

FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE :
RÉNOVATION DE LA TOITURE

AUTOMNE 2023

Etanchéité à l'air



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

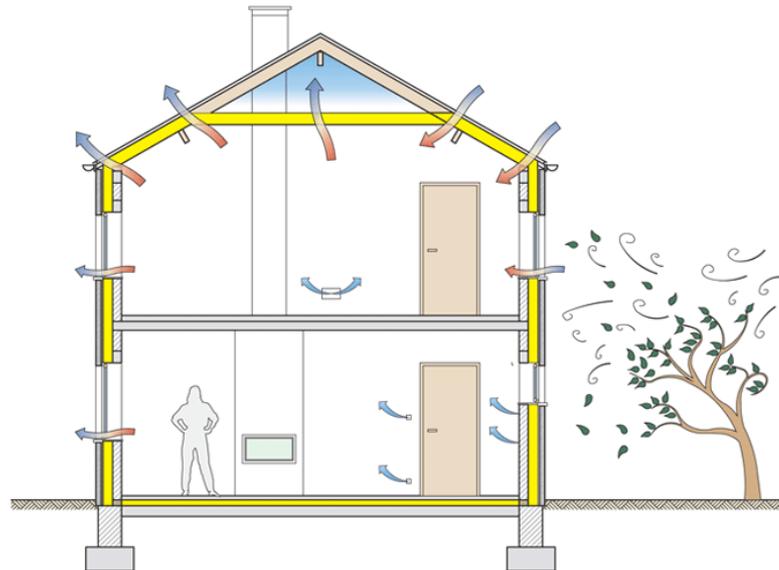
Pierre WILLEM
éCORCE
INGÉNIERIE & CONSULTANCE

- ▶ Ce livret est un complément théorique à la présentation intitulée « Se protéger de la pluie et du froid ».
- ▶ Il a pour objectif de mettre en évidence les aspects liés à la seule question de l'**étanchéité à l'air**.
- ▶ L'orateur n'aura recours à ce document qu'en cas de question ciblée sur un point spécifique à cette thématique.



Étanchéité à l'air [source: CTSC]

- ▶ L'étanchéité à l'air d'une construction définit sa capacité à empêcher le passage de l'air extérieur vers l'intérieur du bâtiment et inversement.
- ▶ Elle se quantifie à l'aide du débit de fuite qui traverse l'enveloppe sous un écart de pression donné entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. En Belgique, on exprime généralement l'étanchéité à l'air pour une différence de pression de 50 Pa.

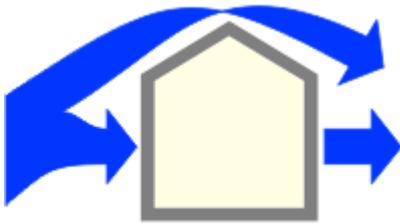


Source / Bron : CSTC

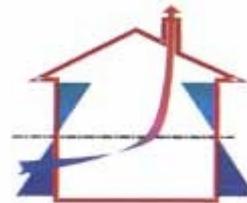


Phénomène physique

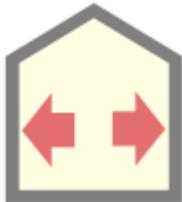
- ▶ Différence de pression entre intérieur et extérieur (0 à 100 Pa)
→ Migration de l'air
 - Vent
Pression/dépression sur les façades



Source : énergie+



- Température
Chauffage → Dilatation de l'air intérieur → Surpression



Source : énergie+



D'où viennent les fuites ?

- ▶ Porosité des matériaux

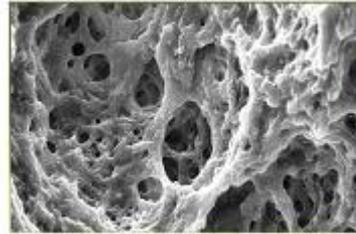
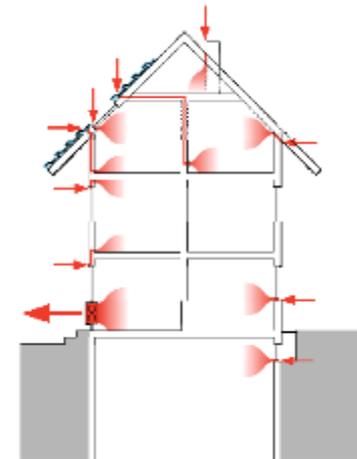


photo microscopique d'un tissu

- ▶ Non-continuité entre éléments de construction
 - Jonctions entre parois / matériaux / châssis
 - Défauts de construction
 - Châssis de portes et de fenêtres > ouvrant/dormant
 - Percements
 - ...

