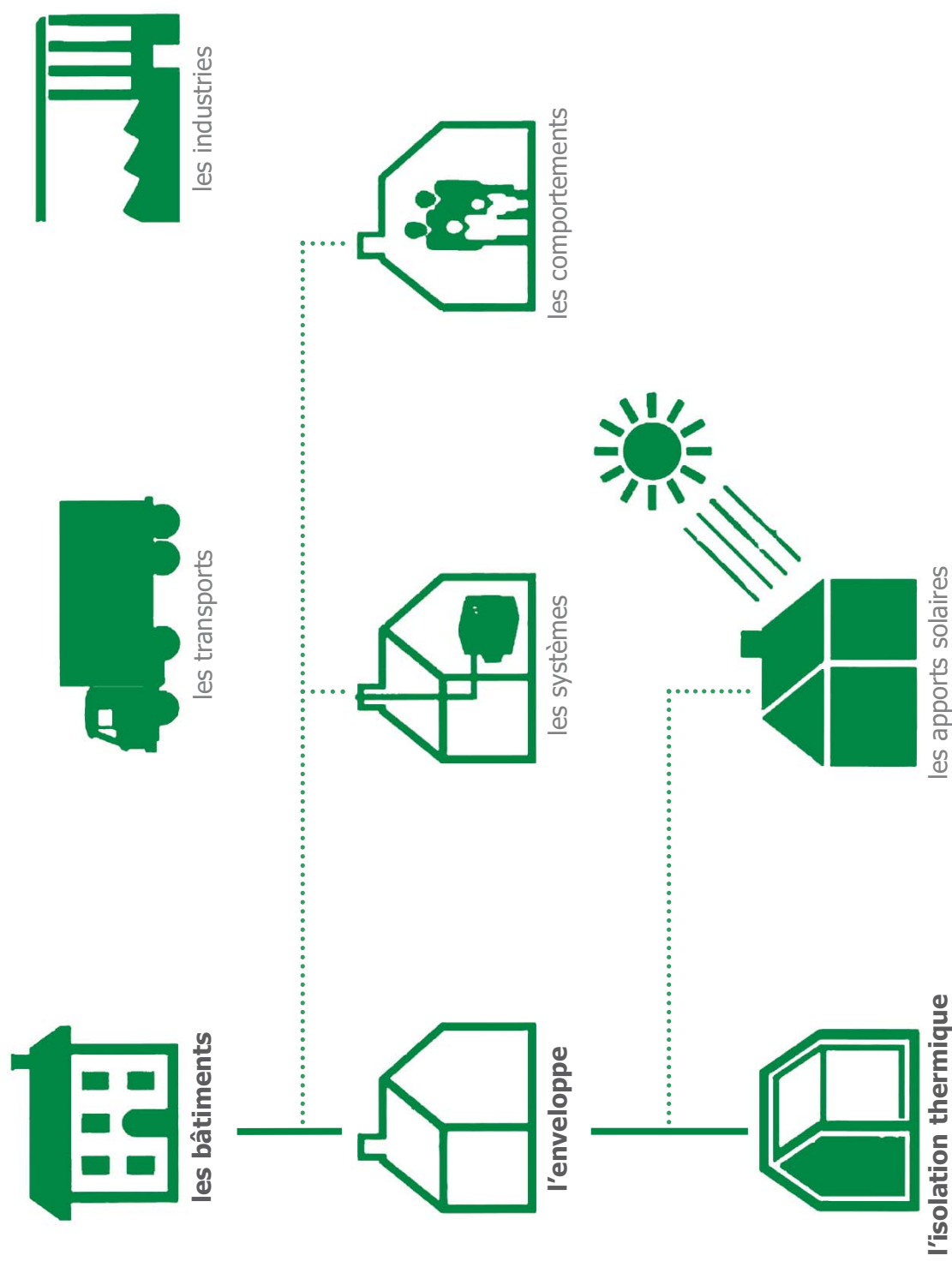
$$\frac{T^{\circ} \text{ parois} + T^{\circ} \text{ air}}{2}$$

20 °C



Isoler les parois :
une priorité pour
économiser l'énergie
et garantir le confort !

Avoir plus de confort



En Région wallonne,
on peut économiser l'énergie
en agissant sur :

Dans un bâtiment,
on peut économiser l'énergie
en agissant sur :

Au niveau
de l'enveloppe,
on peut économiser l'énergie
en agissant sur :

Economiser l'énergie



Objectifs spécifiques

A la fin du module, l'apprenant sera capable de :

- donner des arguments en faveur de l'isolation thermique,
- resituer les enjeux de l'énergie en relation avec la planète, la région, la maison.



Durée

2 à 4 périodes
de 50 minutes



Matériel

- un tableau ou une grande feuille
- des post-it (5 par apprenant)
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 4 apprenants)*

1. Introduire la question-problème :
"Pourquoi isoler ma maison ?"

Subdiviser le tableau en 3 zones :

- ma planète,
- ma région,
- ma maison.

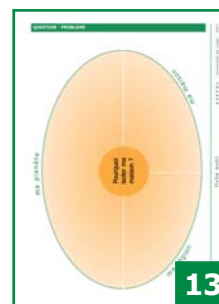
2. Récolter les idées et les trier avec les apprenants.

3. Engager les discussions et placer les post-it suivant les 3 zones.
Etablir des liens entre les différentes idées proposées.

4. En fonction des questions posées par les apprenants, expliciter certaines notions avec les fiches analyses.

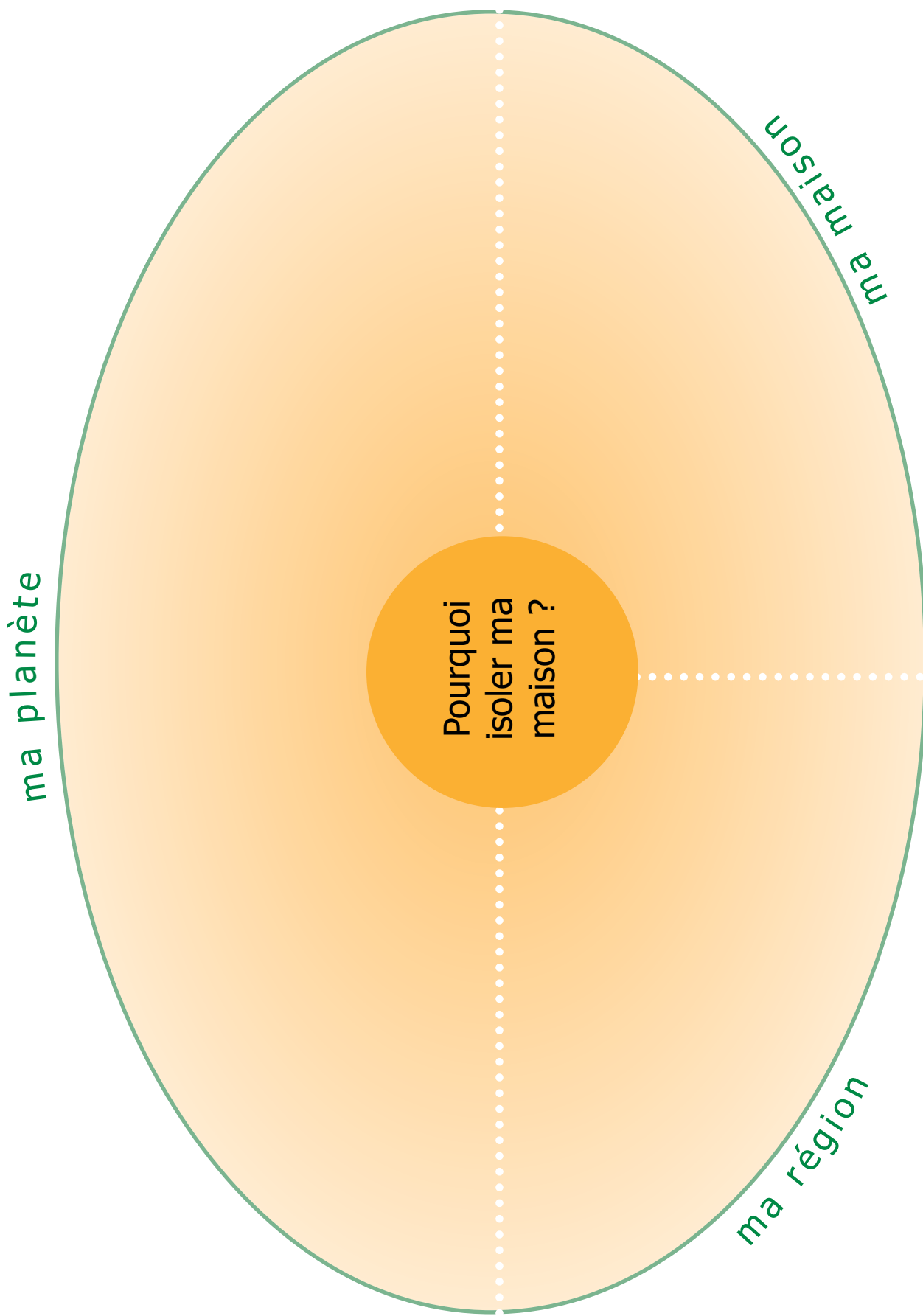


Supports



Évaluation

Utiliser en prétest et en post-test le questionnaire de la **fiche 17** pour vérifier les acquis des apprenants.



SUGGESTION PÉDAGOGIQUE



Objectifs spécifiques

- A la fin du module, l'apprenant sera capable de :
- décrire les inégalités nord/sud dans la production et la consommation du pétrole,
 - proposer des solutions pour réduire les inégalités.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 15**
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 4 apprenants)*

1. Introduire la question-problème :
"Comment produit-on et consomme-t-on le pétrole dans le monde ?"

Demander aux apprenants de répartir :

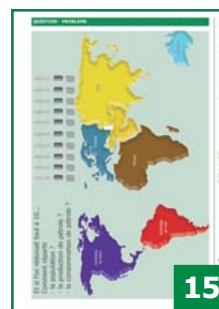
- 10 hommes (représentant les 6 milliards d'habitants),
- 10 barils (représentant l'ensemble de la production de pétrole),
- 10 jerrycans (représentant l'ensemble de la consommation de pétrole).

2. Récolter les résultats, les confronter et les corriger ensemble en s'aidant de la **fiche 8**.

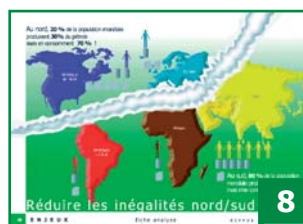
3. Aborder les solutions pour réduire les inégalités constatées en s'aidant de la **fiche 2**.



Supports



15



8



2



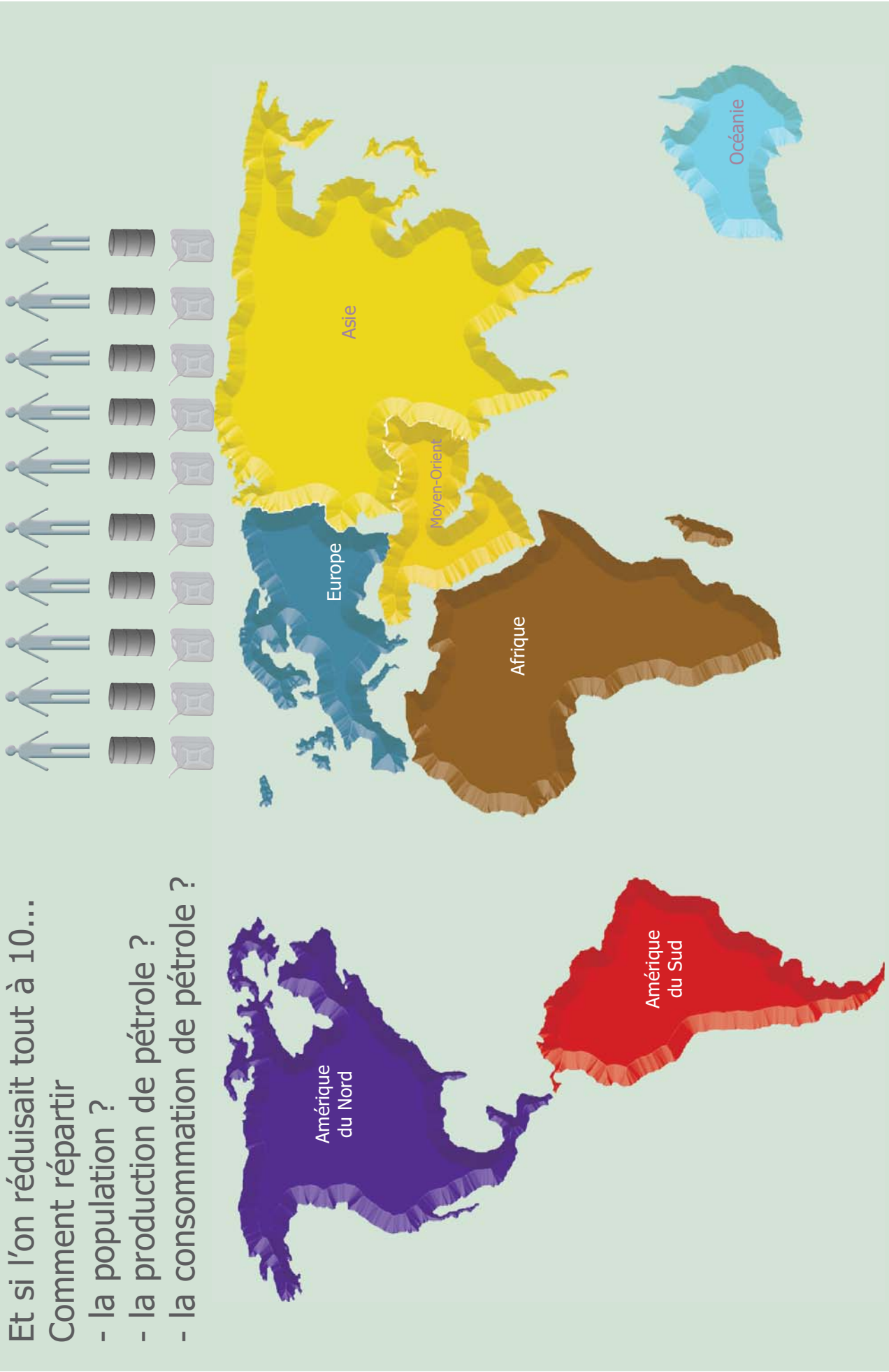
Évaluation

En fin de séance, demander à chacun de formuler en une phrase (type slogan) l'idée principale qu'il retient.

QUESTION - PROBLÈME

Et si l'on réduisait tout à 10...
 Comment répartir ?

- la population ?
- la production de pétrole ?
- la consommation de pétrole ?





Objectifs spécifiques

A la fin du module, l'apprenant sera capable de :

- donner des arguments en faveur de l'isolation thermique,
- resituer les enjeux de l'énergie en relation avec la planète, la région, la maison.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 17**
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

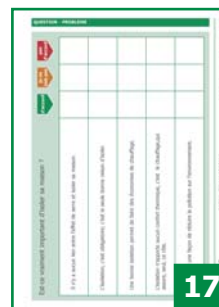
Travail avec l'ensemble du groupe

1. Introduire la question-problème :
"Est-ce vraiment utile d'isoler sa maison ?"
2. Demander aux apprenants de donner leur avis oralement à l'ensemble des questions.
Comptabiliser les réponses données et inscrire le chiffre dans la colonne correspondante.

3. Animer un débat sur chacune des questions et le pourquoi des réponses.

Nuancer et enrichir les réponses en apportant des compléments d'informations grâce aux **fiches 3 à 6** et aux **fiches 9 à 11**.

Supports



Évaluation

En fin de séance, chaque apprenant complète par écrit le questionnaire photocopié.

QUESTION - PROBLÈME

Est-ce vraiment important d'isoler sa maison ?

d'accord

je ne
sais pas

pas
d'accord

Il n'y a aucun lien entre l'effet de serre et isoler sa maison.			
L'isolation, c'est obligatoire; c'est la seule bonne raison d'isoler.			
Une bonne isolation permet de faire des économies de chauffage.			
L'isolation n'apporte aucun confort thermique, c'est le chauffage qui assure, seul, ce rôle.			
Isoler, c'est une façon de réduire la pollution sur l'environnement.			

PRINCIPES

Titre de la fiche N°

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

fiches analyses

DÉFINIR LE VOLUME À PROTÉGER 2

VISER LA PERFORMANCE THERMIQUE 3

VALEUR LAMBDA 4

COEFFICIENT U 5

NIVEAU K 6

ASSURER LA CONTINUITÉ 7

ÉVITER LES PONTS THERMIQUES ET LES POINTS FAIBLES 8

CONDENSATION SUPERFICIELLE 9

ÉVITER LA CONDENSATION SUPERFICIELLE 10

ÉVITER LES FUITES D'AIR 11

CONDENSATION INTERNE 12

ÉVITER LA CONDENSATION INTERNE 13

VENTILER DE FACON RÉGULÉE 14

TROIS RÈGLES, UNE COHÉRENCE 15

fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 16

QUESTION-PROBLÈME : Comment isoler cette habitation ? 17

QUESTION-PROBLÈME : Comment isoler cette habitation ? 18

SOLUTION PROPOSÉE : Placer une isolation continue autour du volume protégé 19

SOLUTION PROPOSÉE : Placer une isolation continue autour du volume protégé 20

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 21

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 22

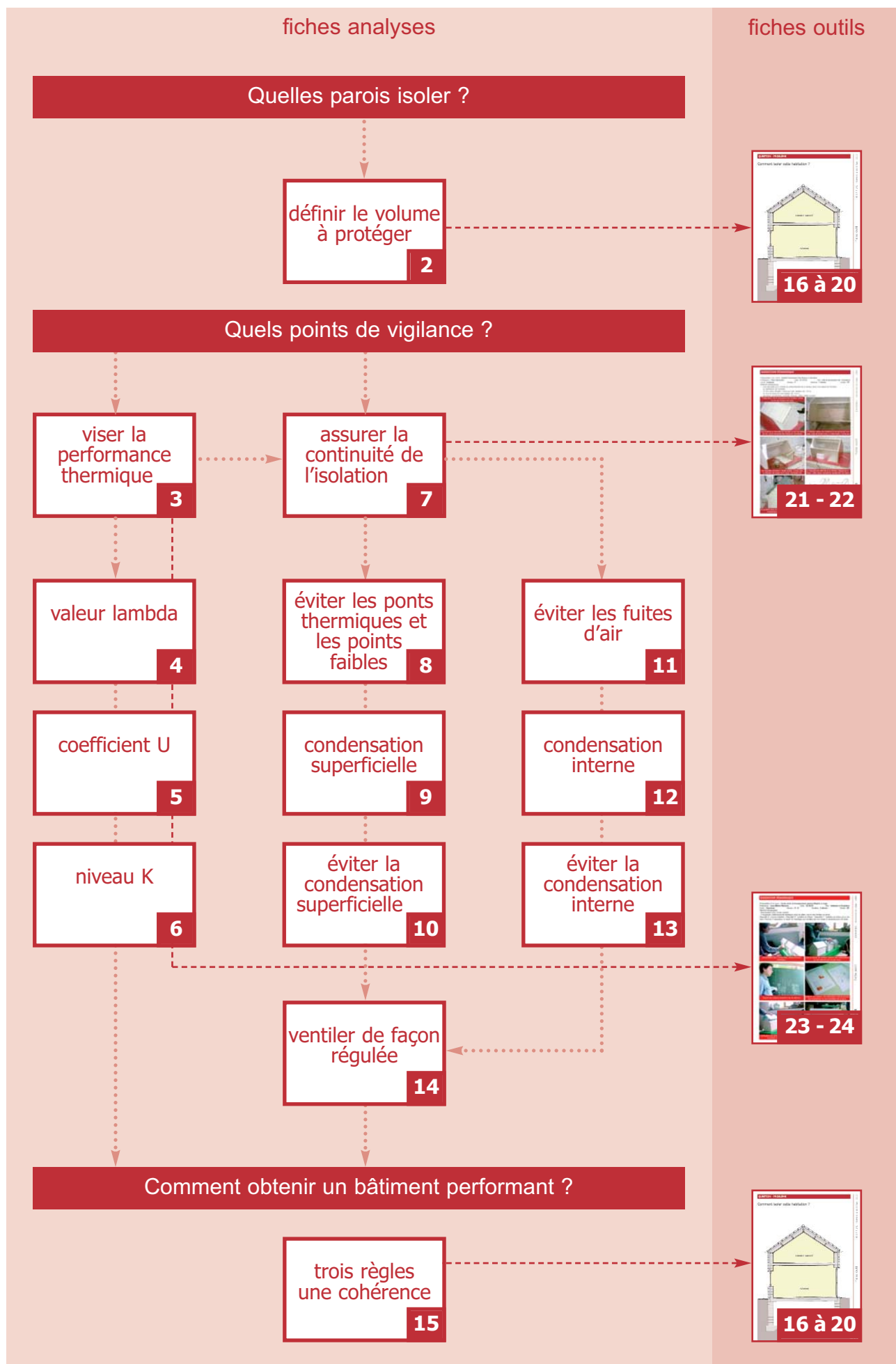
SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 23

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 24

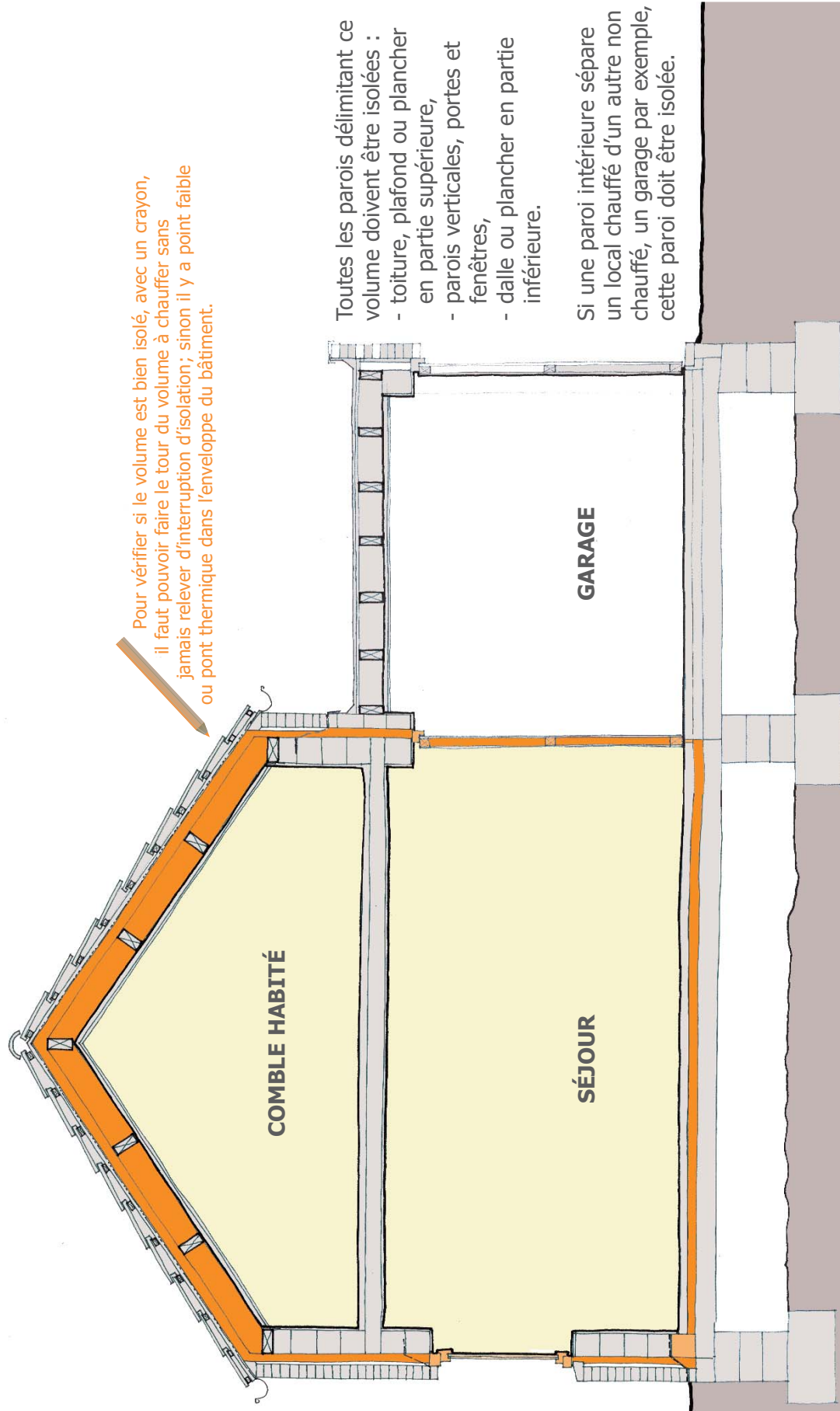
SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 25

PRINCIPES

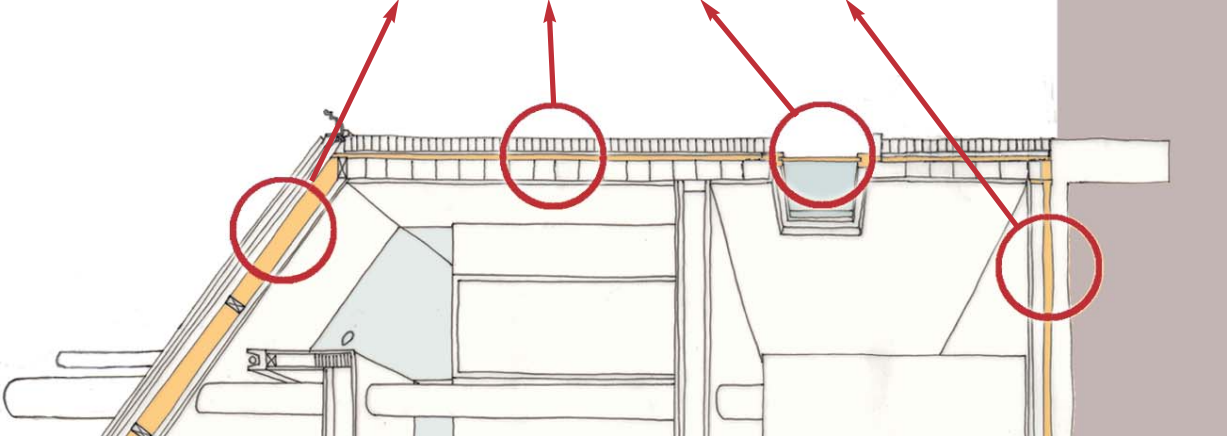
TABLE D'ORIENTATION



Le volume protégé d'un bâtiment est le volume des locaux, chauffés ou non, qui doivent être protégés, du point de vue thermique, de l'ambiance extérieure et/ou des espaces voisins non chauffés.



Définir le volume à protéger



Prenons l'exemple d'une habitation de 120 m² nets habitables et d'un volume chauffé de 413 m³, 4 façades, 2 niveaux dont un sous-comble.

Si le volume protégé n'était constitué que d'isolant, voici les épaisseurs que l'on obtiendrait :

	Maison efficace	Maison basse énergie	Maison passive
Toiture 102 m ²	K45 E _w 96 14 cm	K33 E _w 48 20 cm	K17 E _w 34 29 cm
Mur 202 m ²	10 cm	15 cm	29 cm
Fenêtre 24 m ²	double vitrage	double vitrage basse émissivité	triple vitrage super isolant + châssis à très hautes performances
Dalle de sol 86 m ²	4 cm	8 cm	29 cm
Ventilation	naturelle	mécanique double flux avec récupération de chaleur	mécanique double flux avec récupération de chaleur
Consommation pour le chauffage	2.212 l de mazout par an soit 16,3 l/m².an	779 l de mazout par an soit 5,74 l/m².an	242 l de mazout par an soit 1,8 l/m².an

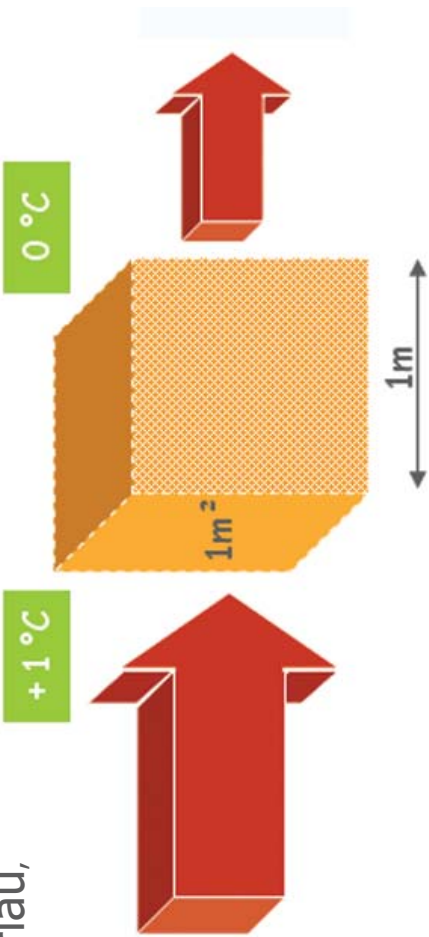
Viser la performance thermique

Le coefficient de conductivité thermique d'un matériau,

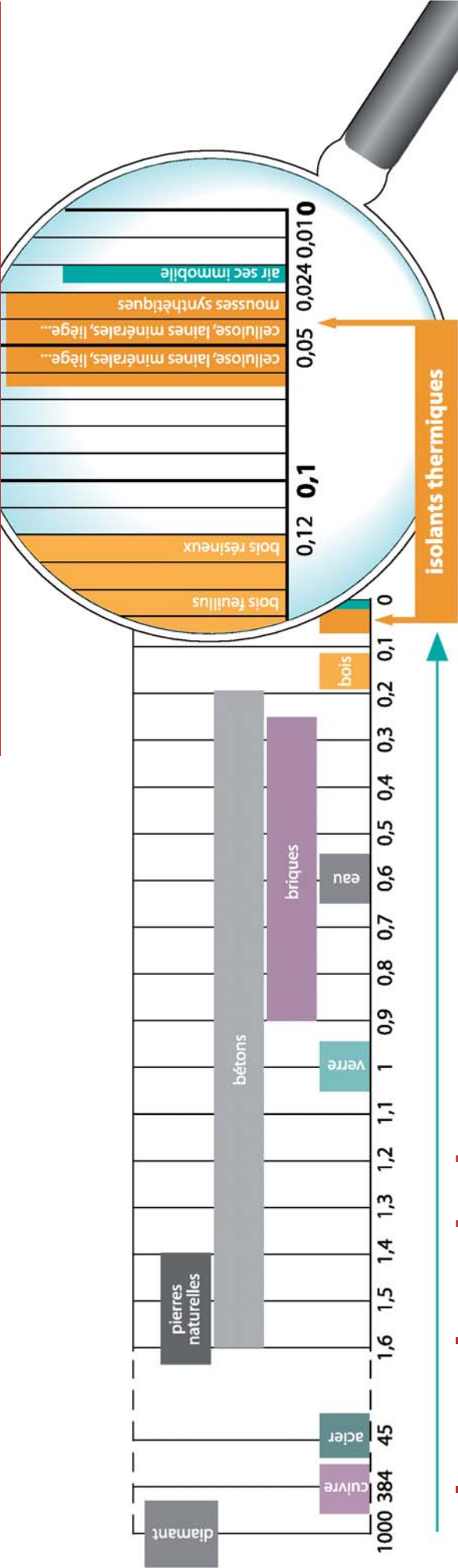
appelé aussi **valeur lambda (λ)**,

renseigne, pour un matériau homogène, la quantité de chaleur qui traverse une épaisseur de 1 m par m² et par seconde et ceci pour une différence de 1 K (1 °C).

λ s'exprime en **W/m.K**.



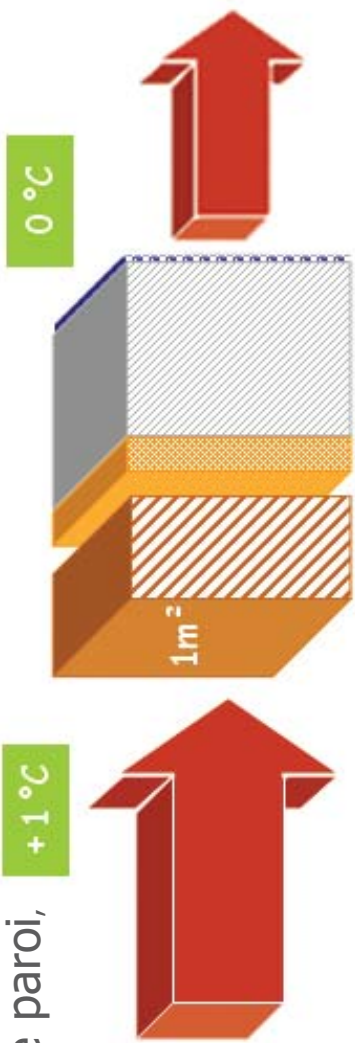
Plus faible est la valeur lambda d'un matériau, plus faibles sont les pertes de chaleur à travers ce matériau.



Valeur lambda

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi,

appelé aussi coefficient U ,
définit, pour une composition de paroi donnée,
la quantité de chaleur qui traverse 1 m^2
par seconde
et ceci pour une différence de température de 1°C .
 U s'exprime en $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

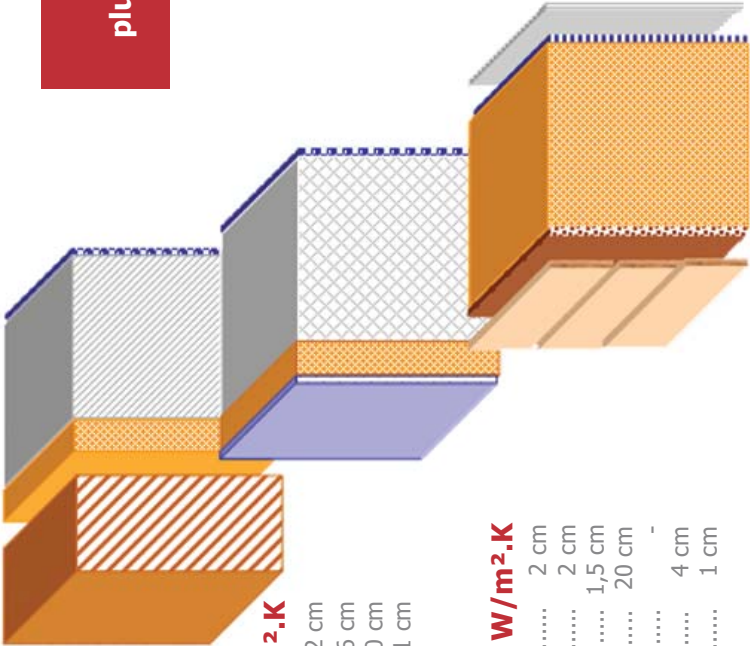


Quelques exemples :

Mur creux	$U = 0,38\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
brique	9 cm
coulisse	2 cm
isolation PU	6 cm
bloc béton	14 cm
plafonnage	1 cm

Mur massif isolé	$U = 0,36\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
enduit extérieur	2 cm
isolation (laine minérale)	6 cm
béton cellulaire	20 cm
plafonnage	1 cm

Paroi ossature bois	$U = 0,18\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
bardage	2 cm
lame d'air ventilée	2 cm
pare-pluie	1,5 cm
cellulose	20 cm
pare-vapeur	-
vide technique	4 cm
plaque finition	1 cm



Plus faible est le coefficient U ,
plus faibles sont les pertes de chaleur à travers cette paroi.

La
Région wallonne
impose une valeur
maximale, appelée U_{max}
(ancien k_{max}),
pour chaque type de paroi.

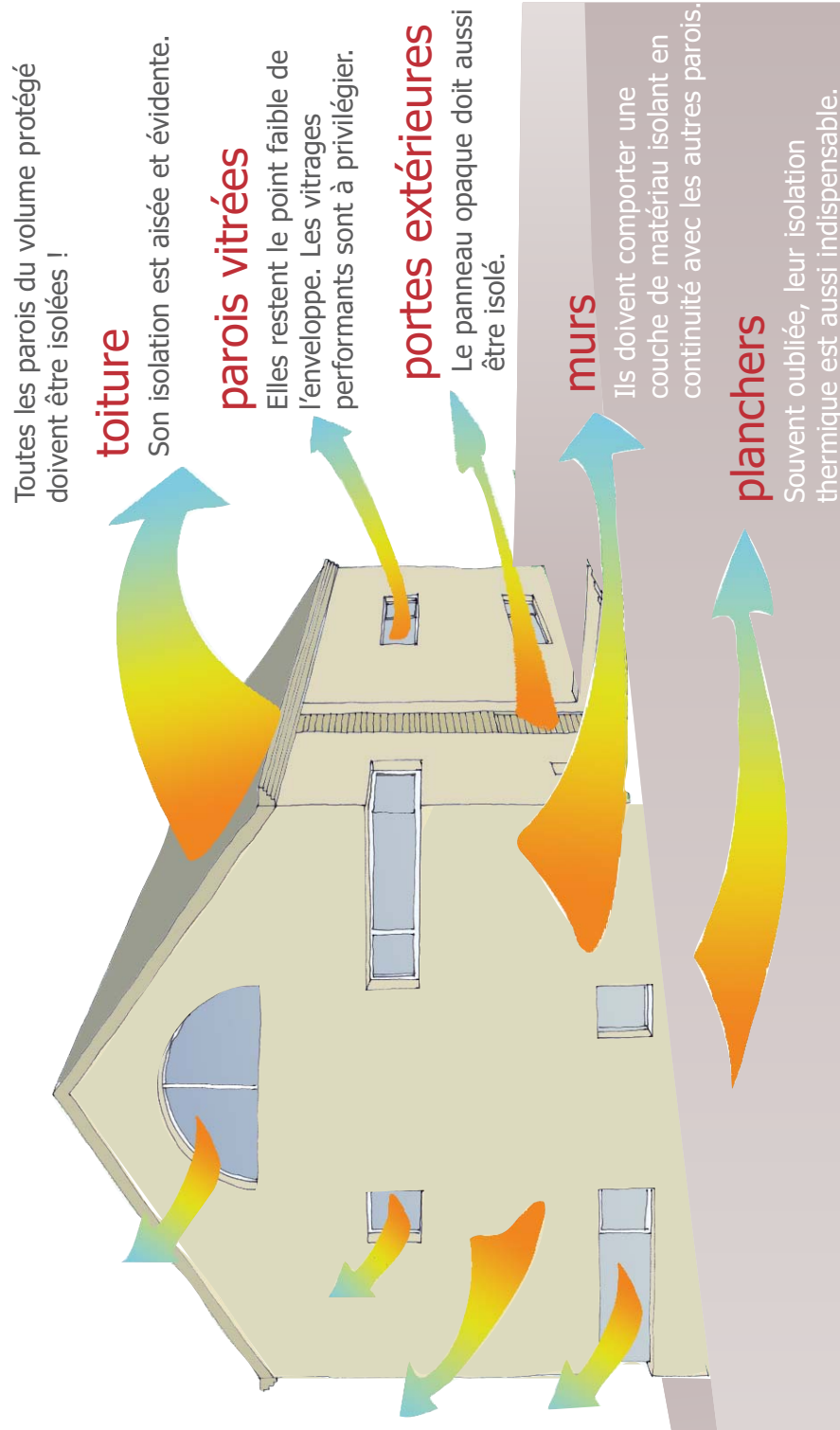
Quelques exemples :

Toiture	$U_{\text{max}} : 0,3\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Paroi verticale	$U_{\text{max}} : 0,4\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Plancher sur sol	$U_{\text{max}} : 1,0\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Fenêtre	$U_{\text{max}} : 2,5\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Coefficient U

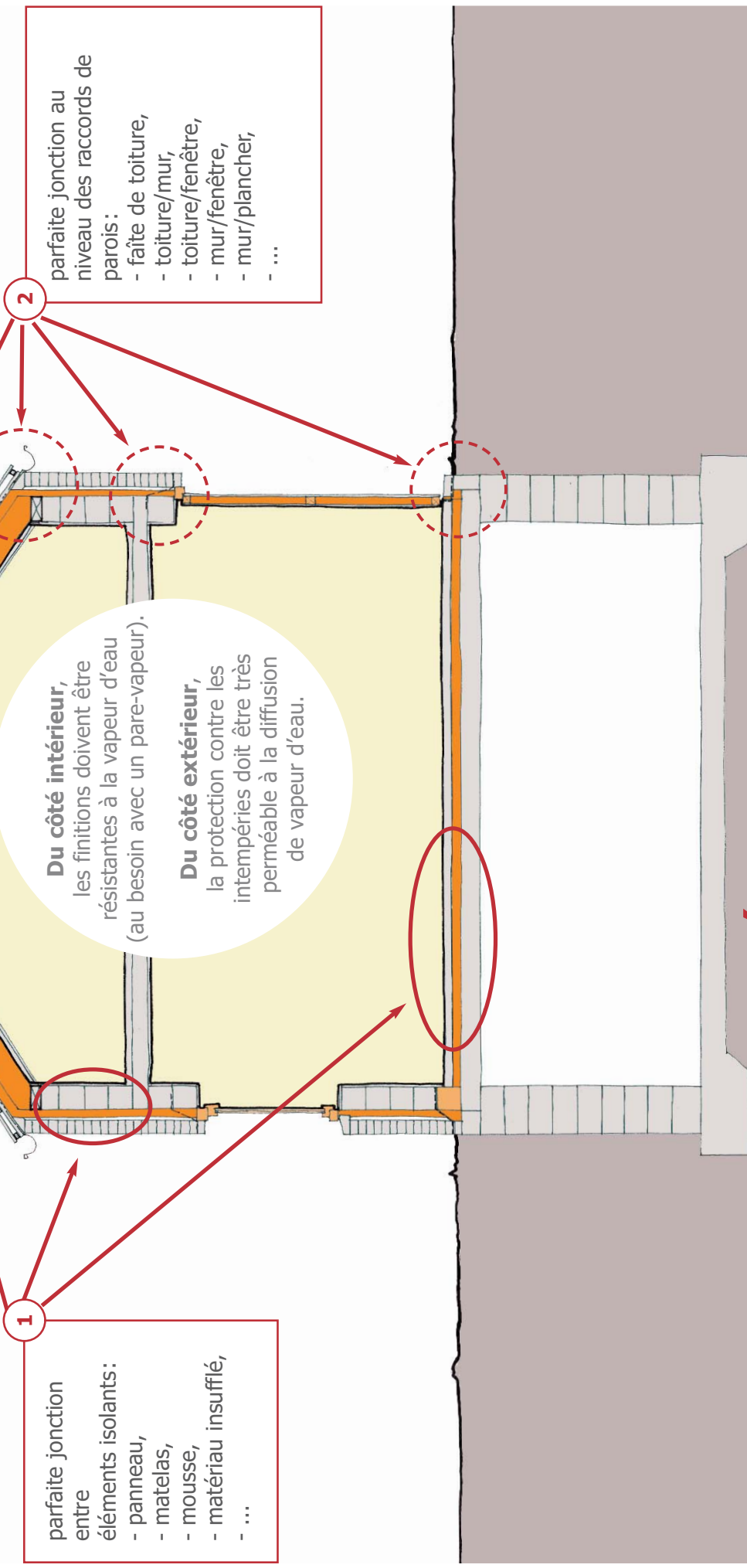
Le niveau K qualifie le niveau d'isolation thermique globale de l'habitation. Il est défini à partir de la composition des parois délimitant le volume protégé.

Plus faible est le niveau K, plus faibles sont les pertes, meilleure est l'isolation thermique globale.



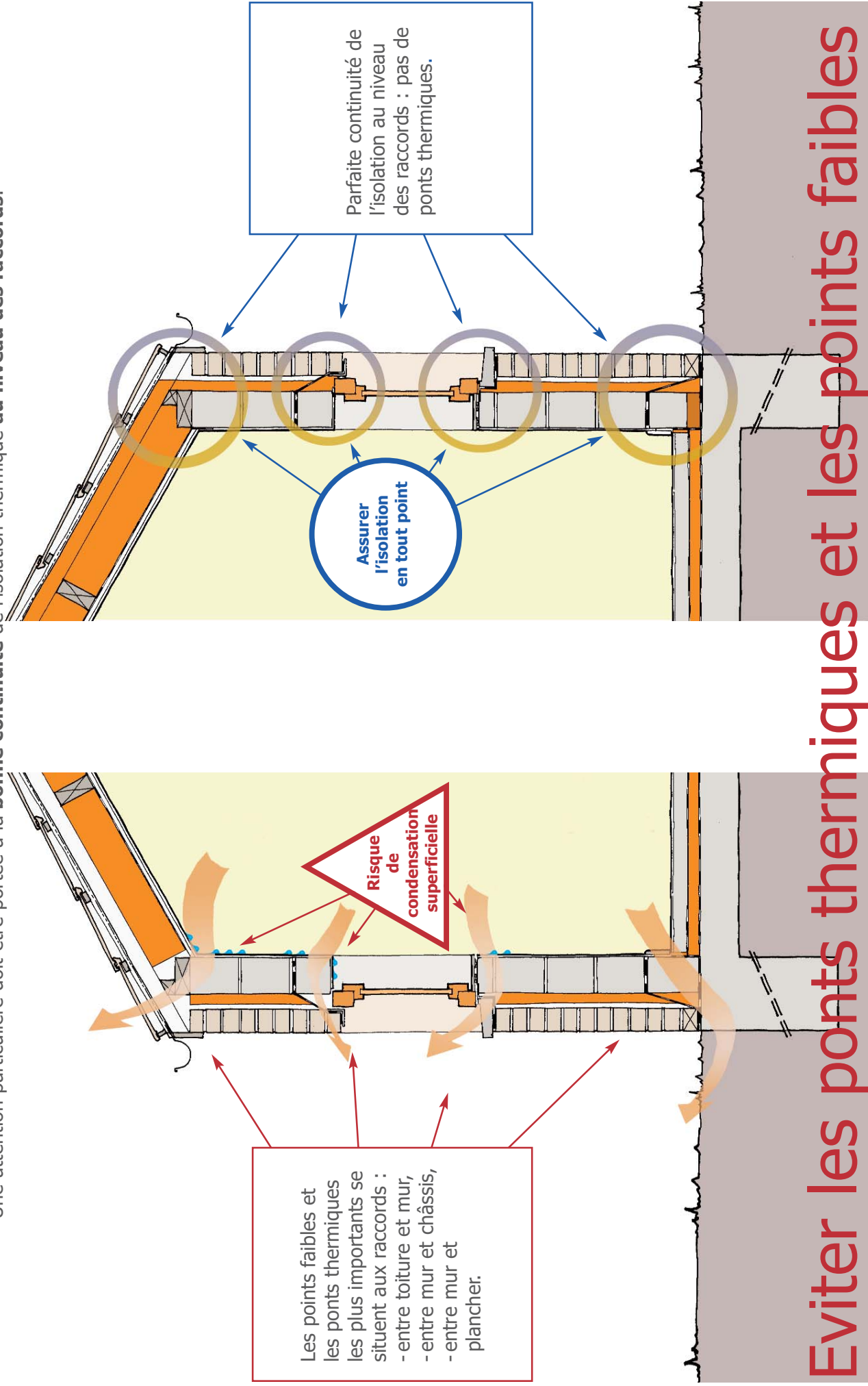
Niveau K

L'isolation doit être **parfaitement continue** sur toute la surface du volume protégé.



Assurer la continuité

Une attention particulière doit être portée à la **bonne continuité** de l'isolation thermique **au niveau des raccords**.



Eviter les ponts thermiques et les points faibles

La vapeur d'eau présente dans l'air se condense de préférence sur les parois froides :

- simples vitrages,
- parois extérieures peu ou mal isolées (avec la présence d'un pont thermique, par exemple).

C'est le phénomène de condensation superficielle.

Lorsqu'elle est momentanée, celle-ci ne pose en général pas de problème et est parfois difficilement évitable; c'est le cas de la buée sur le miroir de la salle de bains.

Toute condensation superficielle prolongée dans un local peut :

- engendrer des moisissures,
- dégrader les matériaux,
- dégager des odeurs désagréables,
- être la cause de problèmes de santé.



Condensation superficielle

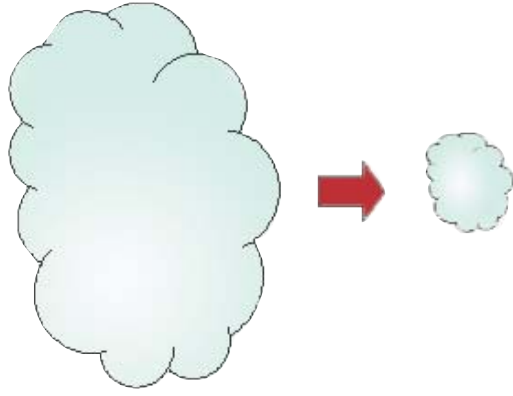
Actuellement, une famille de 4 personnes peut produire entre 10 et 14 litres d'eau sous forme de vapeur.

Pour éviter la condensation superficielle, il est vivement conseillé de

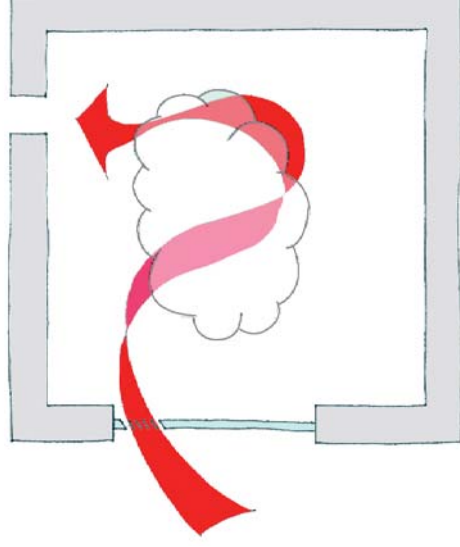
limiter la production de
vapeur d'eau

ventiler les locaux

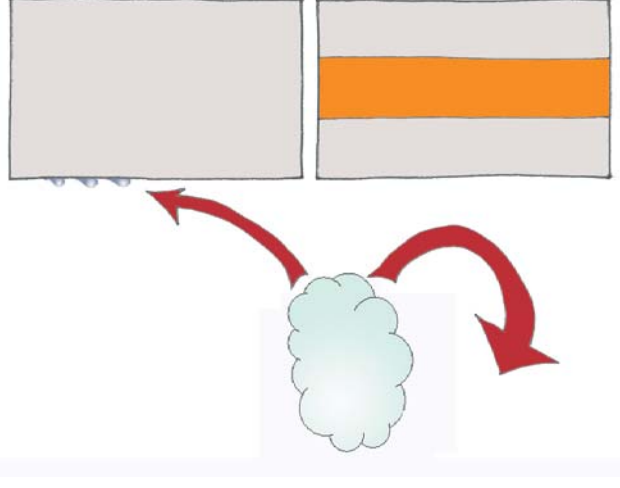
présenter des parois chaudes



- Pour ce faire,
- évacuer directement vers l'extérieur la vapeur d'eau du sèche-linge,
 - opter pour des appareils à faible production de vapeur.



