

Directive sur l'étanchéité à l'air dans les constructions Minergie (RiLuMi)

Version 2021.1

4 août 2021



Avec le soutien de

Dans ce document, apparaissent **en bleu** les modifications entre les versions 2018.1 et 2020.1.
Dans ce document, apparaissent **en vert** les modifications entre les versions 2020.1 et 2021.1.

Remerciements :

Nous tenons à remercier tous les auteurs et participants aux consultations pour leurs précieuses contributions :

Les auteurs de la première édition (2007 et 2011) de la Directive sur l'étanchéité à l'air dans les bâtiments Minergie-A, Minergie-P et Minergie (Ch. Tanner, QC-Expert AG, et al.), qui a servi de base à la révision.

Christophe Tanner, de l'Ingenieurbüro Baueck-Tanner, pour sa collaboration à la phase initiale de la nouvelle Directive sur l'étanchéité à l'air dans les constructions Minergie (RiLuMi).

Nous adressons également nos remerciements à toutes les entreprises qui ont mis à disposition des images et des plans.

Cette directive a été élaborée en collaboration avec l'Association Suisse de Thermographie et Blower-Door (theCH), et a bénéficié de son soutien financier.

Droits d'auteur © détenus par l'Association Minergie / Association Suisse de Thermographie et Blower-Door

Auteurs :

Gregor Notter, Haute Ecole de Lucerne – Technique et architecture / Minergie Suisse

Michael Wehrli, Comité de l'Association Suisse de Thermographie et Blower-Door (theCH)

Image de couverture :

Source : Haute Ecole de Lucerne – Technique et architecture, photo 12.12.2014

Minergie Suisse
Secrétariat général
Bäumleingasse 22
Minergie Suisse
T 061 205 25 50
info@minergie.ch
www.minergie.ch

Sommaire

1	Introduction	2
1.1	Préambule	2
1.2	Importance de l'étanchéité à l'air	2
1.3	Aperçu des principales modifications	2
1.4	Chapitres pertinents pour les acteurs du domaine de la construction	3
2	Documents et concepts	4
2.1	Documents applicables	4
2.2	Définitions	4
3	Exigence Minergie	6
3.1	Exigences à respecter	6
3.2	Incertitude globale concernant la mesure	7
3.3	Autres exigences spécifiques relatives aux valeurs limites	8
4	Concept d'étanchéité à l'air	12
4.1	Justificatifs possibles chez Minergie	12
4.2	Exigences relatives à un concept d'étanchéité à l'air	12
4.3	Concept d'étanchéité dans la construction de logements	14
4.4	Concept d'étanchéité pour les bâtiments hors habitat	16
4.5	Gestion des éléments de construction critiques	17
4.6	Point de contact entre les éléments de construction / Pénétrations	19
5	Concept de mesures d'étanchéité à l'air	21
5.1	Nombre et sélection des zones de mesure pour les habitations	21
5.2	Détermination des zones de mesure pour les bâtiments hors habitat	24
5.3	Détermination des zones de mesure pour les extensions et les changements d'affectation	26
6	Mesure de l'étanchéité à l'air	29
6.1	Conditions relatives à la mesure	31
6.2	Préparation du bâtiment	31
6.3	Etanchements provisoires	32
6.4	Localisation des fuites / Contrôle préliminaire	34
6.5	Mesure	35
6.6	Exigences relatives à la série de mesures	37
6.7	Qualité des séries de mesure	38
6.8	Analyse des données	38
7	Rapport de mesure lié à la mesure de l'étanchéité à l'air	39
7.1	Exigences relatives au rapport de mesure	39
8	Annexe	40
8.1	Supports pour chaque phase de la construction	40
8.2	Norme SIA 180 [1]	40
8.3	Autres méthodes de mesure	42
8.4	Étanchements provisoires des installations de ventilation	44
8.5	Grands bâtiments	45

1 Introduction

1.1 Préambule

Le présent document s'adresse à tous les acteurs du domaine de la construction (maîtres d'ouvrage, planificateurs, chefs de chantier, entreprises d'exécution partielle, etc.). Le groupe cible est ainsi nettement plus vaste que lors d'éditions précédentes de la RiLuMi, qui se focalisaient en premier lieu sur les spécialistes en charge des mesures.

Jusqu'alors, l'étanchéité à l'air représentait une exigence uniquement pour Minergie-P et Minergie-A; exigence dont le respect devait être justifié à l'aide de mesures. L'Association Minergie a édité en 2007 la « Directive pour les mesurages de la perméabilité à l'air sur des constructions Minergie ». Depuis l'introduction de la RiLuMi en 2007, de petites modifications ont été apportées et différentes normes et directives nationales et internationales ont été adaptées. Avec l'introduction des nouvelles exigences de Minergie 2017 et l'apparition de la norme SN EN ISO 9972 [2], il a été décidé de retravailler entièrement la directive et d'étendre les contenus aux besoins des planificateurs et des spécialistes en charge des mesures.

1.2 Importance de l'étanchéité à l'air

Un bâtiment doit être exécuté de la façon la plus étanche à l'air que possible, notamment pour :

- Garantir l'absence de dommages sur l'ouvrage
- Assurer un confort élevé (p.ex. éviter les courants d'air, les propagations d'odeurs, le bruit et l'humidité)
- Éviter les infiltrations
- Minimiser les pertes de chaleur

1.3 Aperçu des principales modifications

Les principales modifications par rapport à la RiLuMi 2007 sont les suivantes :

- Le concept d'étanchéité à l'air est désormais exigé dès le label de base Minergie.
- Des indications sont données par rapport au concept de mesures et aux mesures pour les bâtiments hors habitat (bâtiments non résidentiels).
- Les exigences et les indications de la norme SN EN ISO 9972 [2] sont reprises. Le tableau 1 ci-après offre une comparaison partielle par rapport à la pratique actuelle.
- Différents points ont été adaptés en ce qui concerne la mesure, comme les valeurs limites, des exigences accrues en matière de mesure, etc.

Principales modifications normatives

Quoi?	RiLuMi dès 2018	RiLuMi 2007
Norme	SN EN ISO 9972 [2]	EN 13829 [3]
Méthode	En suivant la méthode 2 ^{*)}	Méthode B
Débit de fuite d'air ramené à la différence de pression de référence 50 Pa	$q_{E50}; m^3/(h \cdot m^2)$	$n_{50, st}; h^{-1}$ resp. $q_{50} / q_{a50}; m^3/(h \cdot m^2)$
*) voir tableau 8, préparation du bâtiment		

Tableau 1: Aperçu des principales modifications normatives entre la RiLuMi dès 2018 et la RiLuMi 2007

Les autres modifications ainsi que la comparaison des symboles avec d'autres normes sont indiquées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

1.4 Chapitres pertinents pour les acteurs du domaine de la construction

Le Tableau 2 ci-après offre un aperçu des chapitres pertinents pour les différents acteurs du domaine de la construction (les chiffres entre parenthèses sont indiqués à titre informatif).

Qui ?	Chapitre
Maîtres d'ouvrage	2 et 3
Planificateurs	2, 3 et 4
Entreprises d'exécution / chefs de chantier	2, 3, 4 et 5
Spécialistes en charge de la mesure	2, 3, 4, 5, 6, 7

Tableau 2: Aperçu des chapitres pertinents pour les acteurs du domaine de la construction

2 Documents et concepts

2.1 Documents applicables

Les normes et directives suivantes s'appliquent en complément de la présente directive. La connaissance des normes supérieures SIA 180 [1] et SN EN ISO 9972 [2] est requise.

Aperçu des normes et documents applicables

Norme / document	Version en vigueur	Champ d'application
SN EN ISO 9972 [2]	09/2015	Mondial
EN 13829 [3]	11/2000	Retiré de la SIA
SIA 180 [1]	07/2014	Suisse
Règlement d'utilisation Minergie [4]	2020.1	Suisse
Règlement des produits Minergie [5]	2020.1	Suisse

Tableau 3: Aperçu des normes et documents applicables

Les autres exigences Minergie en lien avec l'étanchéité à l'air sont fixées dans le Règlement des produits **MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A®** [5].

2.2 Définitions

Comparaison des normes

Cette liste couvre les paramètres les plus importants, mais ne prétend pas être exhaustive.

Le Tableau 4 présente certains des termes les plus importants avec les différents symboles utilisés dans les diverses normes

Dans cette directive, sont utilisées les symboles de la norme SN EN ISO 9972 [2].

Aperçu des définitions et symboles conformément aux normes SN EN ISO 9972 [2], norme EN 13829 [3] et norme SIA 180 [1]

Terme / désignation	Unité	Norme SN EN ISO 9972 [2]	Norme EN 13829 [3]	Norme SIA 180 [1]
Aire de l'enveloppe (Définition : voir EN ISO 9972 [2], § 6.1.2)	m ²	A _E	A _E	A _{inf}
Volume intérieur (Définition : voir EN ISO 9972 [2], § 6.1.1)	m ³	V	V	V _i
Débit d'air mesuré	m ³ /h	q _m	V _m	q v,a,e
Valeurs lues de débit d'air	m ³ /h	q _r	V _r	
Différence de pression mesurée	Pa	Δp _m	Δp _m	
Différence de pression de référence	Pa	Δp _r	Δp _r	Δp _r
Débit de fuite d'air à la différence de pression de référence	m ³ /h	q _{pr}	V _{pr}	q _{pr}
Débit de fuite d'air à 50 Pa	m ³ /h	q ₅₀	V ₅₀	q ₅₀
Taux de renouvellement d'air à la différence de pression de référence (référence au volume !)	h ⁻¹	n _{pr}		
Taux de renouvellement d'air à 50 Pa (référence au volume !)	h ⁻¹	n ₅₀	n ₅₀	
Débit de fuite d'air spécifique à travers l'enveloppe du bâtiment, ramené à l'aire de l'enveloppe, à la différence de pression de référence (référence à l'aire de l'enveloppe !)	m ³ /(h·m ²)	q _{Epr}		q _{pr}
Débit de fuite d'air ramené à la différence de pression de référence 50 Pa (référence à l'aire de l'enveloppe !)	m ³ /(h·m ²)	q _{E50}	q ₅₀	q _{a50} / q _{a50,li} / ta
Débit de fuite d'air spécifique à travers l'enveloppe du bâtiment, ramené à l'aire de plancher, à la différence de pression de référence	m ³ /(h·m ²)	q _{Fpr} p. ex. q _{F50}	q _{wpr} p. ex. q _{w50}	
Surface de fuite effective à la différence de pression de référence	m ²	ELA _{pr}		
Coefficient de débit d'air	m ³ /(h·Pa ⁿ)	C _{env}	C _{env}	
Coefficient de fuite d'air	m ³ /(h·Pa ⁿ)	C _L	C _L	C _L
Exposant de débit d'air	-	n (exposant)	n (exposant)	n (exposant)
Coefficient de détermination	-	r ²		
Incertitude globale de mesure	%			

Tableau 4: Aperçu des termes et symboles conformément aux normes SN EN ISO 9972 [2], norme EN 13829 [3], norme SIA 180 [1]

3 Exigence Minergie

3.1 Exigences à respecter

Selon le Règlement des labels **MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A®** [5] (version **2020.1, chapitre 7**), ce qui suit prévaut :

Pour les bâtiments suivant le **label de base Minergie**, un **concept d'étanchéité à l'air** doit être joint à la demande. Le chapitre 4 présente des informations complémentaires en lien avec le concept d'étanchéité à l'air.