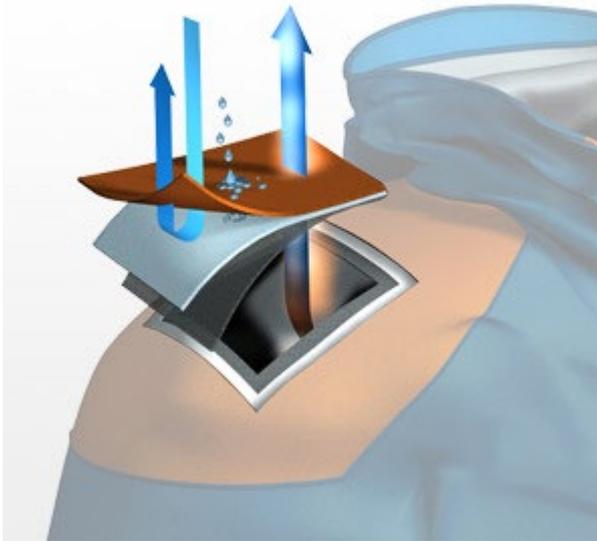


Source : energie+



Étanchéité à l'air ≠ étanchéité vapeur d'eau

- ▶ Enveloppe étanche et respirante = veste neuve en Gore-Tex®
- ▶ Enveloppe non étanche et imperméable à la vapeur = veste en plastique trouée

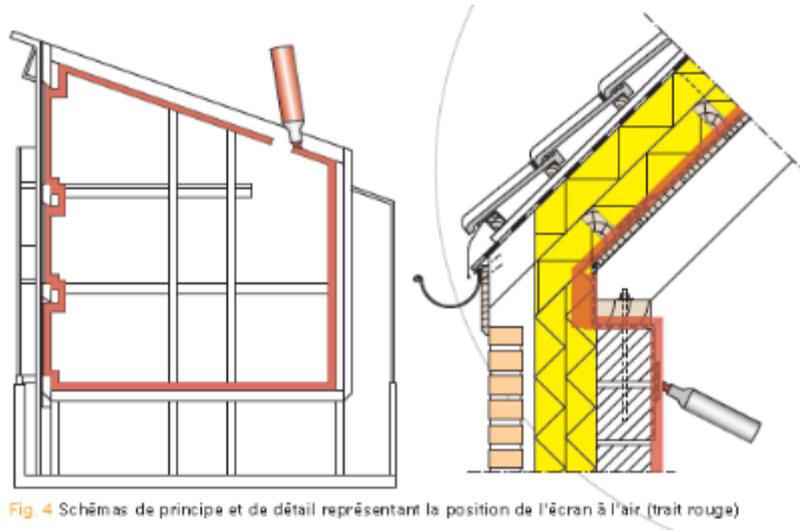


Source : GORE-TEX



Délimitation du volume étanche

- ▶ Sur chaque plan et coupe du bâtiment, pouvoir faire un trait continu indiquant la limite d'étanchéité à l'air
- ▶ Volume isolé = volume étanche à l'air
- ▶ Barrière étanche coté intérieur/chaud de l'isolant



⇒ **En pratique, il faut donc savoir comment seront réalisées les jonctions « délicates » : mur-toiture, mur-fenêtre, mur-plancher, toiture-lucarne...**



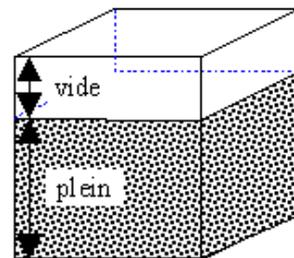
Porosité

(n) [%]

- ▶ La porosité est la propriété d'un matériau qui contient des pores ou cavités de petite taille et pouvant contenir des fluides (liquide ou gaz).

Une structure poreuse peut être :

- fermée, lorsque les pores ne sont pas reliés entre eux (exemple : le verre cellulaire),
 - ouverte, lorsque les pores sont reliés entre eux (exemples: brique, béton) et forment des canaux très fins.
- ▶ Lorsque la structure est **ouverte**, elle permet :
- l'absorption d'eau : les canaux se comportent comme des tubes capillaires → matériaux capillaires,
 - la progression de la vapeur d'eau → matériaux perméables à la vapeur d'eau,
 - le passage de l'air matériaux perméables à l'air.