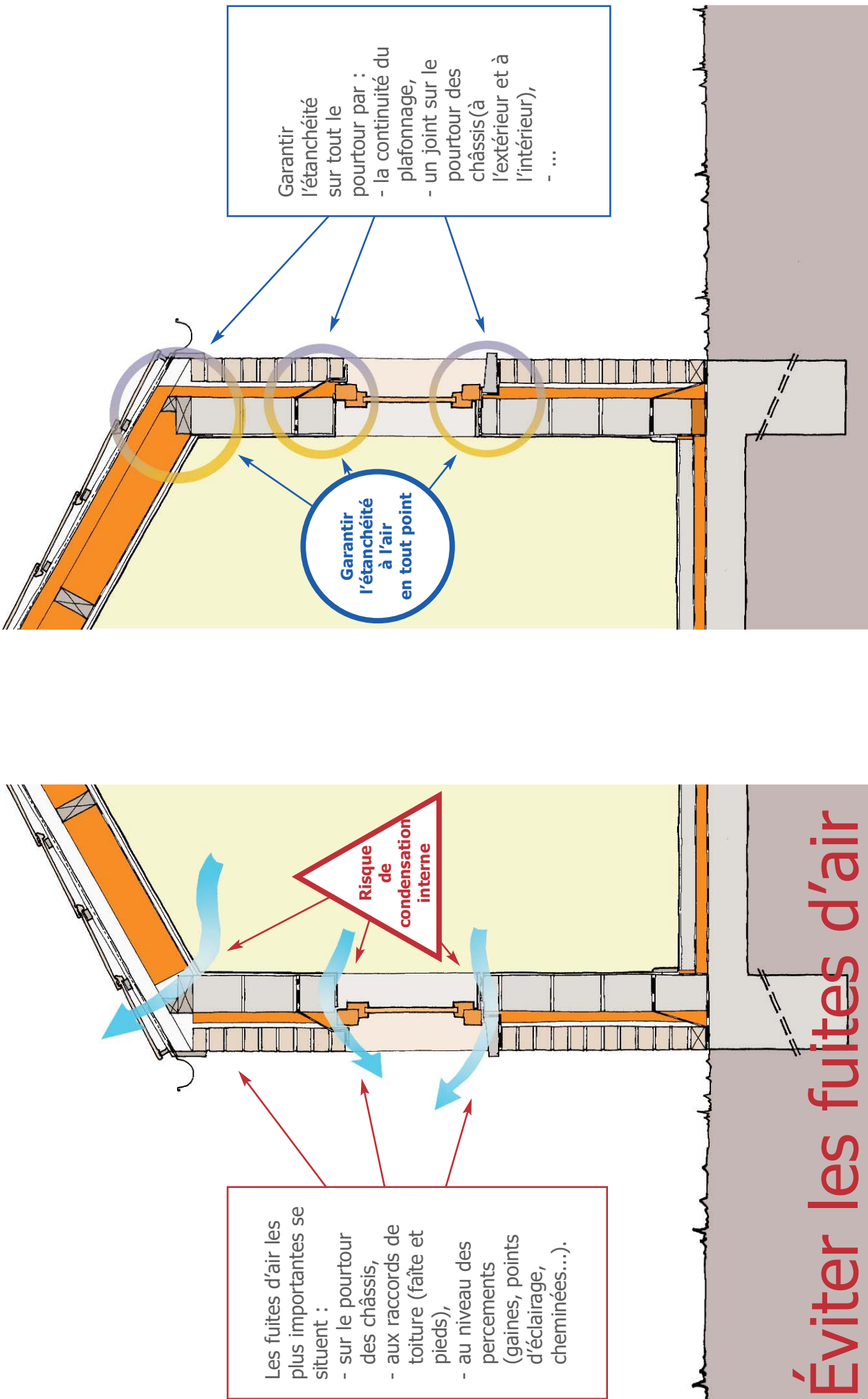
- Pour ce faire,
- évacuer l'air humide,
 - introduire de l'air sec.



- Pour ce faire,
- isoler les parois du volume protégé - sans pont thermique ni point faible,
 - chauffer le volume.

Eviter la condensation superficielle

Les parois doivent présenter une **bonne étanchéité à l'air et au vent** afin d'éviter les fuites d'air chaud.



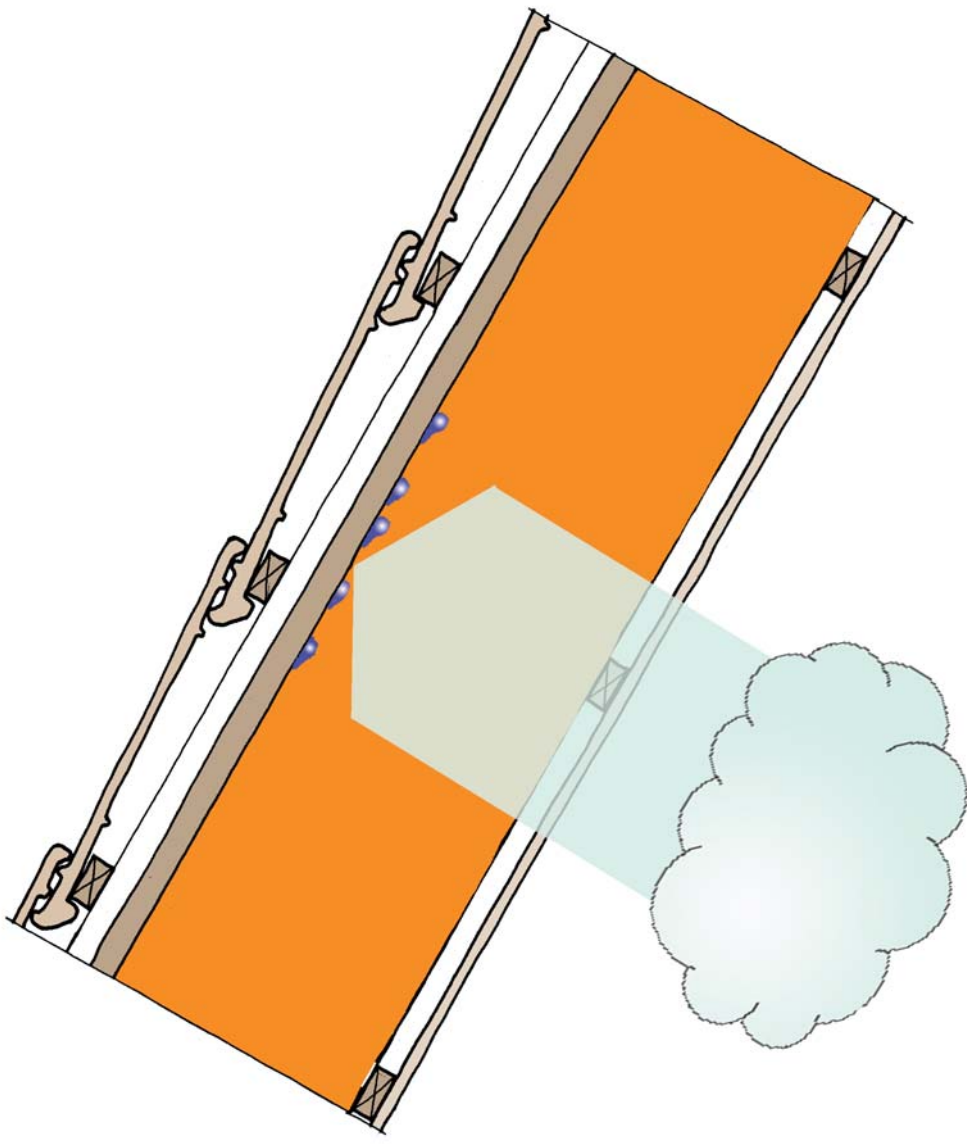
Si de l'air chaud et humide entre dans une paroi, il y a risque de condensation à l'intérieur de celle-ci, c'est le phénomène de **condensation interne.**

La vapeur d'eau se condense alors sur la première paroi froide qu'elle rencontre, par exemple, la sous-toiture.

Toute condensation interne prolongée peut :

- engendrer des moisissures,
- dégrader les matériaux, notamment les structures en bois.

Le risque est important car ce phénomène n'est pas directement visible et lorsqu'il apparaît sur la paroi, les dégâts peuvent déjà être importants.



Condensation interne

Actuellement, une famille de 4 personnes peut produire entre 10 et 14 litres d'eau sous forme de vapeur.

Pour éviter la condensation interne, il est indispensable de

côté intérieur, placer un pare-vapeur.

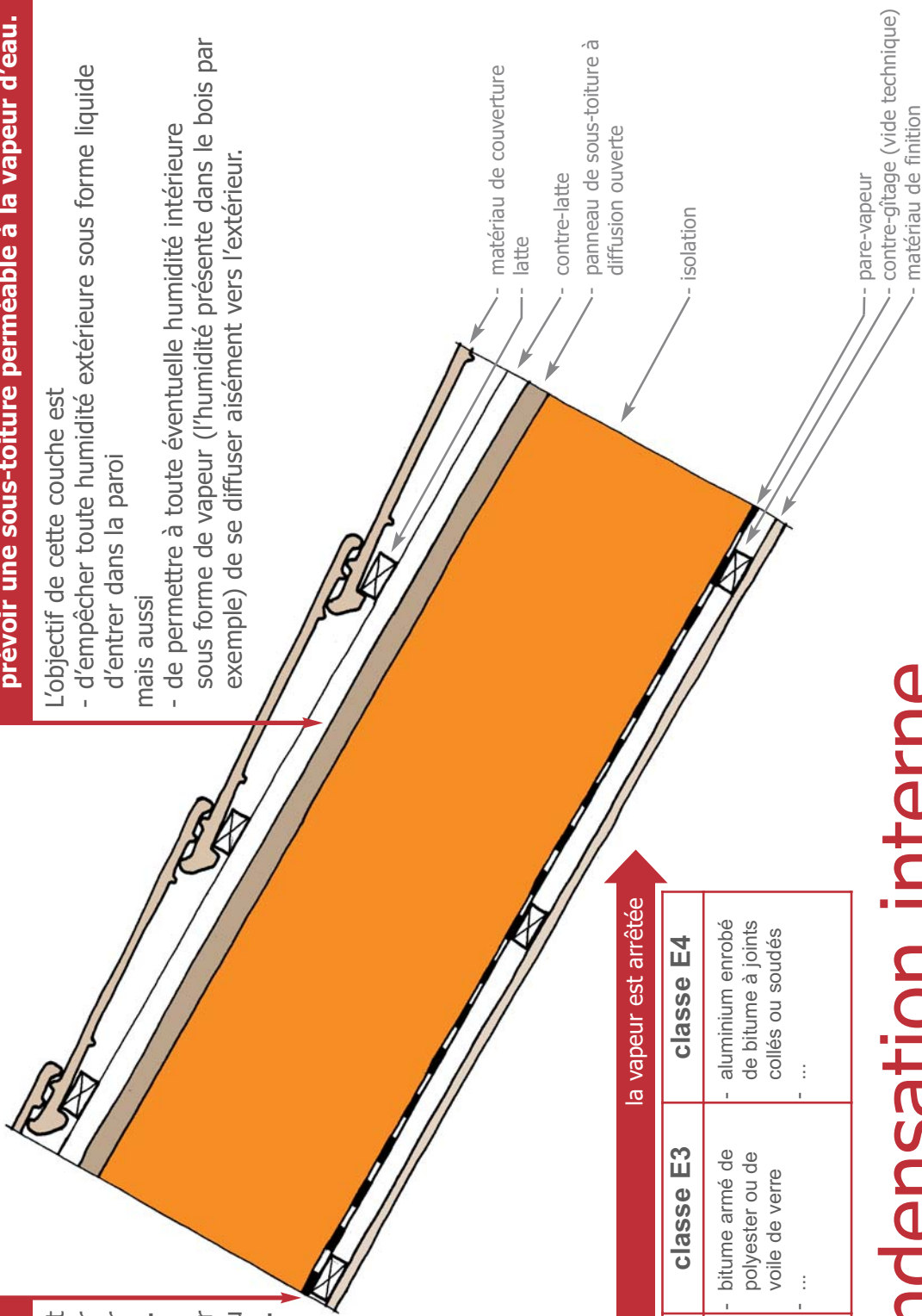
L'objectif de cette couche est de freiner, voire d'arrêter complètement, l'entrée de vapeur d'eau dans la paroi.

La mise en place du pare-vapeur demande beaucoup de soin au niveau des raccords.

côté extérieur, prévoir une sous-toiture perméable à la vapeur d'eau.

L'objectif de cette couche est

- d'empêcher toute humidité extérieure sous forme liquide d'entrer dans la paroi mais aussi
- de permettre à toute éventuelle humidité intérieure sous forme de vapeur (l'humidité présente dans le bois par exemple) de se diffuser aisément vers l'extérieur.



la vapeur est freinée		la vapeur est arrêtée	
classe E1	classe E2	classe E3	classe E4
- feuille polyéthylène < 0,1 mm - papier kraft - ...	- feuille polyéthylène > 0,1 mm - voile de verre bitumé - ...	- bitume armé de polyester ou de voile de verre - ...	- aluminium enrobé de bitume à joints collés ou soudés - ...

Eviter la condensation interne

Les bâtiments isolés efficacement deviennent étanches à l'air, d'où la nécessité d'assurer une ventilation contrôlée en permanence.

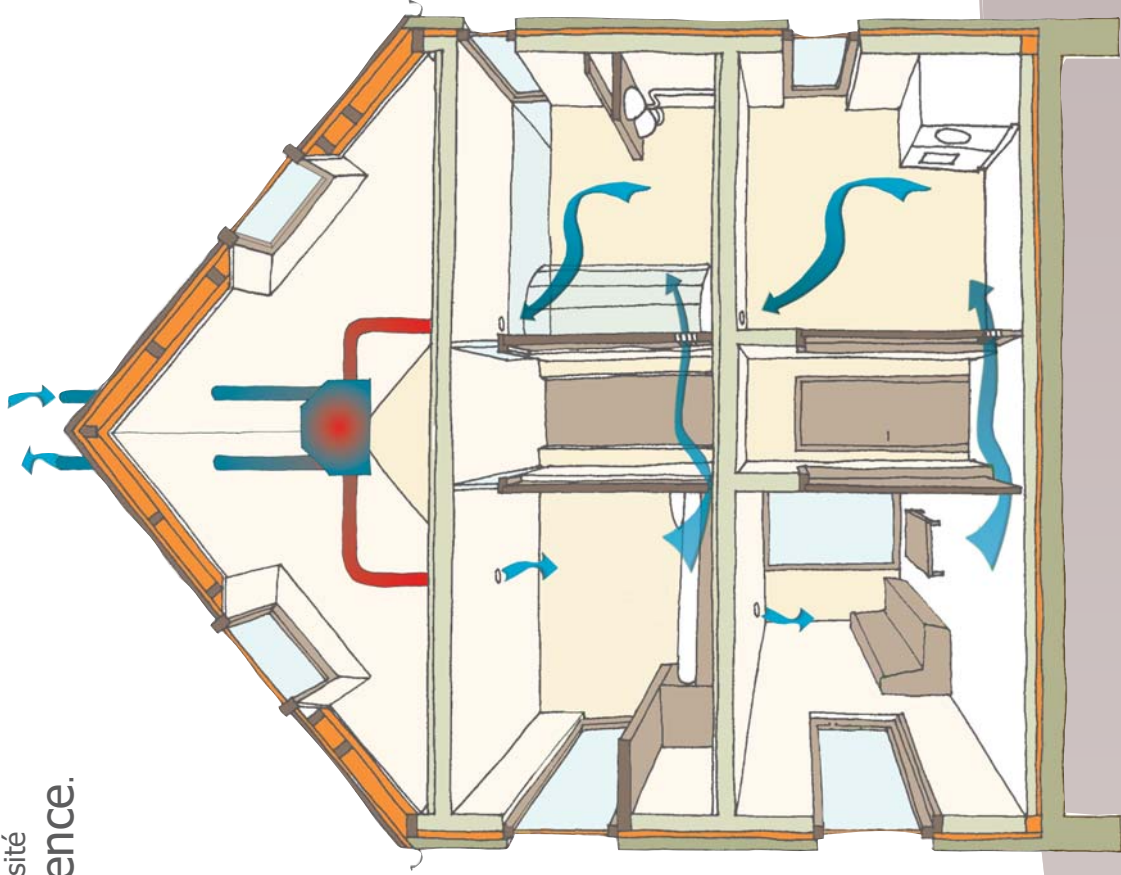
Il est vital de ventiler pour des raisons :

d'hygiène	évacuer les odeurs, les polluants internes et apporter de l'oxygène
de salubrité	éviter la condensation superficielle et interne, source de moisissures et de dégradations
de sécurité	apporter de l'air en suffisance pour garantir le bon fonctionnement des appareils à combustion

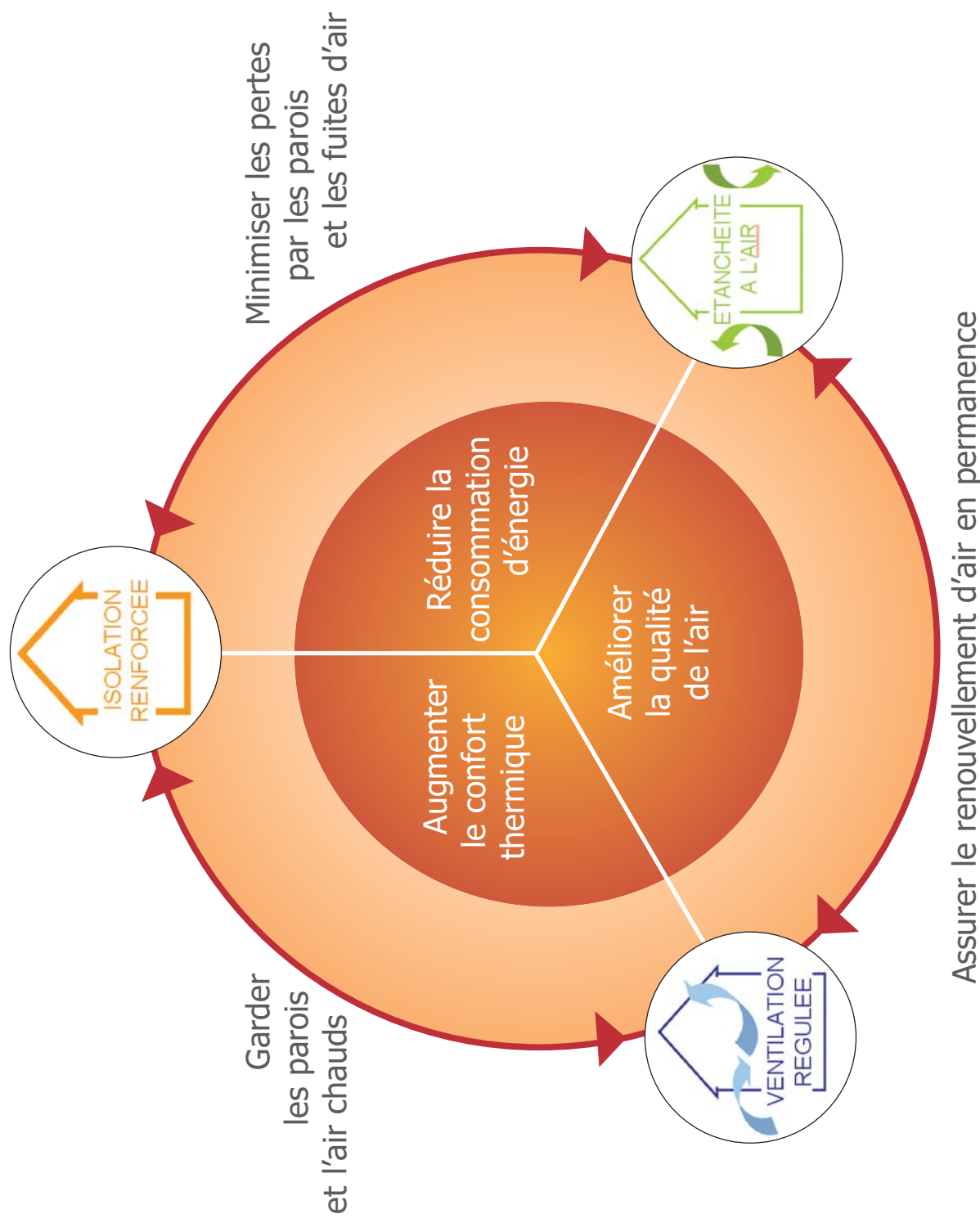
Cependant, ventiler génère des pertes de chaleur.

Pour limiter les pertes d'énergie, il est important de :

dimensionner correctement le système de ventilation	éviter les pertes de charge trop importantes en cas de sous-dimensionnement
pouvoir réguler les apports d'air frais en fonction des besoins	obtenir un renouvellement d'air continu suffisant : ni trop, ni trop peu
recupérer la chaleur de l'air sortant pour chauffer l'air entrant	recourir à un système double flux avec récupérateur de chaleur



Ventiler de façon régulée



Trois règles, une cohérence



Objectifs spécifiques

A la fin du module, l'apprenant sera capable :

- de définir un volume protégé,
- d'expliquer l'importance de la continuité de l'isolation,
- de situer les zones où il y a un point faible ou pont thermique,
- d'expliquer le rôle du pare-vapeur.



Durée

2 périodes de
50 minutes



Matériel

- photocopies des **fiches 17 et 18**
- un rétroprojecteur avec les transpa-
rents des **fiches 19 et 20, 2 à 13**



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

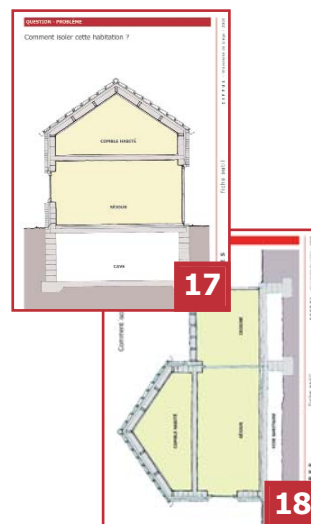
1. Introduire la question-problème :
"Comment isoler cette habitation ?".

Distribuer la **fiche 17** (ou **fiche 18**).
Demander d'isoler efficacement l'habitation
donnée (durée : 10').

2. Analyser avec l'ensemble de la classe les
réponses des différents groupes.
Expliquer certaines notions en se basant sur
les fiches-analyses.

3. Compléter les informations en lançant un débat
sur les pratiques que les apprenants ont déjà
observées sur chantier.

Supports

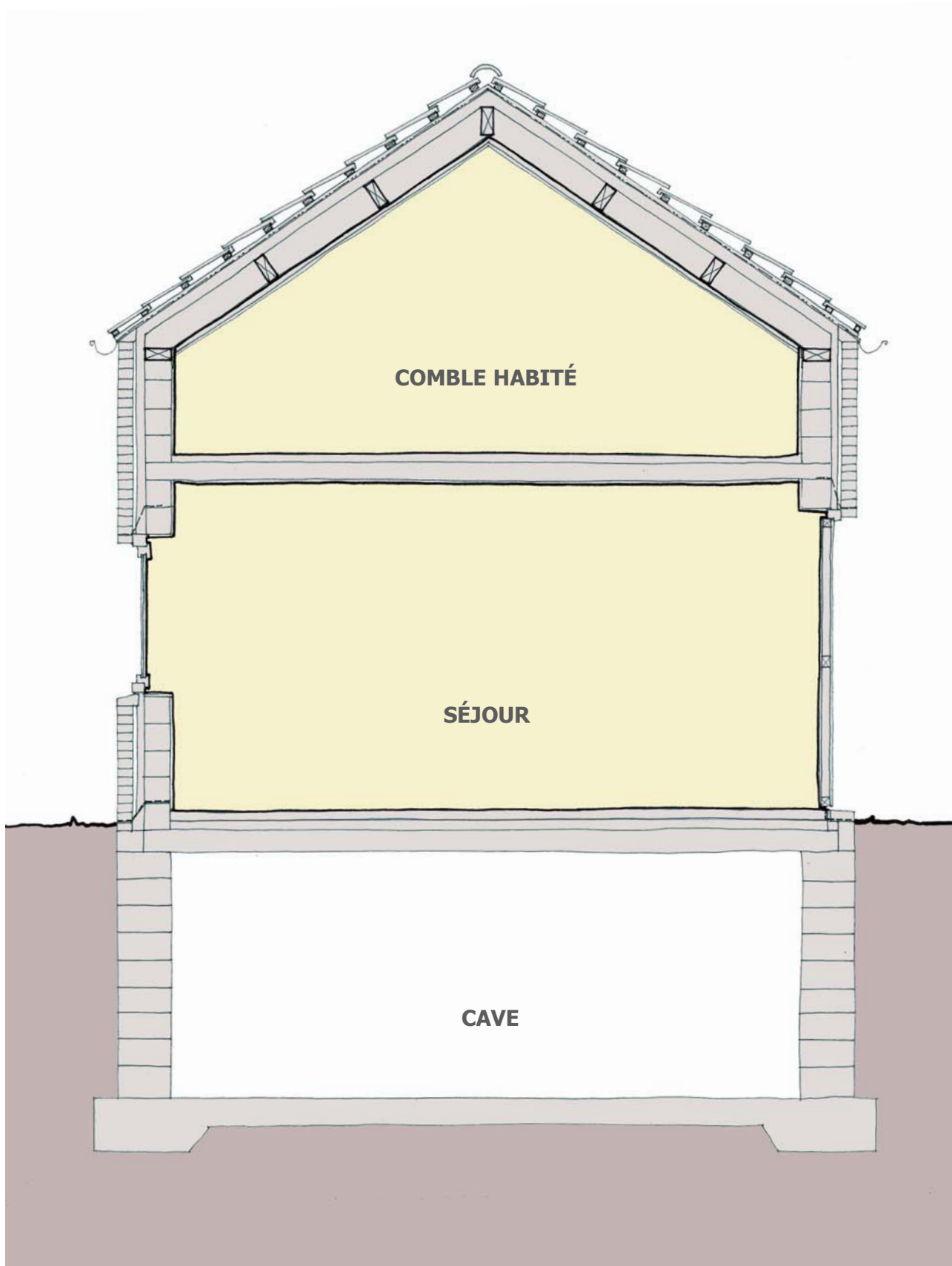


Évaluation

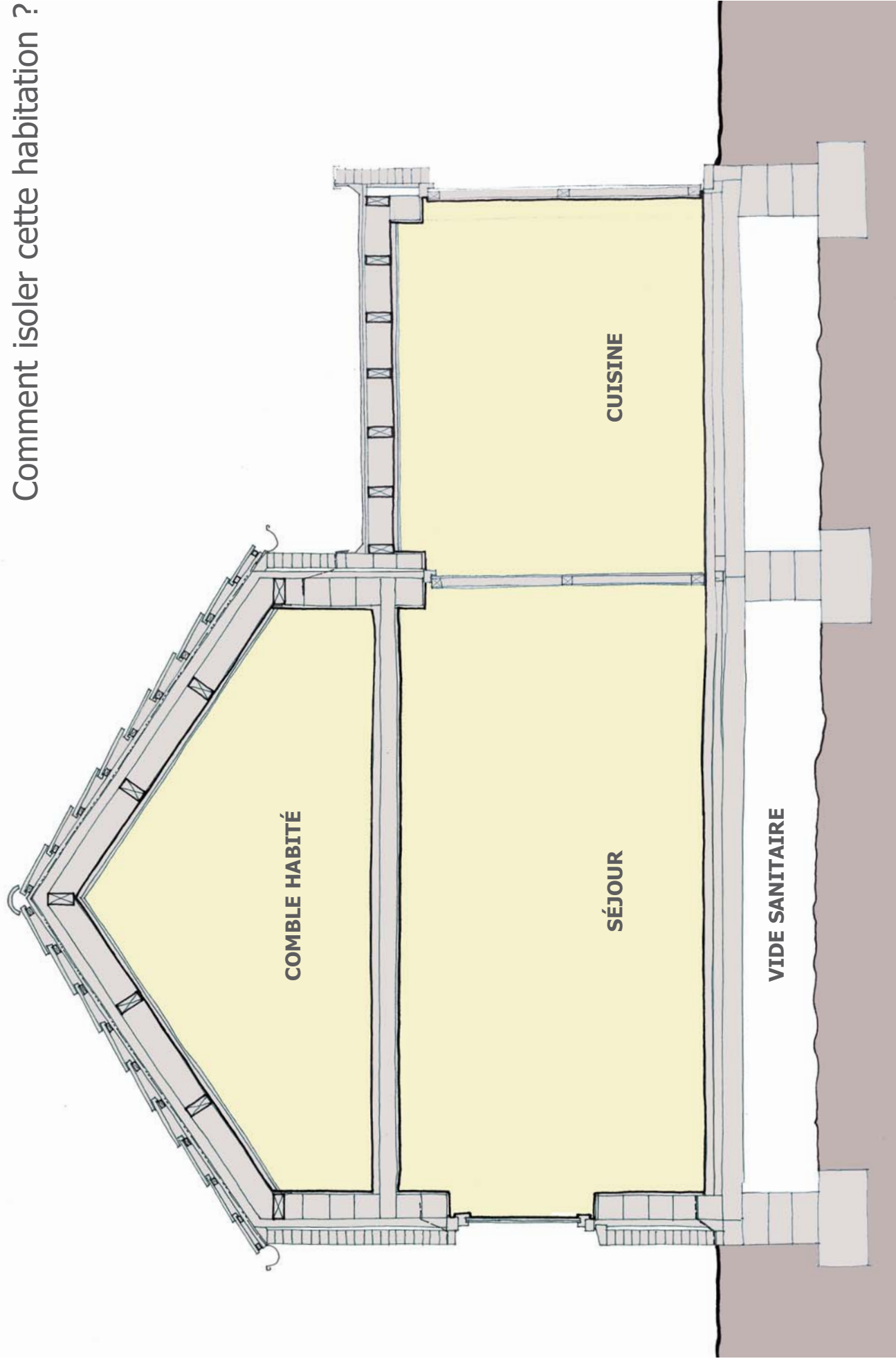
- Faire reformuler les points de vigilance.
- Proposer de refaire l'exercice avec la **fiche 18** (ou **fiche 17**).

QUESTION - PROBLÈME

Comment isoler cette habitation ?

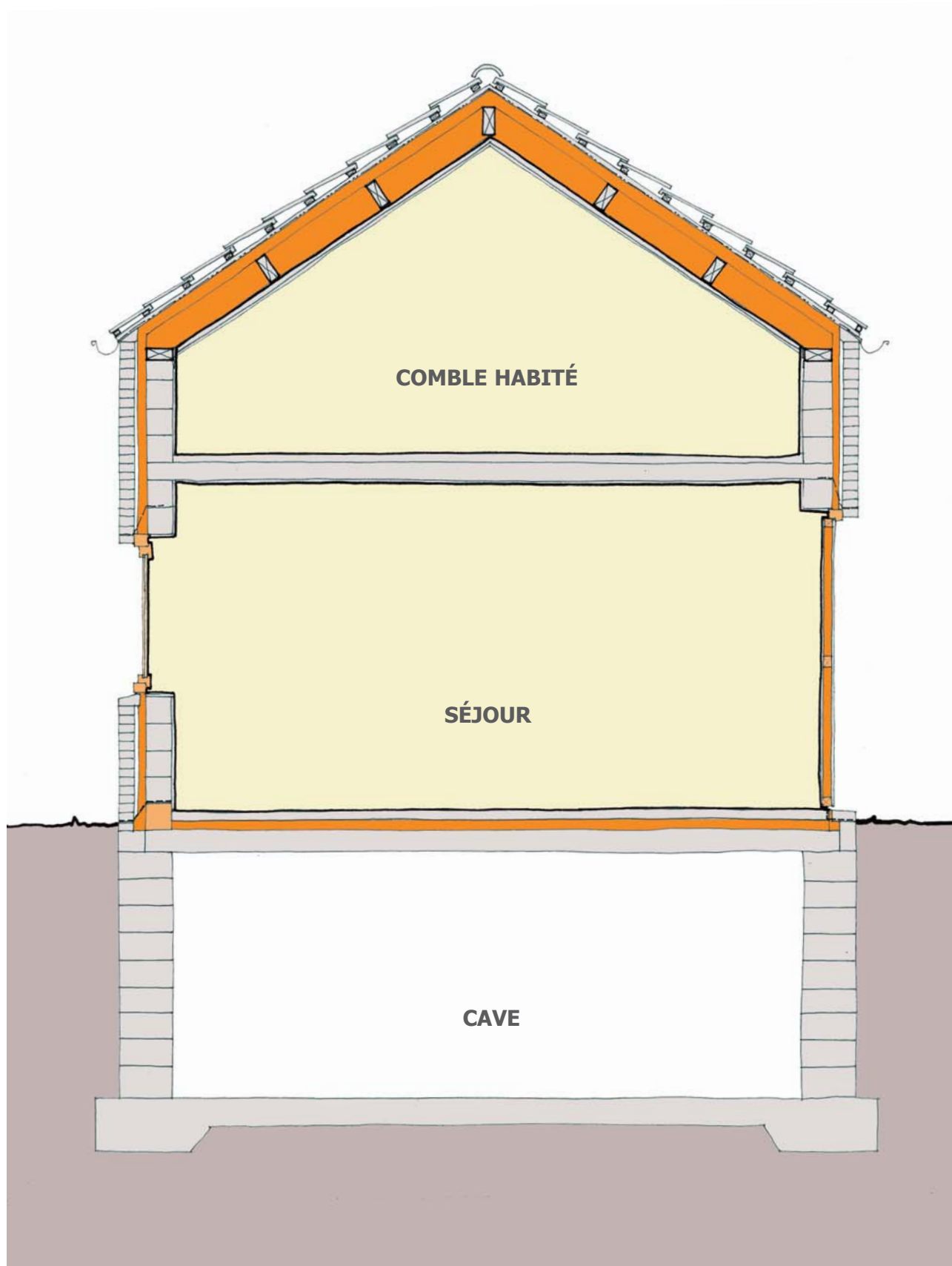


Comment isoler cette habitation ?



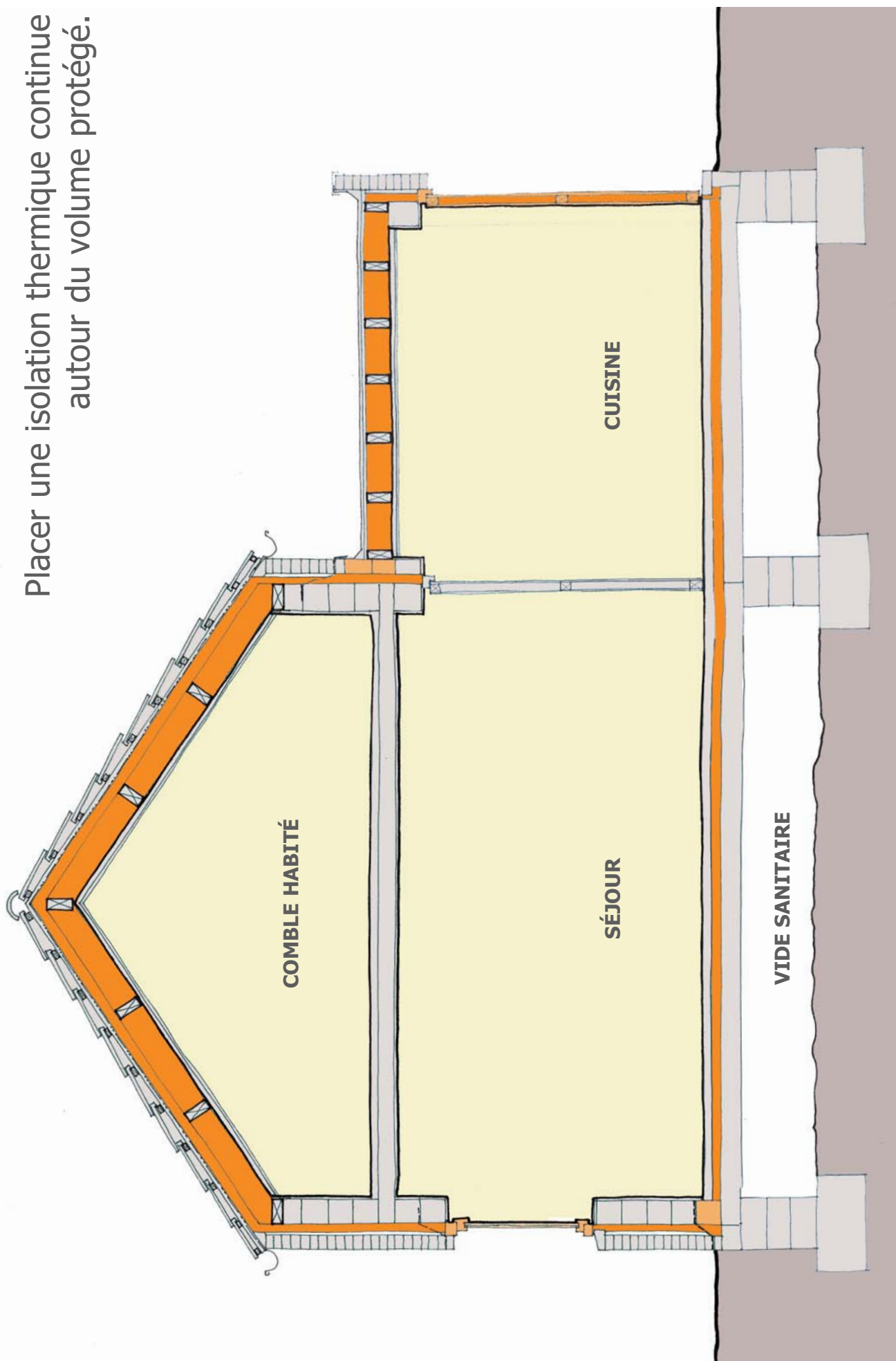
SOLUTION PROPOSÉE

Placer une isolation thermique continue autour du volume protégé.



SOLUTION PROPOSÉE

Placer une isolation thermique continue
autour du volume protégé.





Objectifs spécifiques

A la fin du module, l'apprenant sera capable de :

- citer les précautions à prendre dans la mise en oeuvre de l'isolation,
- justifier le recours à un pare-vapeur.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- voir matériel **fiche 22**
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

1. S'inspirer du cours présenté **fiche 22**.

2. Compléter ce cours en se basant sur les **fiches 2 à 13**.



Supports



Évaluation

Sur base de photocopies des **fiches 17 et 18**, demander aux élèves d'annoter sur le schéma les précautions à prendre dans la mise en oeuvre de l'isolation.

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE

Présentation d'un cours : **Institut technique Don Bosco à Verviers**

Professeur : **Paul Demoulin**

Date : **27.03.03**

Titre : **rôle et placement de l'isolation**

Cours : **pratique**

Niveau : **3°**

Nombre : **7 élèves**

Durée : **50'**

Matériel pédagogique :

- une maquette pour montrer le comportement de la chaleur dans une maison en fonction du placement de l'isolation,
- un mur creux briques + blocs sur une hauteur de 1,40 m,
- un mur en blocs sur une hauteur de 1,40 m,
- panneaux polystyrène, crochets, foreuse, cutter, mètre courant...

Présentation de la maquette avec isolation collée contre les cloisons en bois.



Une moitié de la maquette est réalisée suivant les règles de l'art, l'autre comporte des malfaçons volontaires.



A l'intérieur, seule une moitié de la couverture est complète, celle de droite a reçu un pare-vapeur, l'autre pas.



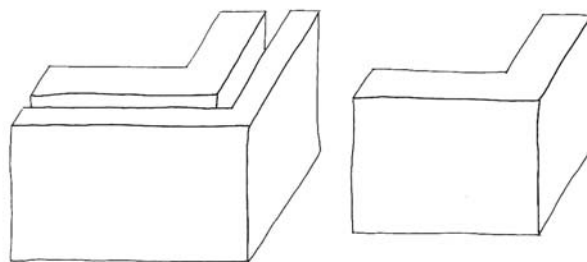
La maquette comprend 4 faces isolées, 2 faces plexi, un diffuseur de vapeur et un tuyau d'amenée d'air.



La maquette est refermée et le diffuseur dégage de la vapeur. Cette vapeur représente visuellement l'air chaud.



En soufflant dans le tuyau, la vapeur sort par toutes les imperfections dans la pose de l'isolant.



Le professeur demande aux étudiants de placer l'isolant dans le creux du mur et montre la difficulté qu'il y a à insérer une plaque isolante dans un creux existant; il présente une alternative : la pose de l'isolation directement sur un mur en blocs, avant la pose des briques... avec les points de vigilance au niveau des raccords.



Objectifs spécifiques

- A la fin du module, l'apprenant sera capable :
- d'expliquer l'importance d'isoler toutes les parois,
 - de définir la valeur lambda, le coefficient U et le niveau K.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



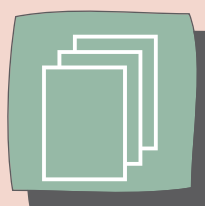
Matériel

- voir matériel **fiche 24**
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

1. S'inspirer du cours présenté **fiche 24**.
2. Compléter ce cours en se basant sur les **fiches 4 à 6** :
 - valeur lambda,
 - coefficient U,
 - niveau K.



Supports



Évaluation

Organiser un débat pour justifier le bien-fondé du règlement thermique wallon qui impose un $U_{\max}$ pour chaque type de paroi.

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE

Présentation d'un cours : **Ecole mixte d'enseignement spécial Maghin à Liège**

Professeur : **Jean-Michel Marquet**

Date : **23.05.03**

Titre : **initiation à l'isolation**

Cours : **théorique**

Niveau : **3°- 4°**

Nombre : **3 élèves**

Durée : **50'**

Matériel pédagogique :

- thermomètre avec sonde contact,
- 3 maquettes extérieurement identiques (mur de plâtre, toit en zinc, fenêtre en plexi).

Maquette A : aucune isolation - Maquette B : isolation en toiture - Maquette C : isolation en toiture et sur les murs. Pour les 3 maquettes, le mode de chauffage est constitué par une lampe à incandescence 60 watts.



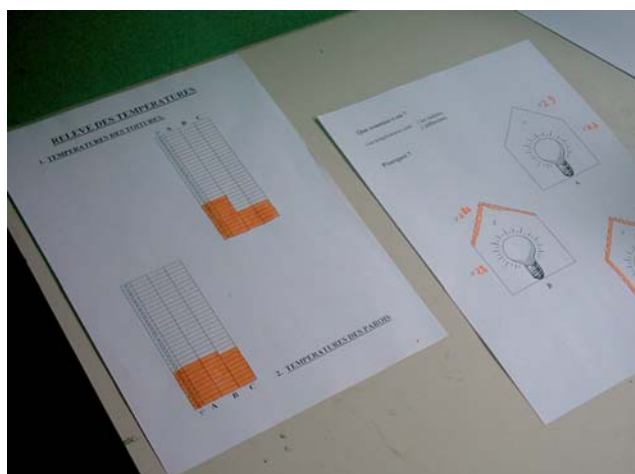
Présentation des 3 maquettes, extérieurement identiques.



Avec la sonde de contact, mesure des températures sur les toitures puis sur les murs.



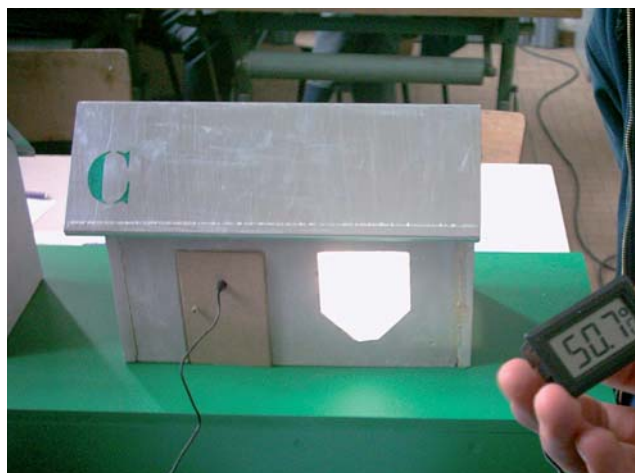
Report des valeurs mesurées sur un tableau.



D'après ces valeurs, des déductions sont proposées sur la présence ou non d'isolation de la paroi.



Vérification des analyses en observant la présence d'isolation dans chaque maquette.



Mesure des températures intérieures dans chaque maquette. Laquelle est la plus efficace ?



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable d'établir la cohérence entre les exigences liées à

- l'isolation,
- l'étanchéité à l'air,
- la ventilation des bâtiments.



Durée

1 période de
50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 17** ou **18**
- un rétroprojecteur avec le transparent de la **fiche 15**.



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

1. Introduire la question-problème :
"Comment obtenir une maison confortable ?"
Distribuer la **fiche 17** (ou **fiche 18**).

Demander d'y renseigner les interventions nécessaires à un confort optimal.

2. Analyser avec l'ensemble de la classe les réponses des différents groupes.

Organiser les réponses en regard des 3 objectifs :

- confort thermique,
- consommation d'énergie,
- qualité de l'air.

3. Présenter la cohérence entre ces objectifs en se basant sur la **fiche 15**.

Supports



Évaluation

Demander à chaque apprenant de justifier le bien-fondé du règlement thermique wallon qui impose à la fois des exigences sur l'isolation, la ventilation et l'étanchéité à l'air des bâtiments.

MATÉRIAUX

Titre de la fiche N°

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

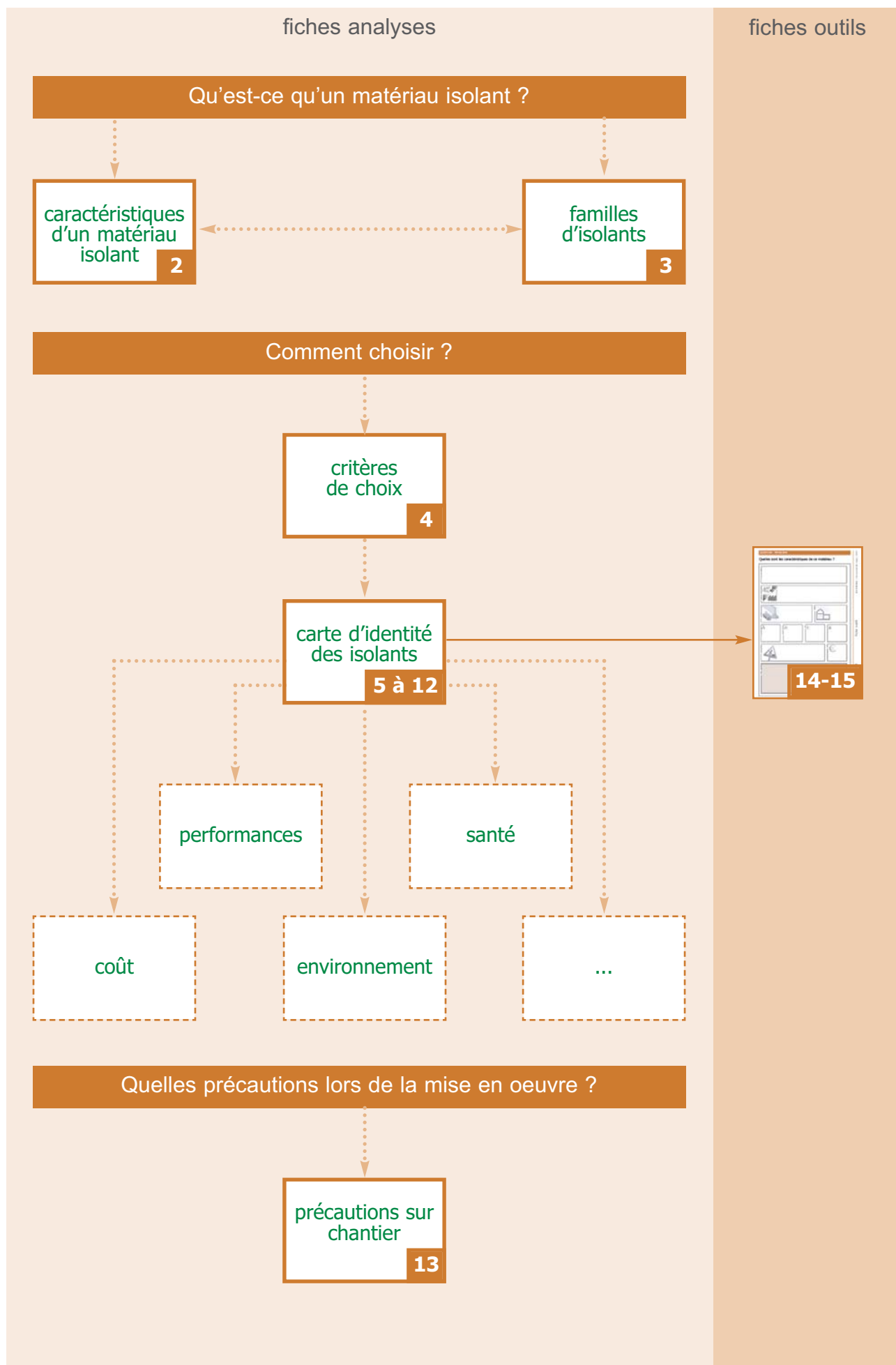
fiches analyses

CARACTÉRISTIQUES D'UN MATÉRIAU ISOLANT	2
FAMILLES D'ISOLANTS	3
CRITÈRES DE CHOIX	4
POLYURÉTHANE/POLYSTYRÈNE - LAINE DE ROCHE/LAINE DE VERRE	5
VERRE CELLULAIRE - PERLITE/VERMICULITE	6
CELLULOSE - LAINE DE CHANVRE/CHÈNEVOTTE	7
LIN - LIÈGE	8
ROSEAU - FIBRE ET LAINE DE BOIS	9
LAINE DE MOUTON - PLUMES DE CANARD	10
FIBRAGGLO - RÉFLECTEUR MINCE OU ISOLANT MINCE RÉFLÉCHISSANT	11
PARE-VAPEUR/FREINE-VAPEUR - SOUS-TOITURE/PARE-PLUIE	12
PRÉCAUTIONS SUR CHANTIER	13

fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	14
QUESTION-PROBLÈME : Quelles sont les caractéristiques de ce matériau ?	15

TABLE D'ORIENTATION



Un matériau est dit isolant lorsqu'il présente une très faible conductivité thermique. Bien qu'il n'y ait pas de prescriptions précises à ce sujet, généralement, on considère que **la valeur λ doit être inférieure à 0,065 W/m.K.**

Différentes techniques existent pour maintenir l'air dans un matériau.