Pour **tous** les **bâtiments Minergie-P et Minergie-A**, un **concept de mesures d'étanchéité à l'air** doit être fourni **à la demande de certification** s'il s'agit d'une habitation avec plus de 5 unités d'utilisation ou de bâtiments hors habitat. Le chapitre 5 présente des informations complémentaires en lien avec le concept de mesures d'étanchéité à l'air.

Pour les bâtiments **Minergie-P et Minergie-A**, des **mesures d'étanchéité à l'air**, y compris la localisation des fuites, doivent être effectuées. S'agissant des **bâtiments Minergie**, la mesure **visant à déterminer le respect de la valeur limite** est facultative. **Pour tous les labels de base Minergie, une mesure précoce reste recommandée pour des questions d'assurance qualité.** Il reste également **possible** d'effectuer une localisation des fuites après la finition de l'enveloppe du bâtiment étanche à l'air. Le chapitre 6 présente des informations complémentaires en lien avec la mesure de l'étanchéité à l'air.

Concepts et mesures : aperçu

	Minergie	Minergie-P	Minergie-A
Concept d'étanchéité à l'air	Obligatoire	Recommandé *)	Recommandé *)
Concept de mesures d'étanchéité à l'air	Recommandé dès 5 unités d'utilisation **)	Obligatoire dès 5 unités d'utilisation **)	Obligatoire dès 5 unités d'utilisation **)
Mesure d'étanchéité à l'air	Recommandé	Obligatoire	Obligatoire

Tableau 5: Aperçu des concepts à fournir et des mesures à réaliser

*) **La norme SIA 180 [1] prescrit l'élaboration d'un concept d'étanchéité à l'air. Ce document peut être soumis de manière facultative, mais ne sera pas** examiné par l'office de certification. Il est toutefois indispensable d'établir au préalable le concept d'étanchéité à l'air comme base pour l'élaboration du concept de mesures d'étanchéité à l'air **(voir chapitre 5)**.

****)** En lien avec le tableau 7, respectivement l'illustration 13.

Les valeurs limites mentionnées dans le Tableau 6 pour les mesures s'appliquent par zone de mesure :

- En tant que valeur moyenne entre la dépression *et* la surpression
- Selon la méthode 2 (conformément à la norme SN EN ISO 9972 [2])
- En tant que mesure anticipée (voir le chapitre 6.5, let. a)) ou en tant que mesure lors de la réception de l'ouvrage terminé

- Avec une incertitude de mesure globale de max. $\pm 15\%$ (voir le chapitre 3.2)
- Avec une différence de pression naturelle de max. 5 Pa (conformément au chapitre 5.5.5, norme EN ISO 9972 [2])

Valeurs limites à respecter q_{E50}

	Minergie ($m^3/h \cdot m^2$)	Minergie-P ($m^3/h \cdot m^2$)	Minergie-A ($m^3/h \cdot m^2$)
Exigences pour les nouveaux bâtiments	$\leq 1,2$	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$
Exigences pour les rénovations	$\leq 1,6$	$\leq 1,6$	$\leq 1,6$
* Les patinoires ne doivent pas dépasser une valeur $q_{E50} 1,0 m^3/(h \cdot m^2)$			

Tableau 6: Valeurs limites q_{E50} à respecter pour les mesures en ($m^3/(h \cdot m^2)$)

Pour évaluer si la valeur limite q_{E50} est respectée, la valeur mesurée arrondie à une décimale s'applique.

Exemple : une valeur mesurée $q_{E50} = 0,84 [m^3/h \cdot m^2]$ correspond, une fois arrondie, à $q_{E50} = 0,8 (m^3/(m^2 \cdot h))$; la valeur limite est ainsi respectée (valeur moyenne de la dépression et de la surpression).

Les taux de renouvellement d'air doivent être indiqués avec deux décimales dans le rapport de mesure.

Le chapitre 6.5, let. b) décrit la marche à suivre si la valeur limite n'est pas atteinte.

Remarques

- Les fuites isolées restantes ne doivent ni entraîner des dommages au bâtiment ni réduire le confort (par ex. à cause des courants d'air, du bruit, des odeurs, de l'humidité), ce même si l'exigence globale est respectée.
- Même de bons résultats de mesure ne peuvent pas totalement exclure des fuites isolées imperceptibles, éventuellement problématiques, ou des défauts cachés dans la construction.
- La perméabilité à l'air peut évoluer au fil du temps.

3.2 Incertitude globale concernant la mesure

L'incertitude globale de mesure n'est pas décrite de manière suffisamment détaillée dans la norme SN EN ISO 9972 [2]. C'est pourquoi Minergie et l'Association suisse de thermographie et Blower-Door ont décidé d'adopter l'incertitude globale de mesure selon l'annexe nationale allemande NC.3 de la norme DIN EN ISO 9972 [16] de décembre 2018.

Si un résultat de mesure se situe dans la zone a), b) ou c) selon l'Erreur ! Source du renvoi introuvable., l'étanchéité à l'air est jugée comme « satisfaite ». Le cas e) est tout aussi clair : l'étanchéité n'est pas satisfaite. Pour Minergie, les résultats de la zone d) sont en principe considérés comme « non satisfaits ». Dans ce cas, l'office

de certification peut toutefois décider, sur la base *du résultat de la mesure, de l'incertitude de mesure globale, de la différence de pression naturelle, de l'exposant du débit n et du coefficient de corrélation r^2* , si elle accepte tout de même le résultat de la mesure par rapport aux objectifs de valeur limite.

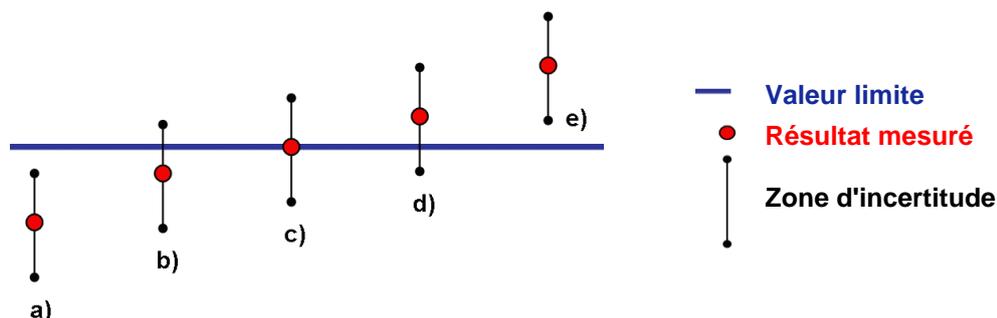


Illustration 1 : Situation possible des valeurs mesurées et leurs marges d'incertitude par rapport à la valeur limite

Remarques par rapport à l'incertitude de mesure

La norme SN EN ISO 9972 [2] décrit dans son chapitre 8.3: « *Dans des conditions calmes, l'incertitude globale est inférieure à 10% dans la plupart des cas. S'il y a du vent, l'incertitude globale peut atteindre $\pm 20\%$.* »

Un résultat imprécis ne provient pas seulement de la technique de mesure / de l'incertitude de mesure. Une procédure, respectivement une méthode, différente lors du conditionnement du bâtiment (p.ex. au niveau des étanchements provisoires) peut produire des différences considérables lorsque plusieurs équipes mesurent le même objet. C'est pourquoi la détermination de labels de mesure détaillés et uniformes grâce à la présente directive est importante.

3.3 Autres exigences spécifiques relatives aux valeurs limites

a) Règlement complémentaire lors de rénovations

- Bâtiments d'habitation : en cas de rénovations, si la valeur limite pour des appartements isolés ne peut pas être respectée malgré la localisation des fuites et la correction supportable des défauts (p.ex. en raison de sols et de plafonds perméables non assainis), la justification du respect de la valeur limite pour l'ensemble du bâtiment suffit. Une annotation est alors ajoutée sur la fiche de projet relative au certificat définitif, précisant que les exigences Minergie ne sont pas remplies par rapport aux appartements et qu'une diminution du confort par rapport à la transmission des odeurs et des bruits est possible.

Dans le cas de bâtiments dont les unités d'utilisation ne sont accessibles que de l'extérieur, il n'est pas possible de mesurer l'enveloppe du bâtiment sur toutes les unités d'utilisation. Dans ce cas, elles doivent être mesurées avec une pression de compensation dans la/les unités adjacentes. L'enveloppe thermique du bâtiment de

chaque unité d'occupation doit respecter la valeur limite. De plus, une mesure sans pression de compensation doit être effectuée pour déterminer les fuites internes.