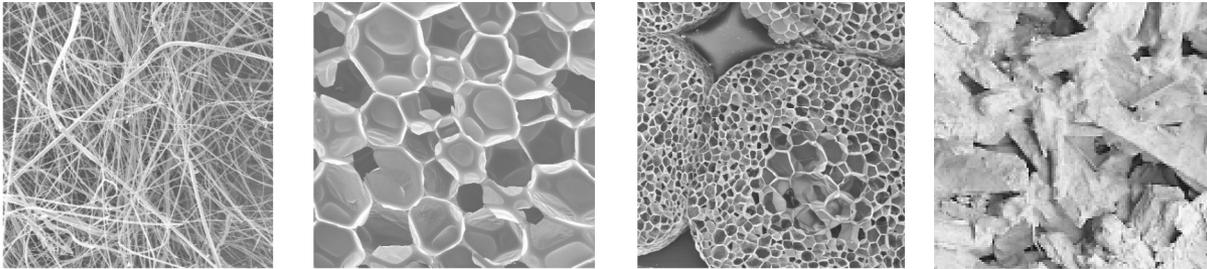
$$p = \frac{\text{volume de vide}}{\text{volume total}}$$



Porosité

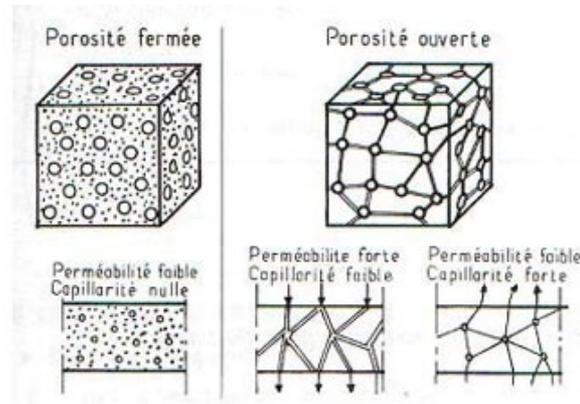
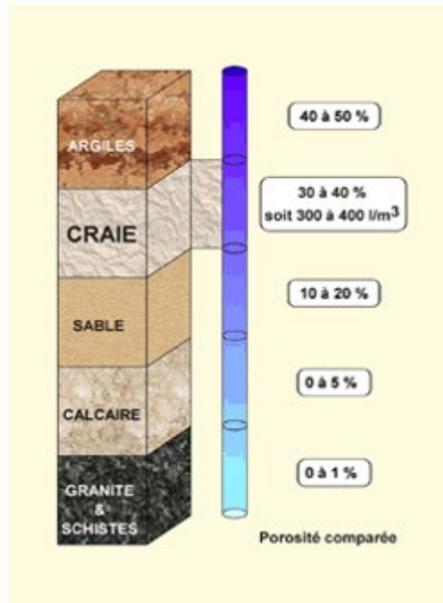
(n)

[%]



Source/Bron : A. Evvard

Source/Bron : Insulation materials, éd. Details



Source/Bron : LAB'cercle



Perméance

(W)

[ng/s·m²·Pa]

- ▶ degré auquel un matériau permet un flux de matière, dans ce cas-ci, l'air.
- ▶ On l'exprime en mesurant la masse d'air qui traverse un matériau par unité de temps, de surface et de différence de pression d'air de part et d'autre du matériau.
- ▶ Plus cette valeur est élevée, plus l'air traverse aisément la paroi.
- ▶ UNITE [Perm]
 - « Perm US », utilisé aux États-Unis et encore au Canada, dans une certaine mesure, qui s'exprime en grains/pi²·h·po Hg*
 - « Perm métrique », en unité du SI (g/jour·m²·mmHg).