Créer un enchevêtrement de fibres :

laine de roche, de verre, de mouton, cellulose...

Créer un agglomérat de cellules :

mousse polyuréthane, mousse polystyrène, verre cellulaire...

L'efficacité d'un matériau isolant thermique repose sur le fait qu'il emprisonne de l'air.

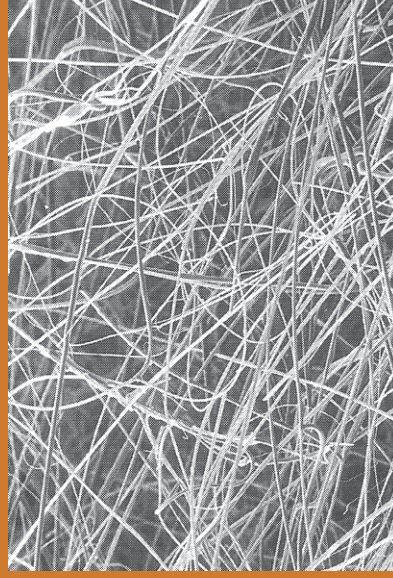
L'air est en effet un excellent isolant... pour autant qu'il soit **sec et immobile** !

Il faudra donc protéger cet isolant contre les déplacements d'air en son sein :

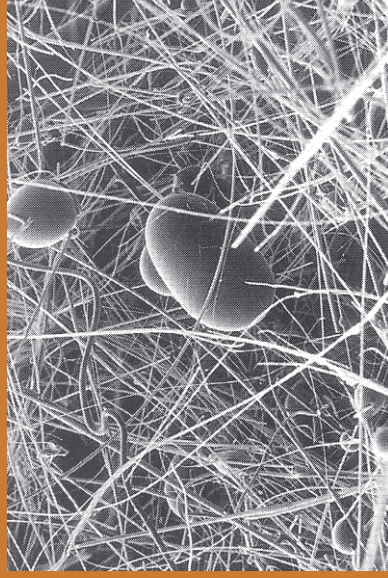
- assurer l'étanchéité au vent à la face extérieure,
- assurer l'étanchéité aux courants d'air intérieurs,
- éviter les fuites par les joints grâce à une parfaite continuité du matériau.

source : Isover

STRUCTURE FIBREUSE



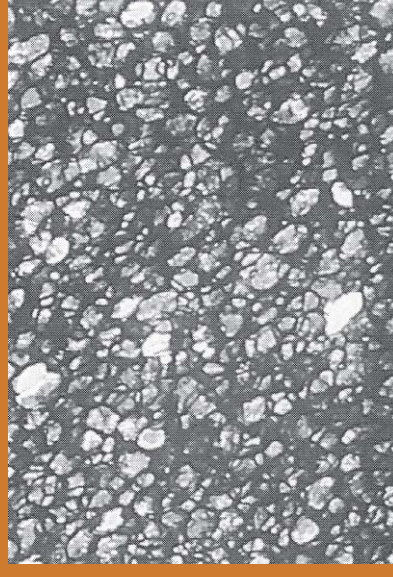
laine de verre



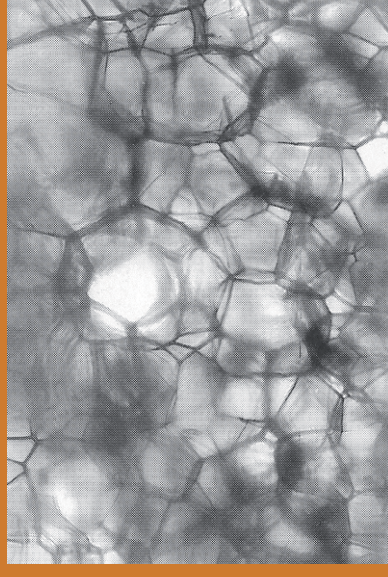
laine de roche

source : Cifful

STRUCTURE CELLULAIRE



verre cellulaire



mousse synthétique

macrophotographies

Caractéristiques d'un matériau isolant

Classement des isolants thermiques en fonction des matières premières

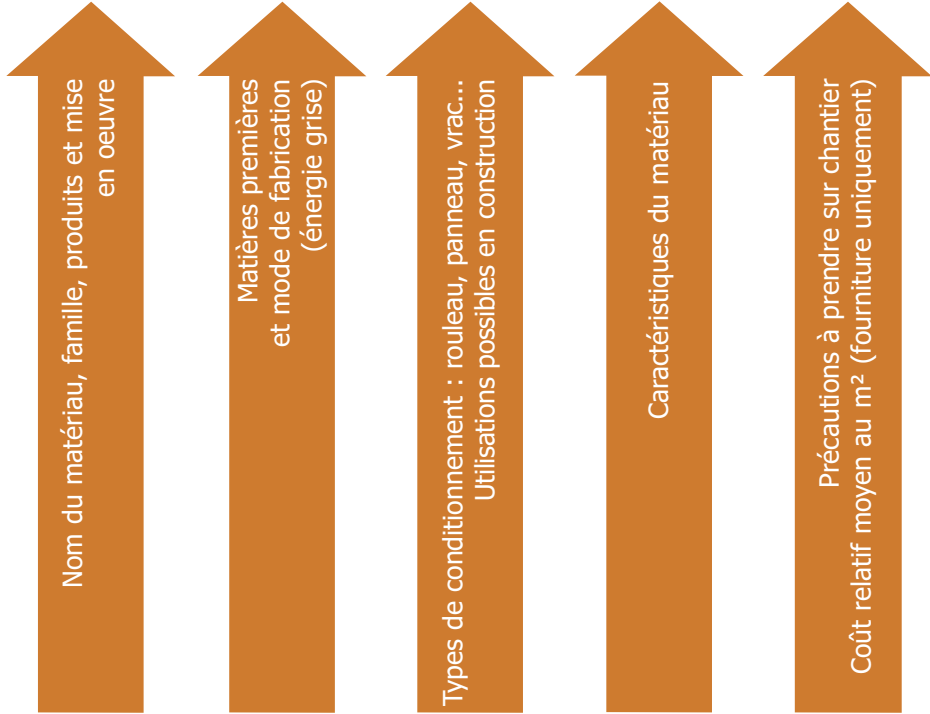
synthétique	à base minérale	à base végétale	à base animale	composite
<u>polystyrène extrudé (XPS)</u> <u>polystyrène expansé (EPS)</u> <u>mousse polyuréthane (PUR)</u> <u>polyéthylène extrudé</u> <u>mousse phénolique (formaldéhyde de phénol)</u> ...	<u>laine de verre (MW)</u> <u>laine de roche (MW)</u> <u>verre cellulaire (CG)</u> <u>perlite expansée (EPB)</u> <u>vermiculite exfoliée (EV)</u> <u>argile expansée (LWA)</u> ...	<u>cellulose</u> <u>chanvre</u> <u>lin</u> <u>liège expansé (ICB)</u> <u>laine de bois (WW)</u> <u>roseau</u> <u>fibres de coco</u> <u>coton</u> <u>chaume</u> ...	<u>laine de mouton</u> ... <u>plumes de canard</u> ...	composite fibragglo bois-ciment, bois-plâtre... réflecteur mince aluminium + film plastique avec alvéoles ou aluminium + laine de mouton... panneaux autoportants utilisés dans le principe de préfabrication : panneaux auxquels sont associés le contre-lattage, la sous-toiture, l'isolation (synthétique, minérale...), le pare-vapeur et la finition intérieure. panneaux sandwichs ...

La réglementation européenne des produits de la construction impose le **marquage CE** sur tous les produits intervenant dans la construction. Le marquage CE implique que le fabricant reconnaît avoir respecté une série de prescriptions générales imposées par l'Europe; ce n'est pas un label de qualité.

Familles d'isolants

Les matériaux soulignés font l'objet d'une fiche signalétique fournie ci-après.

Entre parenthèses sont reprises les appellations internationales simplifiées de certains matériaux.



Critères de choix

Nom de l'isolant		sources des photos : (nom de l'architecte, l'entreprise et/ou du fabricant)	
matières / fabrication		usage	
conditionnement		conductivité th	
vapeur d'eau		eau	
précautions		coût	
Bilan global			

Conception : Cifful - Université de Liège

Petit lexique

énergie grise
énergie nécessaire à la fabrication du matériau

hydrophobe
qui repousse l'eau

hydrophile
qui absorbe facilement l'eau

inflammable
qui s'enflamme facilement

inflammable
qui ne peut être enflammé

λ (lambda)
coefficient de conductivité thermique,

μ (mu)
coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

Ecobilan d'un produit
impact sur la santé et l'environnement d'un produit sur tout son cycle de vie, depuis sa fabrication, jusqu'à son recyclage en passant par sa mise en oeuvre, son entretien et son démontage.



sources des photos : Rockwool + architecte Luc Boddin

A partir de produits dérivés du pétrole, le procédé de fabrication fournit une structure cellulaire (mousse) composée de cellules fermées. Ce processus demande une importante quantité d'énergie.

- 

λ de 0,023 à 0,040 W/m.K

faible diffusion :
10 à 300



Diagram illustrating a water droplet on an impermeable surface. The droplet is shown as a teardrop shape, and the surface is labeled "eau" (water) and "impermeable".

feu

dégagement
de fumées
nocives

_____ précautions

Bilan global

à base minérale 7



matières / fabrication

- 
- conditionnement

conductivité thermique de 0,032 à 0,050 W/m.K

vapeur d'eau



forte
diffusion :
de 1 à 1,3

hydrofuge,
n'absorbe ni
ne retient l'eau

feu

non combustible
ne propage pas
la flamme

précautions

D'un côté, des ressources non renouvelables mais largement répandues sur Terre, une énergie grise élevée, des risques sur la santé, de l'autre, une bonne performance isolante et un prix attractif. Les fabricants ont fait des efforts importants pour garantir la fiabilité dans le temps et certains développent des filières de recyclage pour réintroduire les déchets dans le processus de fabrication.

Bilan global

Conception : **Ciffai** - Université de Liège

La ressource n'est pas renouvelable mais largement disponible; l'énergie grise dégagee reste élevée. Dans le cas d'utilisation en vrac, attention à la mauvaise stabilité dans le temps de ces produits (tassements différenciés créant des zones non isolées).

Conception : Cifful - Université de Liège

— 01049297 0309 0

— 00140012403 / 00140012403

- 4000000000000000 -

94 94! 8! 40! 10! 1000

--	--

[illegible]

di

Ressource de très grande disponibilité (c'est une opportunité intéressante pour le papier à recycler), la fabrication est moins énergivore que pour obtenir à nouveau du papier (énergie grise très faible). C'est un matériau qui combine un très bon rapport qualité-prix; efficacité de la pose insufflée qui épouse bien tous les contours des zones à isoler.



à base végétale 7



matières / fabrication 1

- Conditionnement 3

-

conductivity in the

1103

Precautions

Bilan global

Le chanvre est une plante annuelle ; elle peut constituer une voie de conversion pour des agriculteurs qui fourniraient ainsi la matière première pour des produits de la construction. Matériau renouvelable, à faible énergie grise, il offre une excellente alternative aux isolants "traditionnels". Il présente une remarquable résistance naturelle aux champignons et insectes.



Conception : **Ciffui** - Université de Liège

à base végétale





Lin

matières / fabrication



L'isolation en lin est fabriquée à partir des fibres courtes du végétal qui ne sont pas utilisées par l'industrie textile. Après un traitement minéral (sel de bore...), les fibres sont cardées et posées en couches successives; des liants sont ajoutés (fibre polyester...) pour former la ouate qui constituera le produit fini.

conditionnement



- vrac
- rouleau
- panneau
- feutre

usage



- parois verticales à structure bois
- toiture
- plancher

conductivité th

λ de 0,037 à 0,047 W / m.K

vapeur d'eau

μ grande perméabilité : 1 à 2

matériau



hydrophile

feu



inflammable à difficilement inflammable

coût



précautions



La pose en vrac ou insufflée dégage beaucoup de poussières et le port d'un masque est nécessaire.

Bilan global



Le lin est une plante annuelle; il peut constituer une voie de conversion pour des agriculteurs qui fourniraient ainsi la matière première pour des produits de la construction. Toutefois, sa culture nécessite le recours à des pesticides qui posent question quant au respect de l'environnement. Si l'énergie grise est peu élevée, des améliorations sont en cours pour la réduire encore (remplacement des fibres polyester par un matériau naturel).

Conception : Cifful - Université de Liège

sources des photos : Natilin + boisconstruction.free.fr

à base végétale





Liège

matières / fabrication



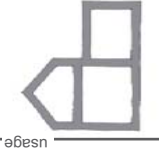
Le liège provient de l'écorce de chêne-liège; celle-ci est réduite en granules, ensuite expansée à la vapeur (300°C) et enfin transformée en panneaux.

conditionnement



- vrac
- rouleau
- panneau

usage



- mur
- toiture
- plancher

conductivité th

λ de 0,032 à 0,055 W / m.K

vapeur d'eau

μ de 4,5 à 29

matériau



imperméable

feu



difficilement inflammable

coût



précautions



Matériau naturel, il ne présente pas d'effet négatif connu. Attention toutefois aux éléments composites imprégnés et surfaces de produits synthétiques.

Bilan global



Le chêne-liège est originaire des régions méditerranéennes. A partir de l'âge de 25 ans, l'arbre présente une écorce, le liège, qui pourra être récoltée tous les 10 ans. Ses qualités isolantes combinées à une excellente résistance à l'eau et au feu en font un matériau exceptionnel. Sa disponibilité reste limitée et, en réponse à la demande croissante, le délai de renouvellement de l'écorce est régulièrement raccourci (on est passé de 10 à 7 ans !). Son emploi est de ce fait à préconiser pour des usages bien spécifiques.

Conception : Cifful - Université de Liège

sources des photos : Ecobati + architecte Jean-Marie Delhaye

sources des photos : Pavatex + Holzflex + Homatherm + GuteX

Fabriquée à partir de restes de scieries, de bois d'éclaircissage ou de résineux indigènes, les fibres permettent de créer des panneaux, mous ou rigides, aux performances isolantes intéressantes. La lignine, contenue naturellement dans le bois, se charge de la cohésion des fibres entre elles.

conditionnement	photos : Pavat
- panneau mou - panneau rigide	 - toiture - plancher - paroi verticale

conductivité thermique de 0,040 à 0,070 W / m.K	1 à 8	hydrophile à imperméable	feu	inflammable
--	--------------	-------------------------------------	------------	--------------------

précautions



Les panneaux ne présentent pas normalement de dégagements toxiques en cours de pose ou d'utilisation. Certains panneaux sont 100 % naturels et peuvent être recyclés, composés ou utilisés pour produire de l'énergie thermique.

coût



Le Liège

Ressource renouvelable à énergie grise limitée, le bois dans la construction en tant qu'isolant sous forme de panneau mou, trouve une voie supplémentaire de développement.

Sous forme de panneaux rigides (toutefois moins isolants) en sous-toiture ou pare-pluie, il permet d'éliminer certains ponts thermiques.

Conception : **Cifui** - Université de Liège

Conception : **Ciffai** - Université de Liège
sources des photos : **PavateX + Holzflex + Homatherm + Gutex**

Conception : **Cifit** - Université de Liège

sources des photos : **Ecolith**

-

- 

λ 0,083 à
0,100 W/m.K
fibraggio seul

μ 2 à 6

bonne
résistance à
l'humidité

non
inflammable



Brilan global=



Bilan global



Le fibraglo seul ne présente pas de dégagements toxiques: il est considéré comme un matériau inerte (déchet de classe 3).



imp

—

t non



**Réflecteur mine
ou isolant mince
réfléchissant**

Composite L

sources des photos : Actis

Conception : **Ciffui** - Université de Liège

Conception : Cifful - Université de Liège

Pare-vapeur Freine-vapeur

Leur rôle est de **limiter l'entrée de vapeur d'eau** pour éviter la condensation interne dans la paroi. Il faut **toujours** préférer un pare-vapeur placé **indépendamment de l'isolation**. Il faut **soigner la fermeture des joints** par un large recouvrement entre éléments avec pose de bande autocollante, de joints mastic, dont l'efficacité dans le temps est garantie par le fabricant.

Freine-vapeur

matériaux synthétiques



Le polyéthylène est couramment utilisé.

Les polypropylènes permettent d'avoir une gamme de pare-vapeur de classes plus variées permettant de réaliser des parois aux performances bien maîtrisées.

Certaines peintures et certains papiers peints constituent également un pare-vapeur.

matériaux à base de bois



Papier armé, panneau de fibre de bois, panneau OSB...

matériaux composites



Des panneaux multiplex avec finitions étanches, le carton-plâtre, les réflecteurs minces... constituent des pare-vapeur. Dans tous les cas, il convient de bien fermer les joints de raccord ainsi qu'entre éléments.

éléments préfabriqués



Les panneaux auto-portants combinent contre-lattes, sous-toiture, isolation, vapeur et finition interne.

Conception : **Cifful** - Université de Liège Sources des photos : **Isocell+Isoproc & Pro Clima+Ecobati+Actis+Gyproc+Unilin**

Sous-toiture Pare-pluie

Leur rôle est d'**assurer l'étanchéité à l'eau de la paroi**. Par contre, idéalement, ils seront **très perméables à la vapeur d'eau** afin que l'humidité interne du bâtiment puisse se diffuser vers l'extérieur. Une lame d'air au-dessus de la sous-toiture ou du pare-pluie doit assurer la ventilation de la sous-face du matériau; elle doit permettre aussi l'écoulement des éventuelles infiltrations d'eau.

matériaux synthétiques



Les polyéthylènes microperforés et feutres bitumineux présentent une très faible ouverture à la vapeur d'eau (ils sont à déconseiller dans certaines structures). Les polypropylènes, plus récents, combinent d'excellentes qualités d'étanchéité à l'eau et de bonne perméabilité à la vapeur d'eau.

matériaux à base de bois



Les fibres de bois liées au latex (naturel) ou au bitume permettent d'obtenir des sous-toitures imperméables à l'eau tout en étant perméables à la vapeur d'eau. Leur épaisseur (15 à 24 mm) leur permet de participer à l'amélioration de la performance isolante de la paroi ainsi que de supprimer certains ponts thermiques.

matériaux composites



Les menuiseries (panneaux en fibre de ciment sans amiante)... sont aussi des couvertures efficaces : imperméables à l'eau tout en restant perméables à la vapeur d'eau.

éléments préfabriqués



Des panneaux sandwich combinent sous-toiture, isolation avec parfois d'autres finitions (pare-vapeur, contre-latte...)

Conception : **Cifui** - Université de Liège Sources des photos : **Isocell+Isoproc & Pro Clima+Ecobati+Actis+Gyproc+Unilin**

Stockage		Manipulation		Gestion des déchets	
 source : isover	Protection sous emballage et dégagement du sol	 source : architecte Luc Boddin	Protection individuelle renforcée avec mousse projetée	 source : Rockwool	Filière de récupération de déchets de laine de roche
	 source : Recticel Belgium		Protection contre les poussières de la cellulose projetée		
 source : Rockwool	Répartition des charges (ici sur toiture métallique)	 source : architecte Luc Boddin	Protection de la peau et des bronches avec la laine minérale	 source : CNAQ	Tri sur chantier dans des bigbags

Précautions sur chantier



Objectifs spécifiques

- A la fin du module l'apprenant sera capable
- de citer des critères de choix essentiels pour l'utilisation d'un matériau d'isolation donné,
 - d'établir le bilan global d'un matériau isolant donné.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la fiche 15
- un rétroprojecteur



Démarche proposée

Travail individuel et analyse collective

1. Travail de recherche

Le professeur distribue des photocopies de la fiche 15 et demande à chaque élève de récolter pour une date à fixer les informations sur un isolant.

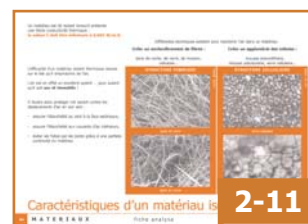
Il est vivement conseillé à chacun d'apporter un échantillon du matériau choisi.

2. A la date fixée, le professeur demande à chaque élève de présenter les arguments positifs et négatifs pour l'utilisation de ce matériau.

Petit débat correctif à animer par le professeur et "correction" des informations (voir fiches 2 à 11).

3. Le professeur fait une synthèse des différentes fiches élaborées par les élèves, il peut proposer de ranger ces matériaux par familles.

Supports



Évaluation

Distribuer la fiche signalétique d'un isolant et demander aux élèves de formuler des arguments en faveur ou non de son placement dans un type de paroi donnée (par ex., panneaux de liège dans un mur creux).

QUESTION - PROBLÈME

Quelles sont les caractéristiques de ce matériau ?

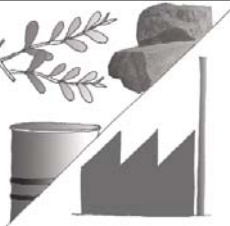
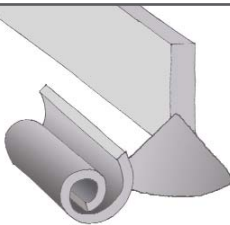
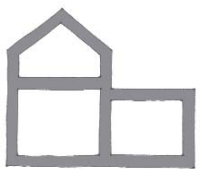
nom du matériau			
matières / fabrication 			
conditionnement 		usage 	
conductivité thermique λ	vapeur d'eau μ	eau 	feu 
précautions 		coût €	
Bilan global 			

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

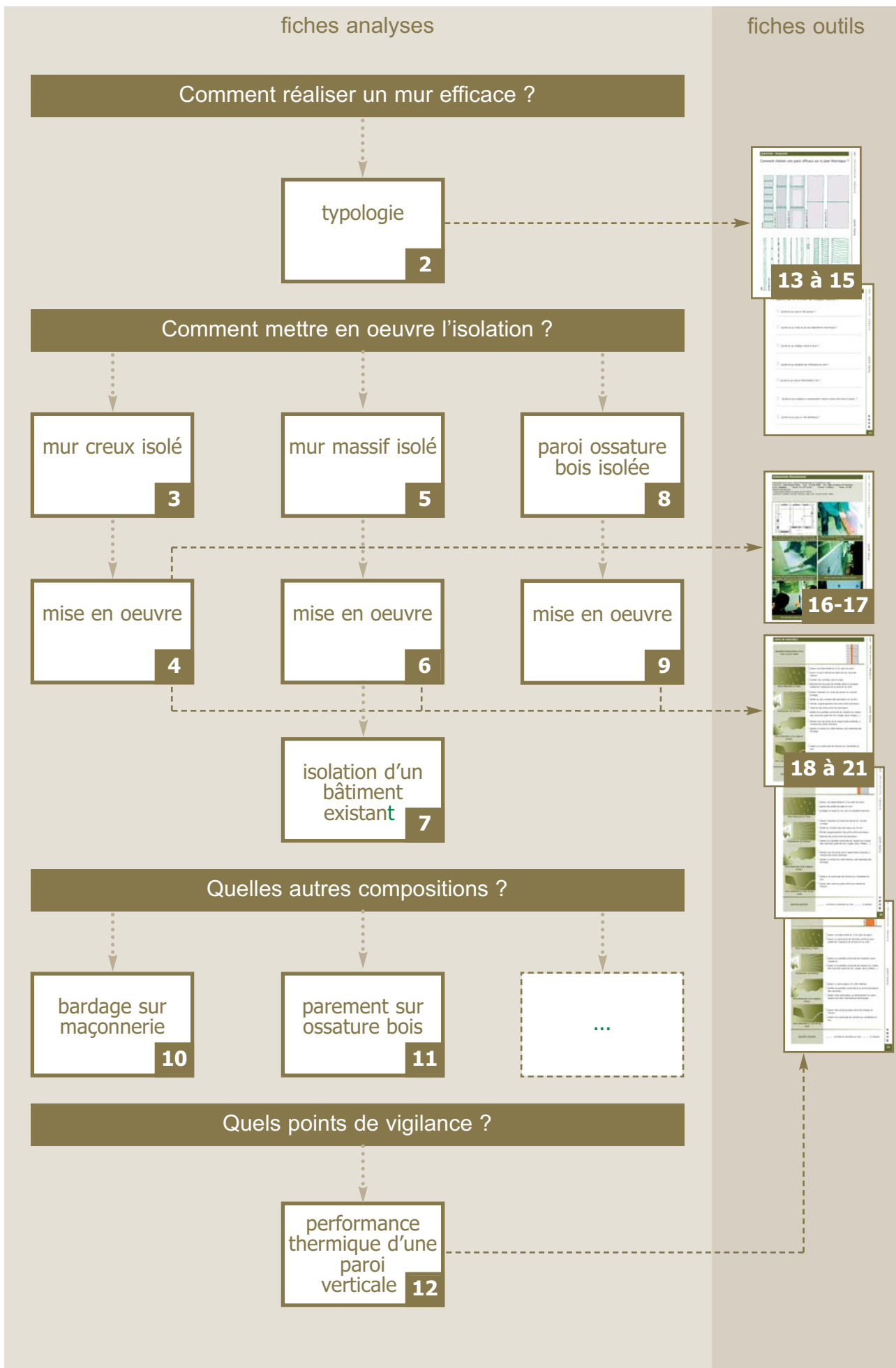
fiches analyses

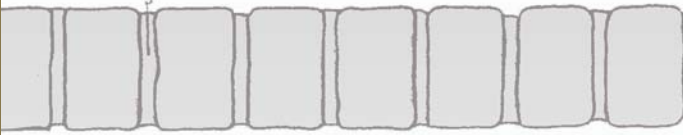
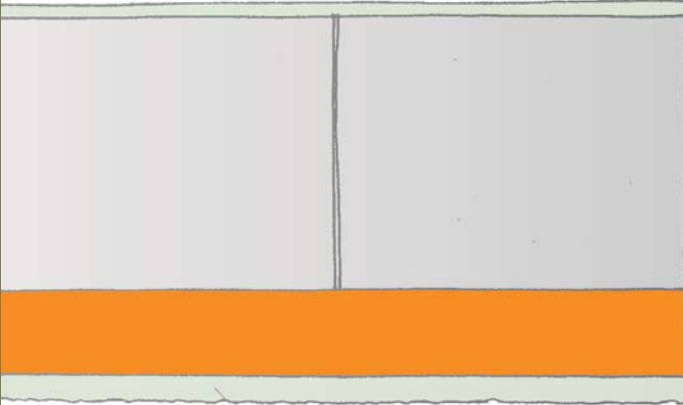
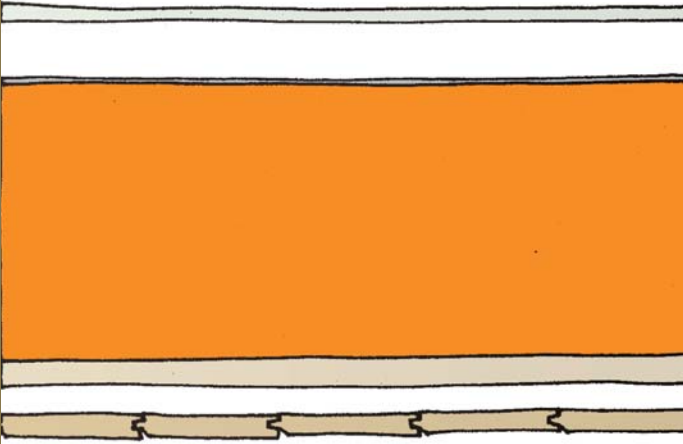
	TYPLOGIE	2
	MUR CREUX ISOLÉ	3
	MISE EN OEUVRE DE L'ISOLATION DU MUR CREUX	4
	MUR MASSIF ISOLÉ	5
	MISE EN OEUVRE DE L'ISOLATION D'UN MUR CRÉPI	6
	ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR D'UN BÂTIMENT EXISTANT	7
	PAROI OSSATURE BOIS ISOLÉE	8
	MISE EN OEUVRE D'UNE PAROI OSSATURE BOIS ISOLÉE	9
	BARDAGE SUR MAÇONNERIE	10
	PAREMENT SUR OSSATURE BOIS	11
	PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE PAROI VERTICALE	12

fiches outils

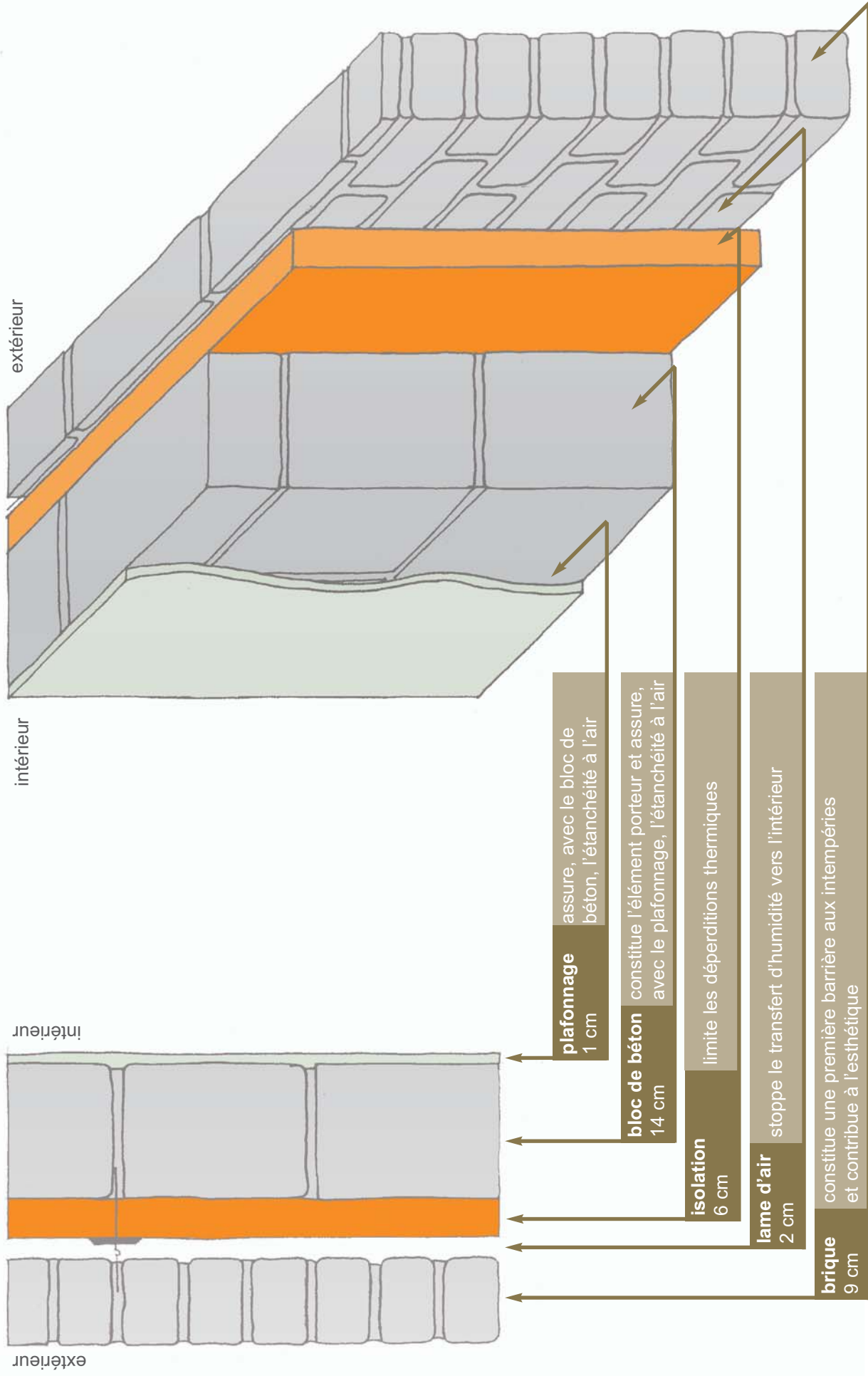
	SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	13
	QUESTION-PROBLÈME: Comment réaliser une paroi efficace sur le plan thermique ?	14
	QUESTION-PROBLÈME : Quelle est la fonction de chaque couche ?	15
	SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	16
	SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	17
	SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	18
	LISTE DE CONTRÔLE - mur creux isolé	19
	LISTE DE CONTRÔLE - mur massif isolé	20
	LISTE DE CONTRÔLE - paroi ossature bois isolée	21

TABLE D'ORIENTATION



Mur creux	Mur massif isolé	Paroi ossaturée
		
Composition		
brique lame d'air isolation thermique bloc plafonnage	enduit extérieur isolation thermique bloc plafonnage	bardage lame d'air pare-pluie isolation et structure portante pare-vapeur vide technique panneau de finition
Epaisseur totale		
30 cm	29 cm	31 cm
Performance isolante (voir PRINCIPES, fiche 5 : coefficient U)		
$U = 0,38 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 0,36 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 0,18 \text{ W/m}^2.\text{K}$

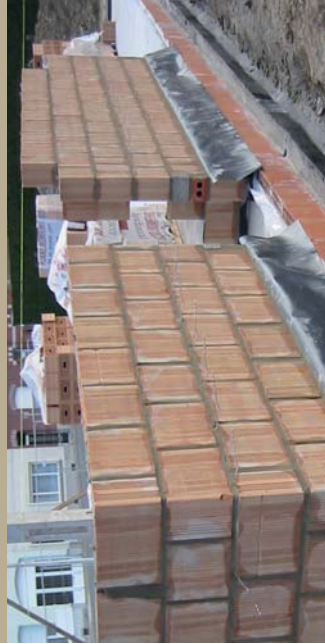
Typologie



Mur creux isolé



Placement d'un élément isolant (ici : verre cellulaire)
sous le premier bloc pour éliminer le pont thermique



Elévation des blocs intérieurs
avec pose des membranes d'étanchéité



Placement de l'isolation en pied de mur



Placement des panneaux isolants contre les blocs :
bon contact contre le mur + fermeture et alternance des joints.
La pose des panneaux doit se faire en totale indépendance de la mise en oeuvre du parement afin de garantir la continuité de l'isolation.

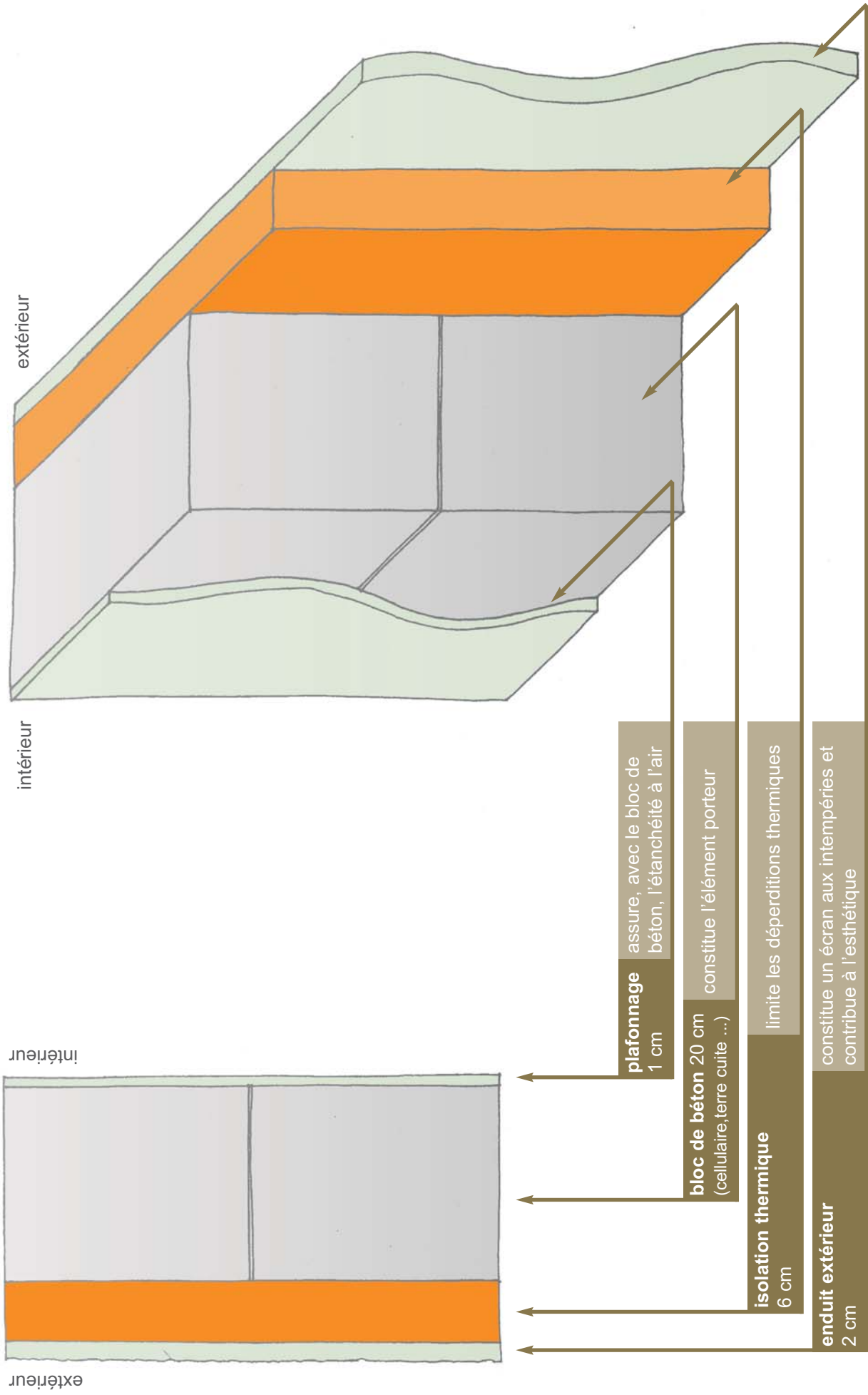


Mise en oeuvre du parement
après placement soigné de l'isolation



Continuité de l'isolation du mur
jusqu'en charpente

Mise en oeuvre de l'isolation du mur creux



Mur massif isolé



Elévation des blocs intérieurs



Pose des premiers profils de pied de mur



Pose des seconds profils de pied de mur



Placement des panneaux isolants destinés à être cimentés pour protéger le pied de mur



Placement de l'ensemble des panneaux isolants : contact parfait contre le mur et fermeture et alternance des joints



Pose d'un treillis sur les angles



Pose d'un enduit sur le treillis



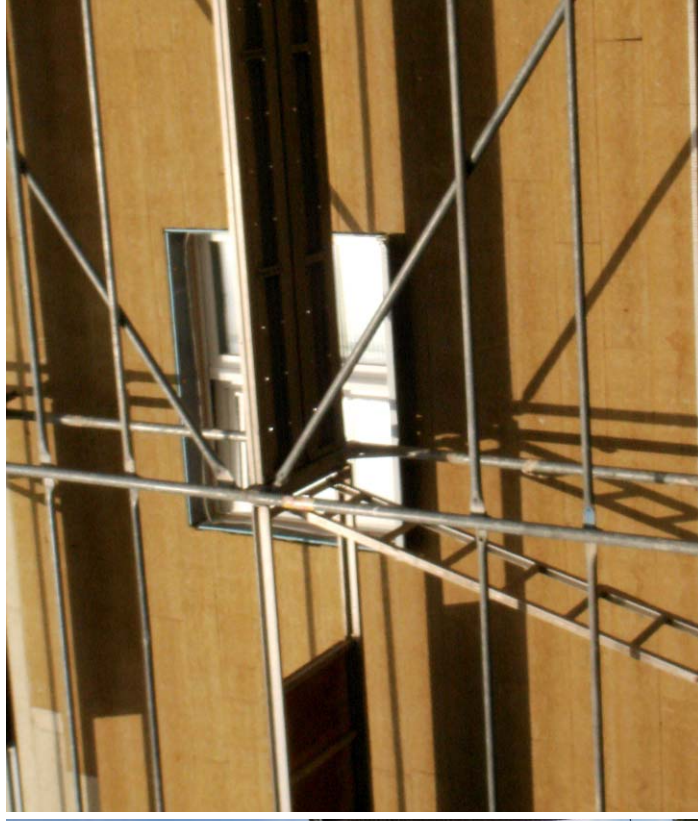
Pose du crépi final

source : architecte Léo Michaelis

Mise en oeuvre de l'isolation d'un mur crépi



Les reliefs de la façade sont retallés pour faciliter le placement de l'isolation.



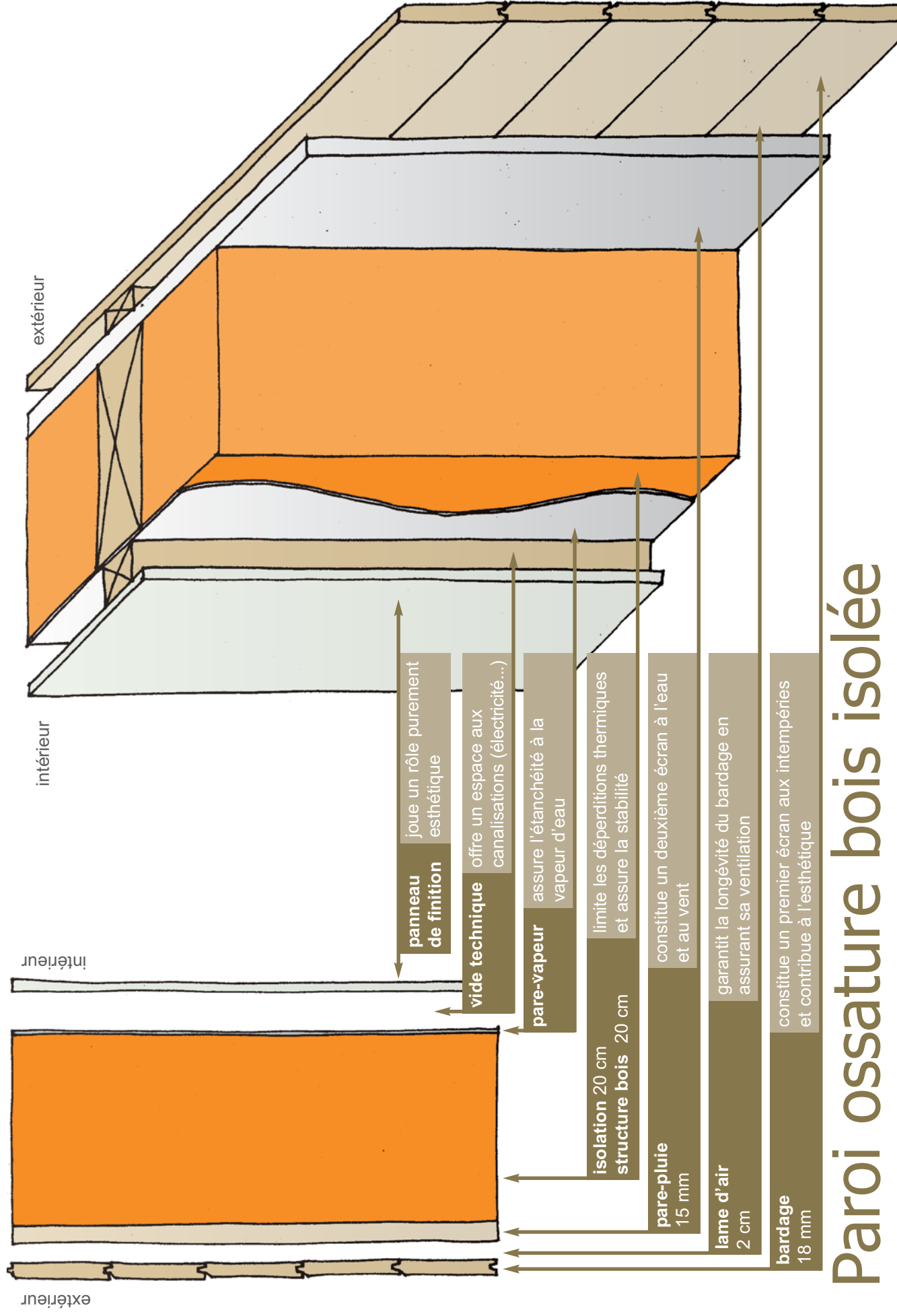
Les panneaux isolants sont collés sur la façade.
Tous les angles sont renforcés par des cornières et treillis.



Deux couches de crépi recouvrent l'isolant.
Un joint souple est posé autour des châssis.

source : Cifful

Isolation par l'extérieur d'un bâtiment existant



Paroi ossature bois isolée



Pose du plancher sur vide sanitaire



Pose des éléments préfabriqués...