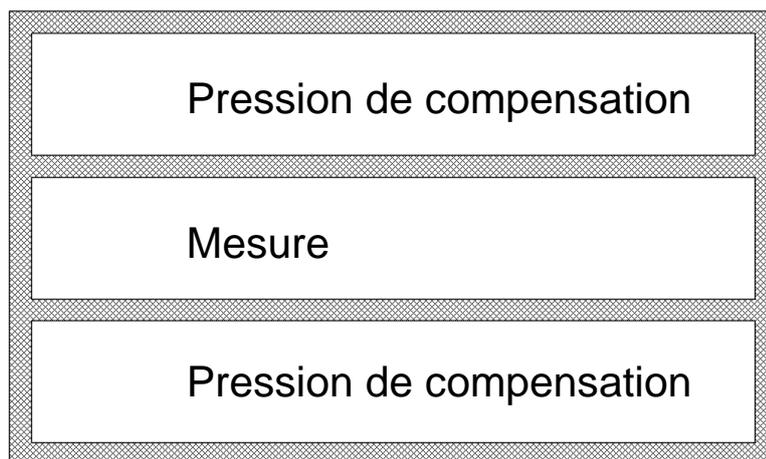


Illustration 2 : Représentation graphique mesure avec pression de compensation

- Bâtiments hors habitat : dans la mesure où le projet de construction l'autorise, le même règlement s'applique par analogie. La décision relative à la procédure détaillée ainsi qu'à la détermination et à l'évaluation des valeurs limites doit être définie dans le concept de mesures, en accord avec l'office de certification.
- Transformations de type nouvelle construction (p.ex. curetages): la valeur limite pour les nouveaux bâtiments doit être respectée. Dans certains cas dûment motivés et sur demande écrite, l'office de certification peut approuver des valeurs limites différentes.

b) Rénovations avec extensions

Si des bâtiments existants sont agrandis (extension, surélévation), le respect de la valeur limite pour les nouveaux bâtiments, de la valeur limite pour les rénovations ou d'une valeur limite spécifique à l'objet est exigée selon les cas. Se référer au chapitre 5.3, let. a) pour des informations plus détaillées par rapport aux différentes conditions.

c) Changement d'affectation

Si des bâtiments sont réaffectés, une valeur limite différente s'applique selon la variation de température des pièces. Les conditions détaillées et les valeurs limites à respecter sont décrites dans le chapitre 5.3, let. b).

d) Pour les bâtiments hors habitat :

En cas de constructions complexes, l'office de certification peut accorder, en fonction de la situation, des exceptions quant au respect des valeurs cibles, tant que les objectifs de Minergie sont respectés.

Si d'autres possibilités de vérification au sens du contrôle de la qualité Minergie sont prescrites (voir le chapitre 6.5, let. a), resp. 8.4, let. b) à let. d)), il n'est la plupart du temps pas possible de fixer des valeurs limites pour ces éléments (p.ex. prises de vue thermographiques).

e) Localisation des fuites

Avant la mesure, une localisation minutieuse des fuites est réalisée. Pour Minergie-P et Minergie-A, les fuites graves constatées doivent être documentées dans le rapport de mesure. Là où cela est possible et pertinent, il convient de corriger les défauts. Lorsque la valeur limite n'est pas atteinte, la suite de la procédure devrait être clarifiée au préalable avec le mandant et le chef de chantier. Si, en raison de l'exécution ou de points de détail compliqués, une localisation étendue des fuites est nécessaire pour corriger les défauts, les coûts pour la suite devraient figurer au préalable dans l'offre afin que les travaux puissent être exécutés sur place si cela se révèle nécessaire et possible (voir le modèle d'appel d'offres de theCH [10]). Au moment de décider quels défauts doivent être corrigés, il convient de faire la part entre l'investissement pour corriger les défauts et le risque de dommages, resp. de diminution du confort ou de perte d'énergie. A cet égard, consulter le rapport de recherche sur les fuites (en allemand) [8].

f) Autorisation liée à des conditions

En ce qui concerne la localisation des fuites, la procédure suivante est autorisée :

- 1 Si, lors du « contrôle préliminaire » (localisation des fuites), des fuites sont constatées, qui peuvent être rendues étanches de manière définitive, durable et professionnelle par les entreprises d'exécution sur instruction de la personne en charge des mesures, resp. de la direction des travaux, il s'agit de la meilleure façon de corriger les défauts.
- 2 Lorsque des fuites sont constatées dans le cadre du « contrôle préliminaire » (localisation des fuites), qui ne peuvent / doivent pas être rendues étanches et dont il est probable qu'elles entraînent le résultat « non satisfait », la suite de la procédure doit être décidée sur place. Deux cas se présentent :
 - a) Des fuites ont été constatées, qui ne peuvent plus être rendues étanches de manière définitive, durable et professionnelle avant la mesure (p.ex. passages de câbles perméables, parcloles perméables, canaux de ventilation perméables, etc.). Dans ce cas, il est sensé de procéder à une localisation détaillée (et si possible quantifiée) des fuites et à la tenue d'un procès-verbal de façon à ce que des améliorations puissent être réalisées de manière ciblée.
 - b) Des fuites évitables ont été constatées, qui entraînent l'échec de la mesure (p.ex. fermeture du joint à abaissement Planet coincée, trou dans une vitre (dégradation du bâtiment), joints d'étanchéité manquants quelque part, etc.). Dans ce cas, il est admis que la personne en charge du contrôle installe pour la mesure une étanchéité provisoire d'ordinaire non autorisée; cela est toutefois possible uniquement pour les fissures dont le résultat de l'amélioration peut être visuellement contrôlé sans problème. Si une valeur limite est ainsi respectée, aucune autre mesure ultérieure ne doit être réalisée par Minergie. Pour ce faire, la condition suivante est ajoutée au rapport de contrôle :
 - L'étanchéité ultérieure doit être effectuée par l'entreprise de manière professionnelle et durable, en accord avec la personne en charge du contrôle.

- Cette dernière doit procéder à un contrôle visuel de l'étanchéité après sa mise en place. La direction des travaux autorise également une preuve photographique.
- Le contrôle doit être documenté dans le rapport de contrôle ou parvenir à l'office de certification au plus tard avant l'octroi du certificat définitif.

La personne en charge du contrôle peut également prendre des dispositions particulières en vue d'une amélioration sans que la valeur limite soit dépassée, et ce avant tout si elle détecte, lors de la localisation des fuites, des sources de dégâts potentielles ou des éléments pouvant réduire le confort dont l'élimination est nécessaire (à ce propos, consulter les « *Remarques* » relatives aux valeurs limites dans le Tableau 6).

Si la valeur limite est dépassée lors d'une première mesure, la mesure doit être répétée après que des améliorations ont été apportées. Si la deuxième mesure dépasse également la valeur limite, des mesures supplémentaires doivent être effectuées. La suite de la procédure est décrite au chapitre 6.5 let. b.

4 Concept d'étanchéité à l'air

Le concept d'étanchéité à l'air sert à intégrer le thème de l'étanchéité à l'air dans toutes les phases de travail et d'exploitation d'un projet de construction. Ce processus commence dès la convention d'utilisation avec le maître d'ouvrage ainsi que la définition de zones d'utilisation et leur délimitation en vue de concrétiser les exigences; il se termine seulement après l'achèvement des travaux avec l'instruction et le suivi des utilisateurs / habitants.

4.1 Justificatifs possibles chez Minergie

Pour les bâtiments suivant le label de base Minergie, le concept d'étanchéité à l'air doit être joint à la demande. Pour Minergie-P et Minergie-A, le concept d'étanchéité à l'air doit être établi selon la norme SIA 180 [1] et peut être soumis à l'office de certification à titre facultatif. Deux manières de procéder sont possibles :

- a) Avec le *formulaire justificatif relatif à l'étanchéité à l'air - questionnaire* [15], dans lequel il s'agit de répondre à plusieurs questions portant sur les points suivants:
 - Questions relatives aux zones d'utilisation
 - Définition du périmètre d'étanchéité à l'air
 - Clarifications des polluants (radon)
 - Entretien avec les planificateurs spécialisés
 - Contrôle sur le chantier
 - Planification au niveau de l'étanchéité à l'air
 - Point de contact entre les éléments de construction
 - Traitement des pénétrations, des raccords et des bords
 - Etc.
- b) Avec le *formulaire justificatif relatif au concept d'étanchéité à l'air - plan* [11] tel que décrit au chapitre 4.2, let. a).

Les documents sont examinés par l'office de certification.

4.2 Exigences relatives à un concept d'étanchéité à l'air

Le concept d'étanchéité à l'air doit être actualisé et concrétisé en fonction de l'état de la planification. Au cours du processus de construction, les responsabilités, interfaces et plans de contrôle relatifs à l'assurance qualité doivent par conséquent être définis.

L'existence d'une convention d'utilisation avec le maître d'ouvrage, qui comprend entre autres la détermination du label énergétique et les valeurs limites relatives à l'étanchéité qui en découlent pour toutes les zones ainsi que le type de délimitation entre *les unités d'utilisation*, constitue une condition par rapport à l'élaboration du concept. Pour se faire, il s'agit de clarifier au préalable les exigences du maître d'ouvrage et d'en discuter si nécessaire.

Les exigences relatives aux différents concepts selon la norme SIA 180 [1] sont décrites au chapitre 8.2.

Pour les bâtiments respectant le label de base Minergie, le concept d'étanchéité à l'air doit exister au moins en tant que concept général (formulaire justificatif – plans [11]) ou sous la forme du questionnaire rempli (formulaire justificatif – questionnaire [15]) au moment de son dépôt auprès de l'office de certification. Sur la base de ce concept général, la planification détaillée de la couche d'étanchéité exigée conformément à la norme SIA 180 doit ensuite être effectuée.

a) Concept général (formulaire justificatif – plans [11])

Les points suivants doivent figurer dans le concept général :

- Couverture :
 - Emplacement de l'objet (adresse)
 - Mandant
 - Auteur
 - Date de création et état de la planification comme situation de départ
- Remarques préliminaires :
 - Explications techniques
 - Exigences de la convention d'utilisation
- Description générale du projet :
 - Nature / conception (pour les constructions existantes)
 - Label prévu / exigences / valeurs cibles
 - Données pertinentes relatives aux installations techniques du bâtiment
 - Mention des principaux responsables pour la mise en œuvre du concept
 - Plans et coupe(s) du bâtiment avec identification de la zone hermétique par une ligne colorée continue et avec l'indication correspondante des points de détail probablement critiques.
 - Pour autant que, selon la situation, l'enveloppe du bâtiment ne soit pas seule concernée par les exigences en matière d'étanchéité à l'air, l'auteur doit également prendre en compte les parois de séparation, les plafonds et gaines concernés, p.ex. entre des appartements, les zones d'utilisation ou les zones de climatisation (voir chapitre 8.2, remarque 5 sur le tableau 10).
 - Informations relatives aux zones étanches à l'air sur la surface (matérialisation des procédés traditionnels de construction)
 - Liste ou présentation des détails pertinents du projet avec des présentations grossières / simples du principe (pas de planification spécialisée détaillée!) Des propositions se trouvent par exemple sous <https://www.luftdicht.info/luftdichtheitskonzept.php>.
 - Pour les bâtiments hors habitat et les grands bâtiments : désignation des éléments de construction critiques et fixation des exigences quant à leur étanchéité à l'air, resp. des instructions des classes de perméabilité à l'air (voir le chapitre 8.2 et le chapitre 4.5).
 - Informations relatives aux mesures prévues en vue de l'assurance qualité durant la phase d'exécution (p.ex. inspections de chantier, mesures de la perméabilité à l'air, etc.)
 - Remarques générales (pour des questions de responsabilité) :
 - Le concept général ne remplace pas le plan d'exécution
 - Indication de la planification spécialisée encore nécessaire
 - Dans le concept d'étanchéité à l'air, les questions relatives à la planification de l'aération doivent uniquement être traitées dans le cadre des

pénétrations voulues des zones et planifiées séparément conformément à la norme SIA 180, paragraphe 3.2.