La correspondance entre les deux est simple :

$$1 \text{ perm US} = 0,659045 \text{ perm métrique} = 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$$

$$1 \text{ perm métrique} \neq 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$

$$1 \text{ perm métrique} \approx 86,8 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$



Perméabilité à l'air

(δ)

[ng/s·m·Pa]

- ▶ quantité d'air traversant un matériau ayant un mètre d'épaisseur par unité de temps et de différence de pression d'air de part et d'autre du matériau.
- ▶ propriété intrinsèque d'un matériau (ne varie pas avec l'épaisseur)
- ▶ Plus la perméabilité d'un matériau est élevée, plus le matériau est apte à laisser l'air passer librement.
- ▶ On calcule la perméance W d'un matériau ayant une épaisseur d à partir de la perméabilité du matériau comme suit :

$$W = \delta_{\text{matériau}} / d$$

Pare-air

- ▶ élément dont la perméabilité à l'air < 0,1 m³/(h.m²) sous une différence de pression de 50 Pa



Construction massive

- ▶ Élément principal étanche = L'**enduit continu non fissuré**
 - *Enduit* plâtre, chaux, argile, mortex...
 - *Continu* sans interruption jusqu'au prochain élément étanche
 - *Non fissuré* attention à la mise en œuvre (géométrie) et à la composition (principalement au niveau de l'argile) et à la durabilité des matériaux choisis.



Source / Bron : Claytec

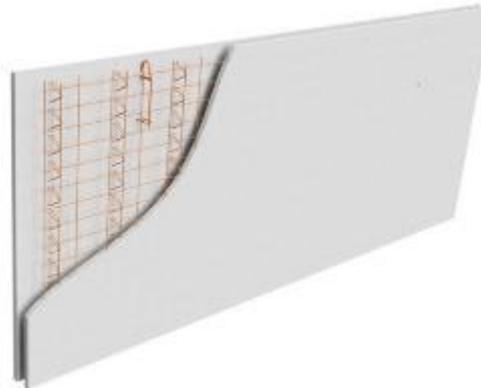


Construction massive

- ▶ Éléments en béton coulés CONTINUS
 - voile,
 - dalle de compression
 - hourdis (attention au rebouchage des alvéoles sur faces latérales)
 - ...

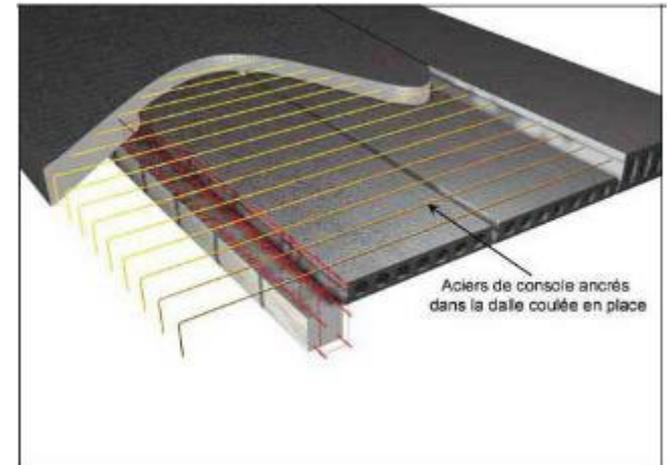


Voile béton armé



Prémur béton

Source / Bron : Rector



Dalle de compression

Source / Bron : SEAC



Construction en ossature

- ▶ Panneaux OSB (rainuré-languetté, bandes adhesives adaptées aux raccords)



- ▶ Membranes d'étanchéité
 - *feuilles d'alu/polyéthylène à éviter, mieux papier renforcé*