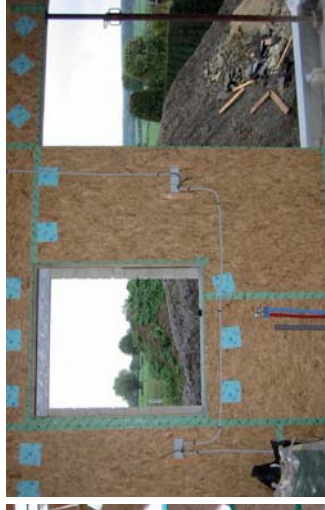


... jusqu'à la toiture



Isolation de la paroi (ici : par injection de cellulose)

source : Thermofloc



Fermeture soignée des joints



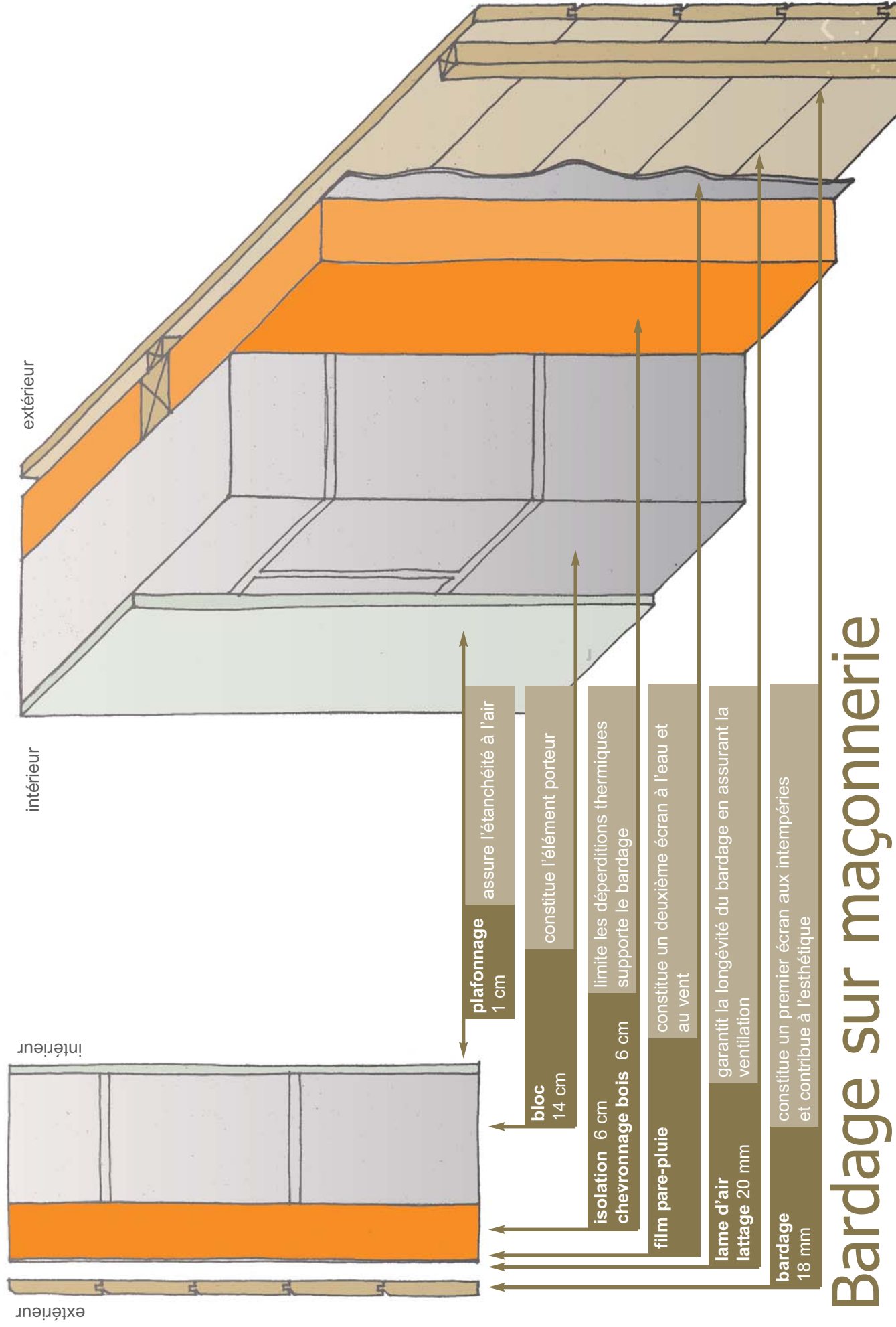
Contrôle de l'étanchéité à l'air
par test d'infiltrométrie



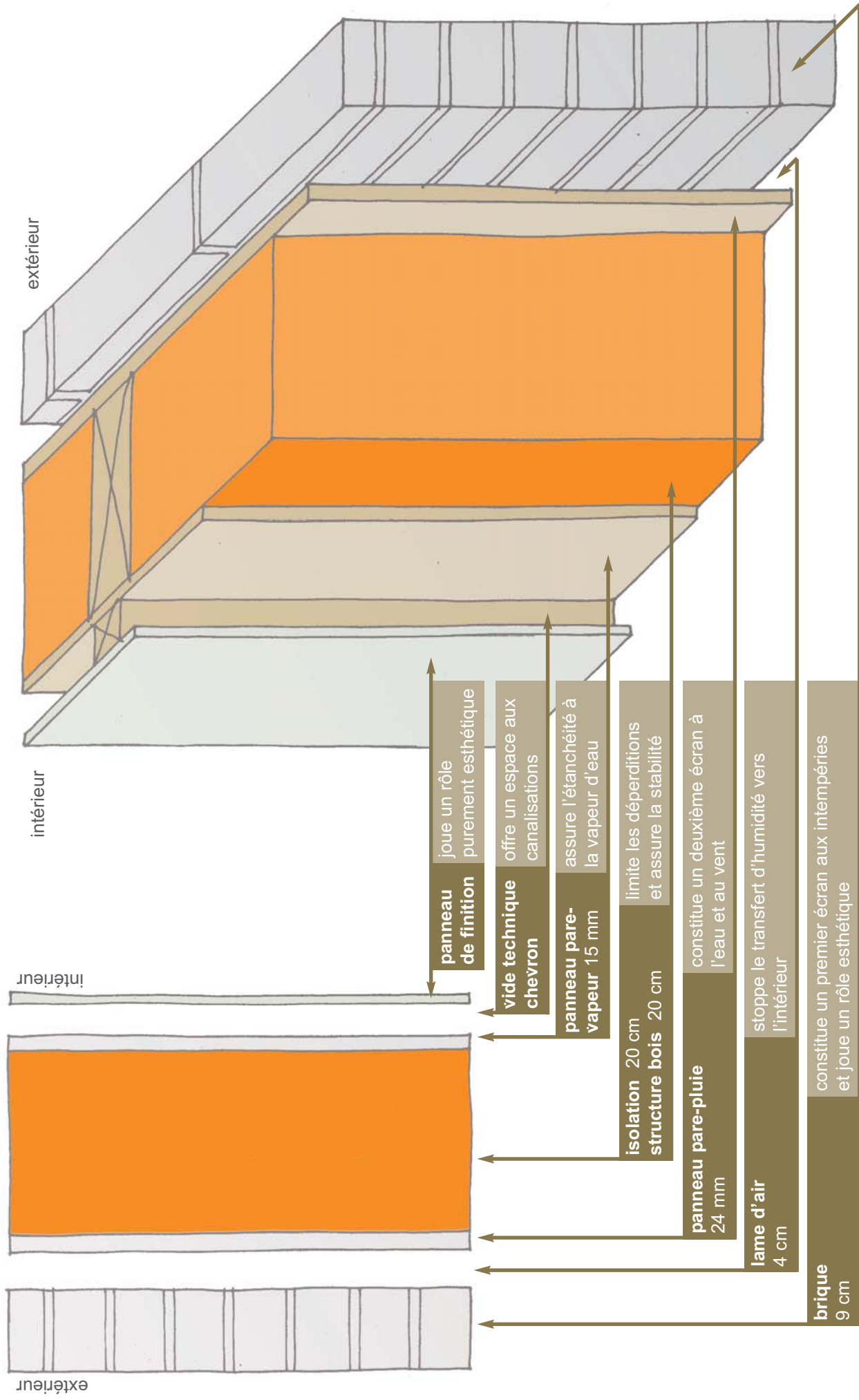
Placement des finitions intérieures
et du bardage extérieur

source : architecte Léo Michaeils

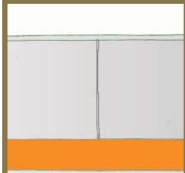
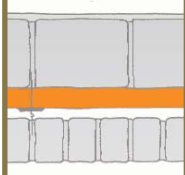
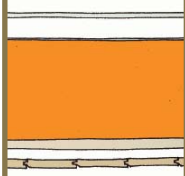
Mise en oeuvre d'une paroi ossature bois isolée



Bardage sur maçonnerie



Parement sur ossature bois

Critères de performance thermique d'une paroi verticale		 mur massif isolé  mur creux isolé  paroi ossature isolée	Il est indispensable de placer un pare-vapeur. Celui-ci doit être continu avec des joints parfaitement fermés.
Etre étanche à la vapeur d'eau		Le plafonnage et la maçonnerie offrent une résistance suffisante au passage de la vapeur. Un pare-vapeur n'est pas nécessaire	La couche extérieure n'est pas nécessairement étanche à l'eau de pluie mais elle doit au moins la drainer; une lame d'air accélère l'assèchement et favorise l'évacuation de l'eau au point bas.
Etre étanche à l'eau		La couche extérieure empêche toute entrée d'eau de pluie.	
Conserver la chaleur		L'isolant est la couche la plus efficace pour limiter les pertes de chaleur. Pour respecter le $U_{\max}$, un minimum de 6 cm de laine minérale est exigé dans un mur creux traditionnel; il est de 7 cm pour une structure légère (bois, acier...). L'isolation doit être parfaitement continue sur toute la surface du volume protégé; les joints entre panneaux seront parfaitement fermés et les raccords soignés.	
Etre étanche à l'air et au vent		Les fuites d'air se situent essentiellement au niveau des raccords et des percements. Veiller à placer des joints étanches efficaces à ces endroits.	

Performance thermique d'une paroi verticale



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de donner la composition de parois types en spécifiant le rôle de chaque couche, en particulier le rôle de l'isolation thermique.



Durée

2 à 3 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies des **fiches 14 et 15**



Démarche proposée

*Travail par groupes
(2 à 3 apprenants)*

1. Introduire la question-problème :
"Comment réaliser une paroi efficace sur le plan thermique ?"

Donner la consigne de réaliser une composition de paroi par coupage et collage des éléments repris sur la **fiche 14**.

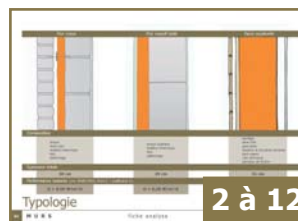
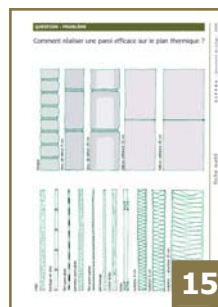
Veiller à diversifier les situations :

- mur creux,
- mur avec crépi ou bardage,
- mur massif non isolé,
- mur massif isolé,
- ossature bois,
- ossature-bois avec bardage,
- ...

Chaque groupe complète la **fiche 15**.

2. Récolter les résultats, les comparer et les corriger ensemble en s'appuyant sur les **fiches 2 à 12**.

Supports

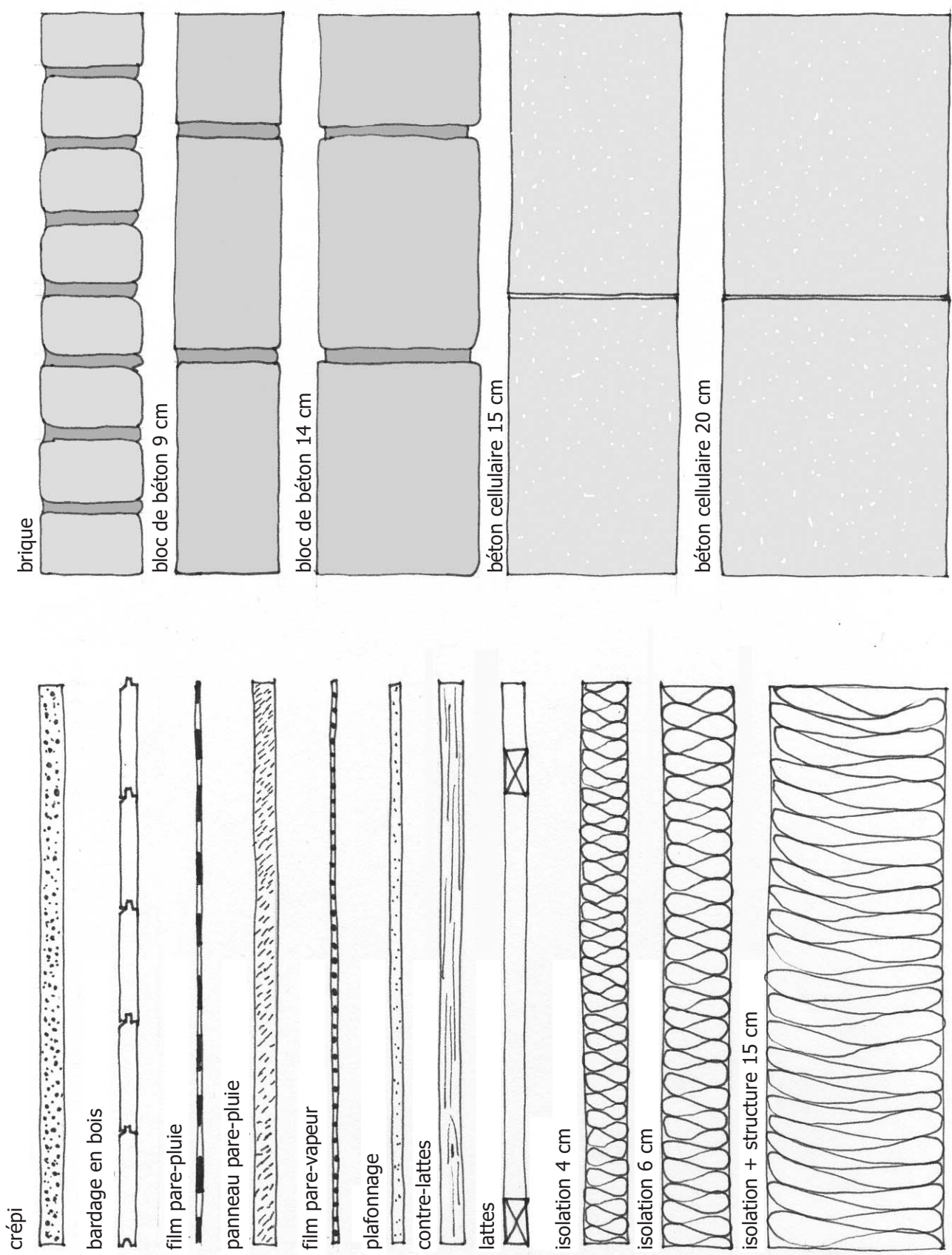


Évaluation

Demander à chacun de refaire l'exercice en permutant le type de paroi.

QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser une paroi efficace sur le plan thermique ?



QUESTION - PROBLÈME

Quelle est la fonction de chaque couche ?

☐ Qu'est-ce qui joue le rôle porteur ?

.....

☐ Qu'est-ce qui limite le plus les déperditions thermiques ?

.....

☐ Qu'est-ce qui protège contre la pluie ?

.....

☐ Qu'est-ce qui empêche les infiltrations du vent ?

.....

☐ Qu'est-ce qui assure l'étanchéité à l'air ?

.....

☐ Qu'est-ce qui empêche la condensation interne (c'est-à-dire dans la paroi) ?

.....

☐ Qu'est-ce qui joue un rôle esthétique ?

.....



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de placer correctement une isolation dans un mur creux.



Durée

3 à 4 périodes
de 50 minutes



Matériel

- maisonnette didactique
- matériaux isolants et outils
- photocopie de la **fiche 19**



Démarche proposée

*Travail par groupes
(2 apprenants)*

1. Présenter l'objectif de l'exercice : réaliser l'isolation des murs d'une maisonnette au stade du gros oeuvre.

Mettre à disposition des matériaux isolants et les outils nécessaires pour diverses méthodes de fixation.

2. Demander aux apprenants de choisir :
 - les isolants que l'on peut utiliser dans un mur creux,
 - les éléments nécessaires à leur mise en oeuvre (crochets, outils nécessaires...).

Analyser collectivement les choix de chacun.

3. Procéder à la mise en oeuvre sur la maisonnette didactique (voir **fiche 17**).



Supports



17



Évaluation

Après placement de quelques m², procéder à une évaluation collective du travail; pour ce faire, utiliser la **fiche 19**.

En fin de travail, chaque groupe utilise cette **fiche 19** pour auto-évaluer la qualité de mise en oeuvre.

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE

Présentation d'un cours : Ecole Professionnelle de Froidmont à Liège

Professeur : **Jean-Claude Collin** Date : **16 mars 2004** Titre : **Mise en place de l'isolation**

Cours : **pratique**

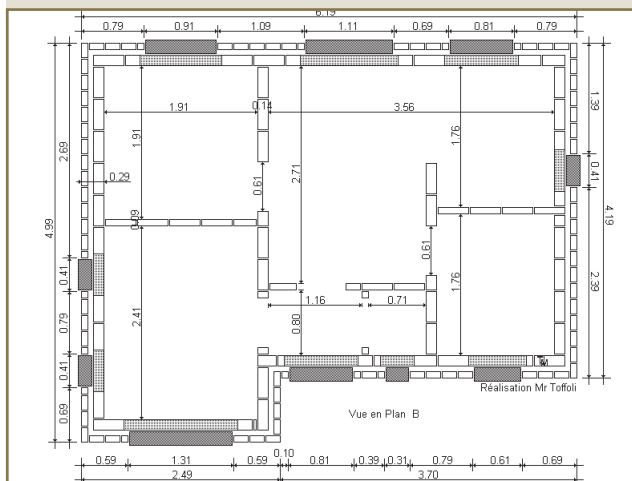
Niveau : **4° et 5° année**

Nombre : **7 élèves**

Durée : **3 x 50'**

Matériel pédagogique :

- maisonnette réalisée en atelier par les élèves,
- panneaux isolants, crochets, foreuse, cutter, scie, niveau à bulle, mètre...



Plan de pose de la maisonnette réalisée par les élèves durant les premiers mois de l'année scolaire.



Pose du premier panneau, des crochets et des rosaces.



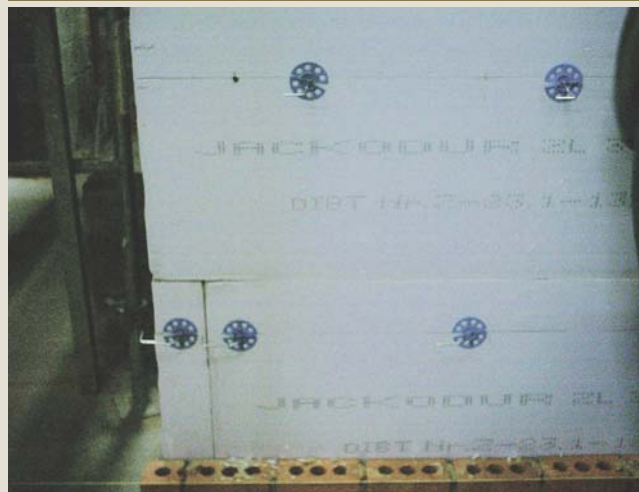
Découpe des panneaux en fonction des tenons et mortaises afin d'avoir un emboîtement parfait.



Mise en oeuvre des crochets et rosaces.



Soin apporté au niveau des angles.



Contrôle : alternance des joints, resserrage soignée et fixations en suffisance.



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de contrôler la qualité d'exécution d'une paroi verticale isolée.



Durée

1 période de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 19** (ou **20** ou **21**)
- parois isolées (atelier ou chantier)



Démarche proposée

Travail par groupes
(2 apprenants)

1. Rappeler la fonction de chacune des couches des parois observées (à l'atelier ou sur chantier).
2. Demander aux apprenants d'évaluer la qualité d'exécution de ces parois en se basant sur la **fiche 19** (ou **20** ou **21**).
3. Ecouter le rapport de chaque groupe, confronter les résultats et en discuter collectivement.
4. Etablir une synthèse des critères de qualité d'exécution.



Supports

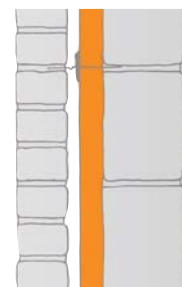


Évaluation

Reproduire cette activité, individuellement, sur base d'autres parois verticales isolées.

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'un mur creux isolé



Etre étanche à l'eau

- ☐ placer une étanchéité en Z en pied de paroi
- ☐ ouvrir un joint vertical en pied de mur tous les mètres
- ☐ incliner les crochets (vers le bas)
- ☐ éliminer les bavures de mortier dans la coulisse
- ☐ préserver l'ossature de la pluie et du vent



Conserver la chaleur

- ☐ placer l'isolant sur toutes les parois du volume protégé
- ☐ veiller au bon contact des panneaux sur le mur
- ☐ fermer soigneusement les joints entre panneaux
- ☐ alterner les joints entre les panneaux
- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolant au niveau des raccords (pied de mur, angle, seuil, linteau...)



Etre étanche à la vapeur d'eau

- ☐ fermer tout les joints de la maçonnerie portante, y compris les joints verticaux
- ☐ placer un enduit du côté intérieur, par exemple plafonnage



Etre étanche à l'air et au vent

- ☐ veiller à la continuité de l'enduit sur l'entièreté du mur
- ☐ placer des joints souples entre les châssis et l'enduit

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'un mur massif isolé



Etre étanche à l'eau



- ☐ placer une étanchéité en Z en pied de paroi
- ☐ placer les profils de pied du mur
- ☐ protéger la base du mur par un système étanche

Conserver la chaleur



- ☐ placer l'isolant sur toutes les parois du volume protégé
- ☐ veiller au contact des panneaux sur le mur
- ☐ fermer soigneusement les joints entre panneaux
- ☐ alterner les joints entre les panneaux
- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolant au niveau des raccords (pied de mur, angle, seuil, linteau...)

Etre étanche à la vapeur d'eau



- ☐ fermer tout les joints de la maçonnerie portante, y compris les joints verticaux
- ☐ placer un enduit du côté intérieur, par exemple plafonnage

Etre étanche à l'air et au vent



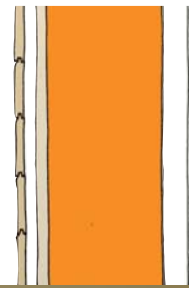
- ☐ veiller à la continuité de l'enduit sur l'entièreté du mur
- ☐ placer des joints souples entre les châssis et l'enduit

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'une paroi ossature isolée



Etre étanche à l'eau

- ☐ placer une étanchéité en Z en pied de paroi
- ☐ placer un pare-pluie de manière continue pour préserver l'ossature de la pluie et du vent



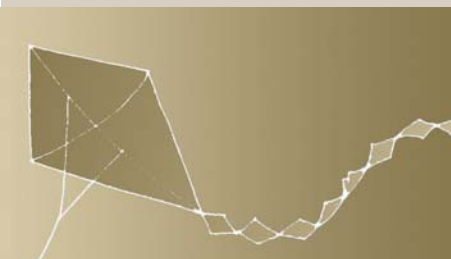
Conserver la chaleur

- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolation dans l'ossature
- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolant au niveau des raccords (pied de mur, angle, seuil, linteau...)



Etre étanche à la vapeur d'eau

- ☐ placer un pare-vapeur du côté intérieur
- ☐ vérifier sa parfaite continuité et la bonne fermeture des raccords
- ☐ éviter toute perforation ou déchirement du pare-vapeur lors des interventions techniques



Etre étanche à l'air et au vent

- ☐ placer des joints souples entre les châssis et l'enduit
- ☐ veiller à la continuité de l'enduit sur l'entièreté du mur

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

PLANCHERS

Titre de la fiche N°

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

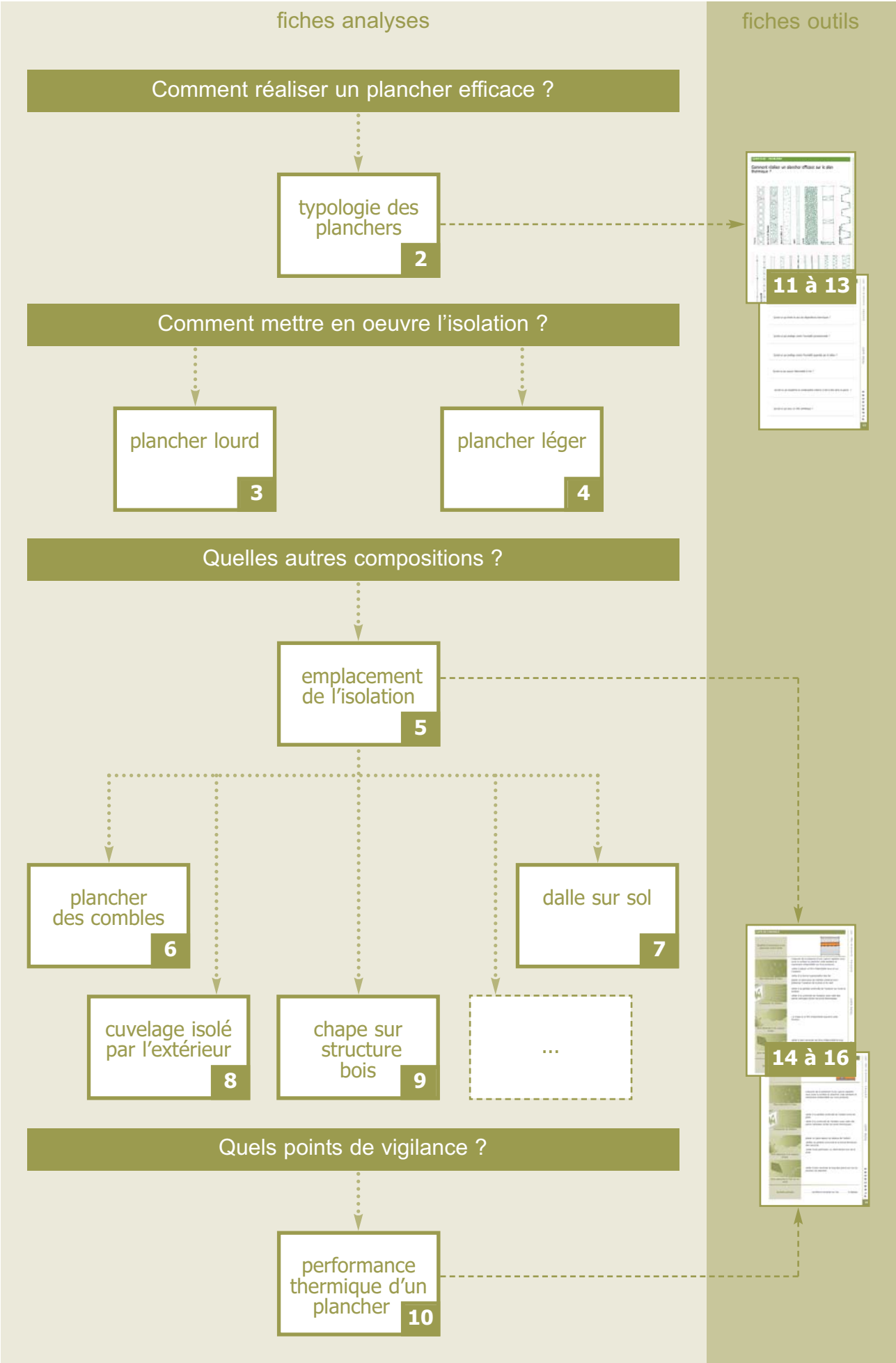
fiches analyses

TYPLOGIE	2
PLANCHER LOURD	3
PLANCHER LÉGER	4
EMPLACEMENT DE L'ISOLATION	5
PLANCHER DES COMBLES	6
DALLE SUR SOL	7
CUVELAGE ISOLÉ PAR L'EXTÉRIEUR	8
CHAPE SUR STRUCTURE BOIS	9
PERFORMANCE THERMIQUE D'UN PLANCHER	10

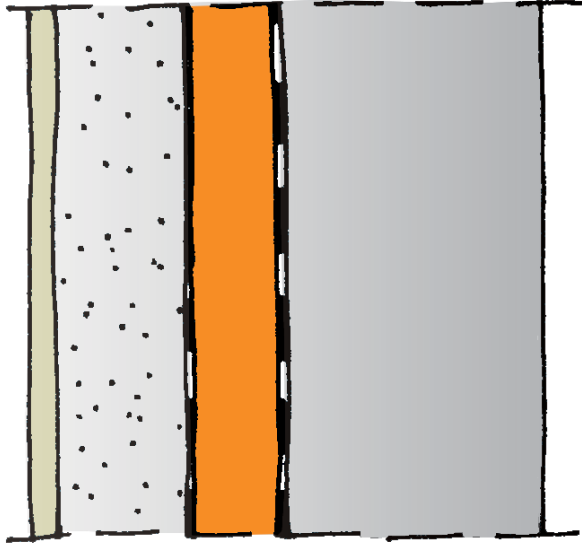
fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	11
QUESTION-PROBLÈME: Comment réaliser un plancher efficace sur le plan thermique ?	12
QUESTION-PROBLÈME : Quelle est la fonction de chaque couche ?	13
SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	14
LISTE DE CONTRÔLE - plancher lourd isolé	15
LISTE DE CONTRÔLE - plancher léger isolé	16

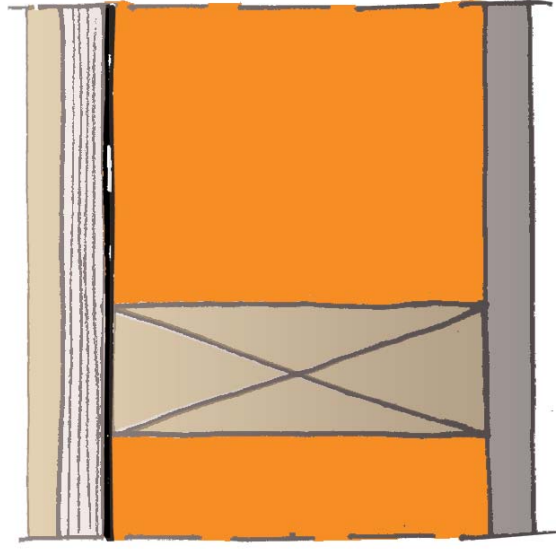
TABLE D'ORIENTATION



Plancher lourd



Plancher léger

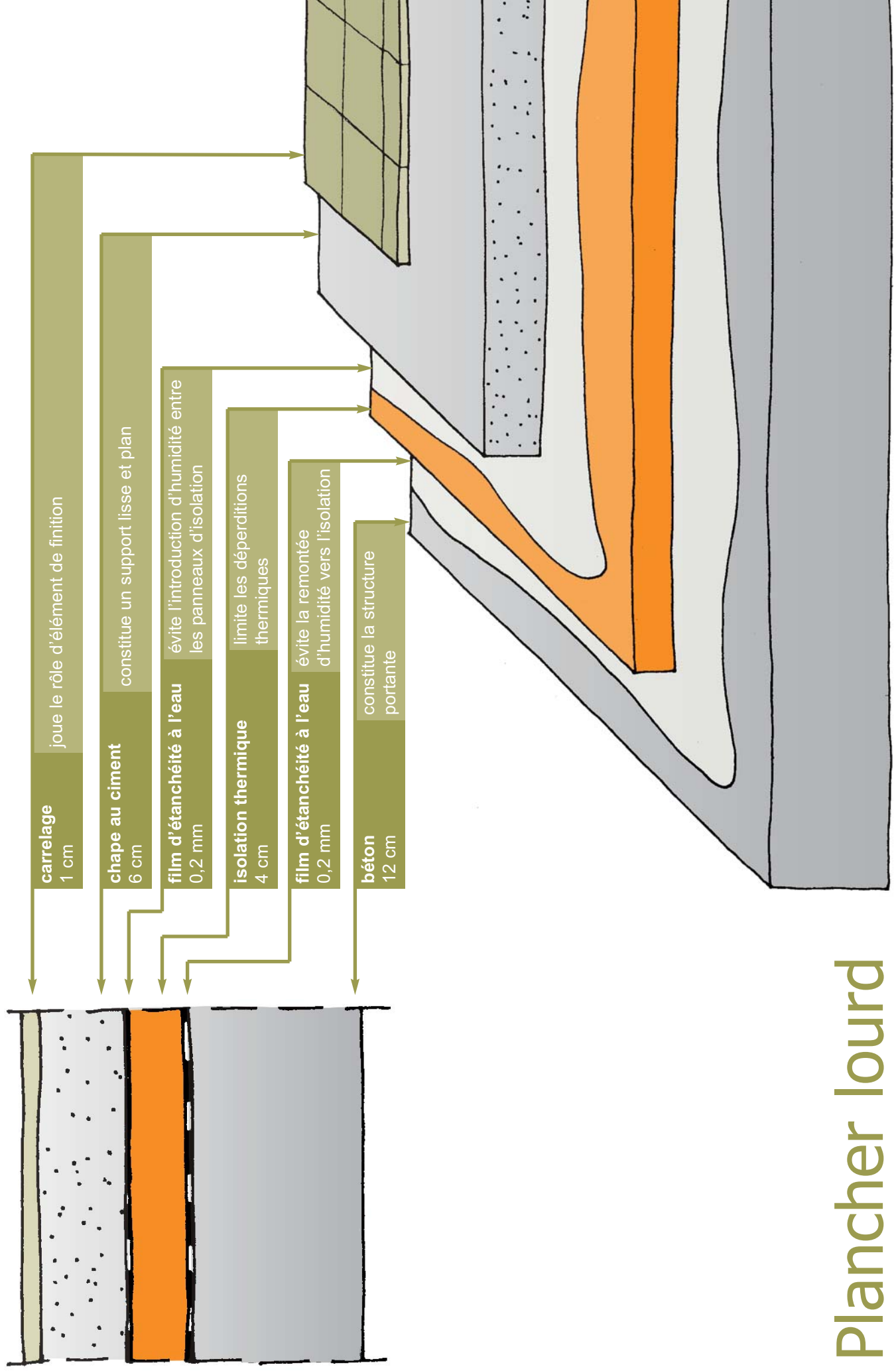


Composition

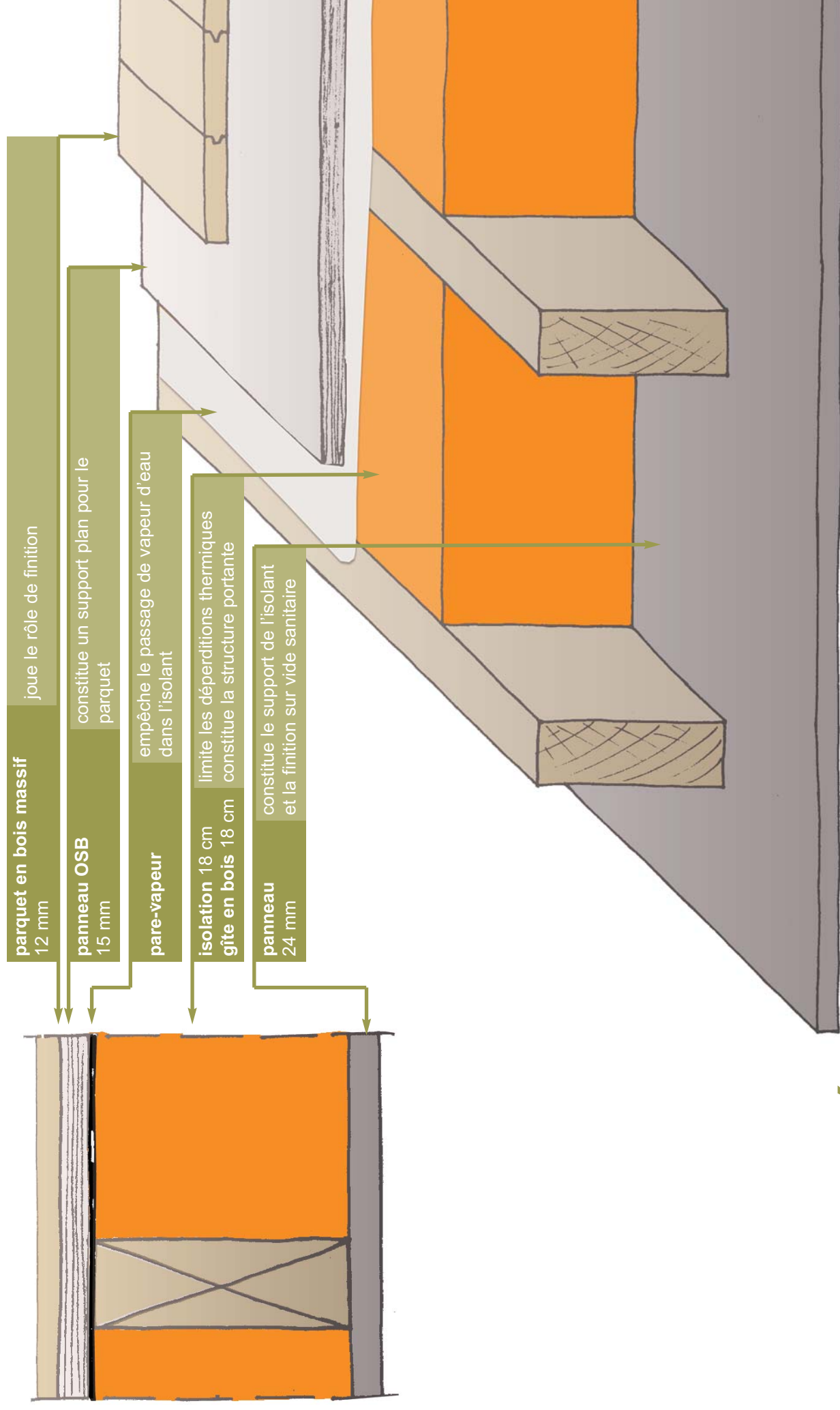
carrelage (1 cm) chape ciment (6 cm) film d'étanchéité à l'eau isolation thermique (4 cm) film d'étanchéité à l'eau hourdis (12 cm)	
Epaisseur totale	23 cm
Performance isolante sur vide sanitaire	(voir PRINCIPES, fiche 5 : coefficient U)
U = 0,64 W/m².K	

plancher en bois massif (12 mm) panneau OSB (15 mm) pare-vapeur isolation thermique/structure bois (18 cm) panneau de finition (24 mm)	
Epaisseur totale	23 cm
Performance isolante sur vide sanitaire	(voir PRINCIPES, fiche 5 : coefficient U)
U = 0,21 W/m².K	

Typologie



Plancher lourd

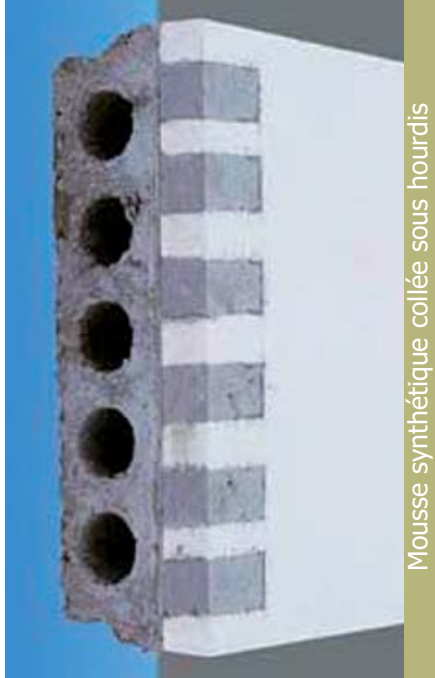


Plancher léger

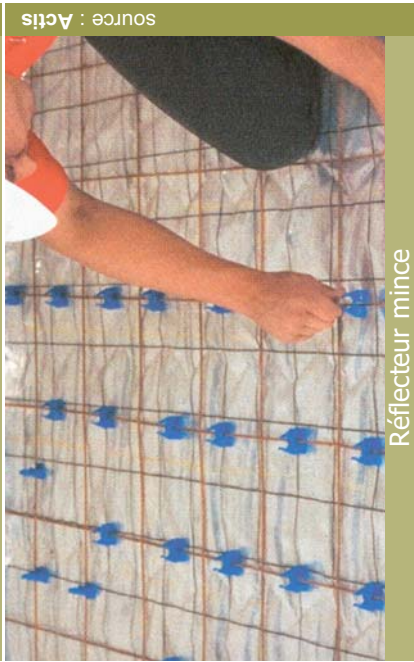
Sur la structure portante
(sous la chape)



Sous la structure portante



Dans la structure portante

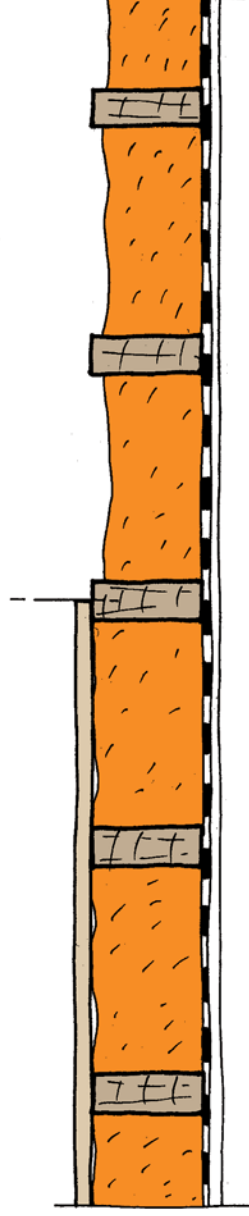


Emplacement de l'isolation

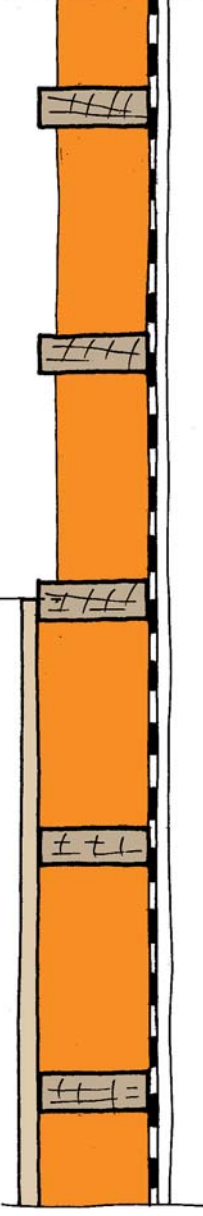
Pour isoler le plancher des combles, l'idéal est de placer un maximum d'isolation. Dans tous les cas, il faudra veiller à l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau.

Diverses solutions se présentent :

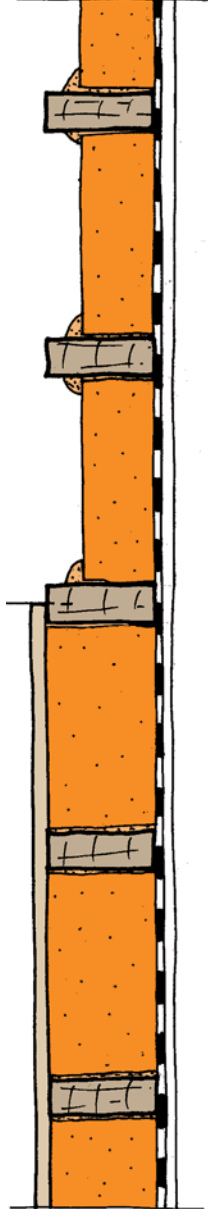
- un matériau en vrac entre les gîtes (cellulose, liège, laine minérale, argex...)



- un matelas isolant, souple ou semi-rigide (laine minérale, laine de mouton...)



- un panneau isolant rigide (panneau EPS, XPS...); dans ce cas, il est recommandé de bien fermer les joints en injectant de la mousse polyuréthane entre les joints ou en insérant des bandes souples en polyéthylène.



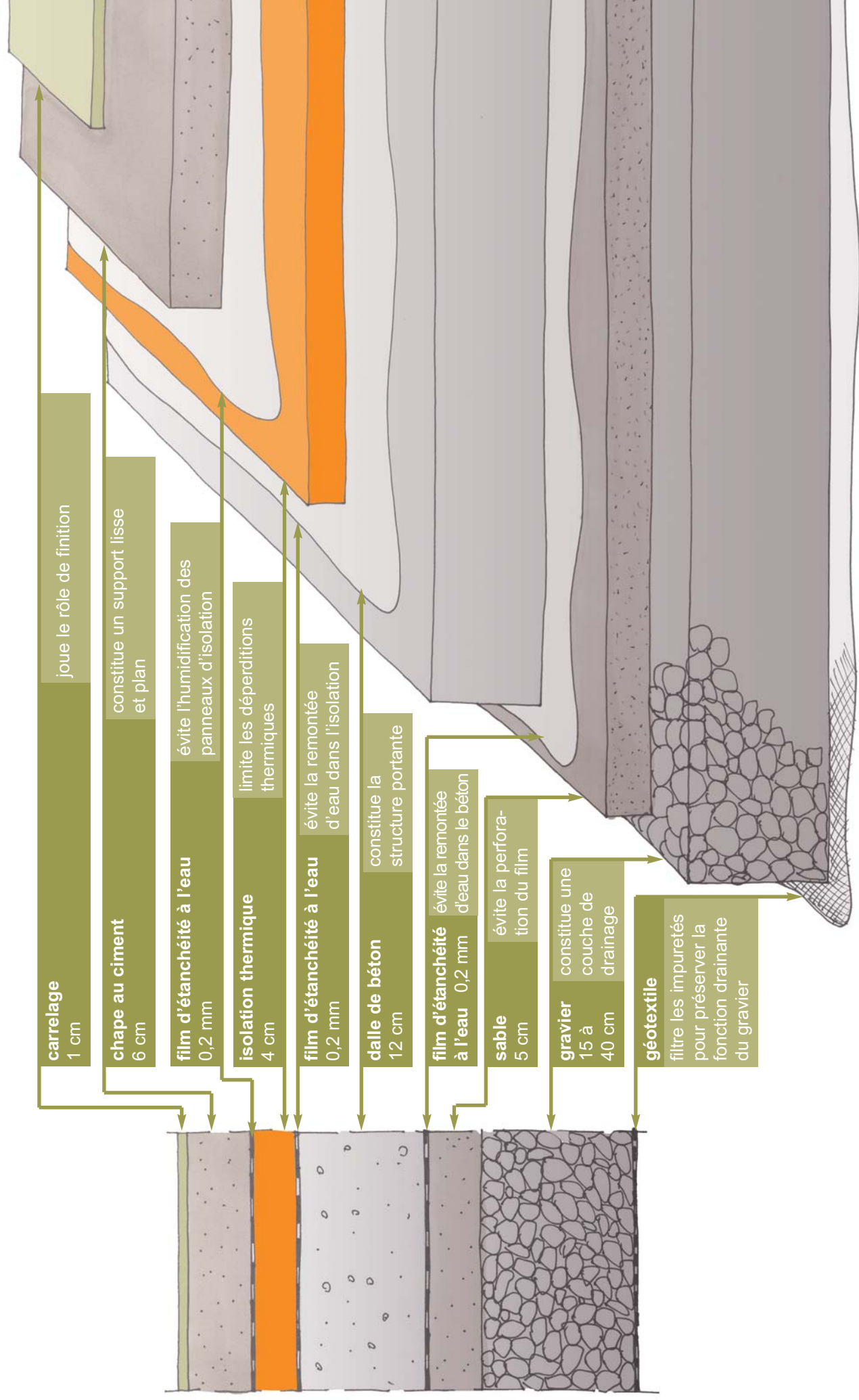
Plancher des combles



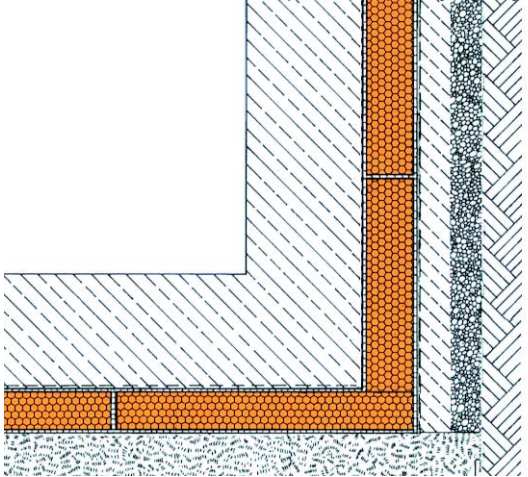
Cellulose



Laine de mouton



Dalle sur sol



Coupe de principe d'un cuvelage isolé par l'extérieur



Lit de sable



Pose des panneaux isolants



Pose d'un film polyéthylène



Pose du ferrailage sur écarteurs



Coulage du béton

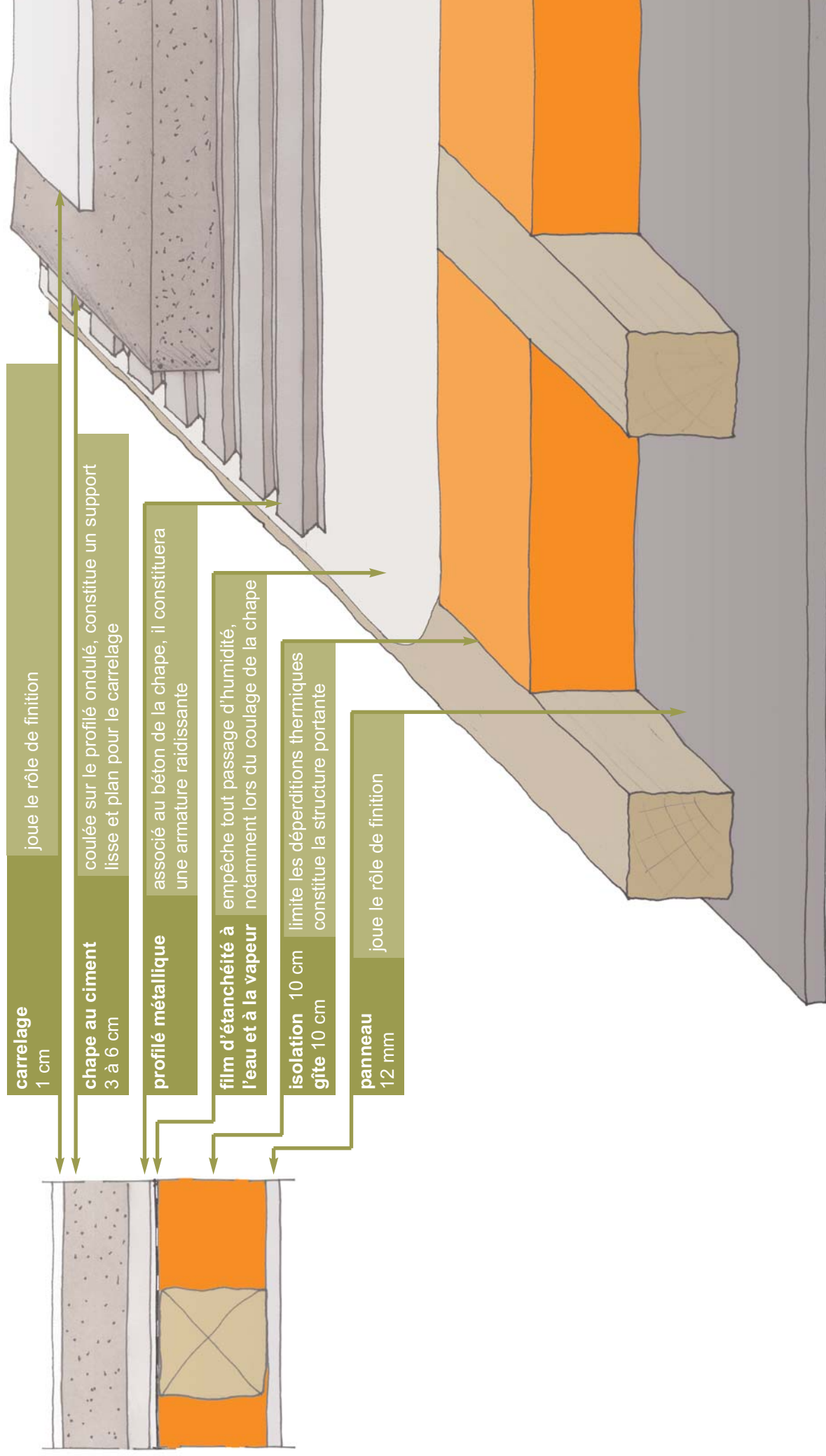


Dalle coulée

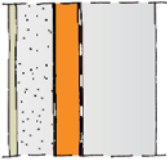


La maçonnerie peut commencer.

Cuvelage isolé par l'extérieur



Chape sur structure bois

Critères de performance thermique d'un plancher			
	Etre étanche à la vapeur d'eau	 plancher lourd isolé	 plancher léger isolé
		La chape et le film d'étanchéité placé sous celle-ci offrent une résistance suffisante au passage de vapeur.	Il est indispensable de placer un pare-vapeur au-dessus de l'isolant. Celui-ci doit être continu avec des joints parfaitement fermés.
	Etre étanche à l'eau		Ce type de plancher, lorsqu'il est placé sur un vide sanitaire, est bien protégé contre toute remontée d'eau.
	Conserver la chaleur		L'isolant est la couche la plus efficace pour limiter les pertes de chaleur. Il doit être parfaitement continu sur toute la surface du volume protégé; les joints entre panneaux seront parfaitement fermés et les raccords soignés.
	Etre étanche à l'air et au vent		Le point faible se situe au niveau des raccords entre le plancher et les parois verticales. Une solution est de remonter le film d'étanchéité sur le pourtour du plancher.

Performance thermique d'un plancher



Objectifs spécifiques

A la fin du module, l'apprenant sera capable de :
donner la composition de planchers types en spécifiant la fonction de chaque couche, en particulier le rôle de l'isolation thermique.



Durée
2 à 3 périodes
de 50 minutes



Matériel
- photocopies des **fiches 12 et 13**



Démarche proposée
Travail par groupes
(2 à 3 apprenants)

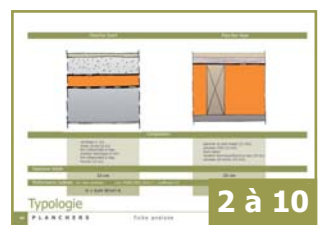
1. Introduire la question-problème :
"Comment réaliser une paroi efficace sur le plan thermique ?"