b) Planification de la couche d'étanchéité à l'air dans le cadre du plan d'exécution

La planification de la couche d'étanchéité dans le cadre du plan d'exécution se base, à l'étape suivante, sur le concept général et tient compte des modifications de plan qui interviennent entretemps. Outre l'identification de la couche d'étanchéité à l'air sur les plans et les coupes, elle contient les informations suivantes :

- Liste / présentation de tous les détails pertinents avec un plan d'exécution détaillé
- Comparaison / adaptation du concept en accord avec les planificateurs spécialisés pour la statique, la protection thermique, la protection contre l'humidité / le bruit / l'incendie, la protection du bois et l'étanchéité à l'air en vue de concrétiser les exigences
- Détermination des structures en couche, des matériaux et de l'exécution sur la surface en ce qui concerne les transitions de matériaux, les raccords, les bords et les pénétrations auxquels il faut s'attendre, et comparaison avec les instructions du fabricant (sert de base pour l'appel d'offre / la soumission).
- Détermination des responsabilités dans le cadre de la planification, de l'exécution et de la surveillance / l'assurance qualité, définition des interfaces entre les acteurs.
- Elaboration de calendriers et détermination des ordres de succession dans le cadre de l'exécution et de l'assurance qualité au niveau de l'étanchéité (remarque: étant donné que la mesure de la perméabilité à l'air doit, dans la règle, être effectuée après l'exécution des travaux essentiels qui contribuent à l'étanchéité, le déroulement de la construction s'adaptera, dans la mesure du possible, à cet aspect.

4.3 Concept d'étanchéité dans la construction de logements

Conformément au **chapitre 8.2, remarque 5 sur le tableau 10**, les planificateurs déterminent quelles zones doivent être étanches à l'air les unes par rapport aux autres. Pour les logements, il n'y a pour ainsi dire presque aucune marge de manœuvre.

Si le garage (max. 2 places de stationnement) est intégré dans l'enveloppe thermique d'une habitation individuelle et qu'il existe un accès entre la partie résidentielle et le garage, la limite de l'étanchéité à l'air doit courir entre la partie résidentielle et le garage. La porte séparant le garage de l'habitation doit être étanche à l'air. La porte de garage (accès voiture) doit également être installée de manière étanche à l'air.

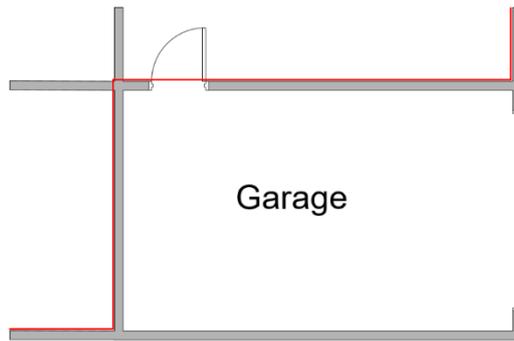


Illustration 3 : Schéma de la limite d'étanchéité à l'air (ligne rouge) entre l'habitation et le garage dans les habitations individuelles

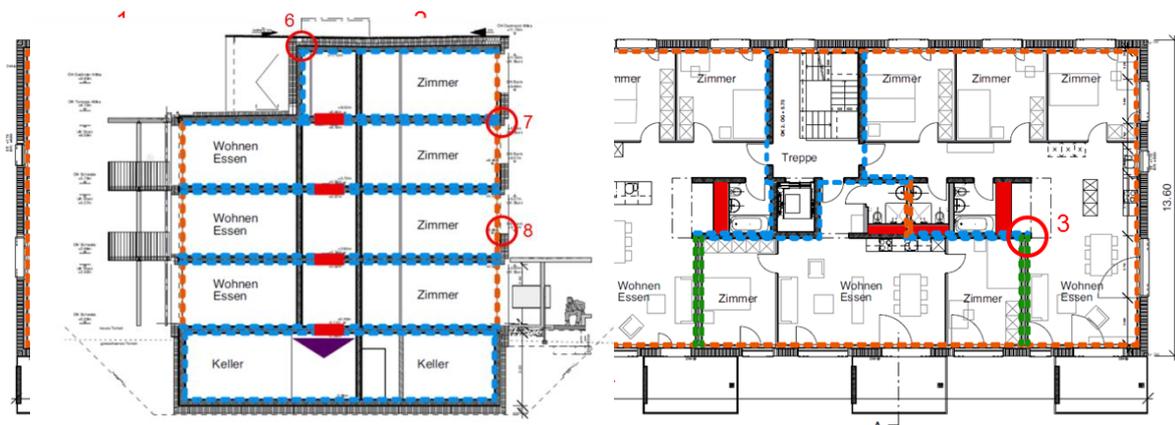
L'étanchéité mutuelle des logements d'un immeuble collectif doit respecter les règles techniques généralement reconnues dans le domaine de la construction. Il convient de traiter les détails selon le chapitre 8.2, remarque 3 sur le tableau 10).

Ce même principe s'applique aux espaces spécifiquement conditionnés (voir le chapitre 8.2, remarques 6 sur le tableau 10).

Lorsque les étages sont de construction identique, la présentation du concept d'étanchéité est nécessaire pour un étage-type uniquement. Si un bâtiment est par exemple composé d'un rez-de-chaussée, de plusieurs étages qui s'en distinguent et d'un attique, des concepts d'étanchéité à l'air doivent être élaborés pour trois étages (rez-de-chaussée, étages et attique).

En ce qui concerne la gestion des éléments de construction critiques, se référer au chapitre 4.5.

Exemple pour un bâtiment d'habitat :



-  Couche de fond du sol jusqu'à la dalle supérieure du plafond, étanchéité des joints de fenêtres internes réalisée à l'aide d'une bande d'étanchéité.
-  Mur en béton coulé sur place, plafond en béton, joints des portes et fenêtres avec bande d'étanchéité.
-  Joints des panneaux en placoplâtre collés de manière étanche aux éléments de construction attenants.
-  Gains techniques scellées de manière étanche dans les dalles supérieures.
-  Traversée murale pour les installations scellée de manière étanche.

Illustration 4 : En haut à droite : plan avec inscription des mesures relatives à l'étanchéité à l'air.
 En haut à gauche : coupe avec inscription des mesures relatives à l'étanchéité à l'air.
 En bas : légende des mesures. Source : demande modèle Minergie-A

4.4 Concept d'étanchéité pour les bâtiments hors habitat

Contrairement aux habitations, des décisions importantes doivent être prises pour les bâtiments hors habitat et les grands bâtiments dès la phase de conception.

- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas de bureaux ou de surfaces commerciales.
- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas des hôtels. Par exemple chambres individuellement, restaurant, cafétéria, cuisine, blanchisserie, ateliers, etc.
- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas des établissements pour personnes âgées. Par exemple chambres des résidents individuellement, restaurant, cafétéria, cuisine, blanchisserie, ateliers, etc.
- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas des hôpitaux. Par exemple chambres des patients individuellement, salle d'opération, salles d'isolement, salles blanches, restaurants, cafétérias, cuisines, blanchisserie, ateliers, etc.
- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas des piscines couvertes. Par exemple la limite entre la partie bain et vestiaires, entre la zone administration et restaurant, respectivement entre les bassins intérieurs et extérieurs lors de liaison directe en eau (à comparer avec les exigences supplémentaires pour les piscines couvertes [18]).
- Passage du périmètre d'étanchéité dans le cas des patinoires. Par exemple la limite entre la (les) halle(s) de glaces et les autres zones telles que les vestiaires, restaurant, etc. Les zones exploitées de manière indépendante doivent être étanches par rapport à la patinoire (à comparer avec les exigences supplémentaires pour les patinoires [19]).
- Etanchéité des cloisons dans les constructions légères attenantes aux éléments de construction adjacents.
- Cloisonnement des planchers surélevés et des plafonds suspendus sur lesquels se raccorde le périmètre d'étanchéité de la zone adjacente.

L'absence de bases de décision claires en ce qui concerne l'étanchéité des différentes zones d'affectation au sein du bâtiment hors habitat complique la détermination des zones de mesure.

Si les étages sont de construction identique, la présentation du concept d'étanchéité est nécessaire pour un étage-type uniquement.

Exemple bâtiment hors habitat :

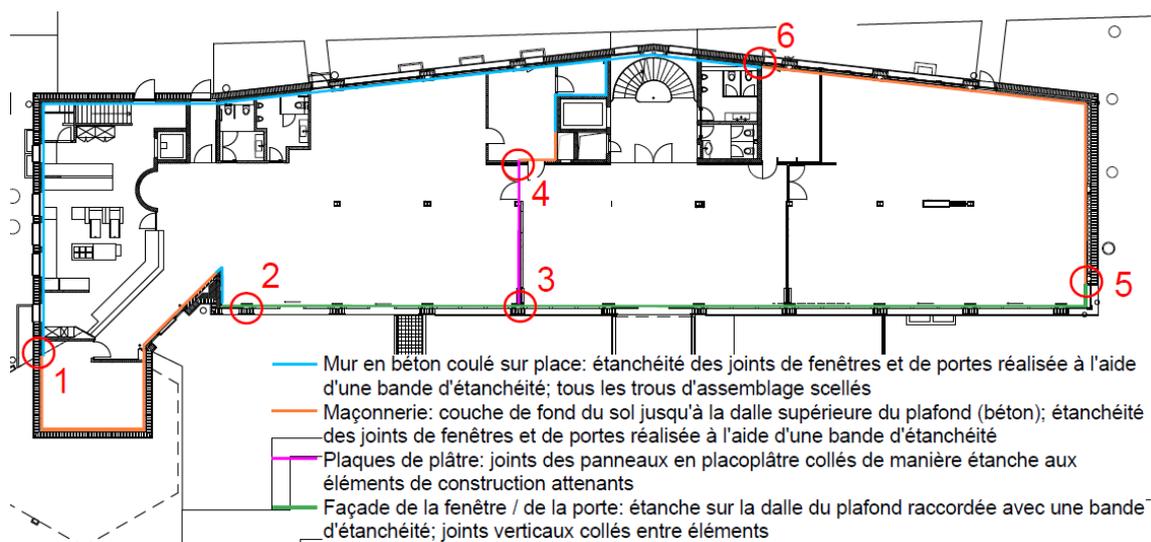


Illustration 5 : Plan avec inscription des mesures relatives à l'étanchéité à l'air. Source : plans mis à disposition par Flumroc SA.