Source / Bron : Pro clima



Source / Bron : Isover



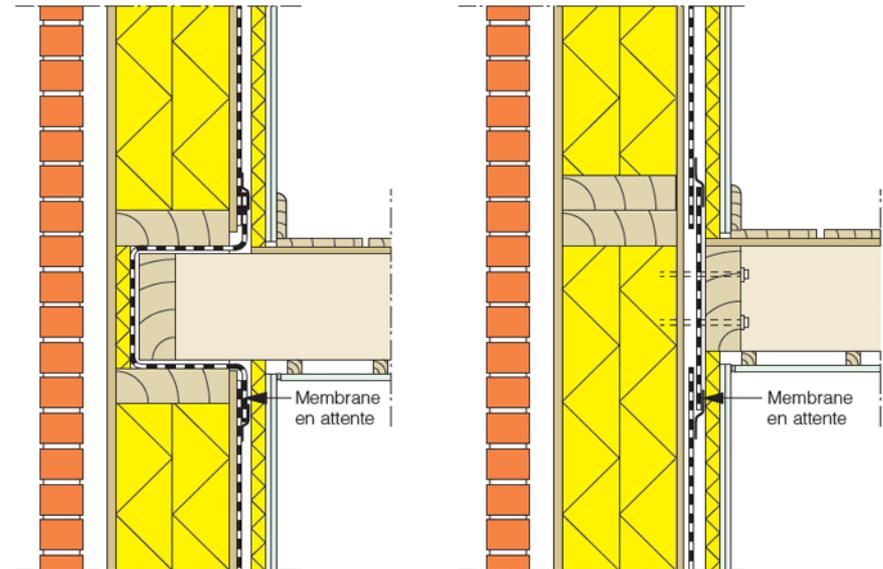
Construction en ossature

- ▶ Principe de continuité à respecter via différents produits
 - Adhésifs, colles de contact ou agrafe double-plié...
 - Couche d'installation souvent nécessaire (contre-cloison technique)

⇒ **ANTICIPATION !**



Raccords divers
Source: CTSC

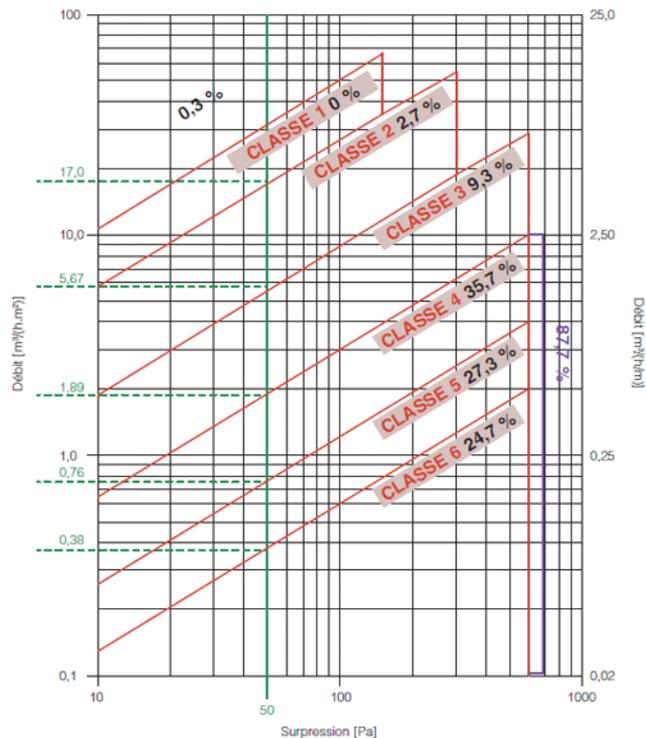


Raccord façade / plancher intermédiaire
Source: CTSC



Châssis

- ▶ Deux sources d'infiltration: Au niveau du châssis en lui-même (jonction ouvrant/dormant)
 - Classes de performance d'étanchéité à l'air des menuiseries extérieures
 - Généralement: Châssis fixe > Oscillo-battants et ouvrants simples > Double ouvrants > Coulissants



Source: CTSC

→ Châssis classe d'étanchéité classe 4
Fuites à 50 Pa (conditions de test BD)
= 1,89 m³/h.m²

Vitrage anti-effraction	
Equipée d'un double vitrage de sécurité, super isolant.	
Ug valeur du vitrage 0,8 W/m ² K (vert.) - EN 673	
4 mm vitre extérieure avec coating isolation thermique	
14,5 mm espace avec gaz Argon	
334 mm vitre intérieure feuilletée	
(Classe P4A, classe 1B1- conforme NBN S 23-002).	
Uw valeur moyenne de la fenêtre	1,2 W/m ² K EN 1873
Rw (C ; Ctr) réduction acoustique	37 dB (-1;-5) EN ISO 10140-2
Perméabilité à l'air: classe 4	EN 1026
g 0,51	EN 410
τV 0,72	EN 410
LIA 49 dB	EN ISO 140-18

(Classe P4A, classe 1B1- conforme NBN S 23-002).