Donner la consigne de réaliser une composition de paroi par coupage et collage des éléments repris sur la **fiche 12**.

Veiller à diversifier les situations :
 - planchers légers
 - avec air de foulée ou non,
 - planchers lourds sur
 - terre plein,
 - sur vide sanitaire
 - ...
Chaque groupe complète également la **fiche 13**.
2. Récolter les résultats, les comparer et les corriger ensemble en s'appuyant sur les **fiches 2 à 10**.



Supports

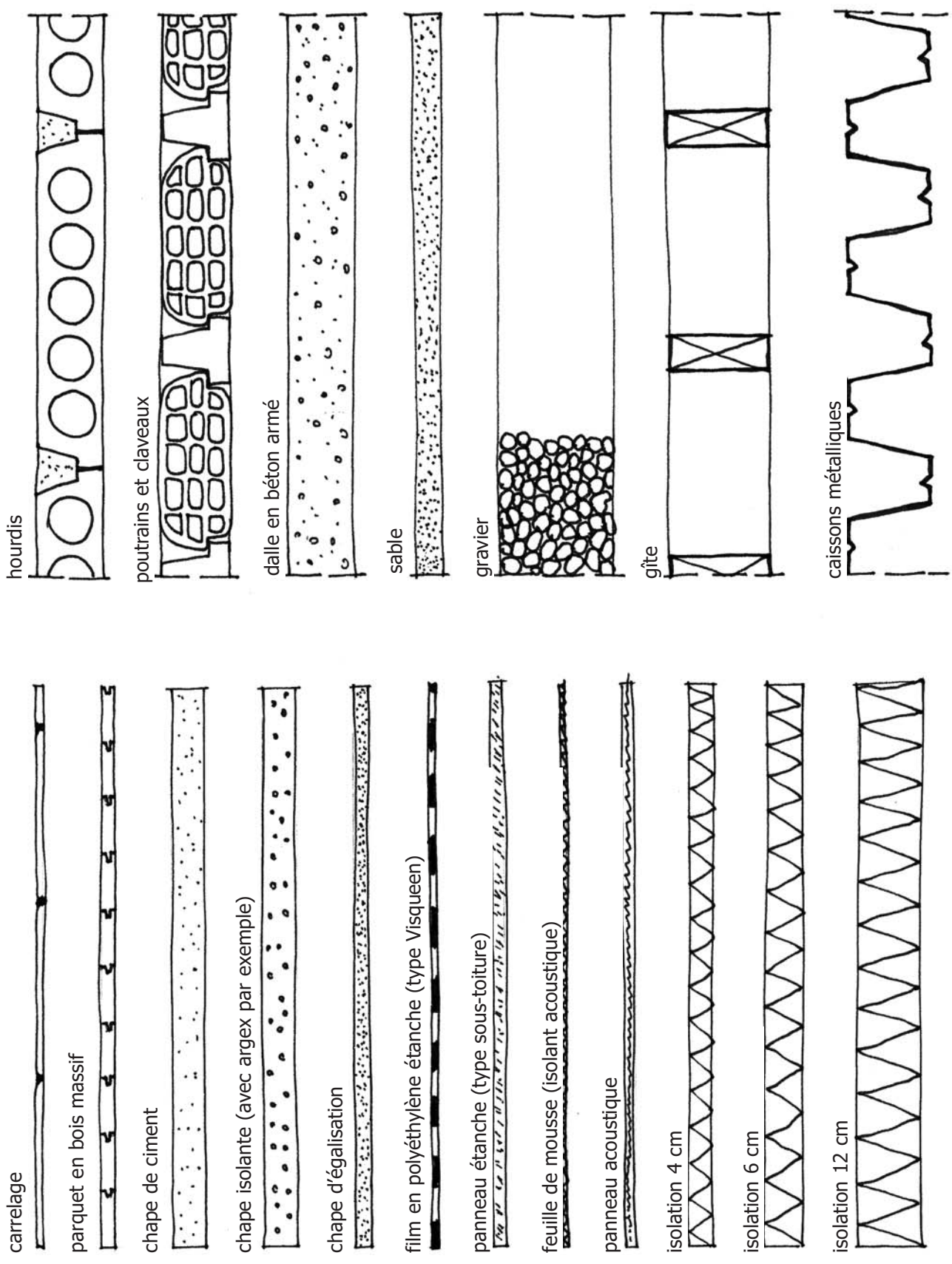


Évaluation

Demander à chacun de refaire l'exercice en permutant le type de plancher.

QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser un plancher efficace sur le plan thermique ?



QUESTION - PROBLÈME

Quelle est la fonction de chaque couche ?

☐ Qu'est-ce qui joue le rôle porteur ?

.....

☐ Qu'est-ce qui limite le plus les déperditions thermiques ?

.....

☐ Qu'est-ce qui protège contre l'humidité ascensionnelle ?

.....

☐ Qu'est-ce qui protège contre l'humidité apportée par le béton ?

.....

☐ Qu'est-ce qui assure l'étanchéité à l'air ?

.....

☐ Qu'est-ce qui empêche la condensation interne (c'est-à-dire dans la paroi) ?

.....

☐ Qu'est-ce qui joue un rôle esthétique ?

.....

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de contrôler la qualité d'exécution d'un plancher isolé.



Durée

1 période de 50 minutes



Matériel

- photocopies des **fiches 15 et 16**.



Démarche proposée

*Travail par groupes
(2 apprenants)*

1. Rappler la fonction de chacune des couches des planchers observés (à l'atelier ou sur chantier).
2. Demander aux apprenants d'évaluer la qualité d'exécution de ces planchers en se basant sur la **fiche 15** (ou **16**)
3. Ecouter le rapport de chaque groupe, confronter les résultats et en discuter collectivement.
4. Etablir une synthèse des critères de qualité d'exécution.



Supports

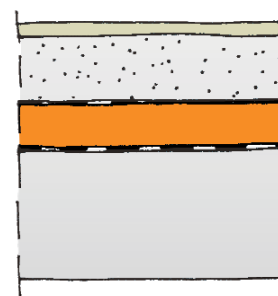


Évaluation

Reproduire cette activité, individuellement, sur base d'autres planchers isolés.

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'un plancher lourd isolé



Etre étanche à l'eau

- ☐ s'assurer de la présence d'une rupture capillaire sous toute la surface du plancher (vide sanitaire et membrane d'étanchéité sur murs porteurs)
- ☐ veiller à placer un film d'étanchéité sous et sur l'isolation
- ☐ veiller à la bonne superposition des lés
- ☐ placer un pare-pluie de manière continue pour préserver l'ossature de la pluie et du vent

Conserver la chaleur

- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolation sur toute la surface
- ☐ veiller à la continuité de l'isolation avec celle des parois verticales (éviter les ponts thermiques)

Etre étanche à la vapeur d'eau

- ☐ La chape et le film d'étanchéité assurent cette fonction

Etre étanche à l'air et au vent

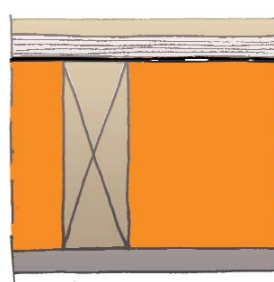
- ☐ veiller à bien remonter les films d'étanchéité le long des murs, sur tout le pourtour du plancher

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'un plancher léger isolé



Etre étanche à l'eau



- ☐ s'assurer de la présence d'une rupture capillaire sous toute la surface du plancher (vide sanitaire et membrane d'étanchéité sur murs porteurs)

Conserver la chaleur



- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolant entre les gîtes
- ☐ veiller à la continuité de l'isolation avec celle des parois verticales (éviter les ponts thermiques)

Etre étanche à la vapeur d'eau



- ☐ placer un pare-vapeur au-dessus de l'isolant
- ☐ vérifier sa parfaite continuité et la bonne fermeture des raccords
- ☐ éviter toute perforation ou déchirement lors de la pose

Etre étanche à l'air et au vent



- ☐ veiller à bien remonter le long des parois sur tout le pourtour du plancher

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

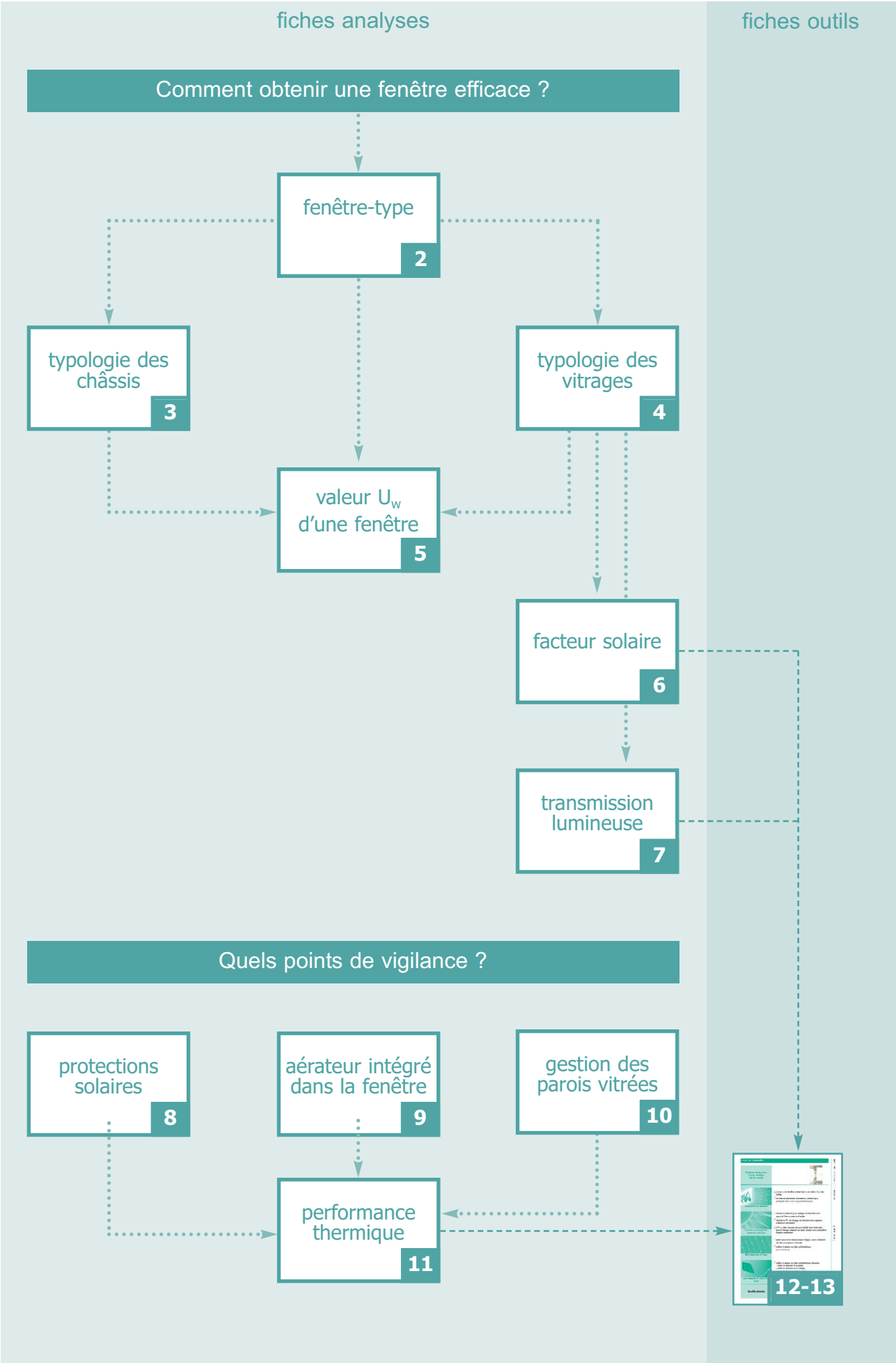
fiches analyses

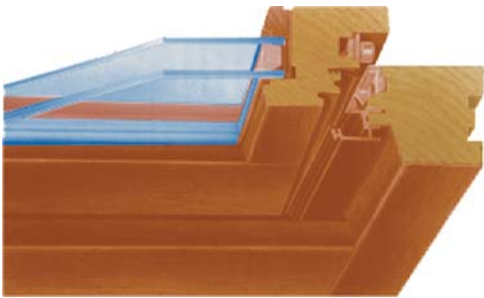
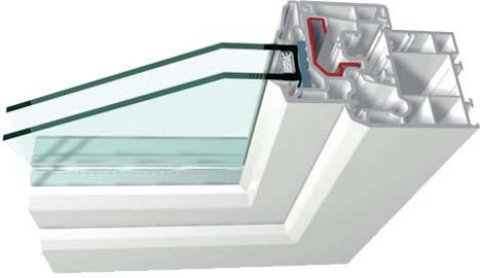
FENÊTRE-TYPE	2
TYPOLOGIE DES CHÂSSIS	3
TYPOLOGIE DES VITRAGES	4
VALEUR U_w D'UNE FENÊTRE	5
FACTEUR SOLAIRE	6
TRANSMISSION LUMINEUSE	7
PROTECTIONS SOLAIRES	8
AÉRATEUR INTÉGRÉ DANS LA FENÊTRE	9
GESTION DES PAROIS VITRÉES	10
PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE FENÊTRE	11

fiches outils

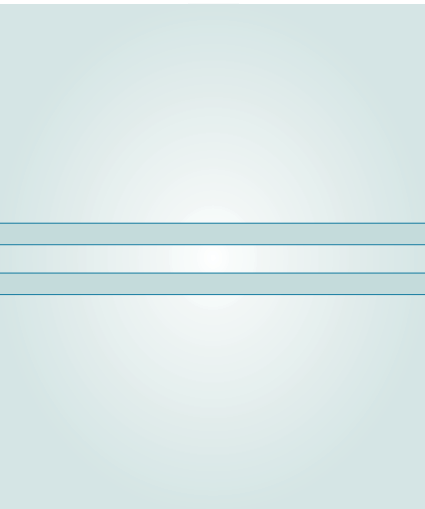
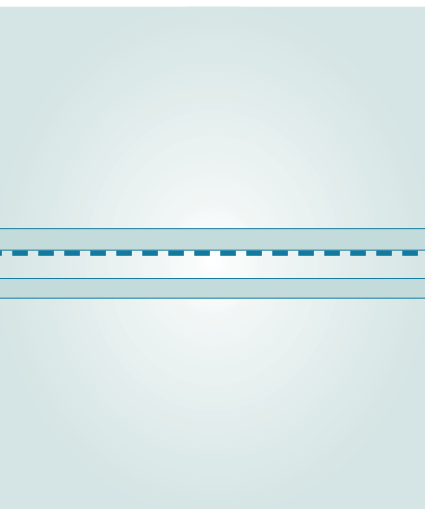
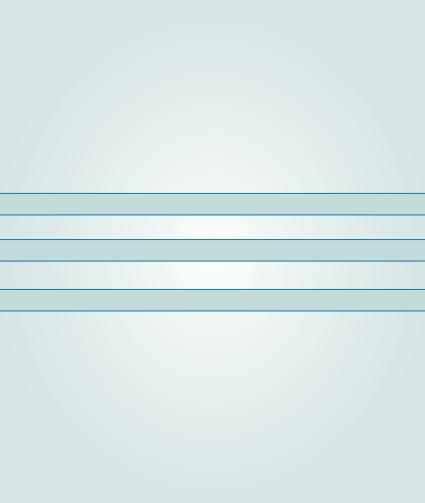
SUGGESTION PÉDAGOGIQUE	12
LISTE DE CONTRÔLE - fenêtre performante	13

TABLE D'ORIENTATION



Châssis bois	Châssis métal	Châssis synthétique	Châssis composite
 Source : Menuiserie Générale Desclée Frédéric	 Source : Pierret-system	 Source : Pierret-system	 Source : Ewitherm
Particularités			
profil bois massif ou lamellé collé	aluminium, acier profil creux à chambres multiples avec rupture thermique	PVC, polyuréthane, fibre de verre profil creux à chambres multiples	profils composés de différents matériaux : bois + isolant thermique + bois, alu + bois ...
Performance isolante (voir PRINCIPES, fiche 5 : coefficient U) - la valeur U_f ne concerne que le châssis (pas le vitrage)			
U_f de 1,8 à 2,4 $W/m^2.K$	U_f de 3,5 à 4,2 $W/m^2.K$	U_f de 1,5 à 3 $W/m^2.K$	$U_f < 1 W/m^2.K$

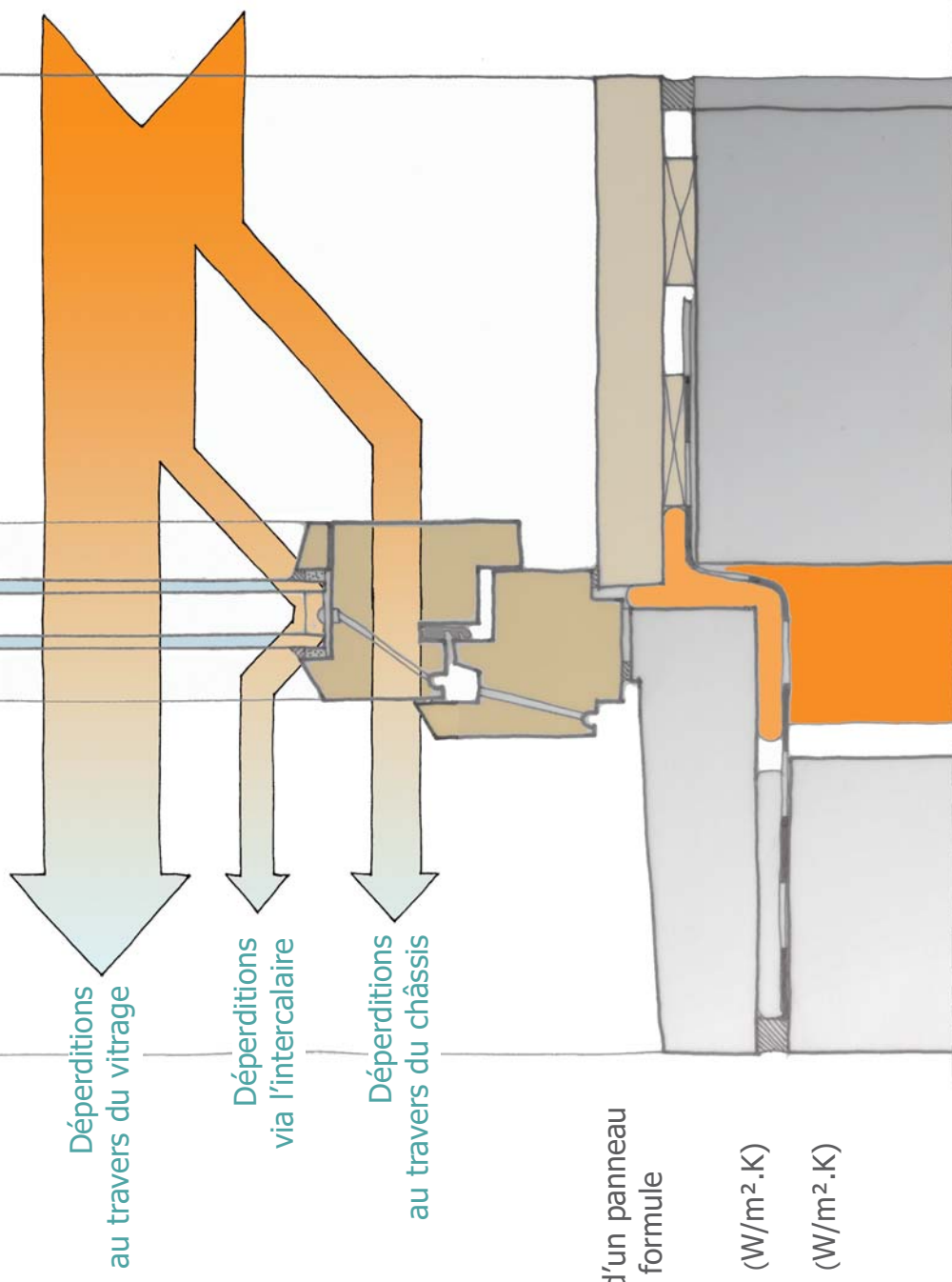
Typologie des châssis

Simple vitrage (glace monolithique)	Double vitrage	Double vitrage basse émissivité	Triple vitrage
			
Composition			
Feuille de verre qui peut recevoir des traitements spéciaux pour améliorer ses qualités - mécaniques (verre armé, trempé...), - thermiques (verre réfléchissant...), - lumineuses (verre teinté, imprimé...) - ...	Constitué de 2 glaces monolithiques ou feuilletées séparées par un vide d'air de 6 à 12 mm; pour une meilleure isolation thermique, on trouve aussi des doubles vitrages où l'air est remplacé par un gaz (argon, krypton...).	Double vitrage dont une face a été recouverte d'une couche incolore et invisible dite à "basse émissivité" dont le rôle est de contenir la chaleur à l'intérieur du bâtiment par réémission des ondes infrarouges.	Constitué de 3 glaces monolithiques séparées par des lames d'air, le triple vitrage peut apporter des améliorations thermiques et acoustiques importantes.
Performance isolante (voir PRINCIPES, fiche 5 : coefficient U) - la valeur U_g ne concerne que le vitrage (pas le châssis)			
$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_g \text{ de } 1,75 \text{ à } 3 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_g \text{ de } 1,1 \text{ à } 1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_g \text{ de } 0,6 \text{ à } 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Facteur solaire (g)			
$g = 85 \%$	$g = \text{de } 75 \text{ à } 81 \%$	$g = \text{de } 60 \text{ à } 74 \%$	$g = \text{de } 20 \text{ à } 67 \%$
Transmission lumineuse (TL)			
TL = 90 %	TL = de 65 à 83 %	TL = de 37 à 79 %	TL = de 20 à 73 %

Typologie des vitrages

La valeur U de la fenêtre, dénommée U_w , doit tenir compte du coefficient de transmission thermique

- du vitrage, U_g ,
- du châssis, U_f ,
- de l'intercalaire, Ψ_g (pour Ψ , prononcer psi)



Si la fenêtre n'est pas équipée d'un aérateur ou d'un panneau de remplissage, la norme NBN B62-002 donne la formule suivante pour calculer le U_w .

$$\text{Si } U_g \leq U_f : \quad U_w = 0,7 U_g + 0,3 U_f + 0,3 \Psi_g \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

$$\text{Si } U_g > U_f : \quad U_w = 0,8 U_g + 0,2 U_f + 0,3 \Psi_g \quad (\text{W/m}^2.\text{K})$$

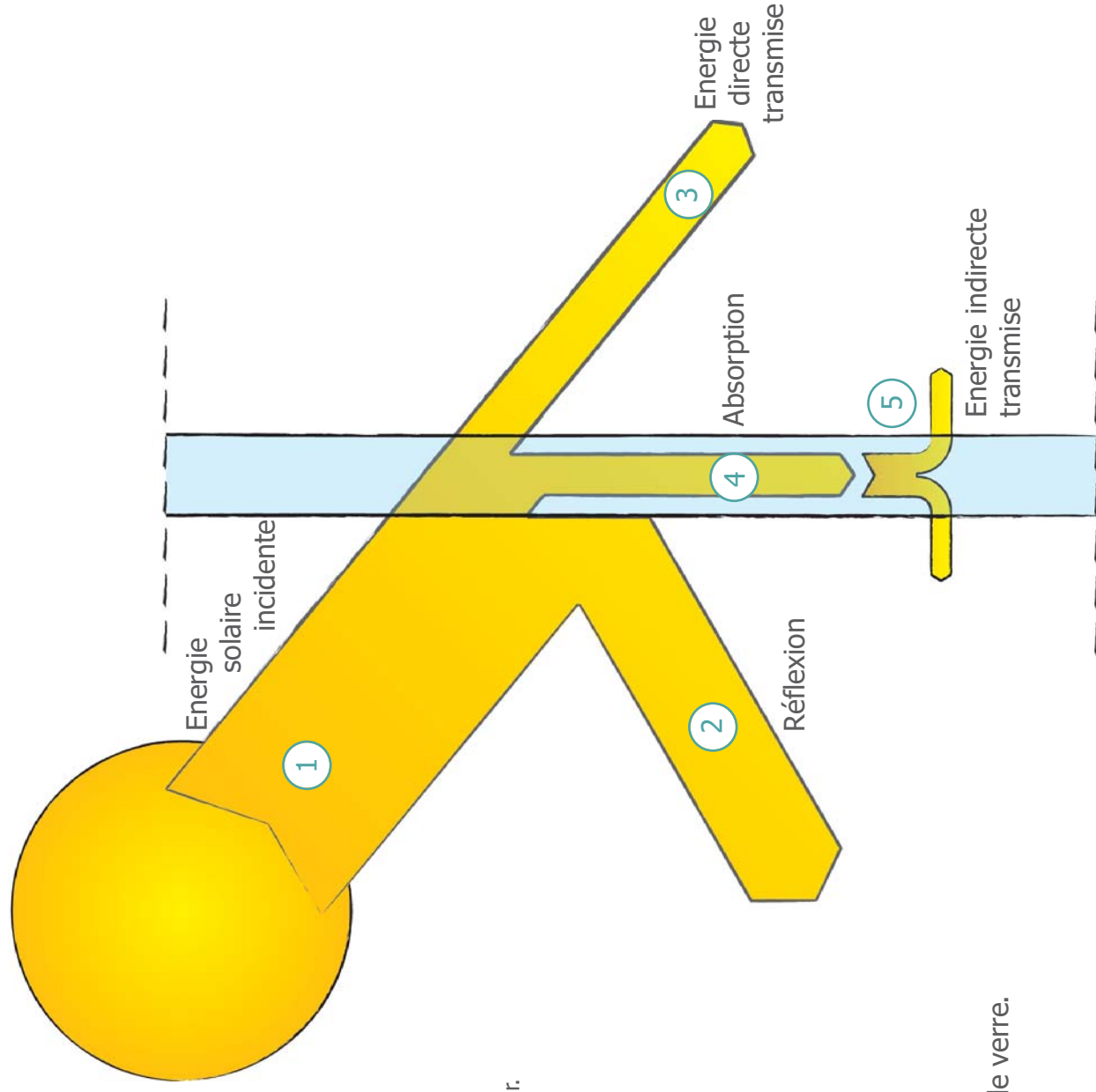
où $\Psi_g = 0,11 \text{ W/m}^2.\text{K}$, intercalaire ordinaire

$\Psi_g = 0,07 \text{ W/m}^2.\text{K}$, intercalaire isolant

Valeur U_w d'une fenêtre

Le facteur solaire g indique la proportion d'énergie solaire qui traverse le vitrage

Le facteur solaire **g**, anciennement dénommé FS, est le rapport entre l'énergie solaire entrant dans le local à travers le vitrage et l'énergie solaire incidente. Il s'exprime en %.



① Energie solaire incidente

② Energie réfléchie par le vitrage.

③ Energie traversant le vitrage.

④ Energie absorbée par le vitrage et transformée en chaleur.

⑤ Part de cette chaleur transmise à l'intérieur.

$$\text{facteur solaire } g = \frac{\textcircled{3} + \textcircled{5}}{\textcircled{1}}$$

Pour un simple vitrage clair, $g = 0,87$ soit 87 %.

Le facteur solaire **g** d'un vitrage est influencé par

- le type de vitrage,
- le nombre de couches de verre
- le type de revêtement éventuellement appliqué sur le verre.

Facteur solaire

La **transmission lumineuse TL** indique la proportion de lumière qui traverse le vitrage.

La transmission lumineuse **TL** est le rapport entre le rayonnement lumineux qui traverse le vitrage et le rayonnement lumineux incident. Il s'exprime en %.

① Rayonnement lumineux incident

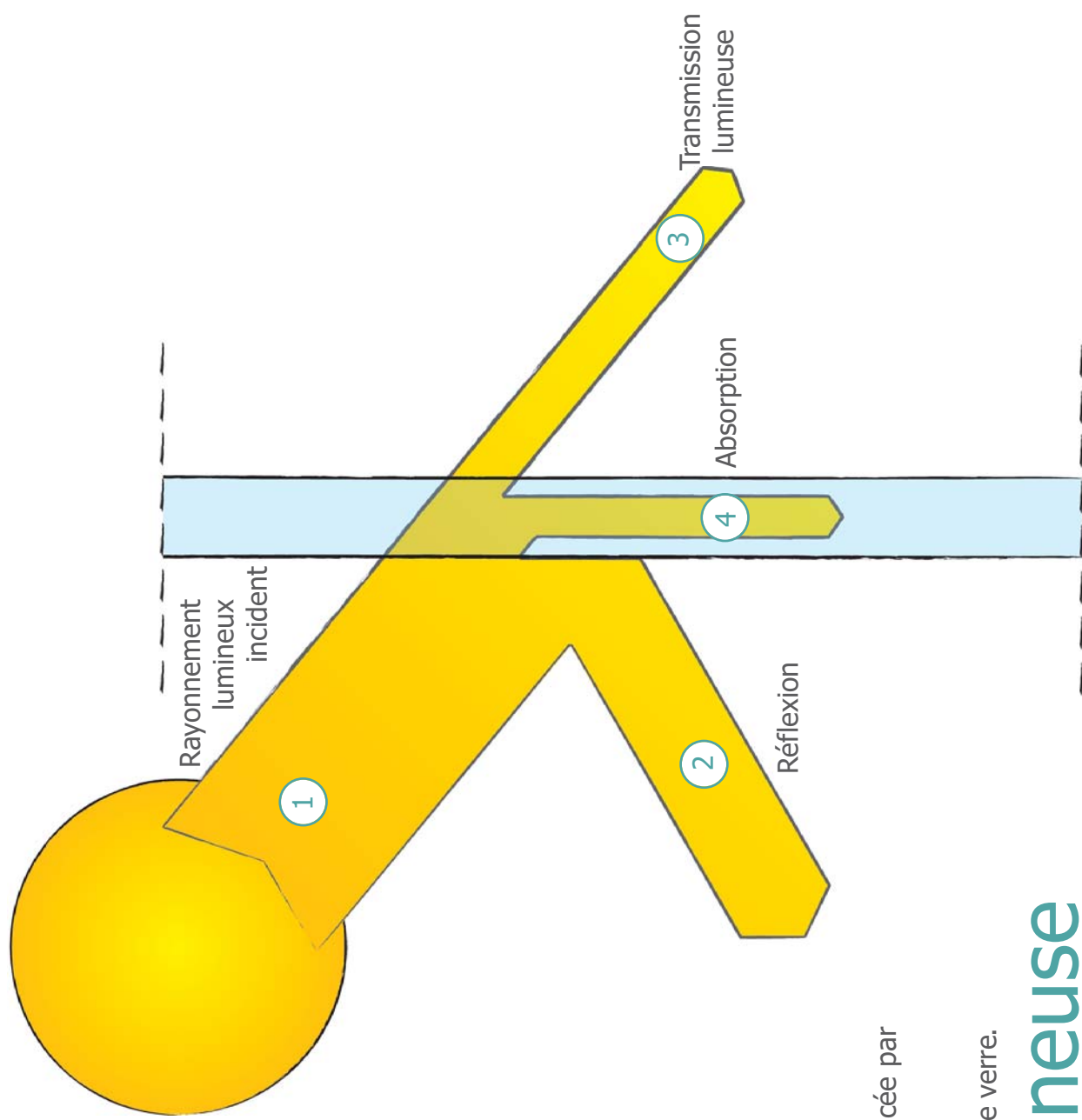
② Rayonnement réfléchi par le vitrage.

③ Rayonnement traversant le vitrage.

④ Rayonnement absorbé par le verre.

$$\text{transmission lumineuse TL} = \frac{\textcircled{3}}{\textcircled{1}}$$

Pour un simple vitrage clair, TL = 0,9 soit 90 %.



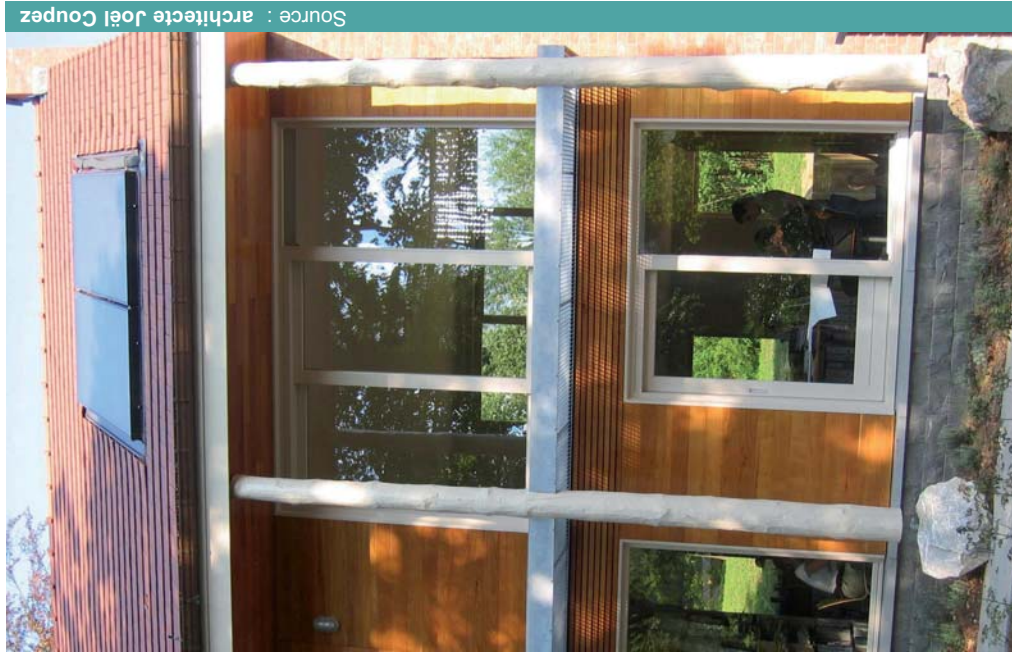
La transmission lumineuse TL d'un vitrage est influencée par

- le type de vitrage,
- le nombre de couches de verre
- le type de revêtement éventuellement appliqué sur le verre.

Transmission lumineuse

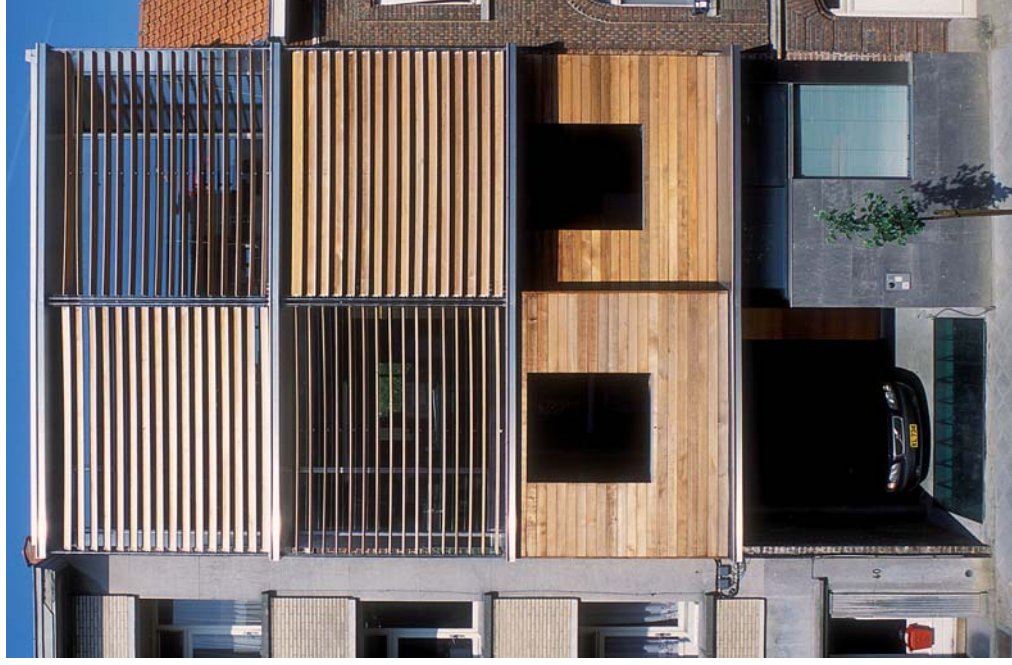
Une maison économe en énergie doit éviter toute surchauffe en été et ce sans recourir à la climatisation active.
Une protection solaire ne sera efficace que si elle est placée à l'extérieur du vitrage.

Débordements architecturaux
toiture, balcon... mais aussi écran végétal...



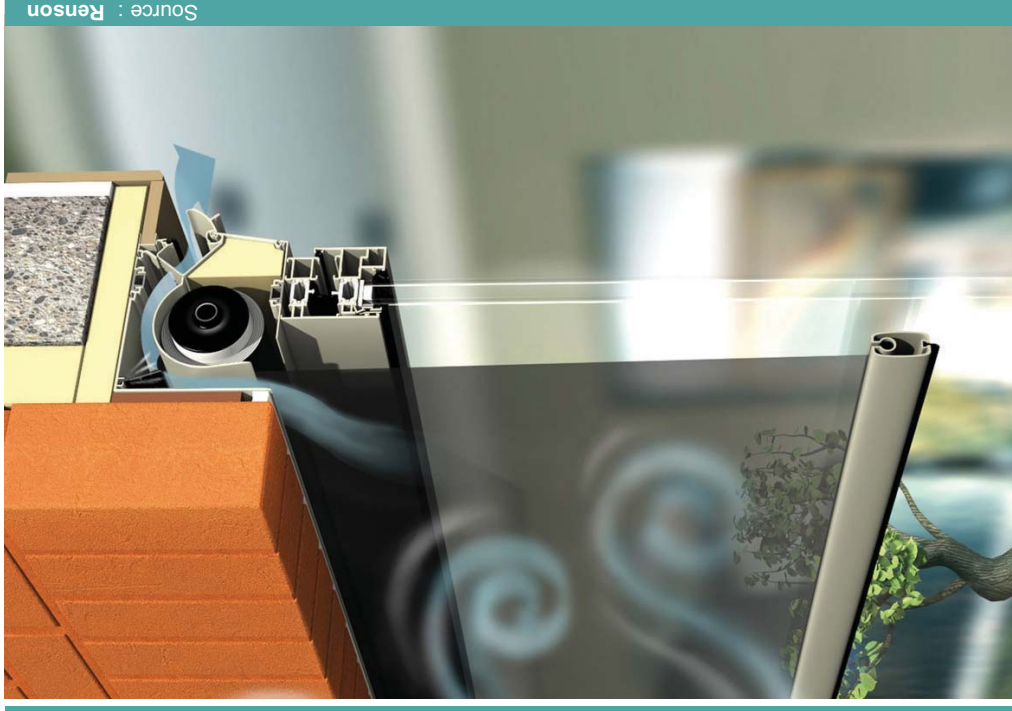
Source : architecte Joël Coupez

Volet, persienne



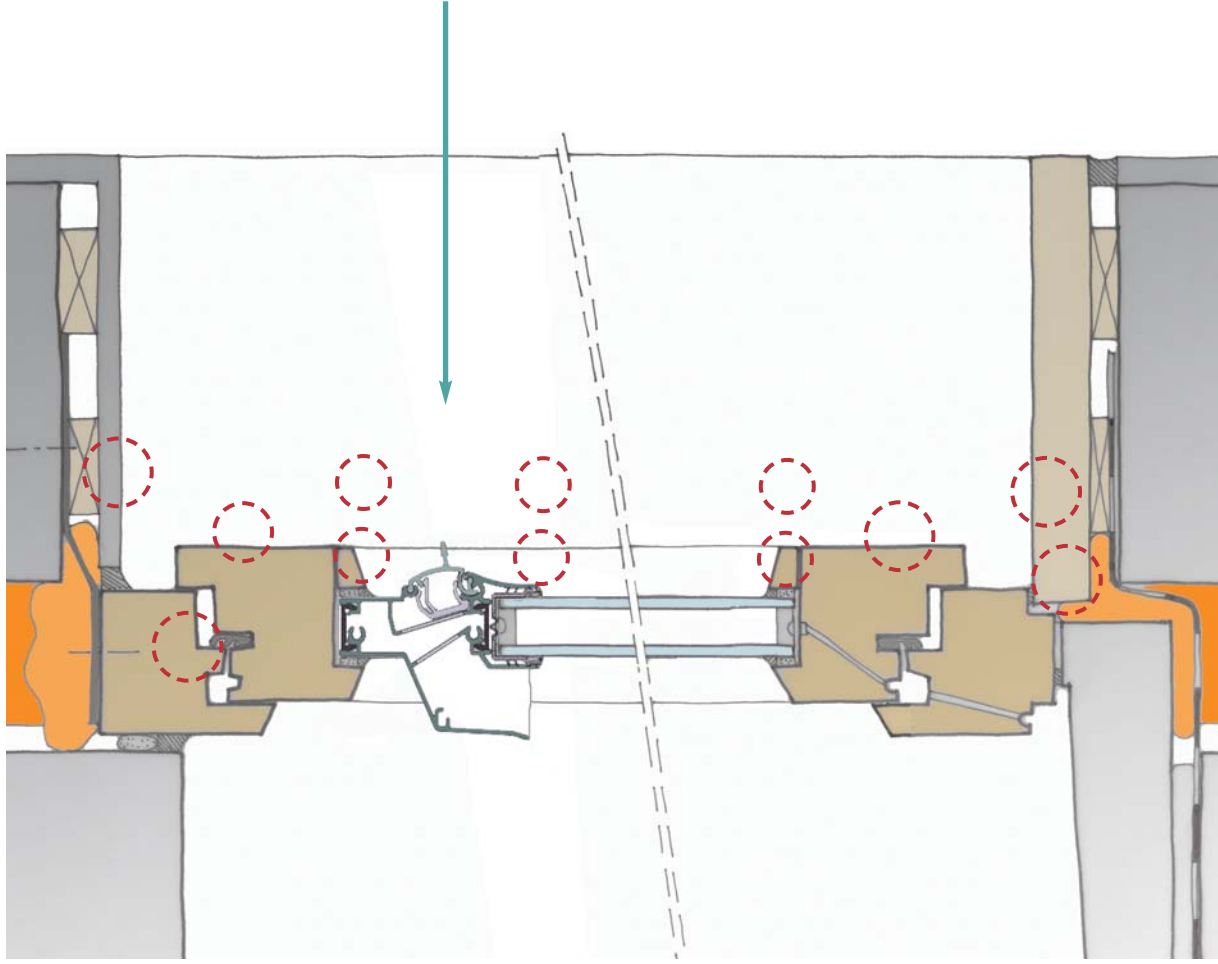
Source : architecte Nathalie Ries © photo-daylight.com

Store extérieur



Source : Renson

Protections solaires



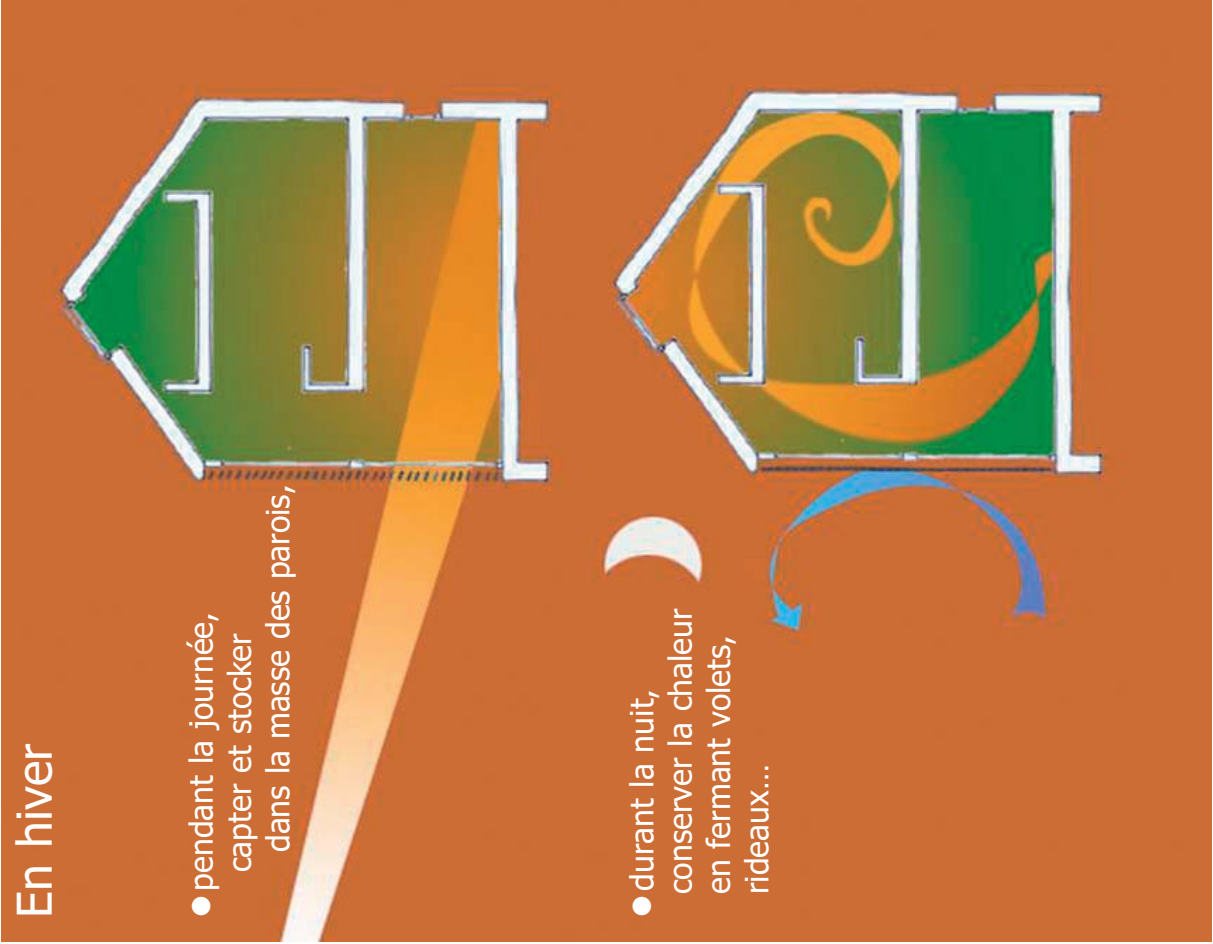
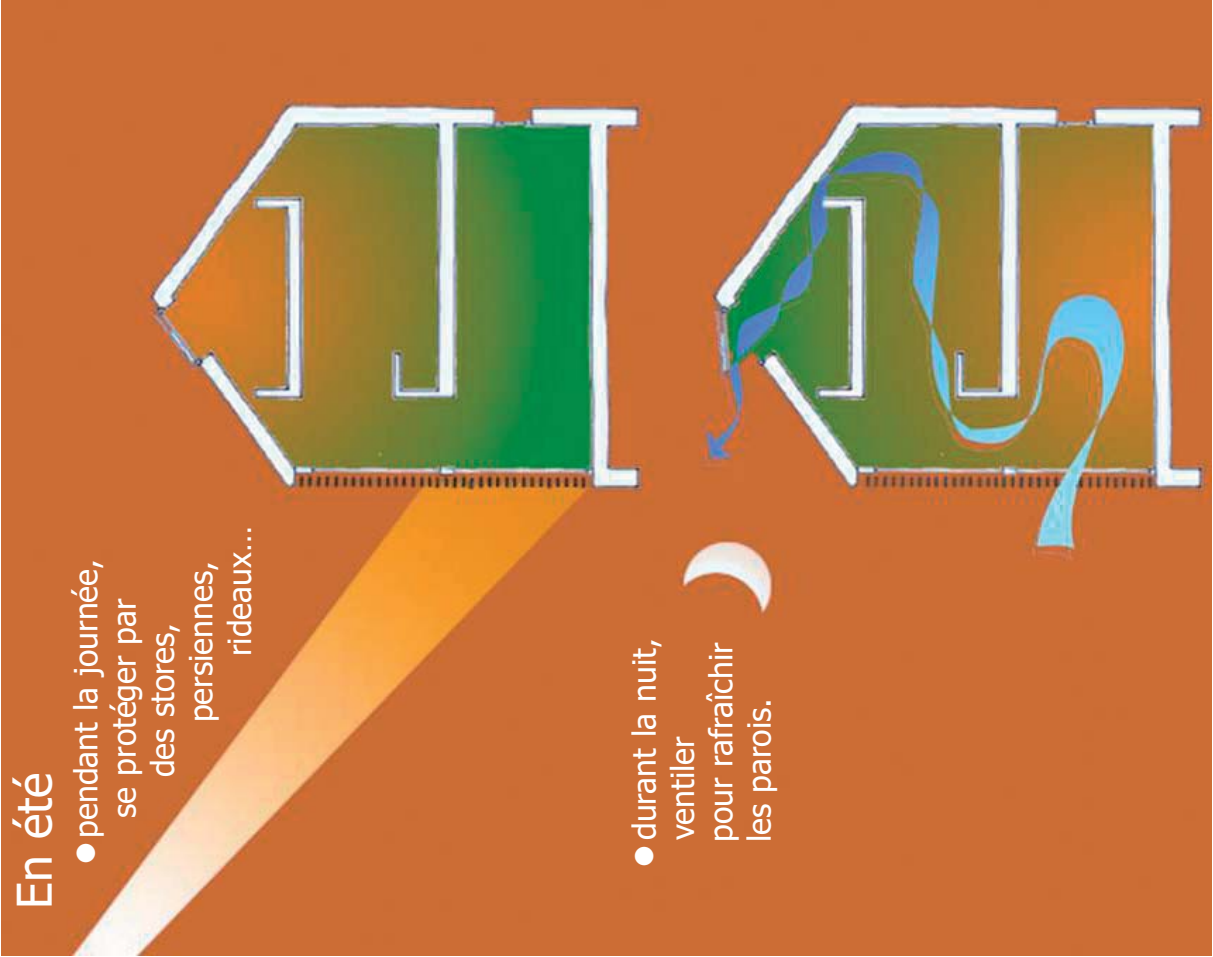
Les joints d'étanchéité assurent l'étanchéité à l'eau mais aussi à l'air : cela permet d'éviter les passages d'air intempestifs et non contrôlables entraînant des déperditions par infiltration (c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur) et exfiltration (c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur).