Remarque relative aux protections anti-feu :

En ce qui concerne les bâtiments hors habitat, il peut être utile de définir les principales protections anti-feu en tant que zones de mesure et zones d'étanchéité. A cet effet, il faut toutefois prendre en considération le fait que « l'étanchéité à la fumée » constitue une autre sorte d'étanchéité et que « les portes anti-feu en Suisse, sans spécification séparée **du planificateur**, ne doivent pas nécessairement être étanches à la fumée ni étanches à l'air » (voir la norme 180 [1], chapitre 3.6.1.1). Les données détaillées relatives à la détermination des protections anti-feu figurent dans la norme [9] et les directives AEAI de protection contre l'incendie. En ce qui concerne la gestion des éléments de construction critiques, se référer au chapitre 4.5.

4.5 Gestion des éléments de construction critiques

Les termes « éléments de construction critiques » (relativement à l'étanchéité de l'air) désignent des éléments de construction pour lesquels on attend, au niveau des contraintes techniques, une perméabilité à l'air partiellement élevée à définir au préalable. Si de tels éléments de construction sont nombreux dans un objet, le débit de fuite d'air peut être si important lors de la mesure qu'il n'est plus possible de maintenir des valeurs limites strictes pour l'enveloppe du bâtiment sans leur étanchéité. (Exemple : dépôt des pompiers → halle pour véhicules chauffée, portes enroulables non étanches). De tels éléments de construction avec un débit de fuite d'air inévitable sont également présents dans les habitations.

a) Exemples généraux d'éléments de construction critiques :

- Doubles portes d'ascenseur (au niveau de l'étanchéité)
- Entrées pour accès public (portes coulissantes, tournantes avec dispositifs d'étanchéité, etc.)
- Portes enroulables, coulissantes, pliantes, sectionnelles, etc.
- Ouvertures d'évacuation de fumée

Dans les grands bâtiments non résidentiels, plusieurs exutoires de fumées et de chaleur (EFC) sont souvent installés. Il existe deux situations problématiques pour réaliser une mesure :

- Un taux de fuite plus haut des EFC (par rapport aux fenêtres normales) à l'état fermé en raison des installations techniques installées dans le cadre
- Un taux de fuite plus élevé dû à une mauvaise fermeture (automatique)

Le fait que le mécanisme ne se ferme souvent pas complètement est un problème technique de l'entrepreneur / fabricant. Par analogie avec les ouvrants de fenêtre qui fuient, les ouvrants des EFC ne doivent pas être scellés provisoirement.

Si les ouvrants des EFC sont fermés, la part de fuite de ces composants est comptée comme faisant partie de l'étanchéité à l'air. Ceci en sachant qu'elles ne sont (généralement) pas aussi étanches que les fenêtres normales. Les ouvrants des EFC qui fuient entraînent des courants d'air et causent des problèmes de confort.

b) Exemples spécifiques dans les habitations

- Pour les bâtiments existants, cheminées dépendant de l'air ambiant et fourneaux chauffant une seule pièce : le clapet d'air et clapet de fumées ne sont pas étanches.
- Pour les nouveaux bâtiments, les conduites directes d'air comburant au foyer s'appliquent conformément à la norme SIA 180 (paragraphe 3.6.2.1).
- Chatière
- Hottes d'aspiration (contre l'extérieur, dispositifs permettant la pénétration de l'air de rechange qui se ferment, conformément à ce que prévoit la norme SIA 180, paragraphe 3.4.1!)

Pour les mesures Minergie, les « éléments de construction critiques » sont traités selon la description de la méthode 2 (enveloppe du bâtiment): « Toute ouverture volontaire [...] doit être scellée ». Certes, l'idée de base de cette formulation se réfère principalement aux installations de ventilation et aux sorties d'air, mais au sens large du terme, il convient de considérer les fuites inévitables des « éléments de construction critiques » comme des « ouvertures volontaires ».

Il en résulte des situations confuses pendant l'exploitation pour les catégories de bâtiment spéciales : une enveloppe du bâtiment dense requière un travail important ; mais dans le même temps, il apparaît clairement qu'avec des éléments de construction critiques, de grandes déperditions thermiques par renouvellement d'air doivent être acceptées (p.ex. entrées publiques).

Pour en savoir plus sur cette situation insatisfaisante, les étanchements des différents « éléments de construction critiques » sont censés être successivement éliminés après la mesure ordinaire (avec des éléments de construction critiques provisoirement isolés) là où cela est possible (Aiding a hole). A cet égard, il convient de déterminer pour chaque élément de construction, au moyen d'une mesure en un point à 50 Pa de dépression (ou surpression), le débit de fuite d'air de l'élément de construction à l'aide de la différence obtenue. Il est ainsi possible d'établir des comparaisons provisoires par rapport à quelques normes de construction (voir chapitre 8.6 « Littérature complémentaire »).

A titre informatif, cette méthode est également brièvement décrite dans la norme SN EN ISO 9972 [2], annexe E.

4.6 Point de contact entre les éléments de construction / Pénétrations

a) Point de contact entre les éléments de construction

Les points de contact entre les éléments de construction doivent être décrits et illustrés dans le concept d'étanchéité à l'air. Des exemples à ce sujet figurent sur le portail d'information relatif au thème de la construction étanche à l'air (<http://www.luftdicht.info/luftdichtheitskonzept.php>, en allemand), sur WISSEN Wiki (<http://www.wissenwiki.ch/Konstruktion>, en allemand) ou sur le site Internet du fabricant (schémas détaillés). L'illustration d'un raccord sol-murs extérieurs pourrait être représentée comme suit.

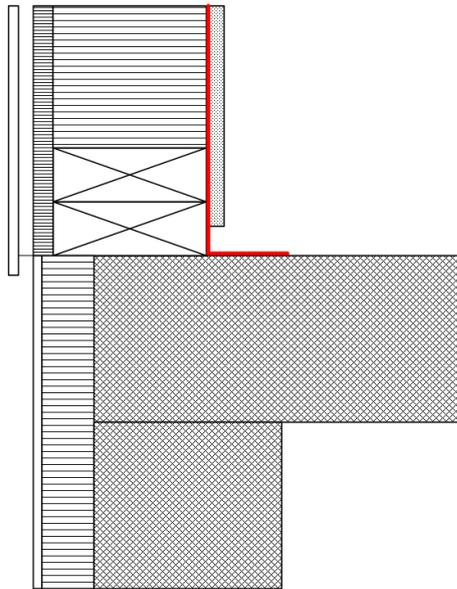
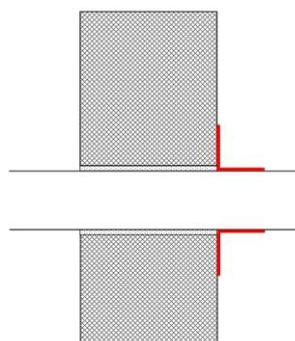


Illustration 6 : Exemple typique de raccords sol - murs extérieurs au niveau des éléments de construction

b) Pénétrations



Toutes les installations passant à travers le périmètre d'étanchéité à l'air doivent être inscrites dans les plans. L'étanchéité entre l'élément de construction pénétrant / l'installation et l'élément de construction adjacent doit être décrite.

Il convient de noter que des gaines techniques peuvent se trouver à l'intérieur, resp. à l'extérieur du périmètre d'étanchéité à l'air.

Illustration 7 : Exemple typique de pénétration autour d'un tuyau

Dans les gaines techniques, les éléments coupe-feu doivent faire le tour des conduites / canaux de manière rigoureuse.



Illustration 8 : Gains techniques avec installation (source : Haute école de Lucerne – Technique et architecture ; photo: 30.11.2013)

Les câbles électriques ne doivent pas être installés en faisceau à travers le périmètre d'étanchéité à l'air.

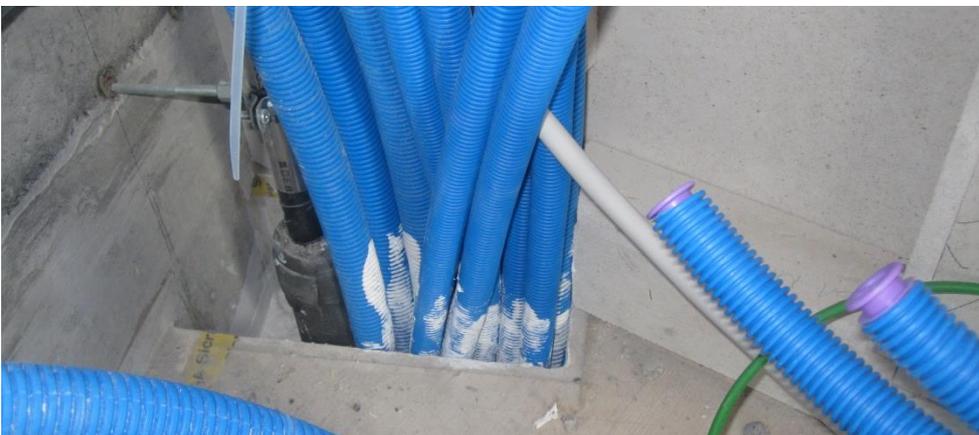


Illustration 9 : Inapproprié : installation électrique en faisceau (source : Haute école de Lucerne – Technique et architecture; photo: 30.11.2013)



Illustration 10 : Manchette appropriée pour gaines multiples (source : image gauche : pro clima Suisse GmbH, image droite : Kel-DPU)

5 Concept de mesures d'étanchéité à l'air

En sus du concept d'aération et du concept d'étanchéité à l'air fixés par la norme SIA 180 [1], un concept de mesures d'étanchéité à l'air doit être établi pour les bâtiments Minergie-P et Minergie-A des catégories de bâtiment suivantes :

- Habitations (immeubles collectifs, maisons mitoyennes) à partir de 5 unités d'habitation
- Bâtiments hors habitat

La base pour un concept de mesures d'étanchéité à l'air est le concept d'étanchéité à l'air. Un concept de mesures d'étanchéité à l'air présente le nombre et la situation des zones de mesure, et justifie leur choix. Pour ce faire, de premiers entretiens avec les planificateurs et la direction du chantier sont la plupart du temps nécessaires ; en effet, pour des raisons organisationnelles et techniques, il n'est pas possible d'effectuer des mesures à tout moment et en tout lieu.