Uw valeur moyenne de la fenêtre	1,2 W/m ² K EN 1873
Rw (C ; Ctr) réduction acoustique	37 dB (-1;-5) EN ISO 10140-2
Perméabilité à l'air: classe 3	EN 1026
g 0,52	EN 410
τV 0,72	EN 410

solant.
3
armique





Exercice: impact d'un velux sur le taux de renouvellement d'air

- ▶ Cas 1 : Maison unifamiliale de 160 m², 2m50 sous plafond
- ▶ Cas 2 : appartement dans les combles : 60 m², 2m HSP moyenne

- ▶ Velux de 1m sur 1m, de classe 3

- ▶ Cas 1 :
 - Volume : $160 \times 2,5 = 400 \text{ m}^3$
 - Fuites : $(1 \times 1) \text{ m}^2 \times 5,67 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 = 5,67 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Soit $5,67/400 = 0,014 \text{ vol/h}$

- ▶ Cas 2
 - Volume : $60 \times 2 = 120 \text{ m}^3$
 - Fuites : $(1 \times 1) \text{ m}^2 \times 5,67 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 = 5,67 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Soit $5,67/120 = 0,047 \text{ vol/h}$



Raccords

- ▶ Manchon étanche préfabriqué
- ▶ Adhésifs (pose radiale)



Source CSTC



Source : Pro Clima



Photo: écorce

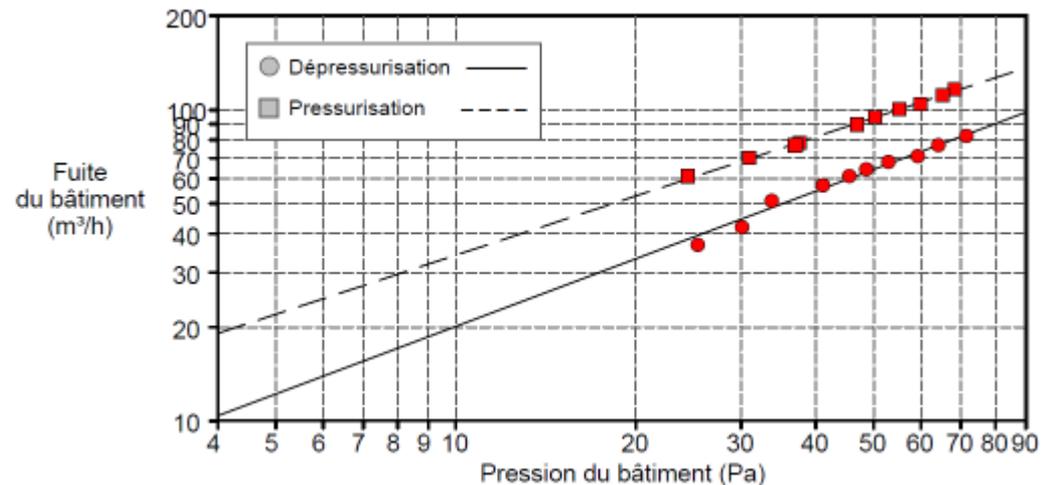


Définition

- ▶ Egalement appelé *test de la porte soufflante*, de *pressurisation* ou encore *d'infiltrométrie*
- ▶ Consiste à mettre les locaux en dépression et en surpression à l'aide d'un ventilateur et de (facultativement) détecter les endroits où l'air s'infiltré au travers de l'enveloppe



Source/Bron : écoRce sa



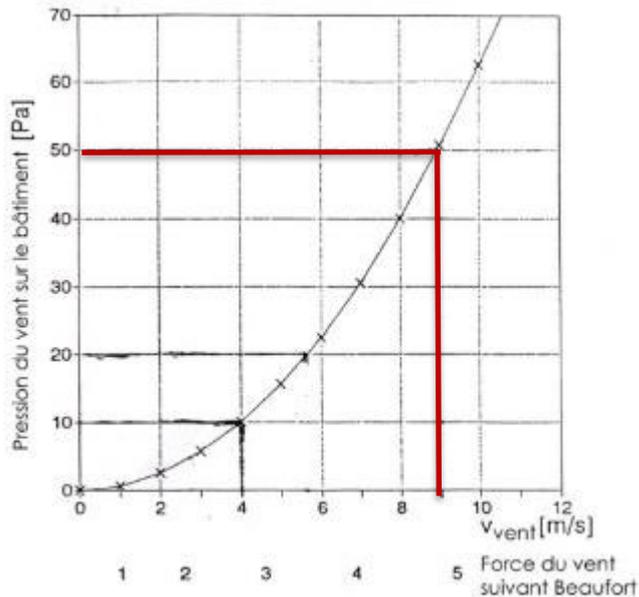
Conditions de mesure

- Mesures réalisées sur base une différence de 50 Pa entre intérieur et extérieur

Une pression d'1 Pascal est atteinte quand agit sur une surface de 1m² un poids exact de 0,1 kg

Une pression de 50 Pascal est atteinte s'il y à 5 kg ou une colonne d'eau de 5 mm

Dans la réalité, la pression du vent sur la façade peut varier entre 0 et 100 Pa. En Belgique, on considère en moyenne une différence de 2 Pa entre l'intérieur et l'extérieur.