En plaçant un aérateur, on accepte d'amener de l'air dans le local mais de façon contrôlable.

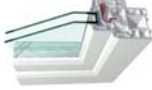
La norme NBN D50-001 impose que l'aérateur soit réglable soit en continu soit en 5 positions minimum.

De plus, l'aérateur doit être équipé d'une coupure thermique pour éviter les risques de condensation superficielle.

Aérateur intégré dans la fenêtre



Gestion des parois vitrées

Critères de performance thermique d'une paroi verticale		double vitrage + châssis bois 	double vitrage + châssis métal 	double vitrage + châssis synthétique 	double ou triple vitrage + châssis composite 
Conserver la chaleur		La fenêtre constitue un point faible dans l'enveloppe isolante d'une maison. Le châssis et le type de vitrage doivent être choisis en cohérence. Plus le vitrage sera performant, plus le châssis devra l'être aussi. De même, s'il y a un aérateur, il ne faut pas qu'il constitue une paroi froide, source de condensation superficielle; pour ce faire, il présentera une rupture thermique efficace.			
Profiter des apports solaires		Lors du choix de vitrages aux performances élevées, il est important de tenir compte des valeurs g (facteur solaire) et TL (transmission lumineuse). En hiver, les apports solaires gratuits sont à favoriser. En été, il faut éviter la surchauffe, par exemple grâce à des protections solaires.			
Etre étanche à l'eau		La fenêtre doit être étanche à l'eau. Les joints d'étanchéité doivent garantir cette efficacité (voir critère ci-dessous).			
Etre étanche à l'air et au vent		La fenêtre doit être étanche à l'air afin de supprimer les passages d'air non contrôlés (par infiltration et exfiltration), sources de pertes de chaleur et d'inconfort. Un joint d'étanchéité doit être placé - entre le dormant et la paroi, - entre l'ouvrant et le dormant, - entre le vitrage et le châssis.			

Performance thermique d'une fenêtre



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable d'expliquer les critères de performance d'une fenêtre et, sur base de ceux-ci, d'en contrôler la qualité d'exécution.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 13**



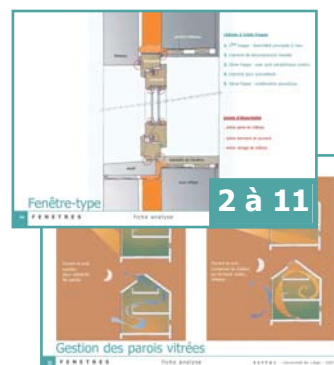
Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

1. Orienter chaque groupe vers différents ensembles de fenêtres de l'école
2. Demander à chaque groupe d'évaluer la qualité d'exécution des fenêtres observées en se basant sur la **fiche 13**.
3. Ecouter le rapport de chaque groupe, confronter les résultats et en discuter collectivement.
4. Etablir une synthèse des critères de performance d'une fenêtre, notamment en s'aidant des **fiches 2 à 11**.



Supports

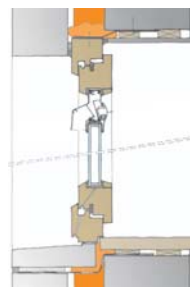


Évaluation

Reproduire cette activité, individuellement, sur base d'une fenêtre de la classe ou d'une autre réalisée en atelier.

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'une fenêtre performante



Conserver la chaleur

- ☐ choisir une fenêtre présentant une valeur U_w très faible.
- ☐ en cas de présence d'aérateur, vérifier qu'il possède bien une coupure thermique



Profiter des apports solaires gratuits

- ☐ choisir le facteur g du vitrage en fonction des apports thermiques souhaités
- ☐ choisir la TL du vitrage en fonction des apports lumineux souhaités
- ☐ s'il y a des risques de surchauffe (par exemple, grand vitrage exposé au sud), placer une protection solaire extérieure



Etre étanche à l'eau

- ☐ opter pour des châssis triple frappe, avec chambre de décompression drainée
- ☐ veiller à placer un joint périphérique (voir ci-dessous)



Etre étanche à l'air et au vent

- ☐ veiller à placer un joint périphérique étanche
 - entre le châssis et la paroi,
 - entre le châssis et le vitrage,
 - entre le dormant et l'ouvrant,
 - entre l'aérateur et
 - le châssis,
 - le vitrage.

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

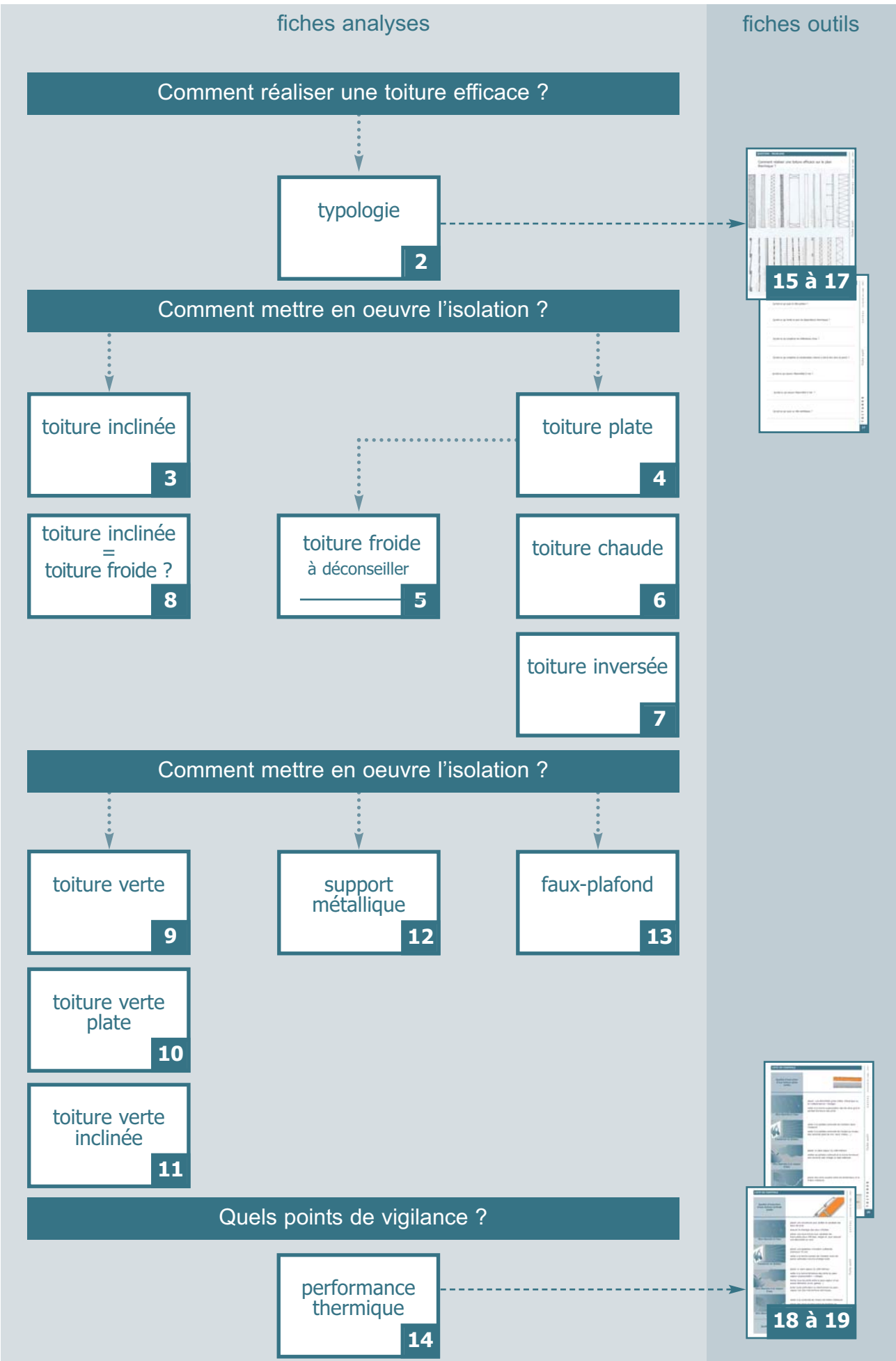
fiches analyses

TPOLOGIE 2**TOITURE INCLINÉE 3****TOITURE PLATE 4****TOITURE FROIDE 5****TOITURE CHAUDE 6****TOITURE INVERSÉE 7****TOITURE INCLINÉE = TOITURE FROIDE ? 8****TOITURE VERTE 9****TOITURE VERTE PLATE 10****TOITURE VERTE INCLINÉE 11****SUPPORT MÉTALLIQUE 12****FAUX-PLAFOND 13****PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE TOITURE 14**

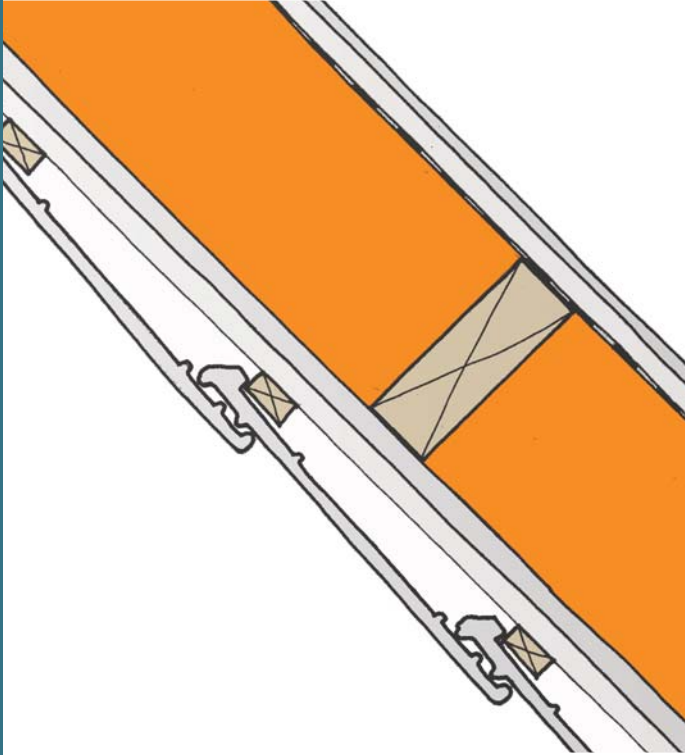
fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 15**QUESTION-PROBLÈME:** Comment réaliser une toiture efficace sur le plan thermique ? **16****QUESTION-PROBLÈME :** Quelle est la fonction de chaque couche ? **17****SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 18****LISTE DE CONTRÔLE - toiture inclinée isolée 19****LISTE DE CONTRÔLE - toiture plate isolée 20**

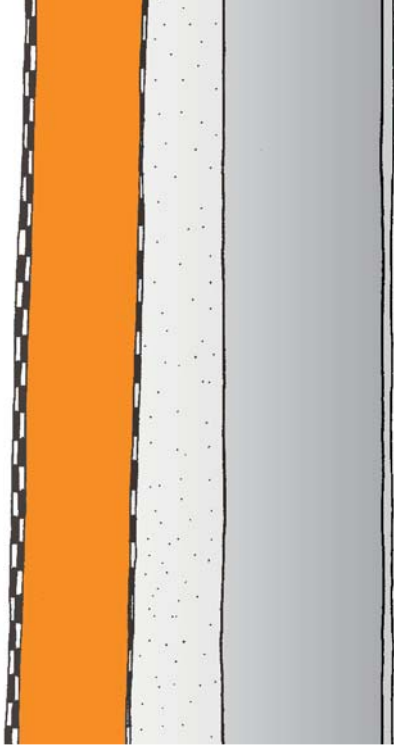
TABLE D'ORIENTATION



Toiture inclinée



Toiture plate



Composition

couverture : ardoises, tuiles, zinc...
latte et contre-latte (4 cm)
sous-toiture (ici : panneau de 18 à 22 mm)
isolation-structure (20 cm)
pare-vapeur (ici : film polyéthylène)
contre-gîtage et finition (4 + 1 cm)

étanchéité
isolation (10 cm)*
pare-vapeur
béton de pente (minimum : 6 cm)
support lourd (12 cm)
finition (1 cm)

Epaisseur totale

31 cm

30 cm

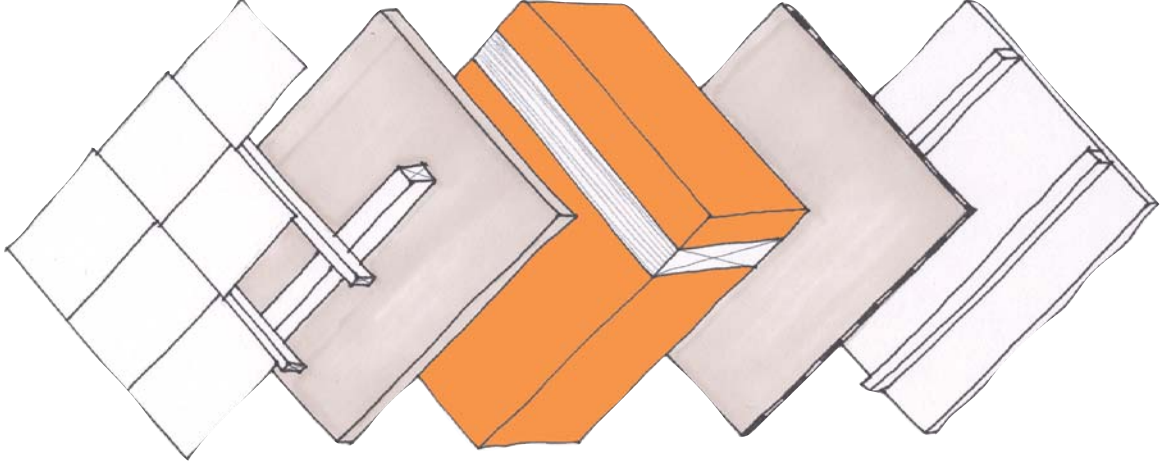
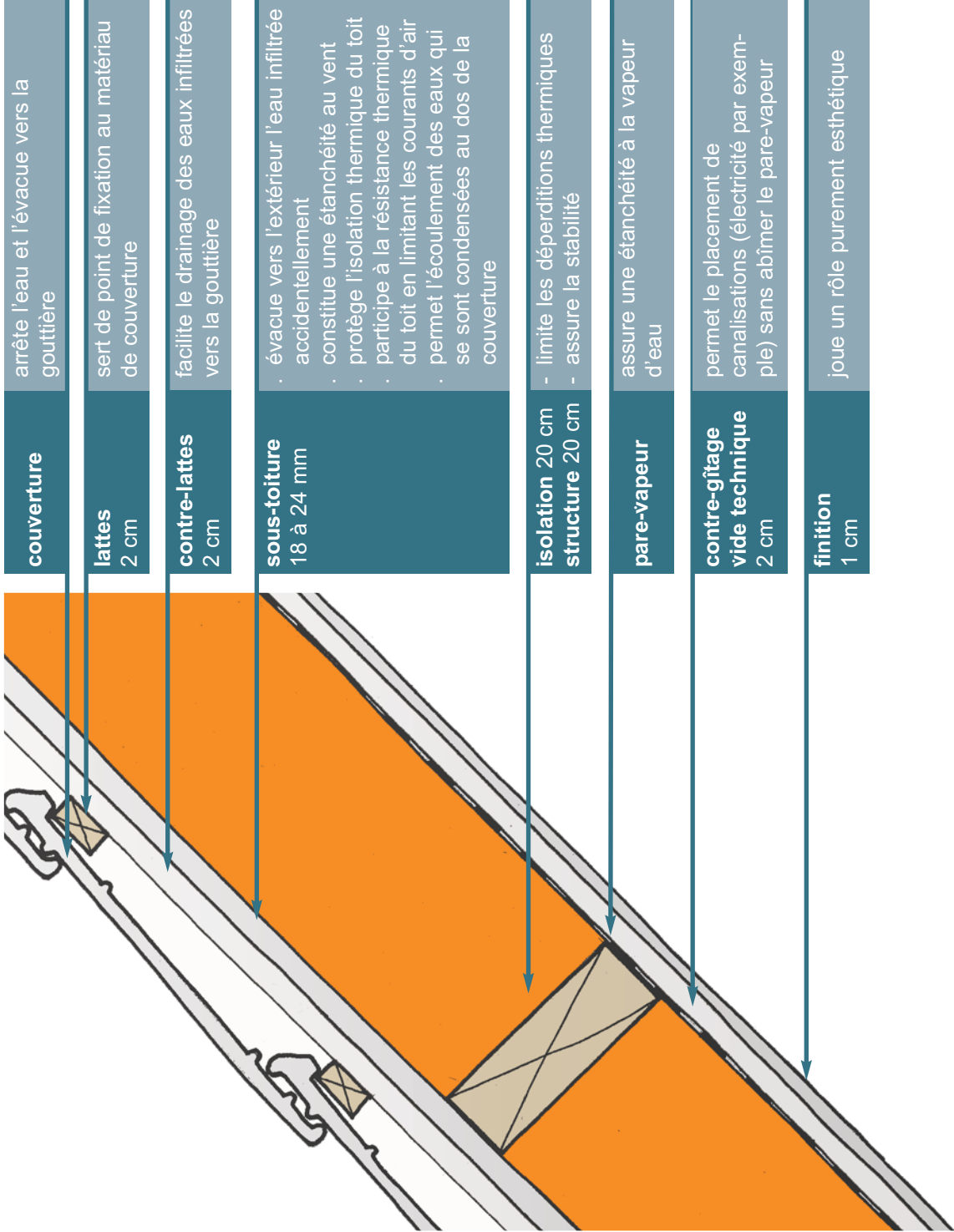
Performance isolante

$U = 0,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$

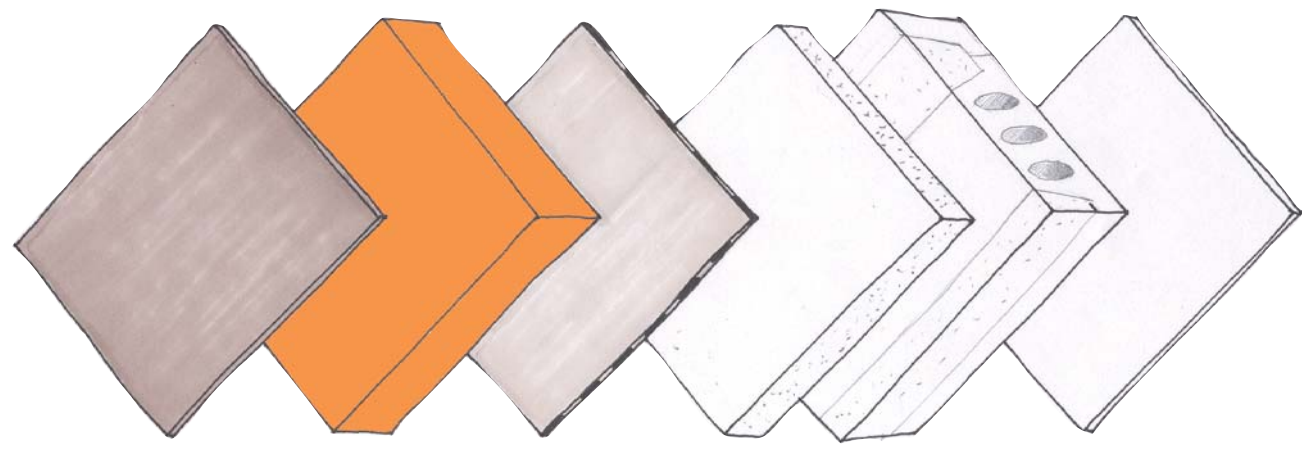
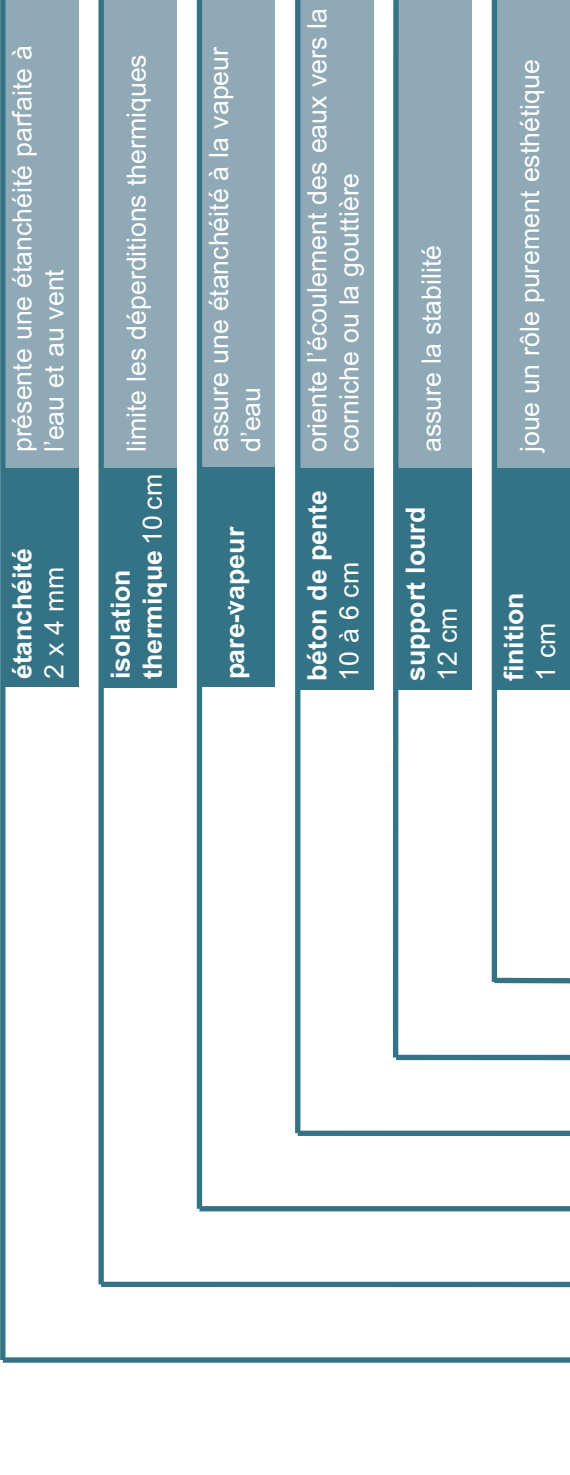
$U = 0,30 \text{ W/m}^2.\text{K}$

* si valeur λ de l'isolant $\leq 0,034 \text{ W/m.K}$

Typologie



Toiture inclinée

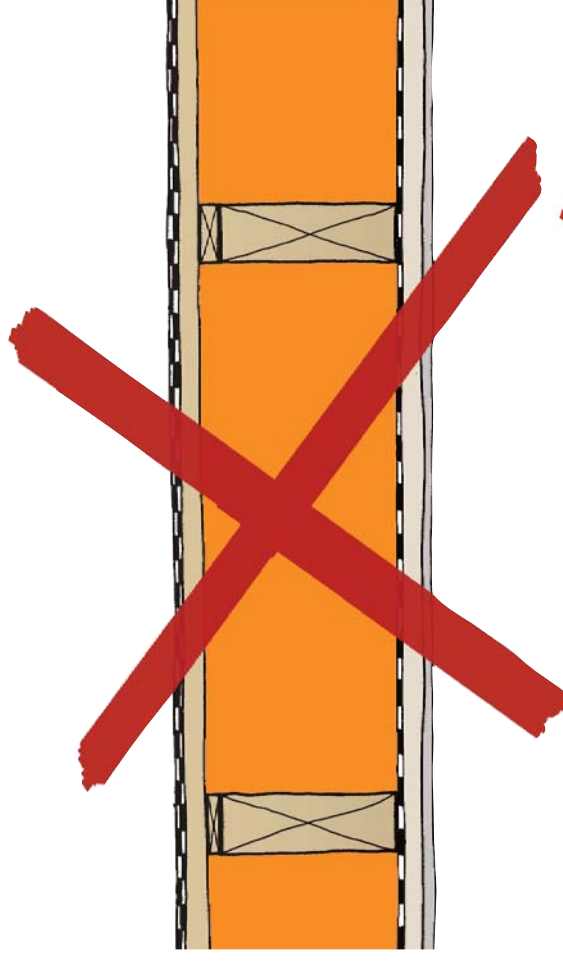
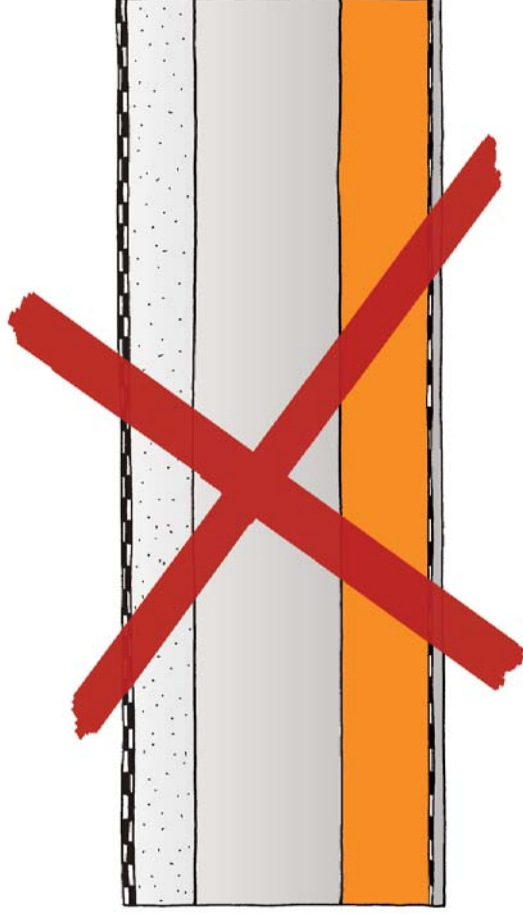


Toiture plate

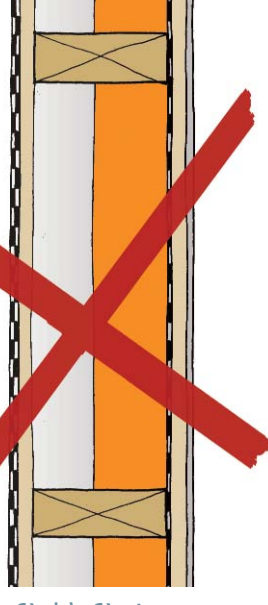
Le fait de placer l'isolation sous ou dans la structure portante est la technique de toiture froide.

Elle a été fortement développée dans les années 70, mais est aujourd'hui déconseillée, et ce, pour 2 raisons :

- les conditions de vie ont évolué (production plus importante de vapeur d'eau dans l'habitation),
- la pose du pare-vapeur est très délicate, des risques de condensation interne peuvent survenir en cas d'imperfection.

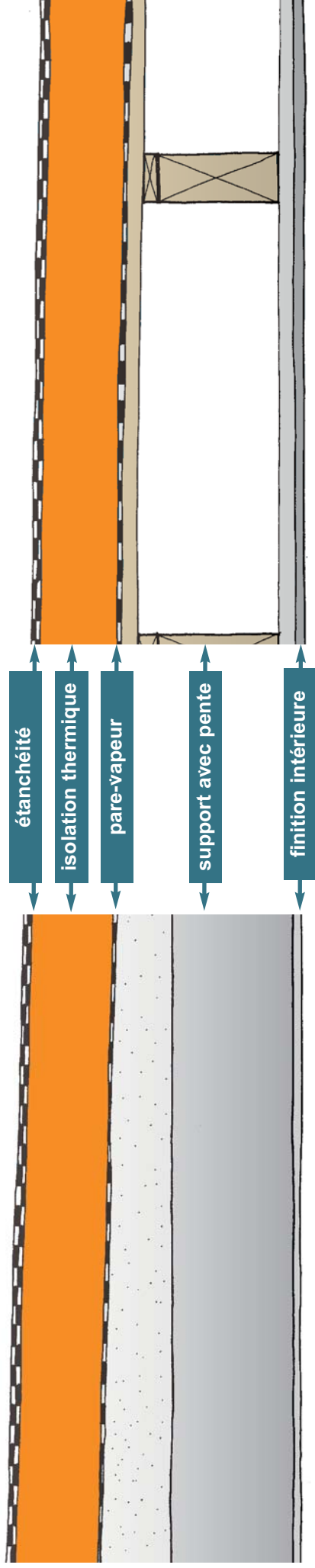


Laisser un espace vide et ventilé entre l'isolant et l'étanchéité augmente les risques de condensation interne.



Toiture froide

Aujourd'hui, il est préconisé de placer l'isolation au-dessus de la structure portante; c'est la technique de toiture chaude.



Toiture chaude

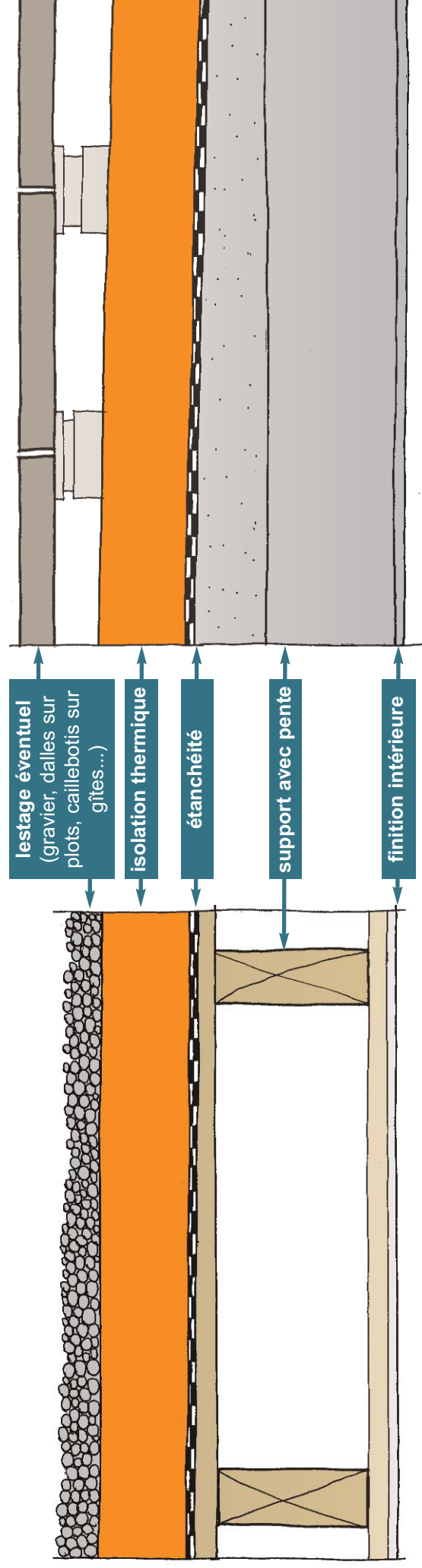
La toiture inversée est une variante de la toiture chaude.

Sa particularité : l'isolant est placé au-dessus de l'étanchéité

Il faudra donc utiliser des matériaux résistants à l'humidité : certains isolants synthétiques, le verre cellulaire... avec souvent la nécessité de devoir la lester.

Cette technique est très peu utilisée pour les nouvelles habitations mais peut être envisagée dans le cas de rénovation :

- placer un isolant sur une toiture existante en bon état;
- l'étanchéité joue le rôle de pare-vapeur;
- attention toutefois à éviter les ponts thermiques au niveau des raccords.

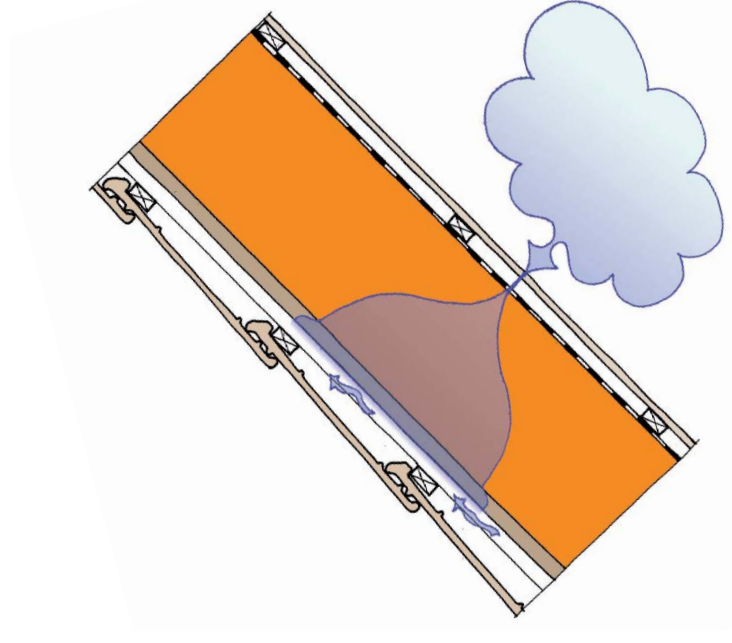


Toiture inversée

Dans le cas de toiture inclinée, la technique "toiture froide" est la plus souvent réalisée.

Pourtant, les imperfections de mise en oeuvre sont tout aussi réelles pour une toiture inclinée que pour une toiture plate.

Toutefois une donnée est différente : dans le cas d'une toiture inclinée, la vapeur d'eau peut traverser la paroi et être évacuée par la ventilation qui doit être prévue entre la couverture et la sous-toiture; pour cela, il faut veiller à placer, de l'intérieur vers l'extérieur, des matériaux de plus en plus perméables à la vapeur (choix judicieux de l'isolant et de la sous-toiture).

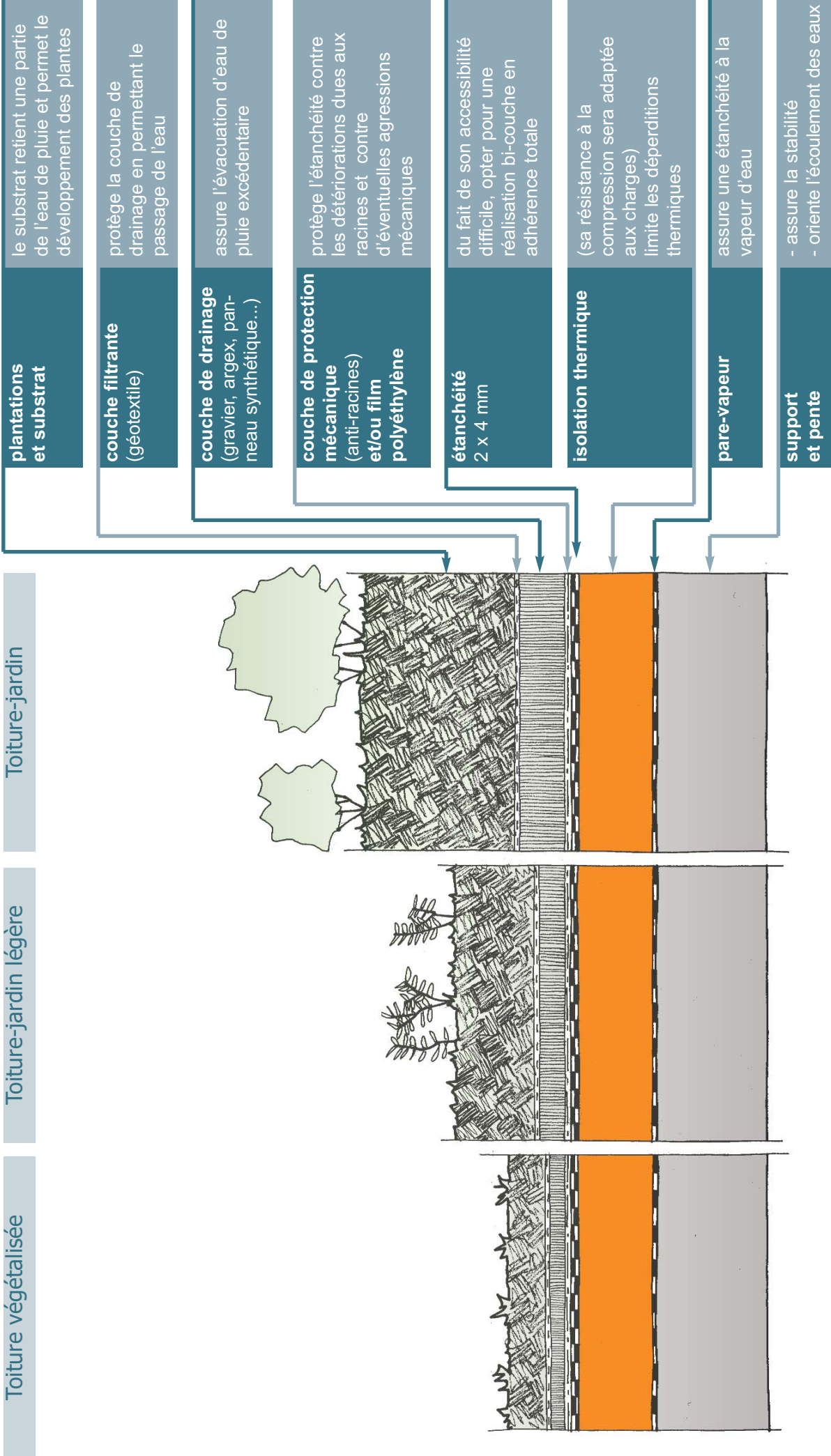


Les risques de condensation interne peuvent être fortement réduits : —

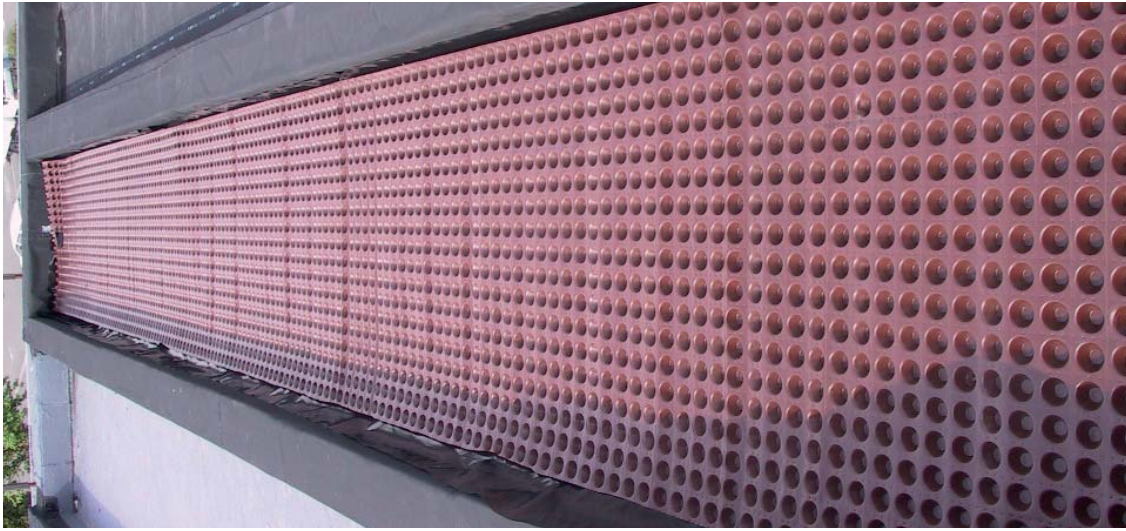
- en remplissant d'isolant la totalité de l'espace entre le pare-vapeur et la sous-toiture (par exemple en insoufflant de la cellulose)

- et en utilisant un panneau de sous-toiture perméable à la vapeur d'eau

Toiture inclinée = toiture froide ?



Toiture verte

			
Polyéthylène	Couche de drainage	Géotextile	Placement du substrat

Source : CSTC

Toiture verte plate

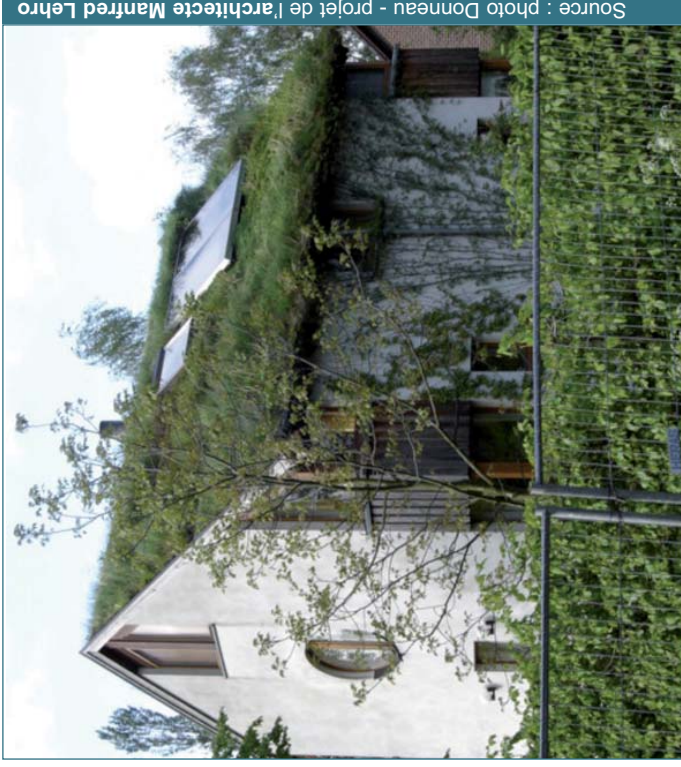


Source : Entreprise Marc Lievens

La manière dont la végétation est installée (semis, plantation, tapis précultivés...) a une grande incidence sur le temps que vont mettre les plantes à se développer. De même, le type de végétation influence considérablement l'entretien qui devra être apporté à la toiture.

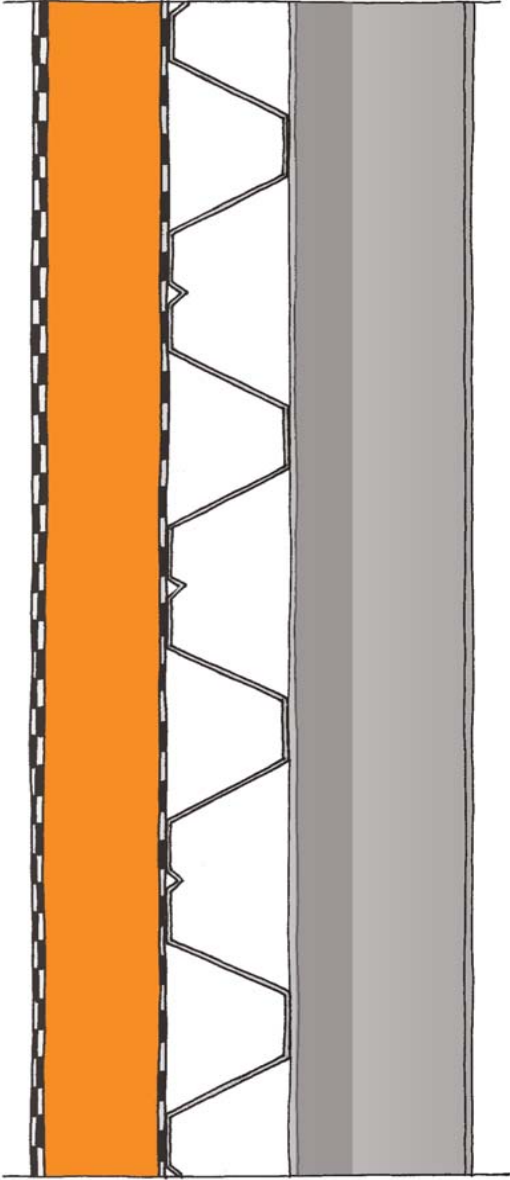
Les plantes basses tels les lichens, mousses... sont idéales pour les toitures en pente : la couche d'enracinement est mince (quelques centimètres), la végétation se protège naturellement contre les plantes indésirables (mauvaises herbes...) et il y a peu voire pas d'entretien nécessaire.

Placer un gazon en toiture présente certaines difficultés d'entretien et de maintien (risques de dessèchements rapides dus à l'influence plus prononcée des conditions climatiques et à une couche de substrat réduite).



Source : photo Donneau - projet de l'architecte Manfred Lehro

Toiture verte inclinée



- étanchéité
- isolation thermique
- pare-vapeur
- soutien avec pente

Cette technique est couramment utilisée sur les toitures plates de bâtiments de type industriel mais elle est également applicable avec des toitures métalliques inclinées.



Laine de roche

Source : Rockwool



Verre cellulaire

Source : Foamglas



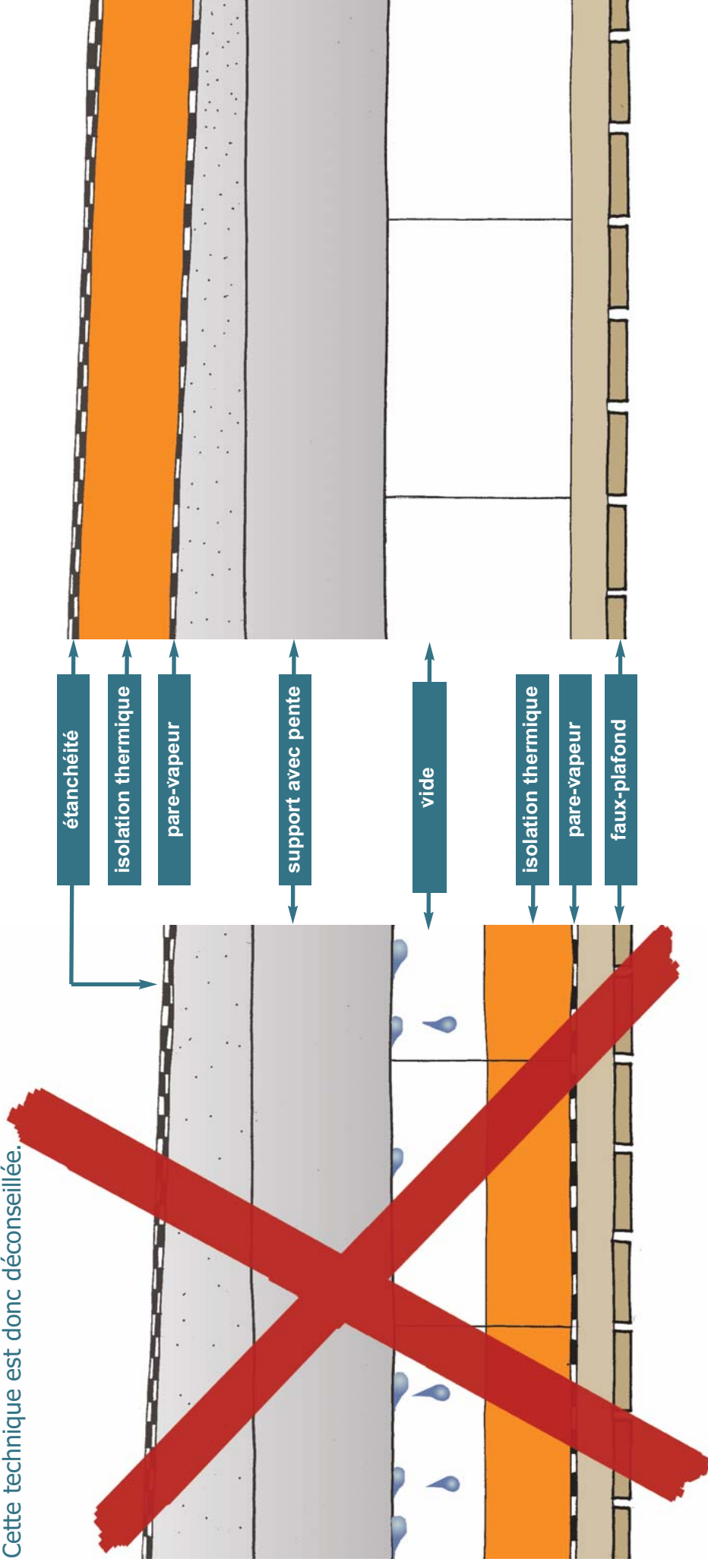
Verre cellulaire

Source : Foamglas

Support métallique

Attention ... risque de condensation !

Placer l'isolation dans le faux-plafond présente un certain risque. De la condensation peut apparaître sous la face du béton et il "pleut" alors sur l'isolant. La pose du pare-vapeur n'est pas une solution fiable car toute imperfection peut générer de la condensation interne. Cette technique est donc déconseillée.



La solution la plus sûre réside dans l'isolation de la structure (principe de la toiture chaude ou toiture inversée). Dès lors, la dalle n'est plus une paroi froide ce qui évite les risques de condensation.

Faux-plafond

Critères de performance thermique d'une toiture		toiture inclinée	toiture plate
	Etre étanche à l'eau	La couverture canalise l'eau de pluie vers le réseau d'égouttage. Dans le cas de toiture inclinée, la sous-toiture amène toutes les eaux infiltrées vers la gouttière ou la corniche	
	Conserver la chaleur	L'isolation est la couche la plus efficace pour limiter les pertes de chaleur. Elle doit être parfaitement continue sur toute la surface du volume protégé; les joints entre panneaux seront parfaitement fermés et les raccords soignés.	
	Etre étanche à la vapeur d'eau	Une couche doit assurer l'étanchéité à la vapeur d'eau : le pare-vapeur. Cette couche doit être continue avec des joints parfaitement fermés; un soin important doit être apporté au niveau des raccords.	
	Etre étanche à l'air et au vent	Les fuites d'air se situent essentiellement au niveau des raccords et des percements. Veiller à placer des joints étanches efficaces à ces endroits.	

Performance thermique d'une toiture



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de donner la composition des toitures types en spécifiant la fonction de chaque couche, en particulier le rôle de l'isolation thermique.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies des **fiches 16 et 17**.



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

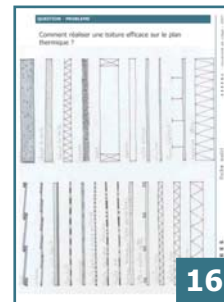
1. Introduire la question-problème :
"Comment réaliser une toiture efficace sur le plan thermique ?"

Donner la consigne de réaliser une composition de toiture par coupage et collage des éléments repris sur la **fiche 16**.

Veiller à diversifier les supports et types de finition. Chaque groupe doit également compléter la **fiche 17**.