Le concept de mesures doit en principe être déposé par écrit avec la demande Minergie à l'office de certification pour approbation. Si des rapports de mesures liées à des bâtiments sont déposés sans un concept de mesures approuvé, ils sont refusés. **Exception : toutes les unités d'utilisation sont mesurées.**

Si aucun concept de mesure n'est soumis, les offices de certification supposent que toutes les unités d'utilisation sont mesurées. Si le concept de mesure n'est pas soumis avec la demande Minergie, il doit être soumis au plus tard 4 semaines avant la réalisation des mesures. Les offices de certification l'approuvent ou le corrigent. Les mesures doivent être effectuées conformément au concept de mesure approuvé. Si des mesures anticipées sont disponibles, l'acceptation de ces dernières doit être discutée avec l'office de certification.

5.1 Nombre et sélection des zones de mesure pour les habitations

La norme SIA 180 [1] exige une étanchéité, tant contre l'extérieur que contre différentes zones d'utilisation en fonction de la situation.

a) Détermination de la zone de mesure pour les maisons individuelles

Selon Minergie, les maisons individuelles autonomes ne nécessitent pas de concept de mesures, la zone de mesure étant la plupart du temps évidente. **Dans le cas d'un second logement indépendant de la construction principale, chaque logement est considéré comme une unité d'utilisation et doit donc être mesuré indépendamment.**

Les pièces se situant hors du périmètre **d'isolation thermique** ne font pas partie, **en principe**, du périmètre d'étanchéité.

Les garages avec accès direct à la zone de mesure, qui sont situés dans l'enveloppe thermique du bâtiment doivent être séparés de manière étanche (cf. chapitre 4.3). Le dispositif de mesure (porte soufflante) ne doit pas être installé sur cet accès, la porte du garage doit également être mesurée.

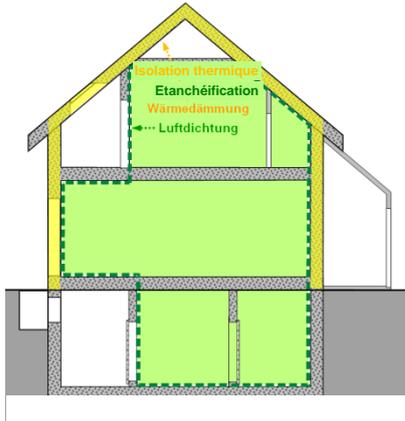


Illustration 11 : Pour les maisons individuelles plus anciennes, il convient de définir où passe le périmètre d'étanchéité.

Pour les bâtiments plus anciens, il faut clarifier au préalable si le périmètre d'étanchéité à l'air diverge du périmètre d'isolation thermique. La norme SN EN ISO 9972 [2] décrit la zone de mesure comme suit (chapitre 5.1.2. a)):

« Normalement, la partie de bâtiment mesurée inclut toutes les pièces volontairement conditionnées (c'est-à-dire l'ensemble des pièces destinées à être directement ou indirectement chauffées, rafraîchies et/ou ventilées). »

b) Détermination de la zone de mesure pour les immeubles collectifs et les complexes résidentiels

En principe, chaque unité d'utilisation (= logement) doit être mesurée individuellement. Les logements doivent également être étanches les uns par rapport aux autres.

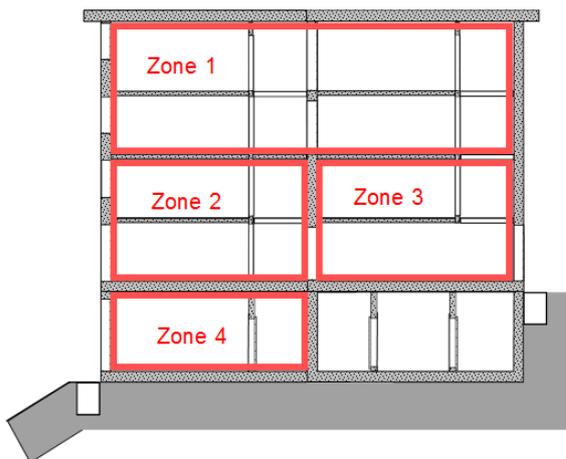


Illustration 12 : Immeuble collectif avec quatre unités d'utilisation. Dans les immeubles collectifs, chaque unité d'utilisation (logement, espace commun, etc.) doit être étanche à l'air par rapport aux autres unités d'utilisation. Cette indication s'applique aussi aux cages d'escalier, qui sont rarement mesurées en tant que zone séparée.

Pour les plus grands lotissements, il n'est pas nécessaire de mesurer tous les logements, en particulier si les plans sont identiques. Les endroits problématiques systématiques peuvent être améliorés si besoin sans qu'une mesure ne soit effectuée dans toutes les unités d'habitation. Le paragraphe suivant montre selon quel principe le nombre de mesures peut être réduit pour les complexes résidentiels.

Pour les grands lotissements et les quartiers de plusieurs immeubles d'habitation, la réduction du nombre de mesures s'applique pour autant que les travaux soient finis en même temps, respectivement dans un délai court (max. 1 année).

Dans le cas de bâtiments mixtes (habitat et tertiaire), le nombre de mesures du ou des bâtiments tertiaires est ajouté au nombre de mesures de l'usage résidentiel. Le nombre de mesures dans le bâtiment tertiaire est à convenir avec l'office de certification.

Aide pour déterminer le nombre de mesures pour les habitations / les complexes résidentiels.

Nombre de zones de mesure	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	50	100	200	300
Nombre de mesures														
Minimal exigé	1	1	2	2	3	6	7	8	9	10	11	14	18	21
Maximal exigé	1	2	3	4	5	9	10	11	13	15	16	20	25	29

Tableau 7: Fourchette du nombre de mesures devant être réalisées

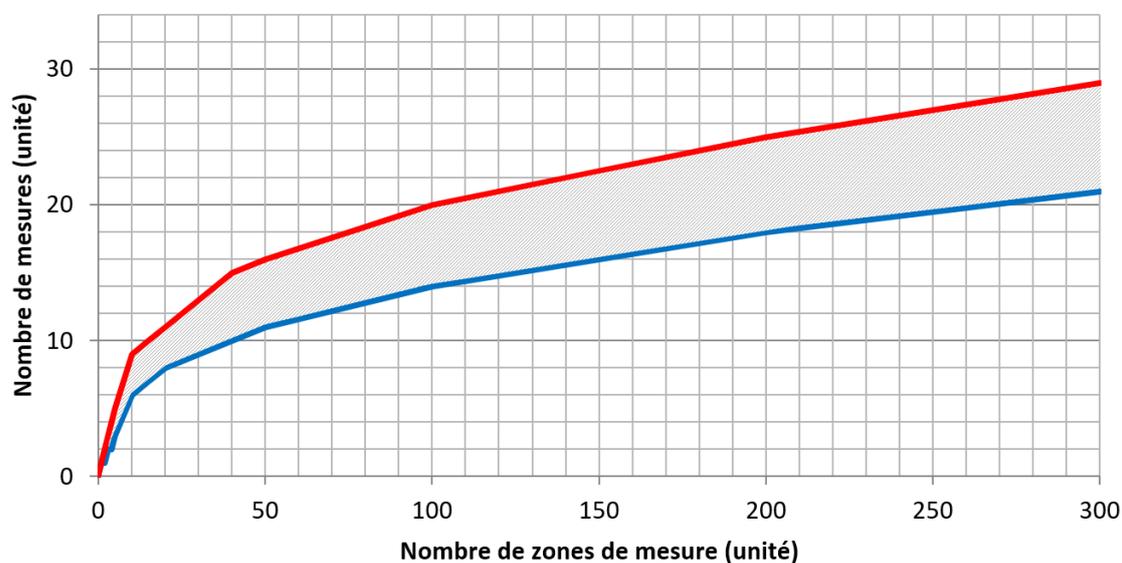


Illustration 13 : Graphique illustrant la fourchette du nombre de mesures devant être réalisées

Dans certains cas dûment justifiés, les offices de certification peuvent s'écarter des informations mentionnées dans le Tableau 7 resp. l'illustration 13.

Critères relatifs à la sélection des zones de mesure des habitations

- Il convient de prendre en compte le plus large éventail possible de types d'habitations. (Type d'habitations : nombre de pièces et/ou plans très différents).

- Différentes expositions de logements doivent être prises en considération (divers étages et orientations).
- Il convient de privilégier les logements avec :
 - de grandes surfaces de façades
 - une proportion importante de surfaces situées contre d'autres zones d'utilisation (hormis **en présence** de sols et de plafonds en béton).
- Il faut prendre en compte des zones avec différentes constructions et surfaces de séparation (murs, fenêtres, plafonds, etc.).
- Les logements avec une « situation critique » ont une priorité plus importante en termes de mesure (combles, rez-de-chaussée, jouxtant un ascenseur, etc.).
- Si un complexe résidentiel est composé de plusieurs bâtiments, les mesures doivent être réparties entre ces derniers. Il **est** conseillé de prendre en compte le déroulement de la construction (effectuer plusieurs mesures dans le premier objet prêt à être mesuré → évaluer et partager les expériences).

Note pour les hôtels, les établissements pour personnes âgées et les hôpitaux :

- S'il existe des appartements indépendants pour les personnes âgées (salle d'eau, cuisine, chambre), ceux-ci sont considérés comme une seule zone de mesure au même titre qu'un appartement.
- Les zones / pièces définies comme des zones d'étanchéité à l'air distinctes dans le concept d'étanchéité à l'air doivent être mesurées séparément si possible.

5.2 Détermination des zones de mesure pour les bâtiments hors habitat

Le concept d'étanchéité à l'air détermine quelles zones doivent être étanches les unes par rapport aux autres dans les bâtiments hors habitat (**catégories de bâtiment III à XII de la norme SIA 380/1 [14]**).

Pour les grands bâtiments hors habitat (p.ex. bâtiments administratifs, hôpitaux, écoles, piscines, centres commerciaux, etc.), il n'est souvent pas possible, en raison du déroulement des travaux, d'effectuer une mesure de l'étanchéité à l'air sur des unités d'utilisation entières. En accord avec l'office de certification, il est possible de mesurer seulement certaines parties du bâtiment dans de telles constructions.

Au sein d'une unité d'utilisation (p.ex. espace bureau / halle de production), différentes zones (p.ex. espaces fumeurs, cuisines / restaurants adjacents à des bureaux) peuvent également être mesurées séparément.

a) Critères relatifs au nombre de zones de mesure

Zones de mesure possibles pour les bâtiments hors habitat :

- Où cela est possible : mesures de test sur des maquettes / modèles
- Tout le bâtiment
- Partie du bâtiment / aile du bâtiment
- Toute la surface de plancher (encore sans installations intérieures)
- Unités d'utilisation (par analogie avec les habitations (logement) mais en se référant aux surfaces locatives ou commerciales)

- Différentes zones d'utilisation au sein de l'unité d'utilisation (espace fumeurs, cuisine, restaurant, etc.)
- Les compartiments coupe-feu ne doivent être rendus étanches à l'air qu'au moyen d'une convention d'utilisation préalable.