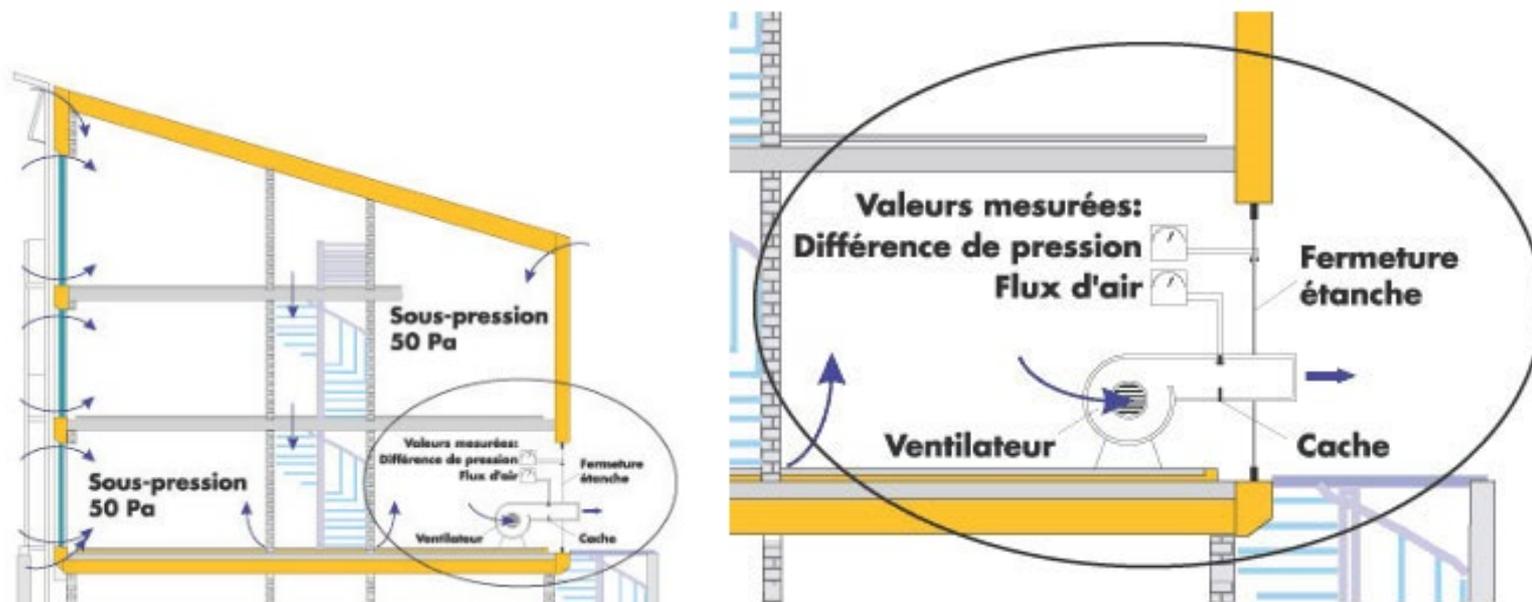
Force du vent (Echelle de Beaufort)	Vitesse du vent en m/s	Reconnaisable par:
0	0,00 - 0,45	Absence de vent, ascension verticale de la fumée. La direction du vent n'est visible que par la fumée, mais pas par une girouette.
1	0,45 - 1,50	Le vent est ressenti au visage; des feuilles frémissent; la girouette bouge.
2	1,60 - 3,30	Des feuilles et des brins minces bougent; le vent étire un fanion.
3	3,40 - 5,40	Soulève de la poussière et du papier dissocié; bouge des brins et des branches minces.
4	5,50 - 7,90	Des branches et des petits arbres bougent.
5	8,00 - 10,70	La force du vent devient audible. Sifflement auprès de cables et coins de maisons; de fortes branches bougent.
6	10,80 - 13,80	Peut être considéré comme tempête, des tuiles de toiture mal fixées se détachent et tombent.
9	20,80 - 24,40	Essentiellement au littoral, des murs s'effondrent, grande dévastation.
12	32,80 - 36,90	