2. Récolter les résultats, les comparer et les corriger ensemble en s'appuyant sur les **fiches 2 à 14**

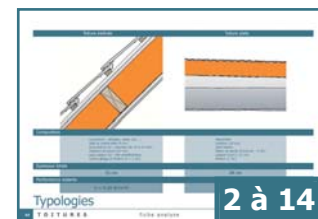
Supports



16



17



2 à 14

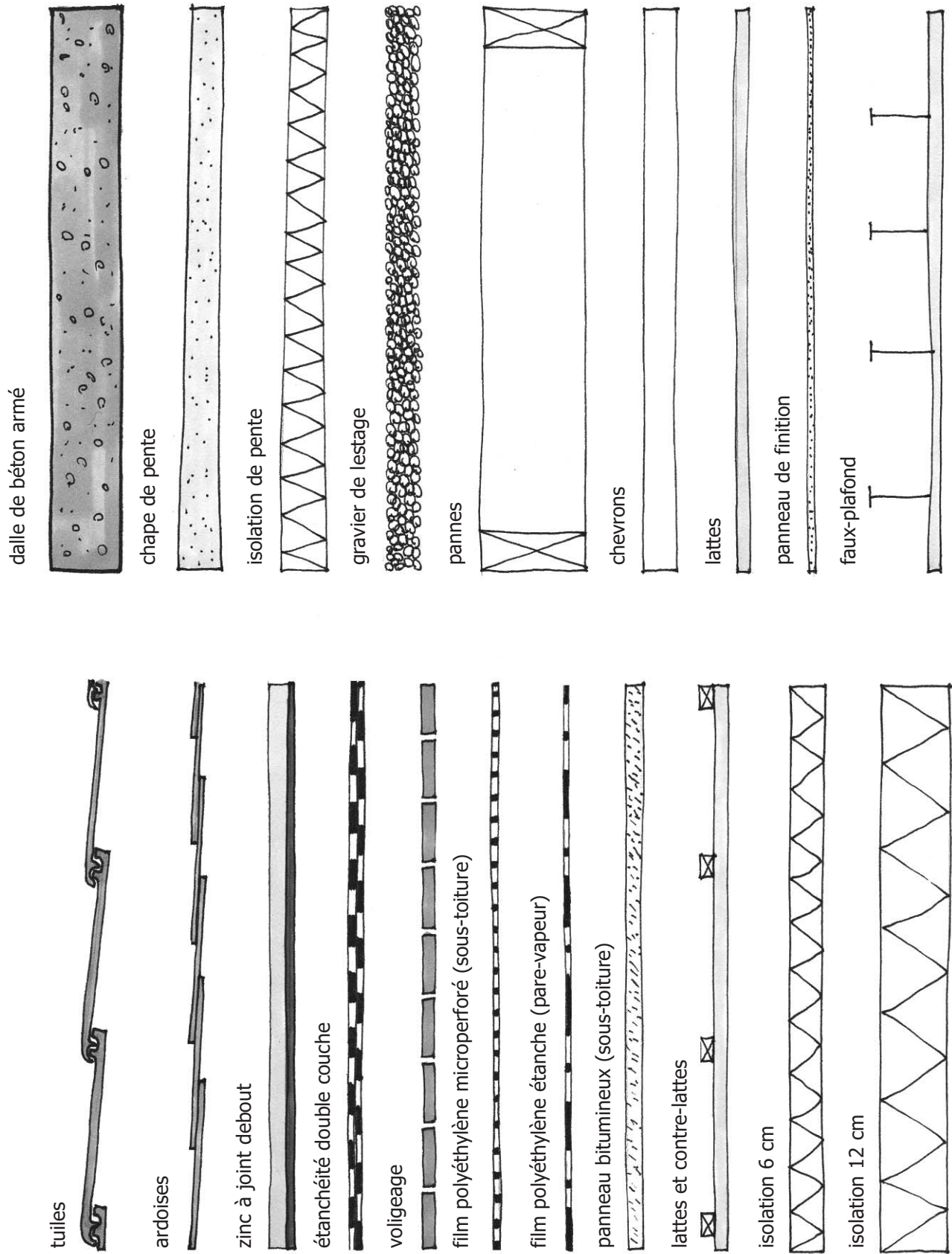


Évaluation

Demander à chacun de refaire l'exercice en permutant le type de toiture.

QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser une toiture efficace sur le plan thermique ?



QUESTION - PROBLÈME

Quelle est la fonction de chaque couche ?

☐ Qu'est-ce qui joue le rôle porteur ?

.....

☐ Qu'est-ce qui limite le plus les déperditions thermiques ?

.....

☐ Qu'est-ce qui empêche les infiltrations d'eau ?

.....

☐ Qu'est-ce qui empêche la condensation interne (c'est-à-dire dans la paroi) ?

.....

☐ Qu'est-ce qui assure l'étanchéité à l'air ?

.....

☐ Qu'est-ce qui joue un rôle esthétique ?

.....



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de contrôler la qualité d'exécution d'une toiture isolée.



Durée

1 période
de 50 minutes



Matériel

- photocopies de la **fiche 19** (ou **20**);
- toiture isolée (à l'atelier ou sur chantier)



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 apprenants)*

1. Rappeler la fonction de chacune des couches des parois observées (à l'atelier ou sur chantier).
2. Demander aux apprenants d'évaluer la qualité d'exécution de ces parois en se basant sur la **fiche 19** (ou **20**).
3. Ecouter le rapport de chaque groupe, confronter les résultats et en discuter collectivement.
4. Etablir une synthèse collective des critères de qualité d'exécution en s'aidant éventuellement des **fiches 2 à 14**.

Supports

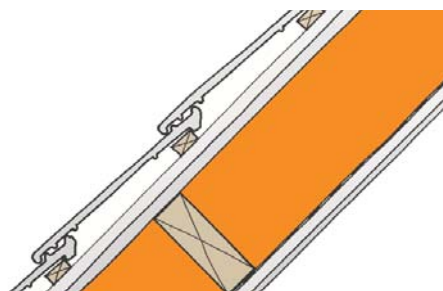


Évaluation

Reproduire cette activité, individuellement, sur base d'autres toitures isolées.

LISTE DE CONTRÔLE

Qualité d'exécution d'une toiture inclinée isolée



Etre étanche à l'eau

- ☐ placer une couverture pour arrêter et canaliser les eaux de pluie
- ☐ assurer le drainage des eaux infiltrées
- ☐ placer une sous-toiture pour canaliser les éventuelles eaux infiltrées, la neige et pour assurer une étanchéité au vent



Conserver la chaleur

- ☐ placer une épaisseur d'isolation suffisante (minimum 10 cm)
- ☐ veiller à la bonne jonction de l'isolation avec les parois verticales (volume protégé isolé)



Etre étanche à la vapeur d'eau

- ☐ placer un pare-vapeur du côté intérieur
- ☐ veiller à la bonne fermeture des joints du pare-vapeur (superposition + collage)
- ☐ fermer tous les joints entre la pare-vapeur et les autres éléments (murs, gaines...)
- ☐ éviter toute perforation ou déchirement du pare-vapeur lors des interventions techniques.



Etre étanche à l'air et au vent

- ☐ veiller à la continuité de l'enduit de finition intérieure
- ☐ placer des joints souples entre les fenêtres de toiture et l'enduit

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

LISTE DE CONTRÔLE

**Qualité d'exécution
d'une toiture plate
isolée**



Etre étanche à l'eau

- ☐ placer une étanchéité (pose collée, mécanique ou en indépendance + lestage)
- ☐ veiller à la bonne superposition des lés ainsi qu'à la parfaite fermeture des joints



Conserver la chaleur

- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolation dans l'ossature
- ☐ veiller à la parfaite continuité de l'isolant au niveau des raccords (pied de mur, seuil, linteau...)



**Etre étanche à la vapeur
d'eau**

- ☐ placer un pare-vapeur du côté intérieur
- ☐ vérifier sa parfaite continuité et la bonne fermeture des raccords (par collage ou tape adéquat)



**Etre étanche à l'air et au
vent**

- ☐ placer des joints souples entre les lanterneaux et la finition intérieure

Qualité globale

..... conditions remplies sur les à réaliser

RACCORDS

Titre de la fiche N°

table d'orientation

TABLE D'ORIENTATION 1

fiches analyses

RACCORD MUR/PLANCHER	2
RACCORD TOITURE/MUR PIGNON	3
CONTINUITÉ DE L'ISOLATION DANS LA PAROI	4
PARE-VAPEUR	5
CONTINUITÉ DU PARE-VAPEUR	6
RACCORD PARE-VAPEUR/MUR ENDUIT	7
SOUS-TOITURE ET PARE-PLUIE	8
CONTINUITÉ DE LA SOUS-TOITURE ET DU PARE-PLUIE	9
THERMOGRAPHIE INFRAROUGE	10
TEST D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR	11

fiches outils

SUGGESTION PÉDAGOGIQUE 12

Chaque ouvrage de raccord ci-dessous est abordé via une **QUESTION-PROBLÈME** suivie d'une **SOLUTION-EXEMPLE**:

raccord mur creux/dalle de sol	13
raccord mur creux/châssis de fenêtre	15
raccord mur creux/toiture	18
raccord mur massif crépi/plancher lourd	20
raccord mur massif crépi/châssis de fenêtre	22
raccord mur massif crépi/toiture plate	24
raccord paroi ossaturée bois/plancher léger	26
raccord paroi ossaturée bois/châssis de fenêtre	28

TABLE D'ORIENTATION

Quels points de vigilance ?

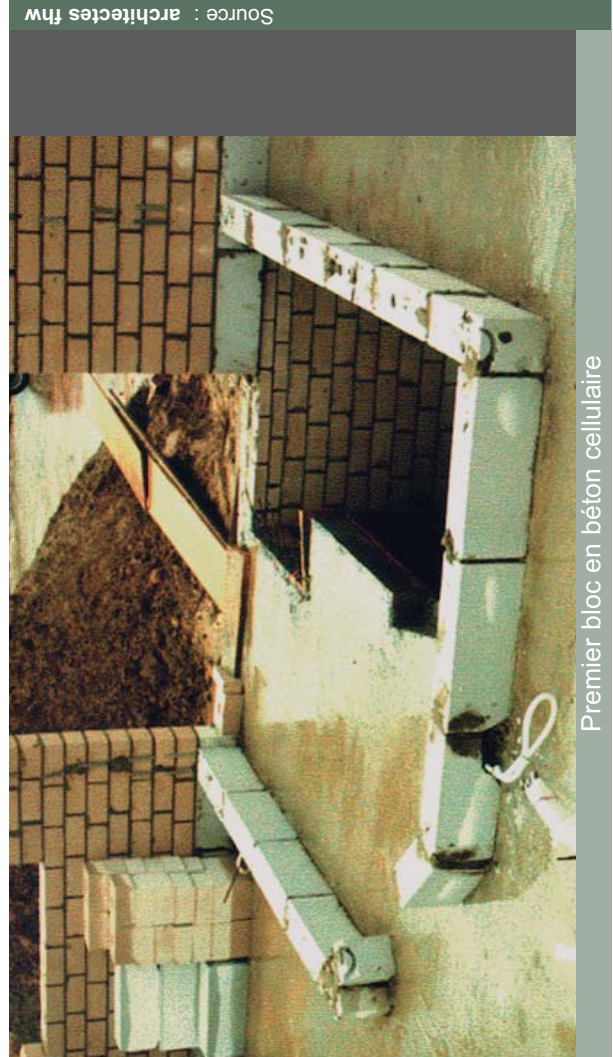
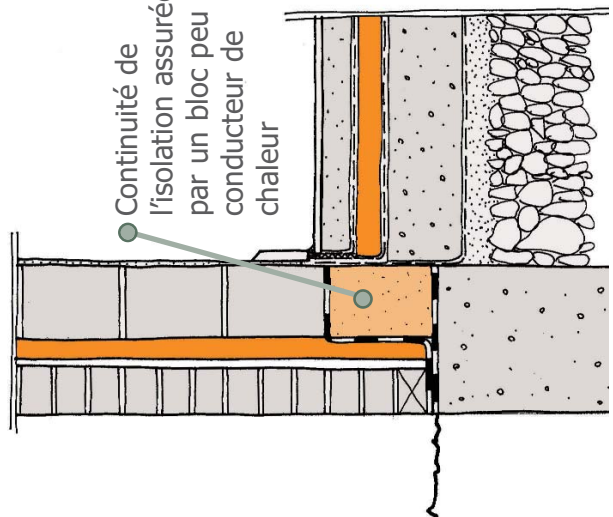
raccord mur-plancher 2	continuité de l'isolation 4	pare-vapeur 5	sous-toiture et pare-pluie 8
raccord toiture-mur pignon 3		continuité du pare-vapeur 6 & 7	continuité de la sous-toiture 9

Quels outils de contrôle ?

thermographie infrarouge 10	test d'étanchéité à l'air 11
-----------------------------------	------------------------------------

Comment réaliser une isolation efficace ?

Isolation aux raccords	plancher lourd	plancher léger	fenêtre	toiture inclinée	toiture plate
mur creux	question- problème et solution- exemple 13 & 14		question- problème et solution- exemple 15 à 17	question- problème et solution- exemple 18 & 19	
mur massif	question- problème et solution- exemple 20 & 21		question- problème et solution- exemple 22 & 23		question- problème et solution- exemple 24 & 25
paroi ossaturée		question- problème et solution- exemple 26 & 27	question- problème et solution- exemple 28 & 29		

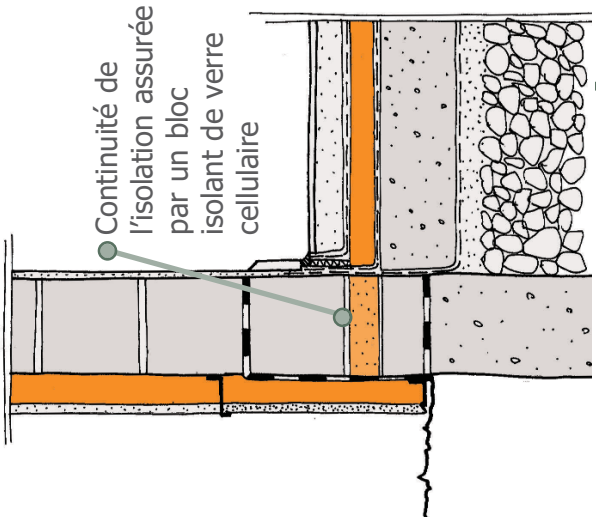


Premier bloc en béton cellulaire



Bloc isolant en terre cuite

Source : architectes fhv

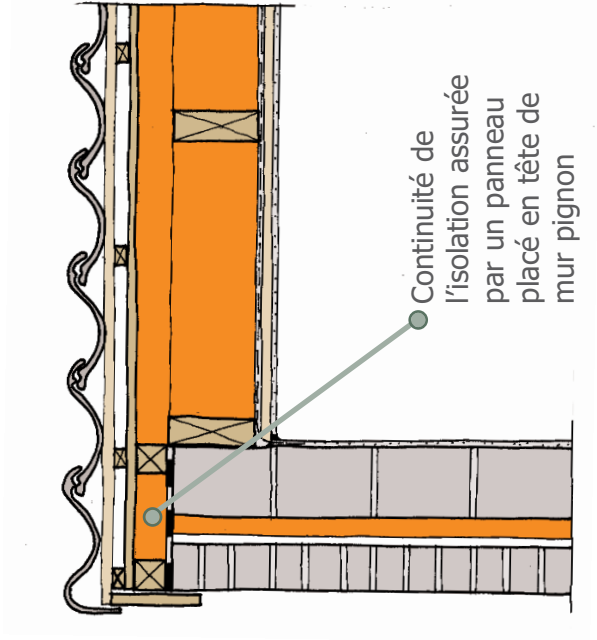


Bloc en verre cellulaire



Source : Foamglas

Raccord mur/plancher



Raccord toiture/mur pignon

Quel que soit le type d'isolant choisi, un point essentiel est de veiller à la parfaite continuité du matériau sur la paroi à isoler. Un grand soin doit donc être apporté lors de la mise en oeuvre afin d'éviter toute interruption de la couche isolante, et ce, quel que soit le mode de pose.

Fixation mécanique  Source : architecte Luc Boddin Polyuréthane dans mur mixte	Collage  Source : Foamglas Verre cellulaire collé derrière bardage	Insufflation  Source : Rockwool Laine de roche dans mur creux	Dépôt  Source : Argex Argex en vrac sous dalle de sol
 Source : sclr Artau Roseau avec crépi	 Source : architecte Léo Michaelis Polystyrène avec crépi	 Source : atelier Weiherhof Dominique Dethier Cellulose entre gîte	 Source : Entreprise Vinay Hody Laine de mouton entre gîte

Continuité de l'isolation dans la paroi

Le pare-vapeur est placé contre l'isolant et **toujours du côté INTERIEUR**.

Il est destiné à freiner le passage de vapeur à travers l'isolation; il apporte aussi une étanchéité à l'air à la paroi, qualité indispensable pour garantir l'efficacité (pas mouillée) et la qualité (pas dégradée) de l'isolation; 2 caractéristiques essentielles à assurer sur toute l'enveloppe du bâtiment.

Pour être efficace, le pare-vapeur doit être soigneusement mis en oeuvre :

- large recouvrement des lés,
- joints fermés avec bande adhésive,
- raccords étanches lors de toute interruption (structure, gaines, châssis...) ou de toute rencontre avec une autre paroi (mur...).

Le pare-vapeur est caractérisé par la valeur μd .

La valeur μd est la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ) multipliée par son épaisseur (d). Elle est exprimée en mètre (m).

Un matériau tout à fait perméable à la vapeur d'eau présentera une valeur $\mu d \approx 1$.

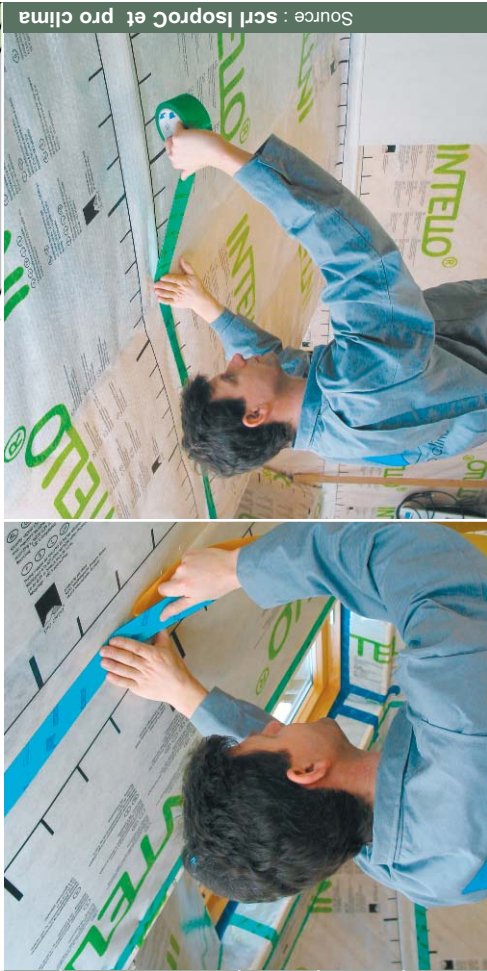
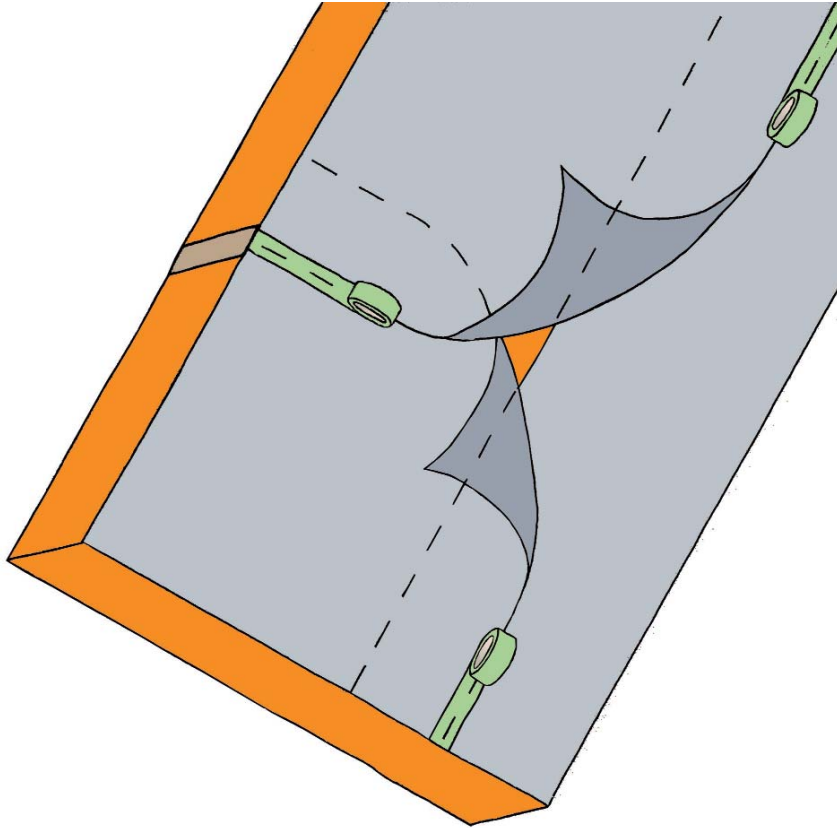
Un matériau tout à fait étanche présentera un μd infini.

Le choix de la résistance μd du pare-vapeur, toujours placé côté intérieur, dépend de la perméabilité des matériaux côté extérieur.

Il y a différentes classes de pare-vapeur :

Classe	valeur μd	matériau
E1	$2 < \mu d < 5$ m	- feuille polyéthylène < 0,1 mm - papier peint plastifié - feuilles-cartons appelées freine-vapeur - certaines peintures - papier kraft avec feuille d'aluminium...
E2	$5 < \mu d < 25$ m	- feuille polyéthylène > 0,1 mm - voile de verre bitumé...
E3	$25 < \mu d < 200$ m	- bitume armé de polyester ou de voile de verre (épaisseur 3 à 4 mm)...
E4	$\mu d > 200$ m	- aluminium enrobé de bitume à joints collés ou soudés (épaisseur 3 mm)...

Pare-vapeur





Idéalement, le pare-vapeur se pose indépendamment de l'isolation avec des bandes les plus larges possibles pour limiter le nombre de joints.



Tout raccord est refermé par les bandes prescrites par le fabricant du pare-vapeur

Continuité du pare-vapeur



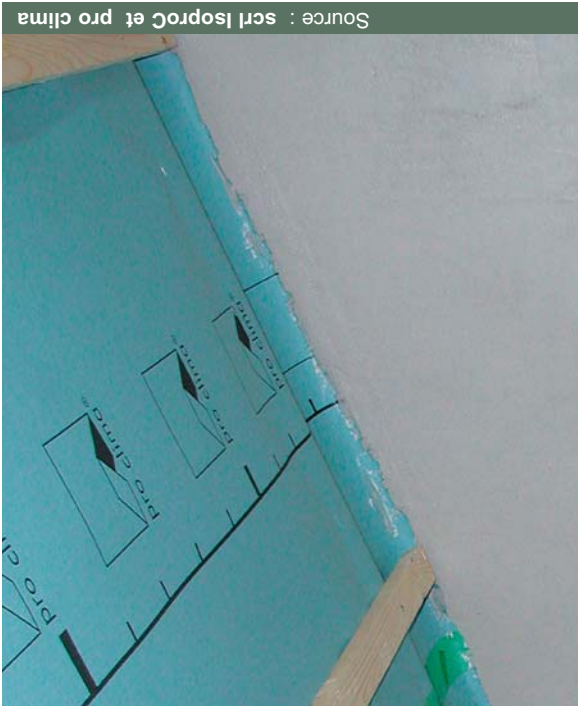
Source : architecte Luc Boddin



Source : architecte Léo Michaelis



Source : srl IsoproC et pro clima



Source : srl IsoproC et pro clima

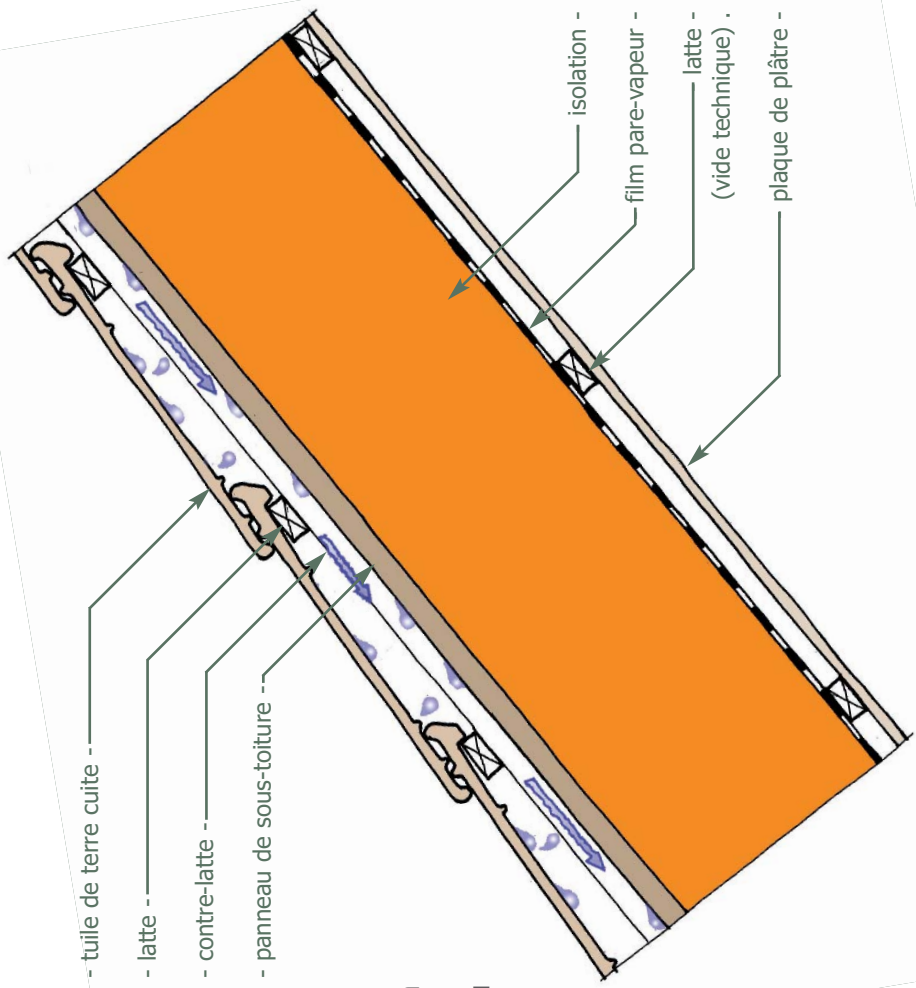
La jonction du pare-vapeur avec les parois adjacentes doit être réalisée avec un grand soin afin d'éviter toute fuite d'air au niveau de ce raccord.

Raccord pare-vapeur /mur enduit

La sous-toiture est placée contre l'isolant et **toujours du côté EXTERIEUR**. La sous-toiture (en paroi inclinée) ou le pare-pluie (en paroi verticale) a pour rôle d'évacuer vers l'extérieur l'eau qui s'infiltre accidentellement.

Cette étanchéité permet d'optimiser la performance thermique de la paroi en empêchant le passage du vent dans l'isolant.

Il est indispensable que la sous-toiture ou le pare-pluie permette la diffusion de la vapeur d'eau contenue dans la paroi afin d'éviter toute condensation interne. Pour cela, il faut veiller à ce que les valeurs des différents matériaux composant la paroi soient de plus en plus faibles au fur et à mesure que l'on s'approche de l'extérieur : c'est-à-dire élevée pour le pare-vapeur et moindre pour la sous-toiture ou le pare-pluie.



Opter pour des panneaux de sous-toiture à diffusion ouverte plutôt que des films permet :

- d'améliorer la performance thermique de la paroi,
- d'apporter plus de rigidité à la charpente (épaisseur minimale de 15 mm),
- de garantir une bonne diffusion de la vapeur d'eau (valeur μ_d du panneau plus faible que celle du pare-vapeur).

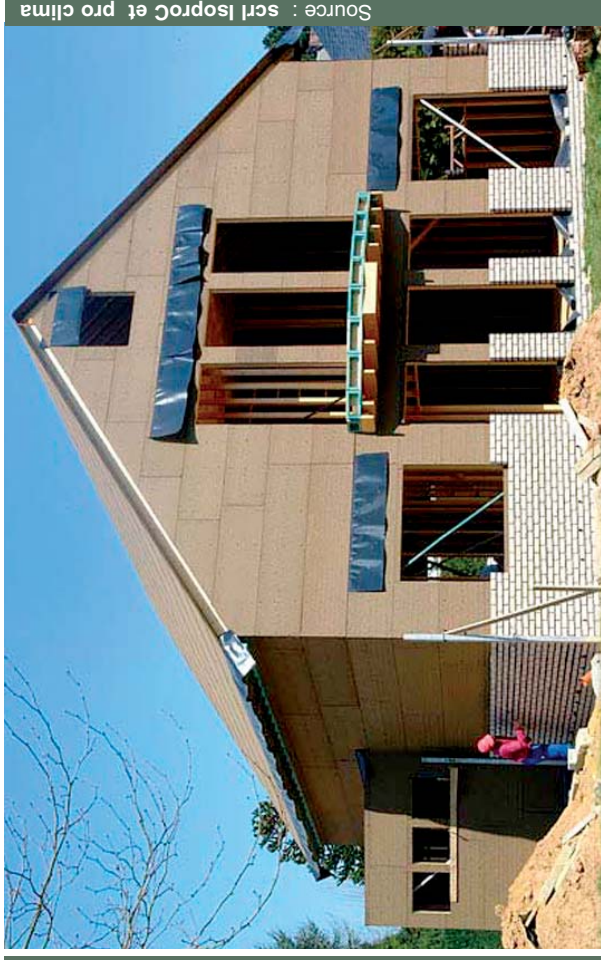


Source : architecte Léo Michaelis

Sous-toiture et pare-pluie



Source : architecte Léo Michaelis



Source : srl IsoproC et pro clima



Source : srl IsoproC et pro clima

Continuité de la sous-toiture et du pare-pluie

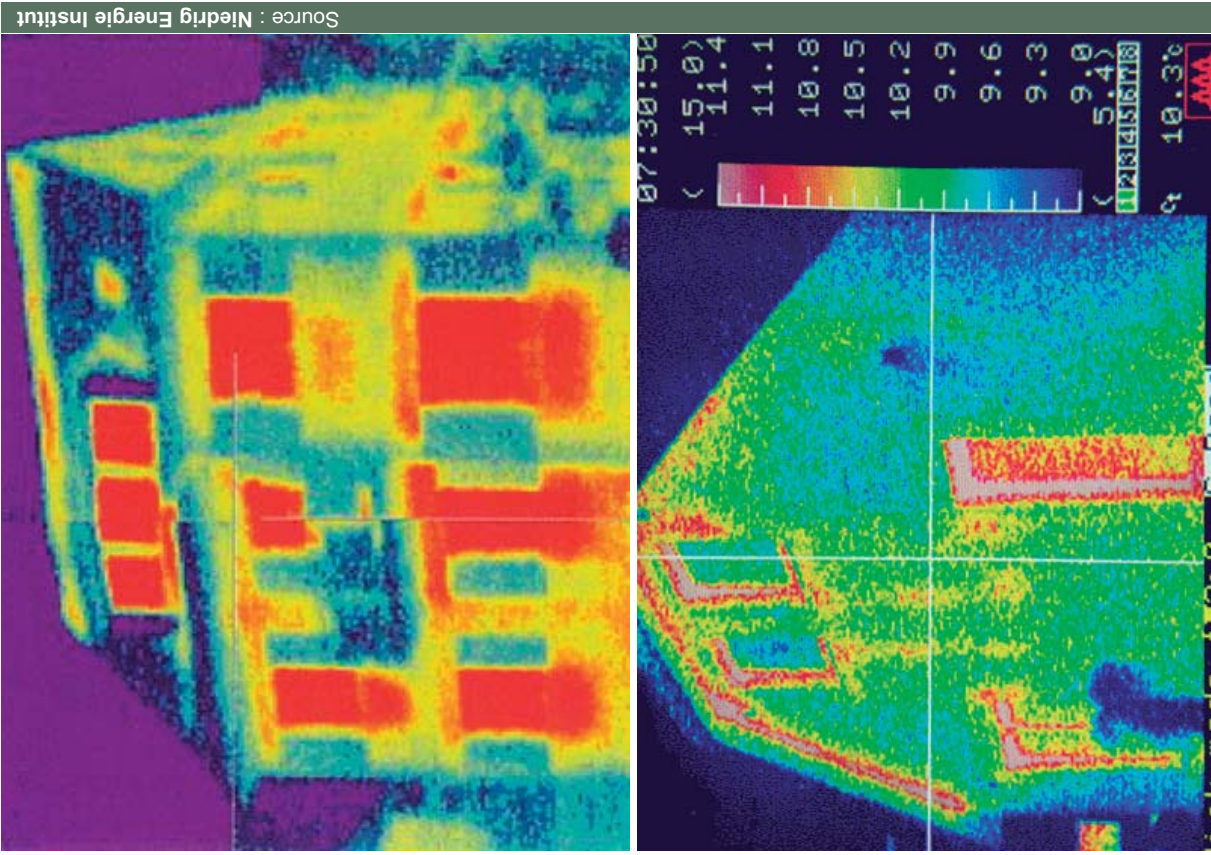
La thermographie infrarouge est une technique photographique de mesure des températures de surface. Elle consiste ici à analyser les déperditions thermiques des parois.

Elle fait apparaître alors les éventuels points déficients :

- en bleu foncé, les zones bien isolées (la température de surface est alors faible),
- en orange-jaune-vert, les zones faiblement isolées,
- en rouge, les zones de grande déperdition thermique (la température de surface est alors élevée).

Elle peut aussi se révéler intéressante lorsqu'on intervient sur un bâtiment existant pour en améliorer la performance énergétique : détection des ponts thermiques, zones mal isolées, fuites d'air...

Des primes sont activables auprès de la Région wallonne lorsque la thermographie est liée à un audit énergétique du bâtiment.



Source : Niedrig Energie Institut

Thermographie infrarouge

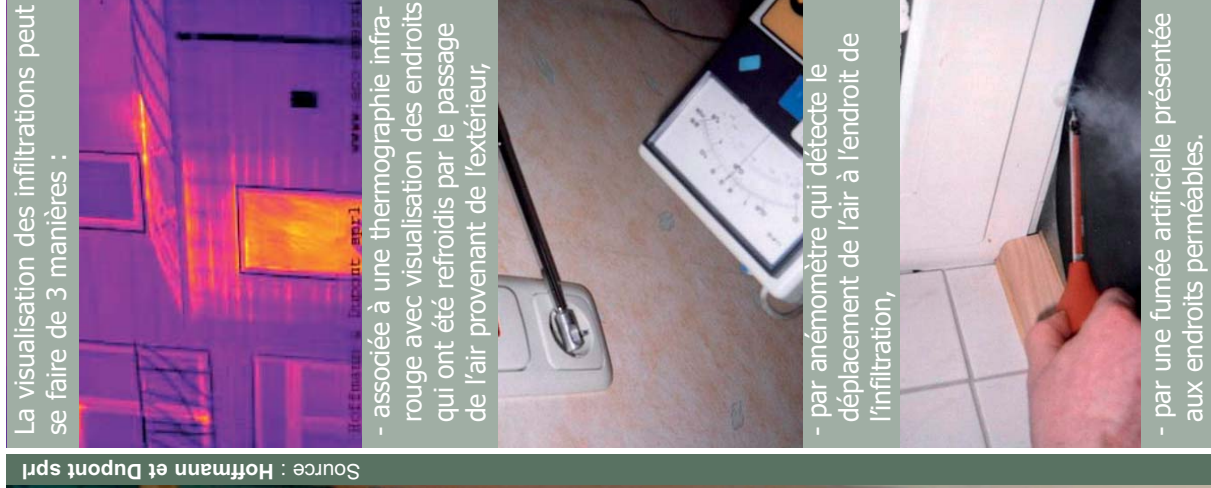
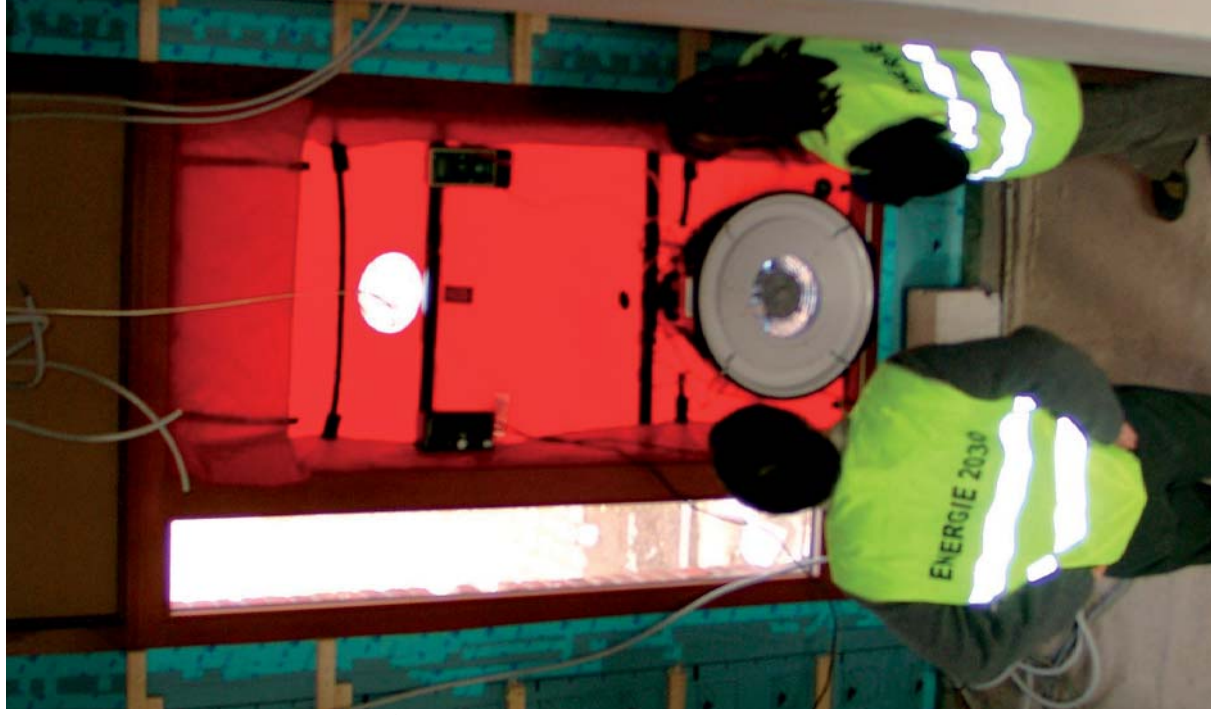
Un test d'étanchéité à l'air consiste à mesurer et localiser les flux d'air qui s'infiltrent au travers de l'enveloppe d'un bâtiment ou d'un local.

Les défauts d'étanchéité à l'air causent :

- des entrées d'air froid, sources d'inconfort (infiltrations),
- des fuites d'air chaud (exfiltrations), sources de déperditions,
- une diminution de l'efficacité de l'isolation thermique,
- un risque de condensation dans les parois,
- une perturbation des flux de ventilation,
- une pénétration de bruit...

La technique consiste à mettre les locaux en dépression ou en surpression à l'aide d'un ventilateur installé dans une baie extérieure et à mesurer l'air qui s'infiltré au travers de l'enveloppe. La dépression provoquée par le ventilateur simule une situation équivalente à un vent de 32 km/h soufflant sur le bâtiment.

Ce test est également connu sous le nom de **blower door** ou **infiltrométrie**.



La visualisation des infiltrations peut se faire de 3 manières :

- associée à une thermographie infrarouge avec visualisation des endroits qui ont été refroidis par le passage de l'air provenant de l'extérieur,

- par anémomètre qui détecte le déplacement de l'air à l'endroit de l'infiltration,

- par une fumée artificielle présentée aux endroits perméables.

Les différentes techniques de visualisation présentées ci-contre offrent la possibilité d'intervenir avec certitude aux endroits défectueux.

Il est vivement conseillé de procéder à ce type de test dans les bâtiments lors de la construction afin de vérifier d'abord et de parfaire ensuite toutes les jonctions réalisées par l'entreprise. Le test devient un instrument de travail et non simplement un outil de contrôle.

Test d'étanchéité à l'air



Objectif spécifique

A la fin du module, l'apprenant sera capable de réaliser un détail de jonction correct au niveau constructif et au niveau thermique.



Durée

1 à 2 périodes
de 50 minutes



Matériel

- photocopies des fiches questions-problèmes (voir ci-après)
- un rétroprojecteur.



Démarche proposée

*Travail par petits groupes
(2 à 3 apprenants)*

1. Distribuer une fiche question-problème différente à chaque groupe.

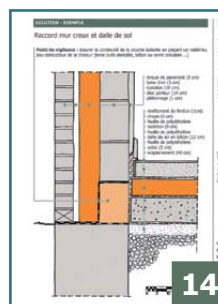
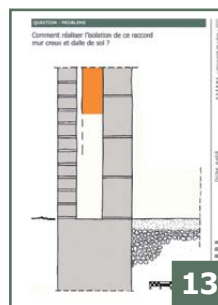
Donner la consigne de compléter le schéma en réalisant une isolation performante et efficace.

2. Récolter les résultats, les comparer et les corriger ensemble en s'appuyant sur la fiche solution-exemple.

3. Compléter l'information en s'appuyant sur les fiches analyses.



Supports



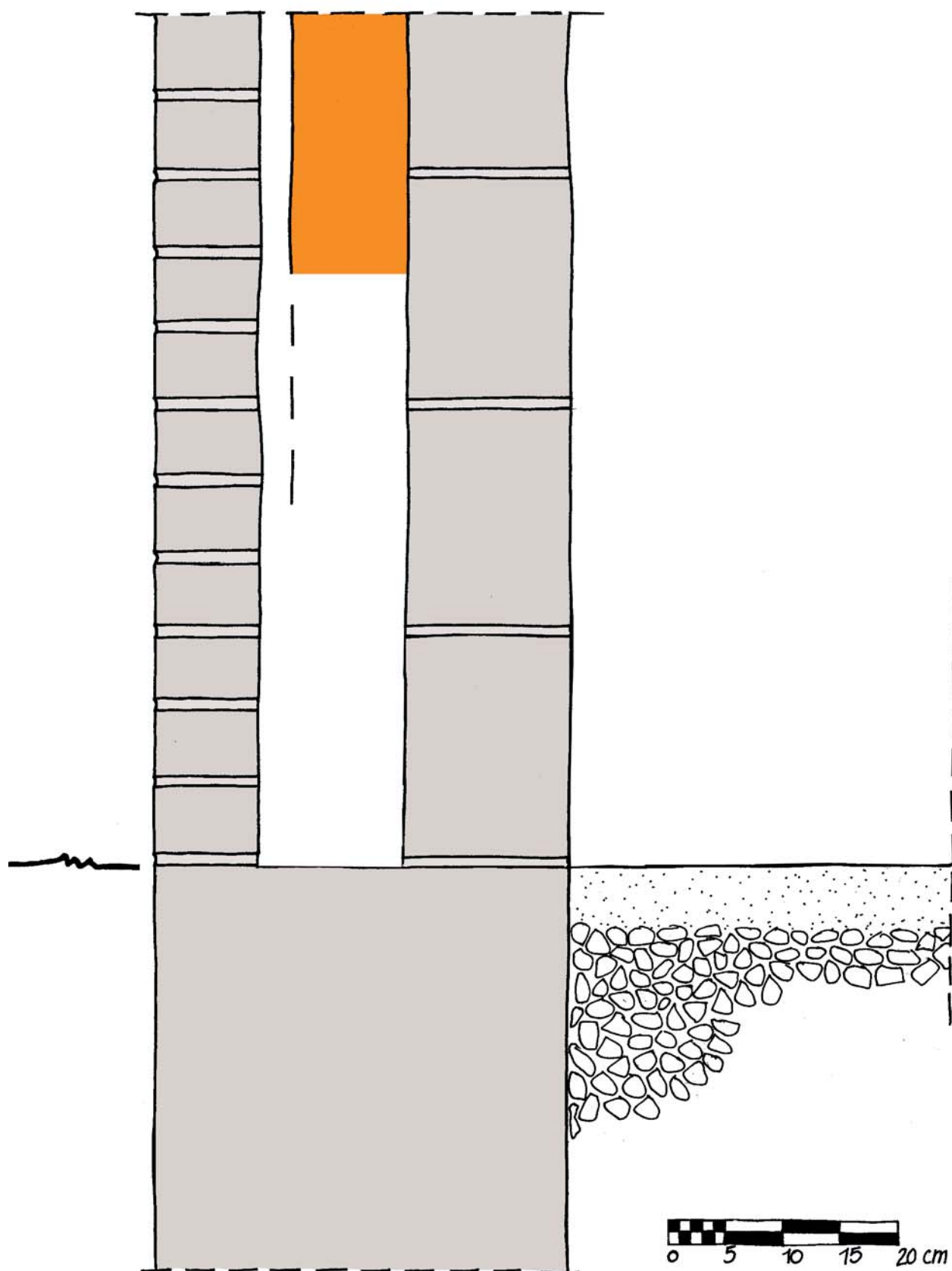
Évaluation

Demander à chacun de refaire l'exercice en permutant le type de fiche.

QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur creux et dalle de sol ?

(Différentes solutions sont possibles)

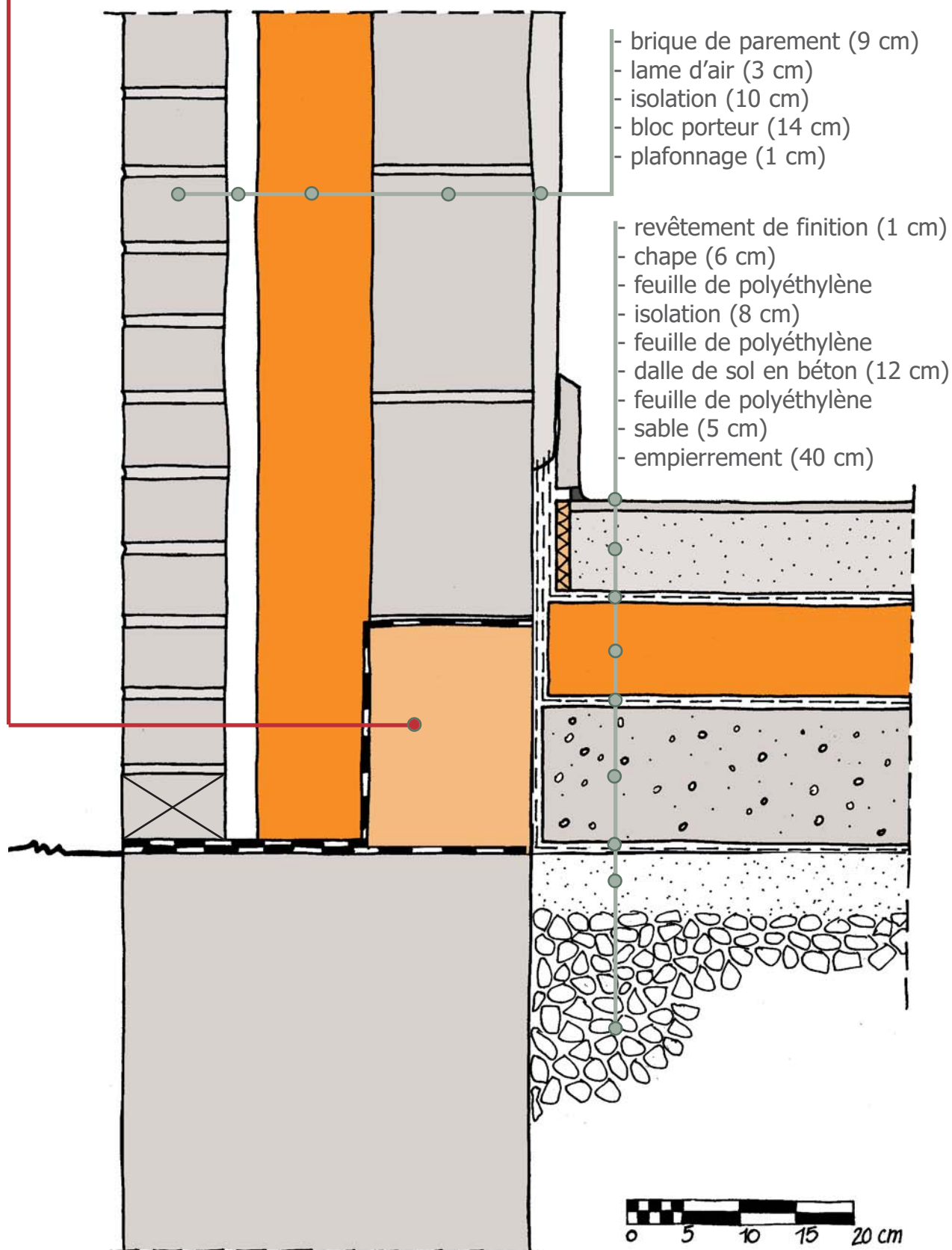


Raccord mur creux et dalle de sol

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

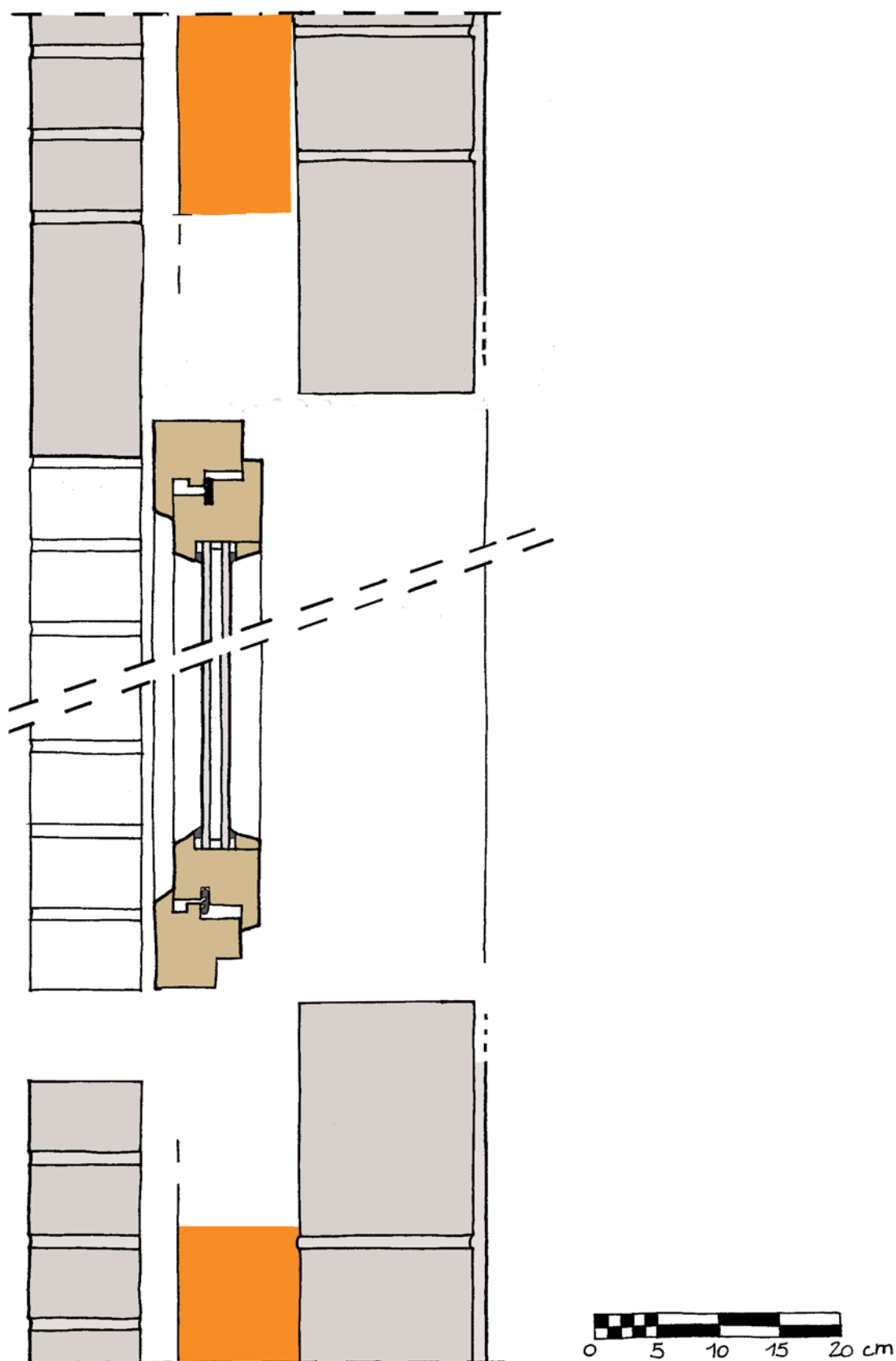
Assurer la continuité de la couche isolante en plaçant un matériau peu conducteur de la chaleur (terre cuite alvéolée, béton ou verre cellulaire ...).