Lors de la sélection des parties de façades, il convient d'observer ce qui suit:

- Sélection de différentes constructions de façades avec la plus grande surface possible contre l'extérieur
- Zones d'angle et joints entre éléments
- Pour les très grandes constructions : établir éventuellement un confinement provisoire des zones de façades.
- « Eléments de construction critiques » (voir le chapitre 4.5)

b) Autres possibilités en lien avec l'assurance qualité

Lors du choix des mesures ou de l'élaboration du concept de mesures, il convient d'envisager d'autres mesures possibles (voir le chapitre 8) en vue d'améliorer la qualité de l'enveloppe du bâtiment.

Les éléments suivants ont fait leurs preuves pour les bâtiments hors habitat :

- Localisation des fuites et documentation exhaustives (avec saisie qualitative et quantitative là où cela est possible).
- Prises de vue thermographiques (extérieur / intérieur ; à prendre en compte: état de fonctionnement; chauffé ou non chauffé; différences de température entre l'intérieur et l'extérieur).
- Mesures de pression (pression différentielle naturelle à différentes altitudes dans l'état de fonctionnement); en fonction de la saison et du type de fonctionnement de l'aération, l'ampleur de l'effet de cheminée (« stack effect ») apparaît, et, par conséquent, la charge de compression pour la construction de la façade.
- Optimisation du déroulement des travaux afin de mieux intégrer l'assurance qualité dans le processus de construction.
- Evaluation du potentiel de dégradation du bâtiment découlant des défauts et recommandations en vue d'éliminer les défauts

5.3 Détermination des zones de mesure pour les extensions et les changements d'affectation

a) Extensions

Si des extensions ainsi qu'un bâtiment rénové sont totalement séparés et reliés tout au plus par une ouverture / porte, une mesure de l'étanchéité à l'air doit être réalisée pour les deux parties.

Sous réserve d'un plafond de séparation (voir l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Illustration 14**), resp. d'un mur de séparation (voir l'**Illustration 15**) étanches à l'air entre la partie existante et l'extension, les éléments suivants s'appliquent:

Extension (= nouveaux bâtiments) \Rightarrow valeur à neuf $q_{E50} \leq 0,8$ resp. $\leq 1,2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

Partie existante (= rénovation) \Rightarrow valeur de rénovation $q_{E50} \leq 1,6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

Pour les deux parties du bâtiment, la surface du mur de séparation est ajoutée à l'aire de l'enveloppe A_E .

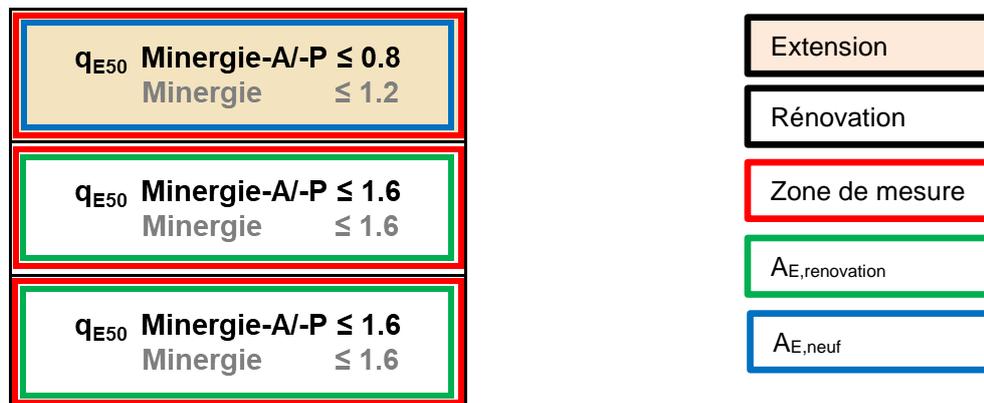


Illustration 14 : Mesures séparées de la rénovation et de l'extension en tant qu'ébauche du système. P.ex. surélévation indépendante

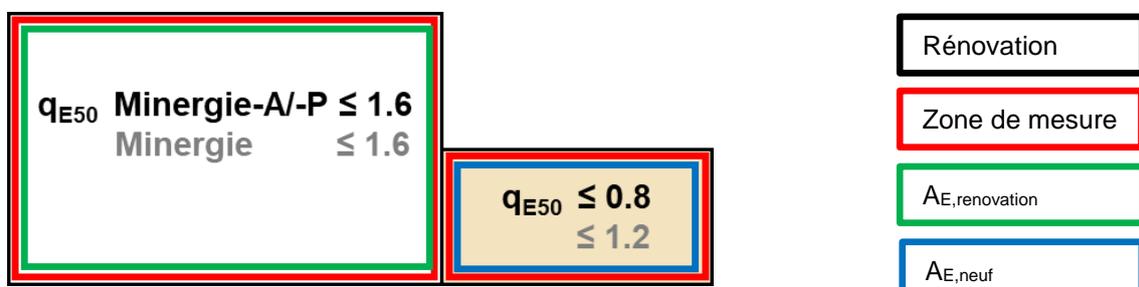


Illustration 15 : Mesures séparées de la rénovation et de l'extension en tant qu'ébauche du système. P.ex. annexe indépendante

Si une extension et le bâtiment rénové sont reliés de manière ouverte (faux plafond avec escalier ouvert menant à l'extension ; voir l'illustration 16; resp. sans paroi intermédiaire; voir l'illustration 17), ou s'il faut s'attendre à de graves fuites dans la paroi intermédiaire, une mesure de l'étanchéité à l'air peut être réalisée pour l'ensemble de l'unité d'utilisation. L'exigence relative aux valeurs limites découle des valeurs limites isolées spécifiques à l'objet (osGW) selon la formule suivante :

$$osGW q_{E50} = \frac{(A_{E, rénovation} \times 1.6) + (A_{E, neuf} \times 0.8 \text{ ou } 1.2)}{\text{Somme } A_{E(\text{rénovation} + \text{neuf})}} m^3 / (h \cdot m^2)$$

Lors de la détermination de A_E , la surface de liaison commune ne compte pas car l'unité d'utilisation est considérée comme une seule zone de mesure.

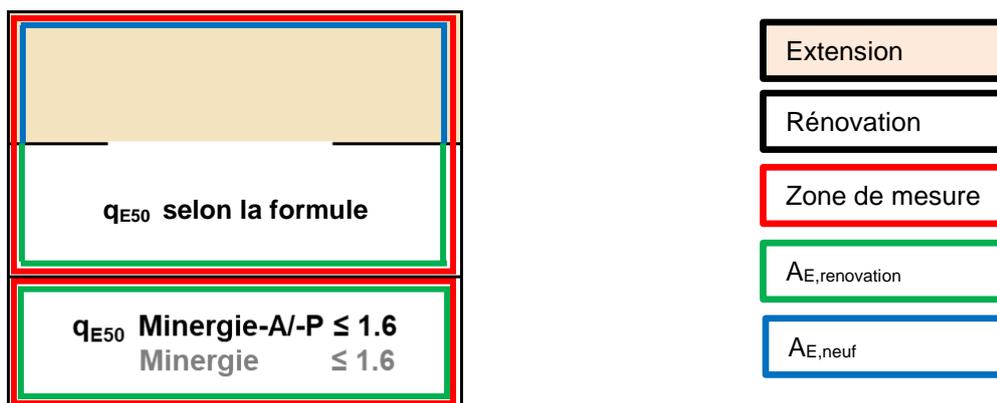


Illustration 16 : « Mélange de mesures » de la rénovation et de l'extension en tant qu'ébauche du système. P.ex. surélévation ouverte directement liée à la partie existante (cage d'escalier ouverte)

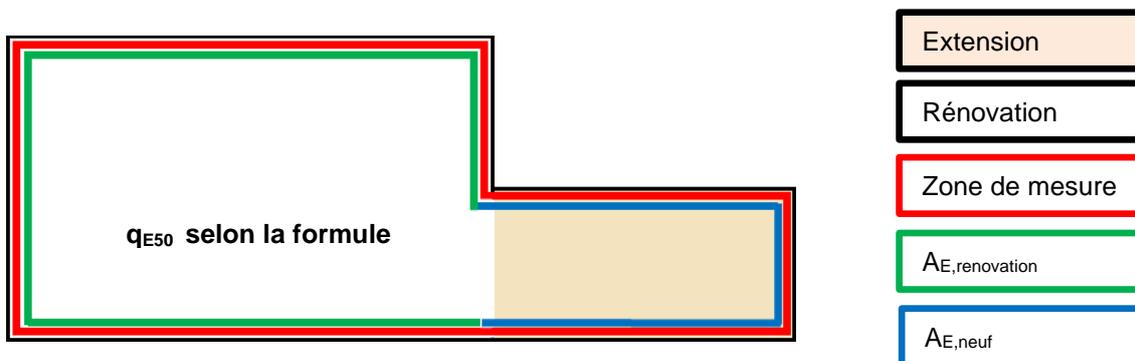


Illustration 17 : « Mélange de mesures » de la rénovation et de l'extension en tant qu'ébauche du système. P.ex. annexe ouverte (p.ex. maison individuelle avec extension de pièce)

b) Réaffectation

Les exigences énergétiques liées aux réaffectations avec variations de la température des locaux sont définies dans l'Aide à l'application EN-106 relative au Modèle de prescriptions énergétiques des cantons, édition 2014. Par analogie avec cette Aide à l'application, les exigences relatives à la valeur limite à respecter pour l'étanchéité à l'air sont définies ici.

- Avec variation de la température des locaux

Si des bâtiments ou des parties de bâtiments sont réaffectés et que cela est lié à une augmentation ou une diminution de la température des locaux (p.ex. locaux frigorifiques / chambres froides), les valeurs q_{E50} doivent être respectées :

- $\leq 1,6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ pour une variation de la température des locaux ≤ 5 kelvin (comme les rénovations). Exemple : un entrepôt est réaffecté en habitation (loft).
- $\leq 0,8 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ (Minergie-A / Minergie-P) respectivement $\leq 1,2 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ (Minergie) pour une variation de la température des locaux > 5 kelvin (comme les nouveaux bâtiments). Exemple : une étable non chauffée est réaffectée en habitation.