Source: BlowerDoor GmbH: Minneapolis Blower Door, dans: Anwenderhandbuch Modell 4; Springe, 2002



NBN EN 13829:2011

- ▶ Performance thermique des bâtiments – détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de pressurisation par ventilateur (ISO 9972:2015, modifiée)
- ▶ Processus de mesure



Source/Bron : lamaisonpassive.be



NBN EN 13829:2011

- ▶ La norme décrit deux types de méthodes d'essai selon le but poursuivi
- ▶ Ces deux méthodes induisent une préparation différente du bâtiment
 - Méthode A (essai d'un bâtiment utilisé)

Il convient que l'état de l'enveloppe du bâtiment représente son état pendant la saison où l'on utilise les systèmes de chauffage ou de refroidissement

⇒ **Méthode exigée pour valorisation en certification passive et PEB**

- Méthode B (essai de l'enveloppe du bâtiment)

Toute ouverture volontaire dans l'enveloppe du bâtiment doit être fermée ou scellée, comme spécifié en 4.b.I et 4.b.II.

⇒ **Permet une évaluation de l'étanchéité à l'air en cours de chantier**

⇒ **Complémentaire au test A, surtout lorsque les exigences sont élevées**





Ne pas confondre:

- ▶ n_{50} : Taux de renouvellement [vol/h] (débit de fuite rapporté au volume intérieur du bâtiment) → Utilisé dans le PHPP

$$n_{50} = \dot{V}_{50} / V$$



- ▶ \dot{v}_{50} : Perméabilité de l'enveloppe [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$] (débit de fuite rapporté à la surface de l'enveloppe). → Utilisé dans la PEB

$$\dot{v}_{50} = V_{50} / A_t$$



V_{50} [m³/h]

- ▶ Débit de fuite d'air total sous une différence de pression à **50 Pascals**
- ▶ Moyenne du débit mesuré en **surpression** et en **dépression**



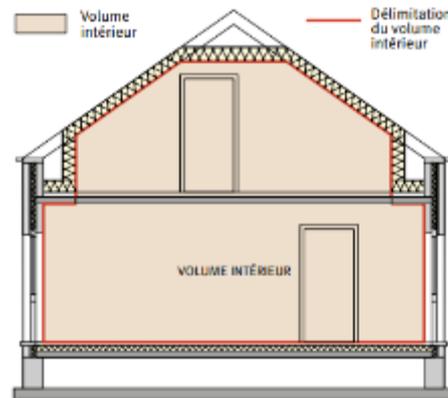
v_{50} [m³/h.m²]

- ▶ Débit de fuite d'air total par m² de surface de déperdition A_t [m²] sous une différence de pression à 50 Pascals
- ▶ Valeur que l'on encode dans le logiciel PEB
- ▶ Correspond à V_{50}/A_t
- ▶ A_t : surface de déperdition du volume protégé [m²]



n_{50} [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^3$ ou $1/\text{h}$]

- ▶ Nombre de volumes d'air renouvelés par heure sous une différence de pression de 50 Pascals
- ▶ $n_{50} = V_{50} / V_{\text{intérieur}}$
 - $V_{\text{intérieur}}$ = volume intérieur net
 - Définition : *Espace volontairement climatisé à l'intérieur d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment soumis à essai, ne comprenant en général ni les combles, ni le sous-sol ni les structures annexes*



Source / Bron : CSTC NIT255



- ▶ Pour respecter les critères du standard passif : $n_{50} < 0,6$
- ▶ En le divisant par 20, on obtient une approximation des débits d'infiltration moyens sur l'année





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Thème ENERGIE

[Dossier | Améliorer l'étanchéité à l'air](#)

[Dispositif | Réaliser une paroi étanche à l'air et de bons raccords](#)

[Dispositif | Etanchéité à l'air des techniques](#)



Sites internet

- ▶ Energie +

www.energieplus-lesite.be

- ▶ CSTC

www.cstc.be

Wallonie énergie

<http://energie.wallonie.be>

- ▶ Fiches bâtiments exemplaires (fiches 1.1. et 1.2.)

https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche1.1_Etancheite_FR.pdf

- ▶ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche1.2_Etancheite_FR.pdf

- ▶ Guide pour la conception de maisons neuves durables

<http://energie.wallonie.be/fr/conception-de-maisons-neuves-durables.html?IDC=6099&IDD=44684>



Pierre WILLEM

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be

éCORCE
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