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur creux et châssis de fenêtre ?

(Différentes solutions sont possibles)



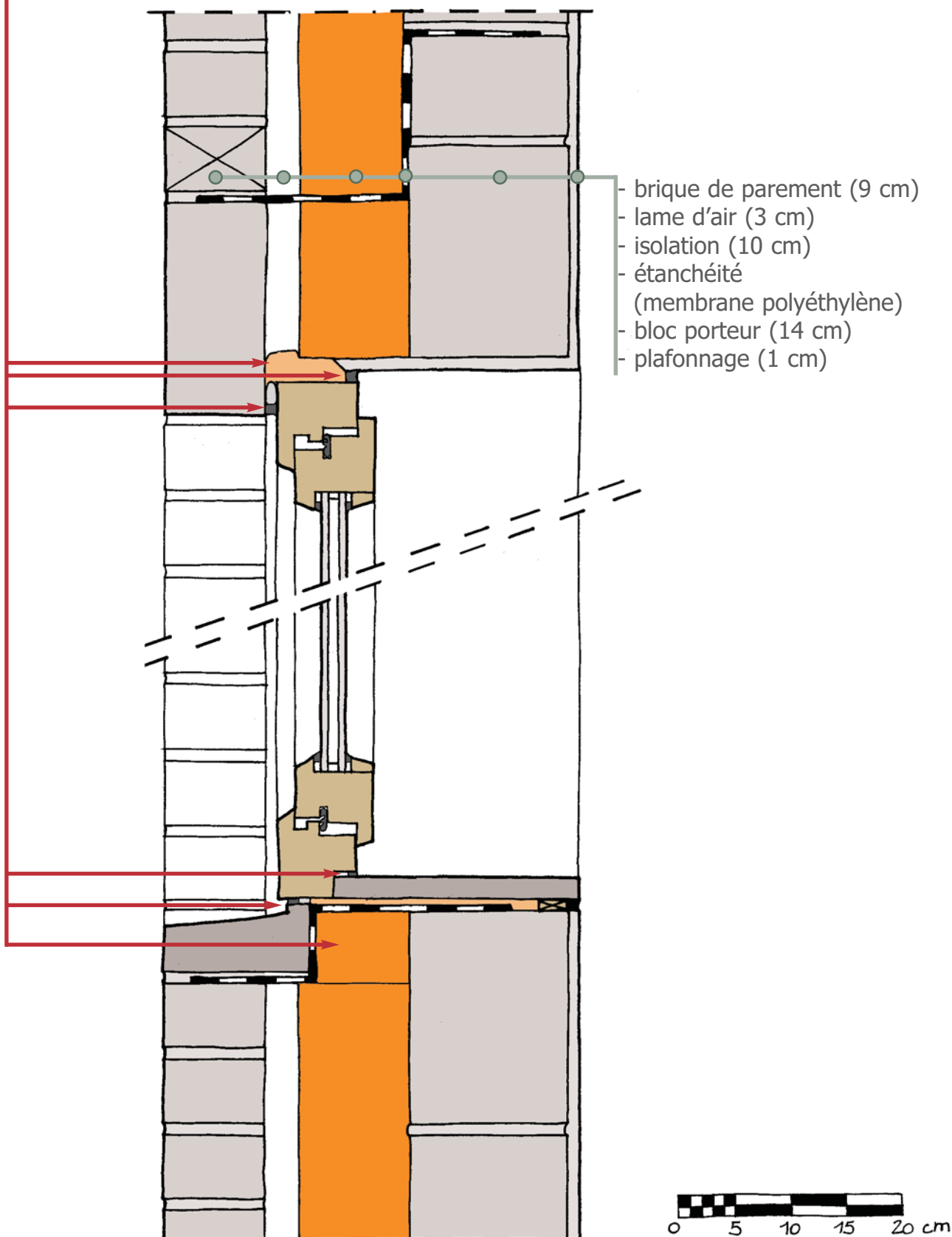
Raccord mur creux et châssis de fenêtre

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

Assurer sur le pourtour du châssis :

- un resserrage soigneux de l'isolation : linteau, seuil et piédroits,
- des joints d'étanchéité souples tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.



SOLUTION - EXEMPLE



Source : Entreprise EUROBAU

Mur creux avec 10 cm d'isolation - détail linteau



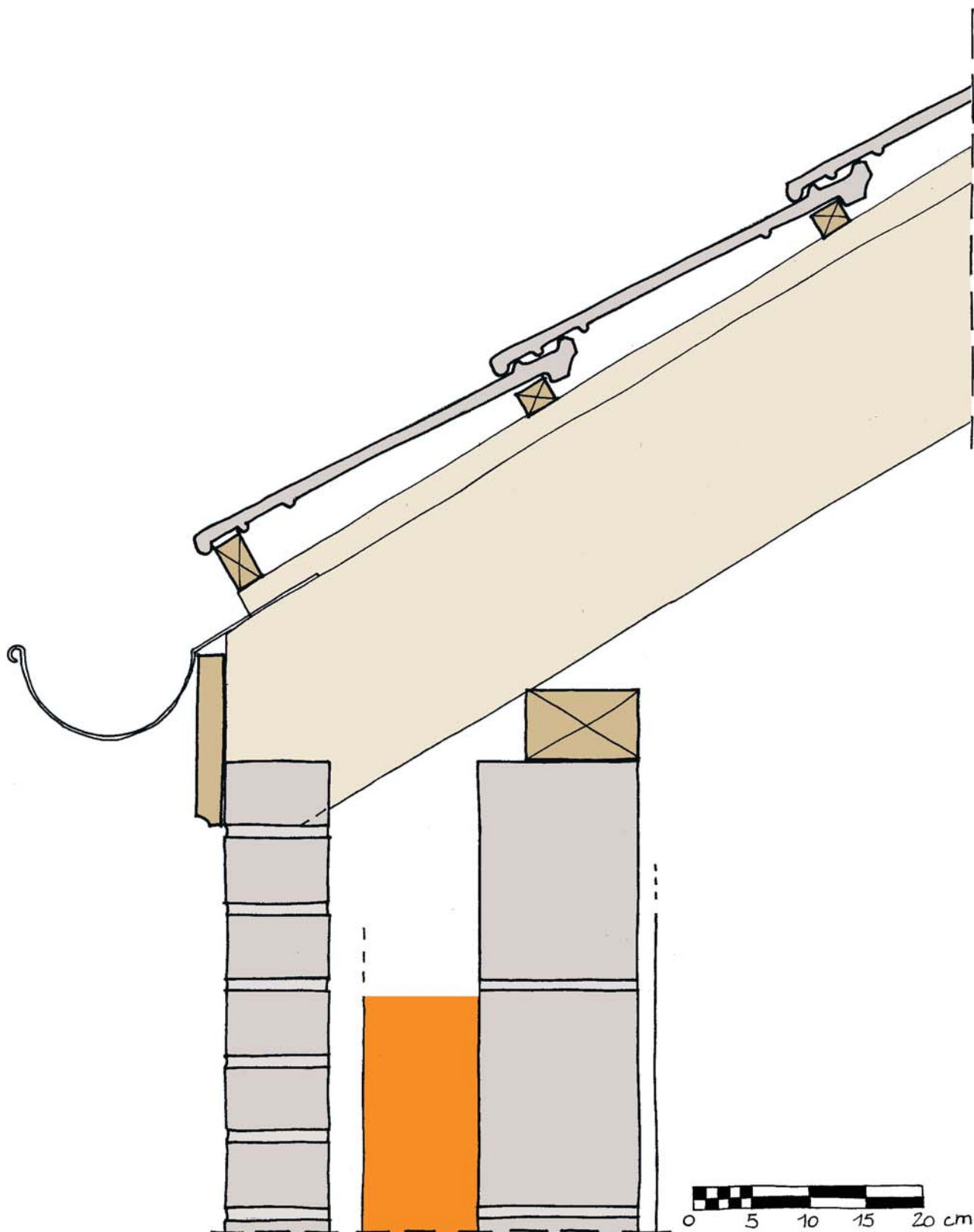
Source : Entreprise EUROBAU

Mur creux avec 10 cm d'isolation - seuil et pied de mur

QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur creux et toiture ?

(Différentes solutions sont possibles)



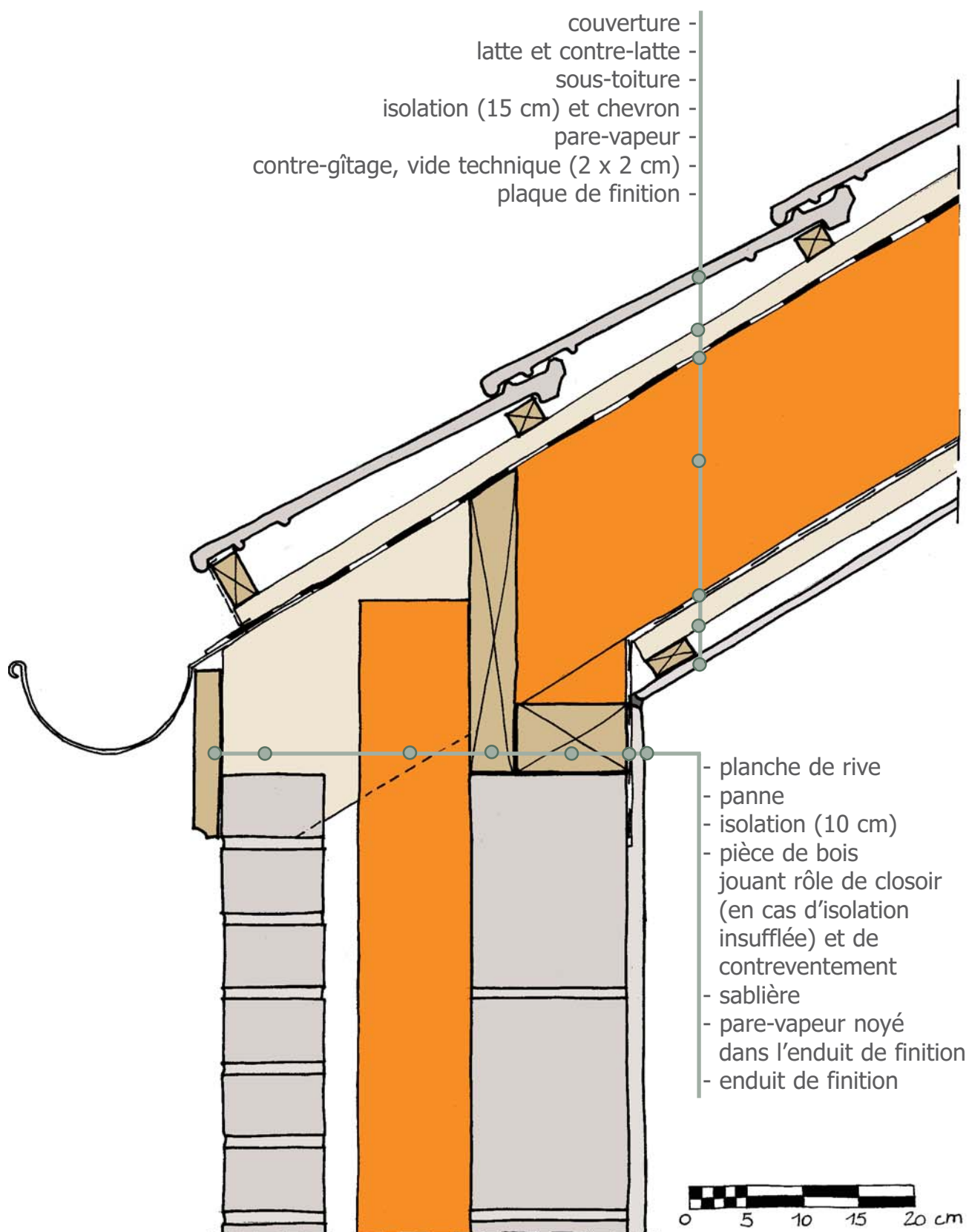
Raccord mur creux et toiture

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

Assurer la parfaite continuité

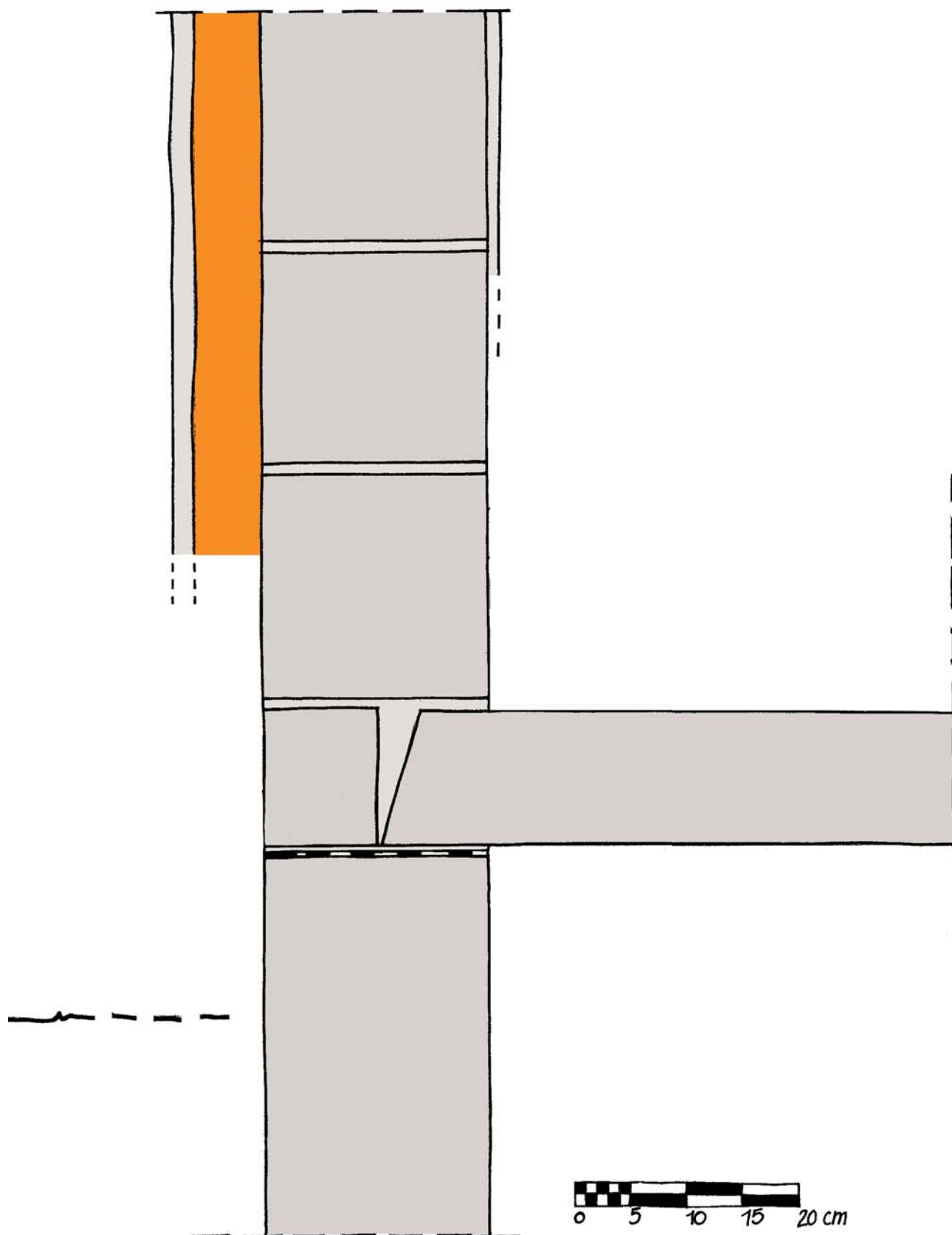
- de l'isolation,
- du pare-vapeur.



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur massif crépi et plancher lourd ?

(Différentes solutions sont possibles)

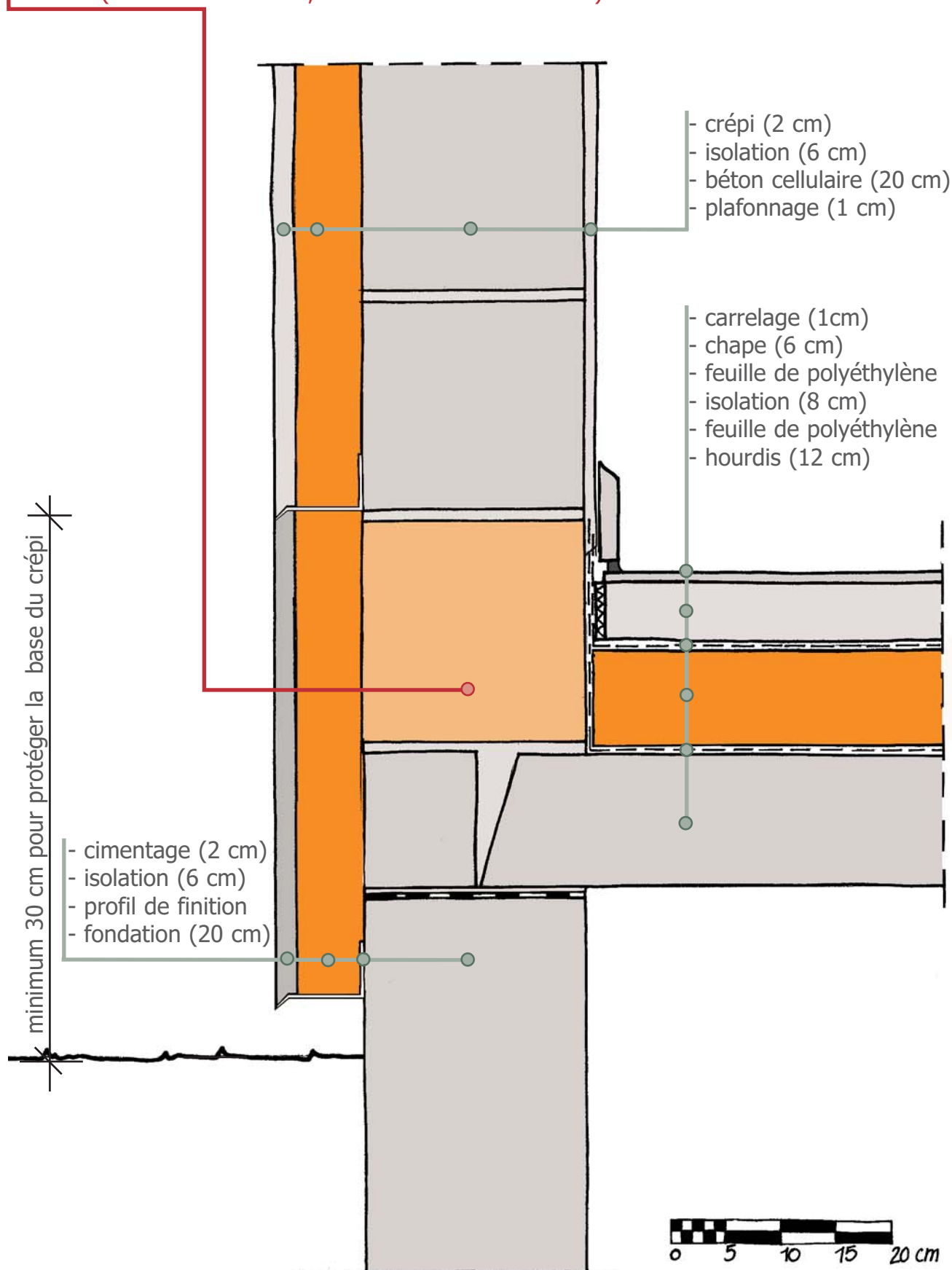


Raccord mur massif crépi et plancher lourd

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

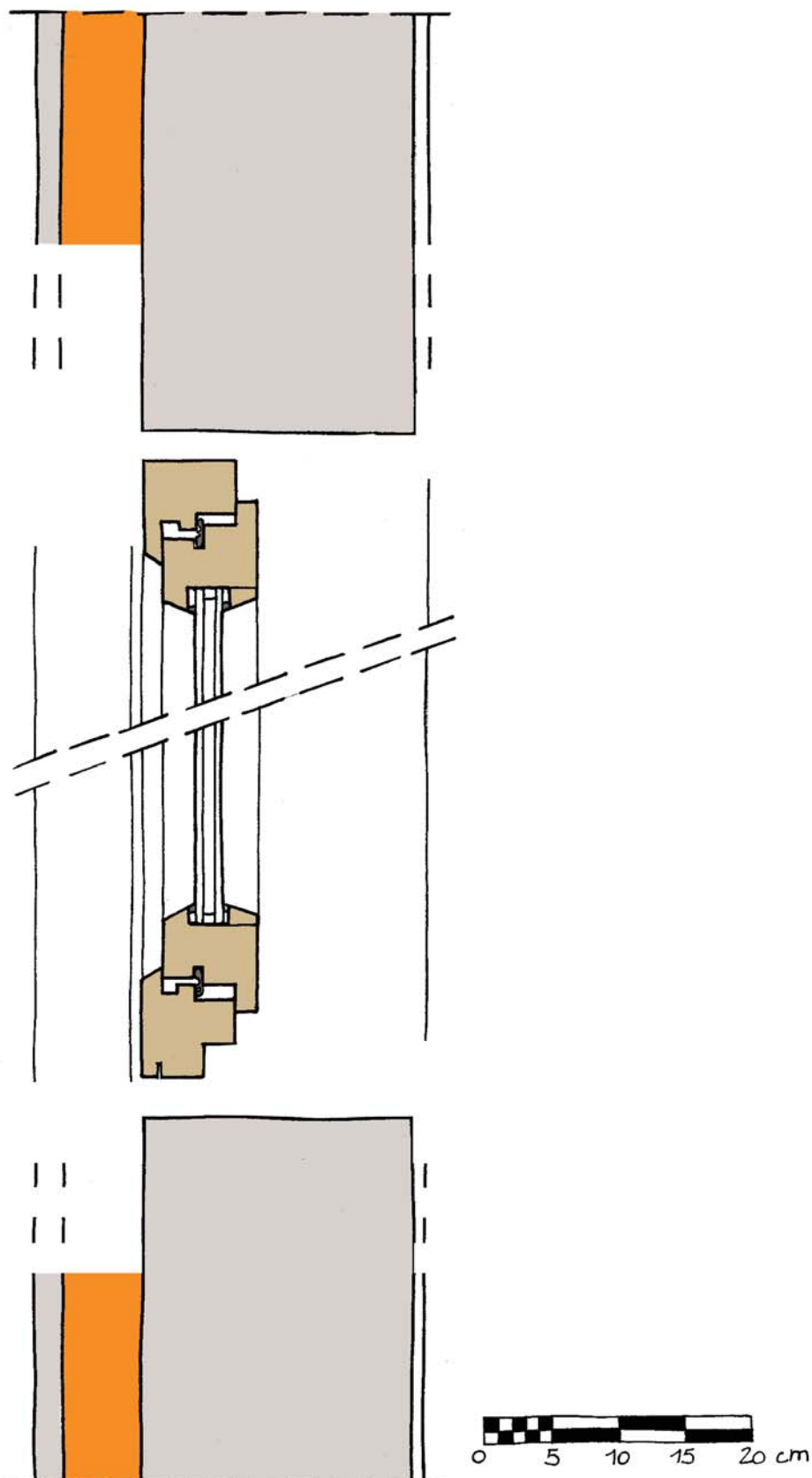
Assurer la continuité de la couche isolante en plaçant un matériau peu conducteur de la chaleur (terre cuite alvéolée, béton ou verre cellulaire...)



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur massif crépi et châssis de fenêtre ?

(Différentes solutions sont possibles)



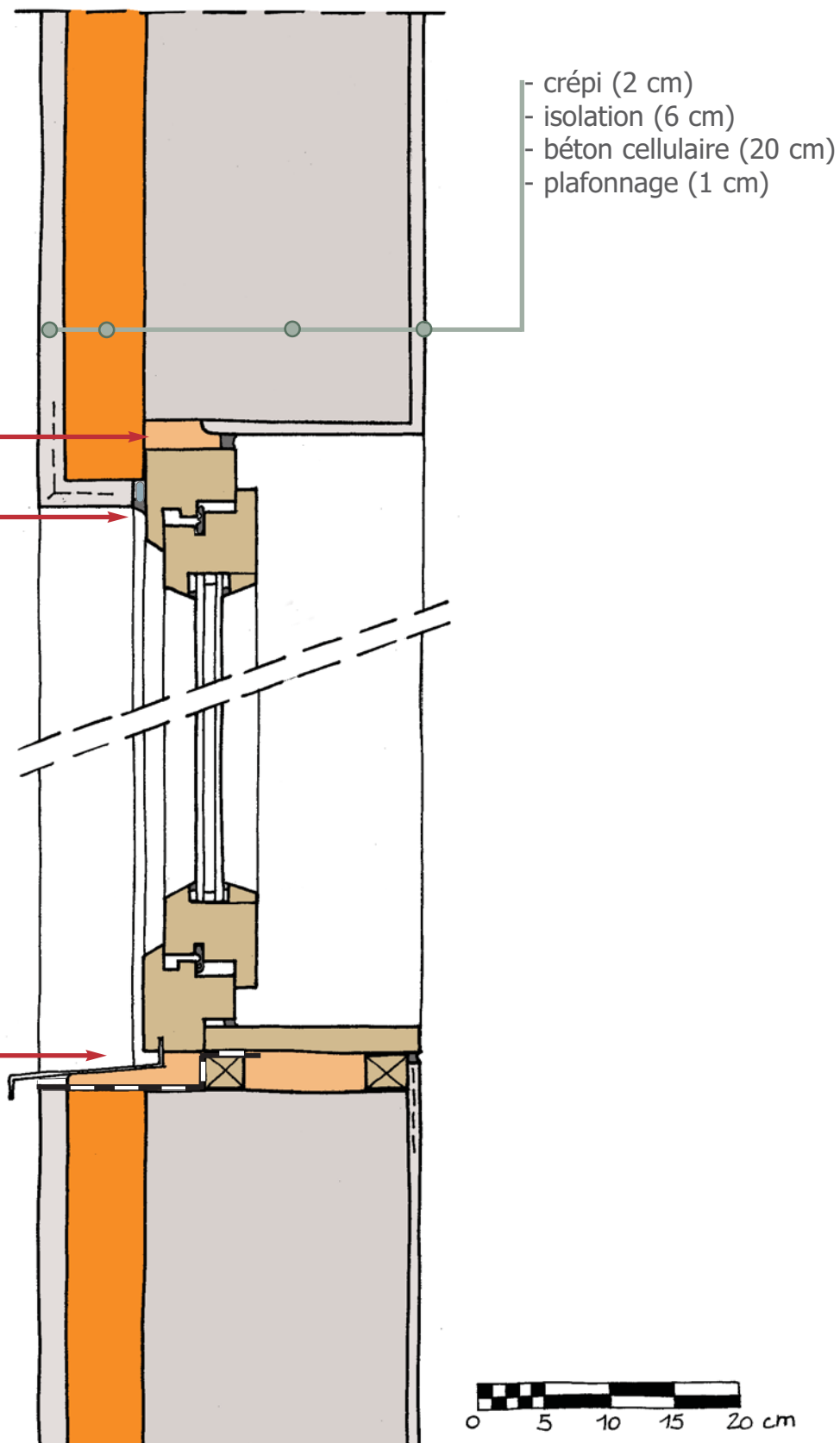
Raccord mur massif crépi et châssis de fenêtre

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

Assurer sur le pourtour du châssis

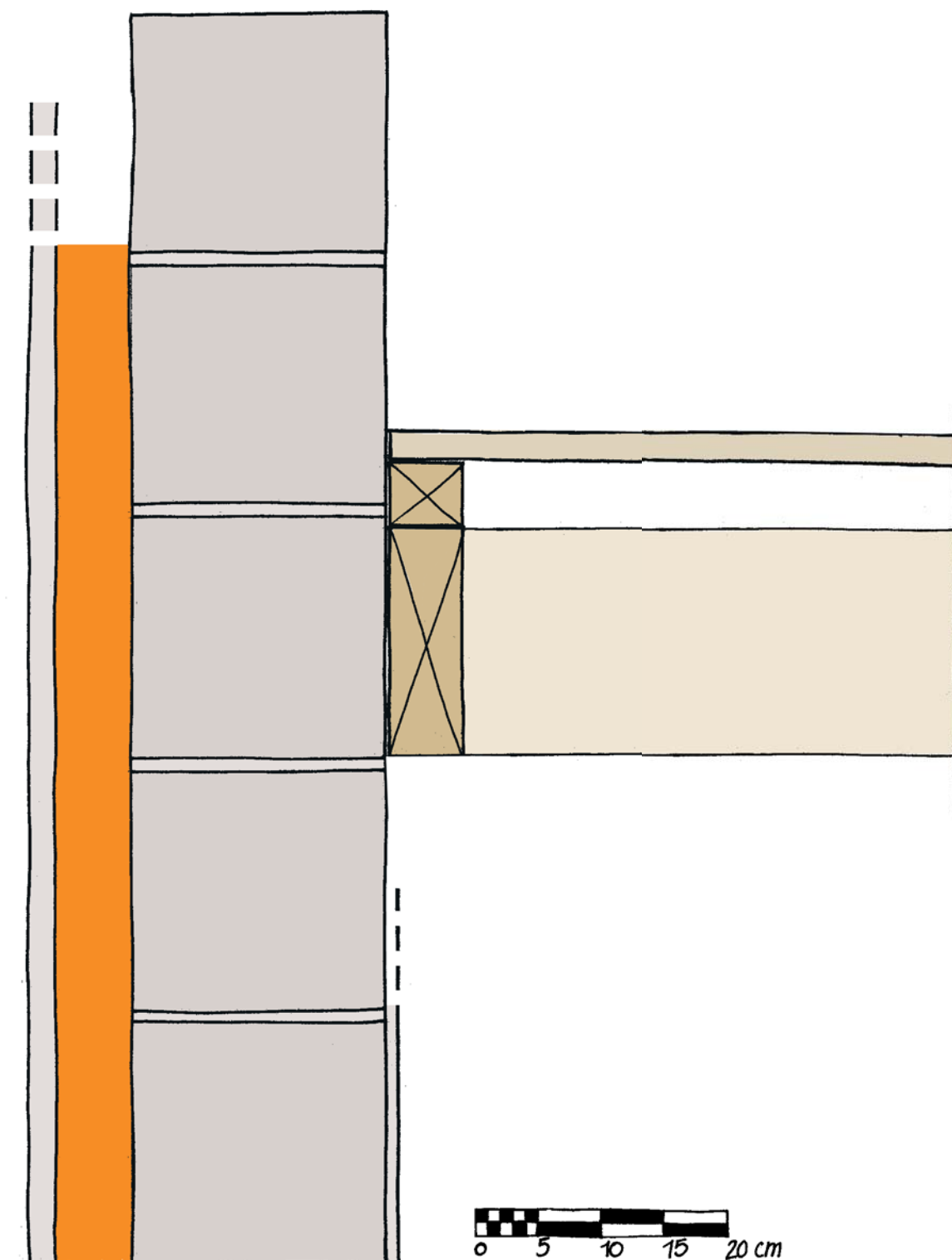
- un resserrage soigneux de l'isolation : linteau, seuil et piédroits,
- des joints d'étanchéité souples tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
mur massif crépi et toiture plate ?

(Différentes solutions sont possibles)



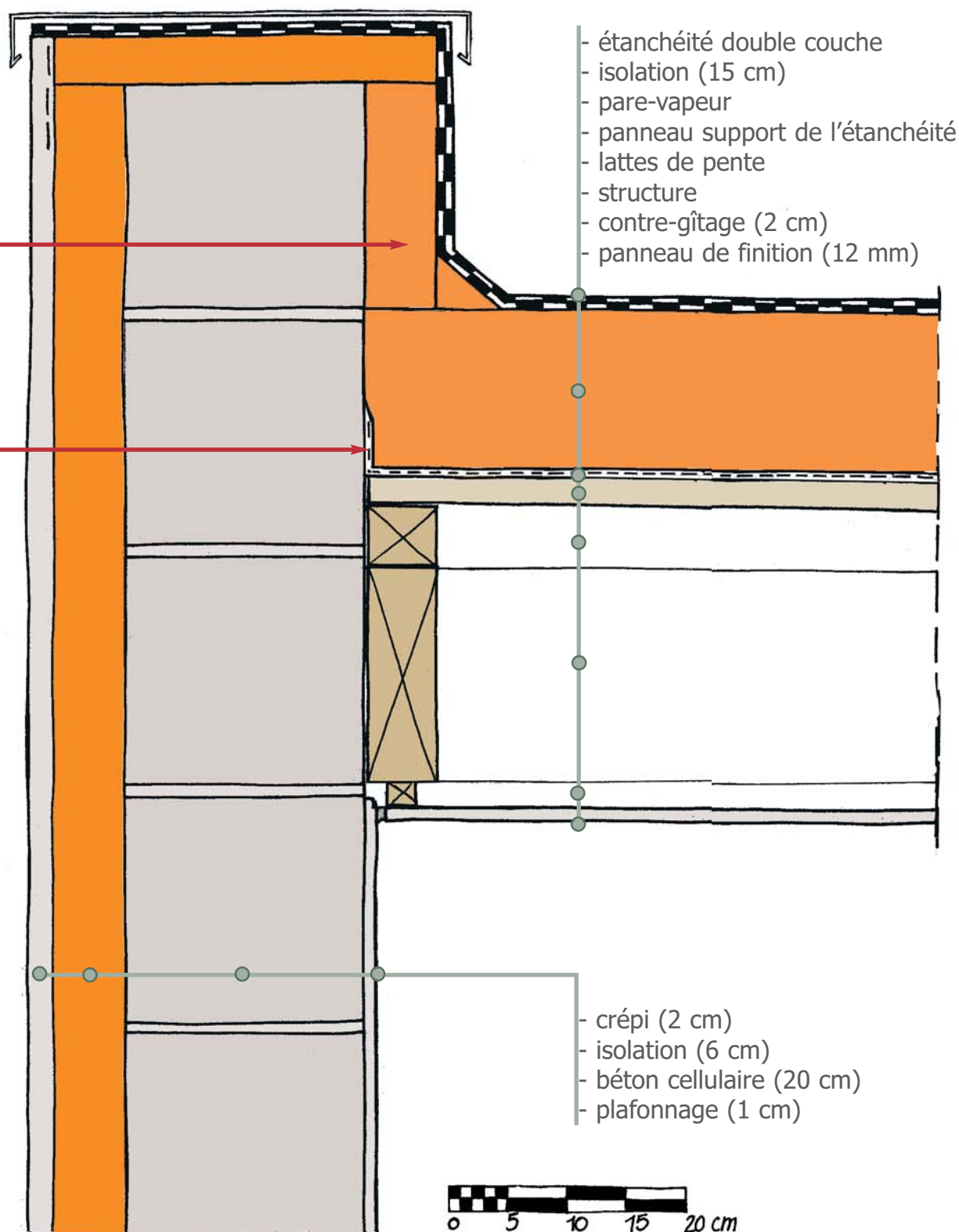
Raccord mur massif crépi et toiture plate

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

Assurer la parfaite continuité

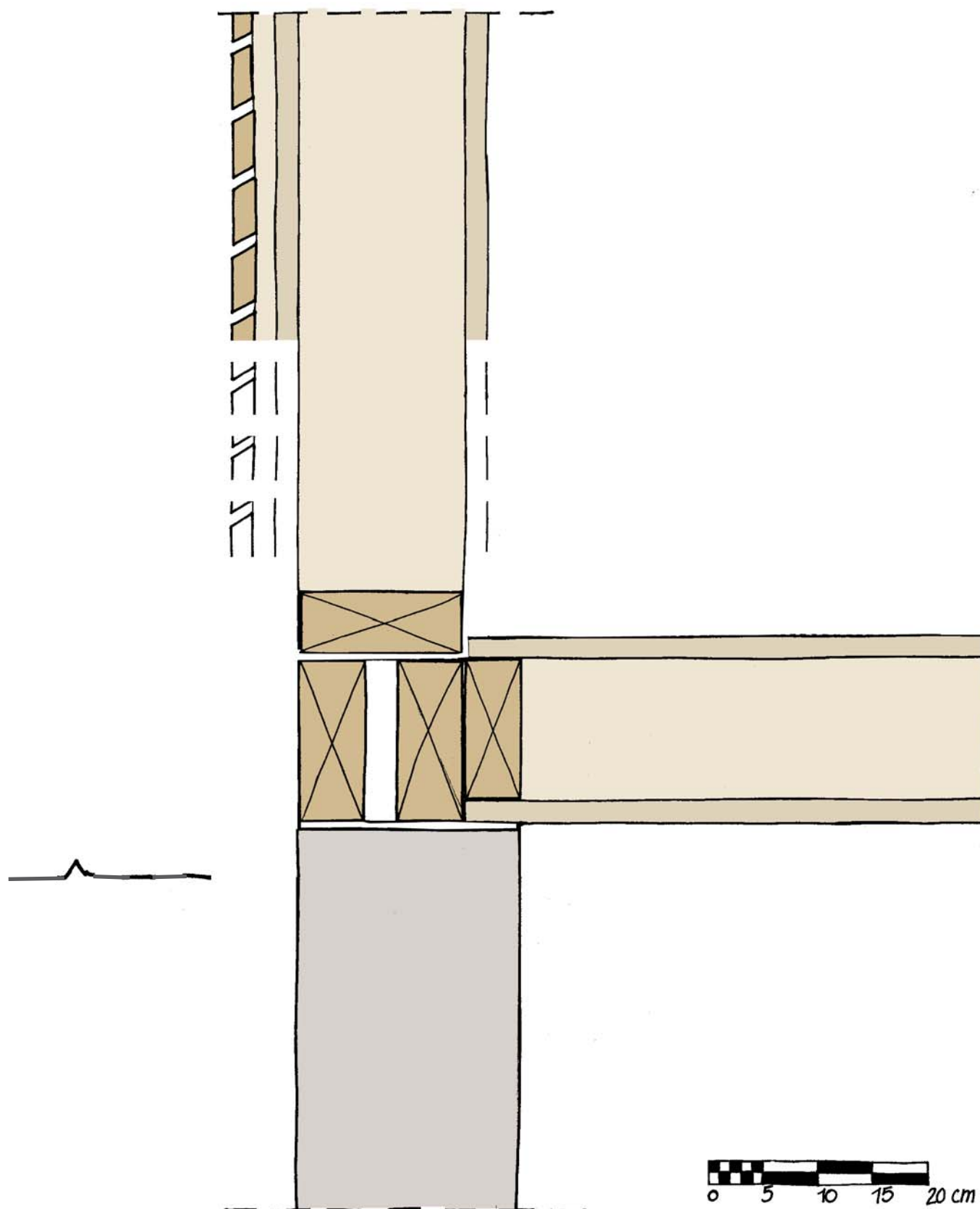
- de l'isolation,
- du pare-vapeur.



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
paroi ossaturée bois et plancher léger ?

(Différentes solutions sont possibles)

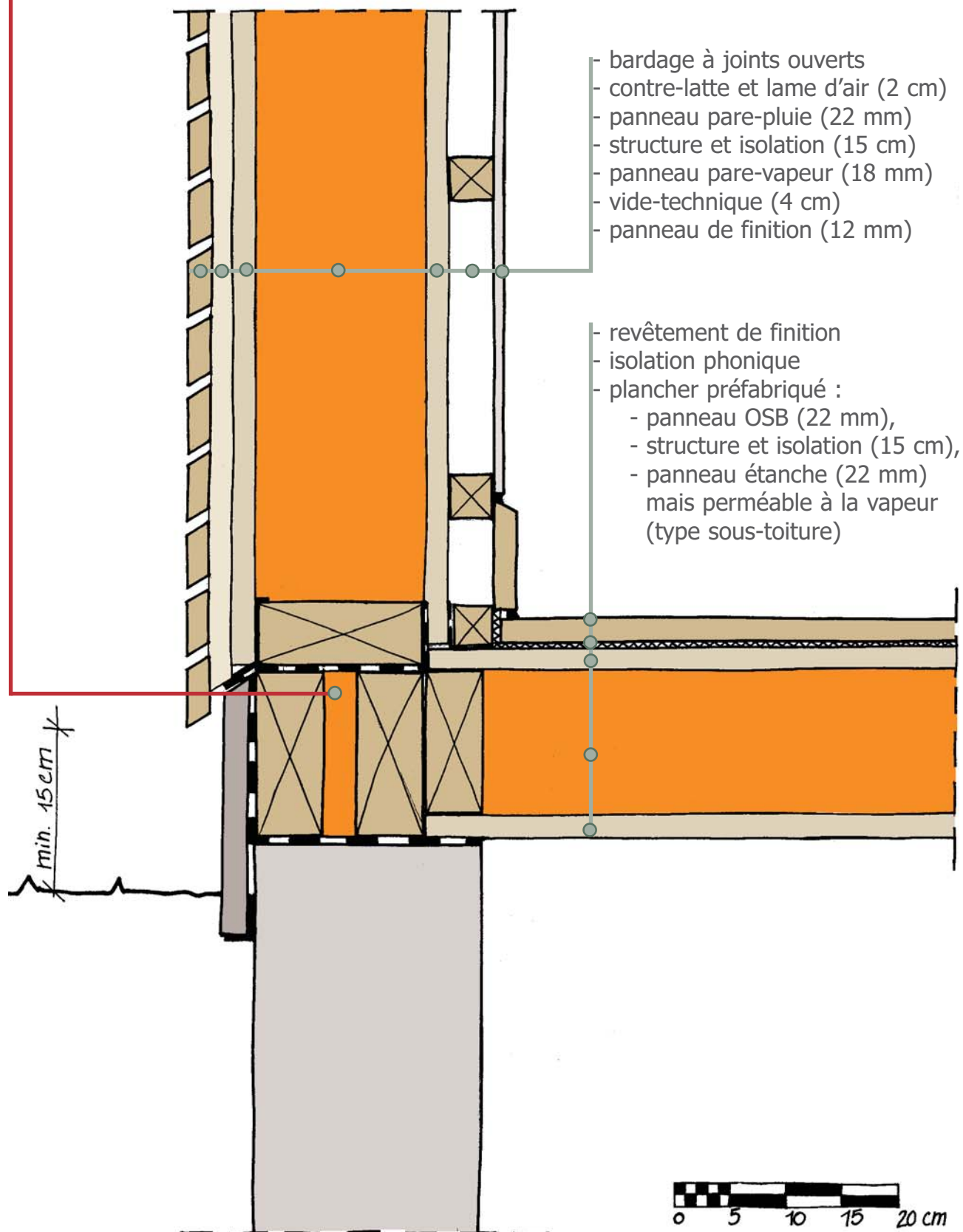


Raccord paroi ossaturée bois et plancher léger

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

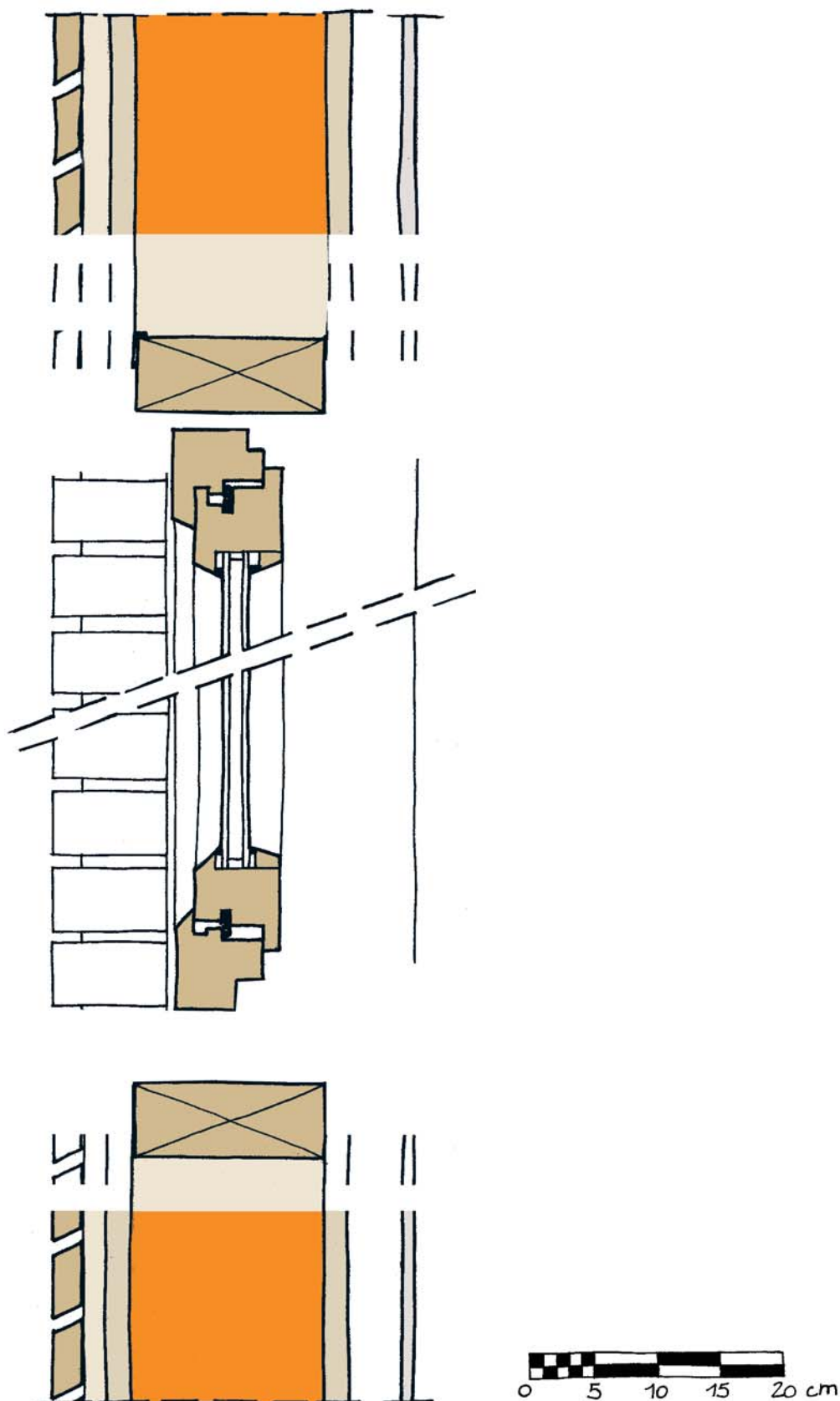
Assurer la continuité de la couche isolante au pied de la paroi.



QUESTION - PROBLÈME

Comment réaliser l'isolation de ce raccord
paroi ossaturée bois et châssis de fenêtre ?

(Différentes solutions sont possibles)



Raccord paroi ossaturée bois et châssis de fenêtre

(une des solutions possibles)

Point de vigilance

Assurer sur le pourtour du châssis

- un resserrage soigneux de l'isolation : linteau, seuil et piédroits,
- des joints d'étanchéité souples tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