- Sans variation de la température des locaux

Lorsque la réaffectation s'effectue sans une variation de la température des locaux (p.ex. administration dans des logements), la valeur q_{E50} suivante doit être respectée:

- $\leq 1,6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ (pour les rénovations)

- Cas spéciaux

Les cas spéciaux doivent toujours faire l'objet d'une discussion préalable avec l'office de certification et la valeur q_{E50} déterminante doit être définie.

Les températures définies des locaux selon la norme SIA 380/1 [14] sont déterminantes pour l'évaluation.

6 Mesure de l'étanchéité à l'air

Des informations sur le moment de la mesure figurent aussi bien dans la norme SN EN ISO 9972 [2] que dans la norme SIA 180 [1] :

Norme SIA 180 [1], chapitre 3.6.4.2: « *La mesure de la perméabilité à l'air des nouveaux bâtiments est, dans la règle, à prévoir à la fin de la phase de construction, lorsque tous les travaux essentiels qui contribuent à l'étanchéité ont été effectués. Elle peut être aussi effectuée après l'achèvement de la construction ou pendant l'exploitation.* »

La méthode 2 selon la norme SN EN ISO 9972 [2] s'applique en principe aux mesures Minergie, tel que cela est également défini dans la norme SIA 180 [1]. A cet égard, lors d'une mesure, toutes les ouvertures de ventilation sont scellées et les portes, fenêtres et trappes sont fermées. Le chapitre 5.2.1 de la norme SN EN ISO 9972 [2] présente d'autres méthodes de mesure possibles.

L'objectif de la méthode 2 est de saisir, au moyen d'une technique de mesure, les fuites attribuées à la zone de mesure. Dans la situation idéale (hors d'atteinte), le résultat de la mesure devrait être $q_{E50} = 0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Le chapitre suivant intitulé « *Éléments de construction critiques* » présente les exceptions y relatives.

L'onglet « *Etanchements* » du formulaire justificatif pour les mesures de l'étanchéité à l'air et le tableau 8 du chapitre 6.3 présentent une liste de contrôle détaillée décrivant comment procéder dans ce cas avec toutes les ouvertures possibles dans l'aire de l'enveloppe [7].

La définition de la valeur de référence déterminante de l'aire de l'enveloppe s'énonce comme suit (extrait de la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 6.1.2):

« *L'aire de l'enveloppe, A_E , du bâtiment ou de la partie mesurée du bâtiment correspond à la surface totale des planchers, murs et plafonds qui bordent le volume intérieur. Ceci inclut les murs et les planchers en dessous du niveau du sol extérieur.* » Les dimensions intérieures sont définies conformément aux normes SIA 180 [1] et 380 [17]. Comparez les Illustrations Illustration 18 et Illustration 20.

La surface de l'enveloppe d'un appartement dans un immeuble de plusieurs étages comprend également les sols, les murs et les plafonds contre les appartements adjacents. De même, dans les maisons individuelles jumelées et mitoyennes, les cloisons/murs du bâtiment sont inclus dans leur surface d'enveloppe. D'autres informations détaillées figurent dans la norme.

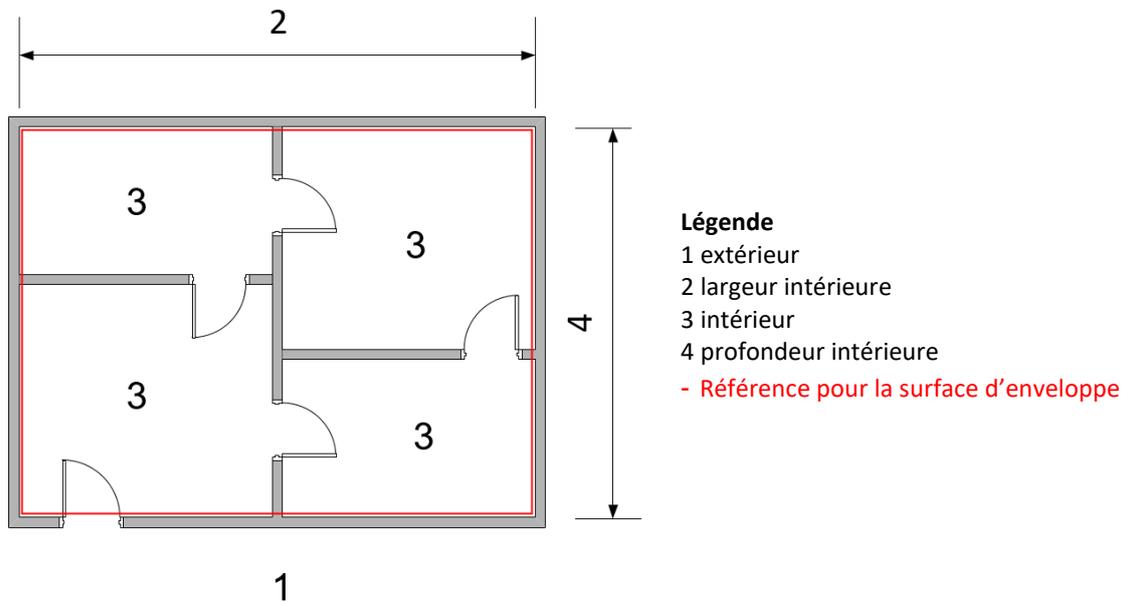
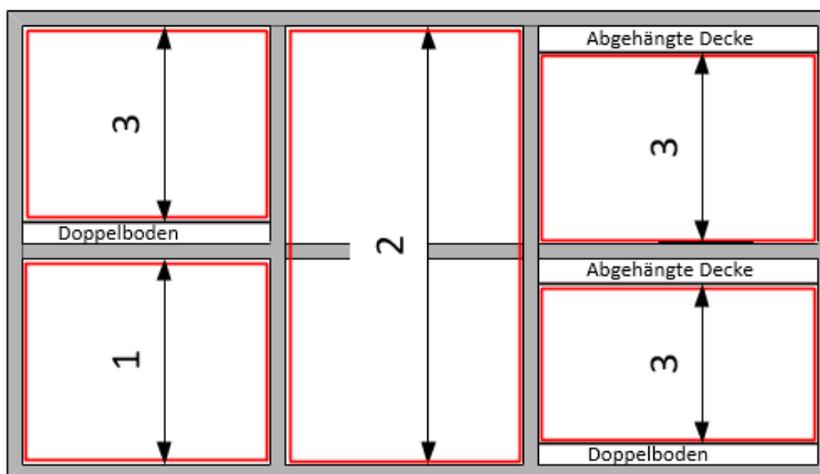


Illustration 18 : Plan avec représentation des dimensions intérieures globales (source : SN EN ISO 9972 ; 2015)



- Légende**
- 1 Hauteur libre de la pièce pour les unités sur un étage
 - 2 Hauteur libre de la pièce pour les unités sur plusieurs étages
 - 3 Hauteur libre en présence de faux-planchers et/ou faux-plafonds
 - Référence pour la surface d'enveloppe

Illustration 19 : Plan avec représentation des dimensions intérieures globales (source : SN EN ISO 9972 ; 2015)

Il est conseillé, à des fins de comparaison (p.ex. rapport A_E/V), de déterminer également le volume intérieur et d'identifier éventuellement la valeur n_{50} . Le calcul du volume intérieur est défini dans la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 6.1.1.

6.1 Conditions relatives à la mesure

Pour pouvoir mener à bien une mesure, les conditions suivantes doivent être respectées :

- Les appareils de mesure doivent correspondre aux exigences de la norme SN EN ISO 9972 (mesure de la pression ± 1 Pa dans la zone allant de 0 à 100 Pa; thermomètre ± 0.5 K).
- Le concept de mesures d'étanchéité à l'air doit être approuvé par l'office de certification.
- Les calculs des valeurs de référence sont réalisés
- Les conditions météorologiques doivent être remplies (incertitude de mesure de max. $\pm 15\%$, pression différentielle naturelle ≤ 5 Pa; remarque: ces valeurs sont dépassées en présence de vent)
- La discussion avec la direction de chantier a eu lieu
- L'objet resp. la zone de mesure est prêt(e) sur le plan technique

6.2 Préparation du bâtiment

a) Zones de mesures

La détermination des zones à mesurer doit être clarifiée suffisamment tôt dans le concept de mesures ! Le concept d'étanchéité à l'air sert de référence pour fixer les zones de mesure (à ce propos, voir les chapitres 5 et 8.3).

b) Etat des zones adjacentes

Pour les maisons individuelles, il n'existe la plupart du temps qu'une zone de mesure. S'agissant des immeubles collectifs et des bâtiments hors habitat, des zones adjacentes sont presque toujours présentes. Dans les immeubles collectifs notamment, les logements avoisinants forment une zone adjacente qui doit être isolée de manière étanche à l'air (voir le chapitre 8.3). Afin que les parois de séparation avec ces zones adjacentes puissent être contrôlées de manière similaire aux murs extérieurs (avec la même différence de pression), les fenêtres, les volets d'aération, etc. doivent être ouverts dans toutes les zones adjacentes en dehors de la zone de mesure, **pour qu'elles soient le plus possible à pression atmosphérique**. Cette mesure s'applique également, dans la mesure du possible, aux « espaces tampons » tels que les caves non chauffées, les jardins d'hiver, les garages, etc.

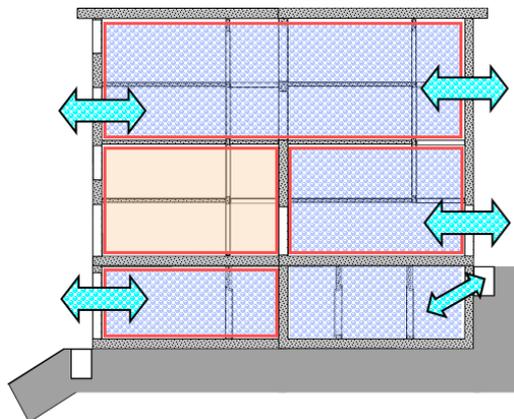


Illustration 20 : Mesure d'une unité d'utilisation (logement) dans un bâtiment (maison collective). Les fenêtres des logements adjacents, de la cage d'escalier et des locaux annexes non chauffés doivent être ouvertes.

Dans les constructions en bois, l'expérience montre que les fenêtres / portes ouvertes situées dans la zone adjacente peuvent exercer une influence considérable sur le débit de fuite d'air. Dans les logements séparés par des plafonds / sols en béton continu, un effet se fait rarement ressentir (exception : lors de débits de fuite d'air à travers des gaines verticales).

Etant donné qu'il n'est pas toujours possible que l'ensemble des zones adjacentes atteignent l'état souhaité (p.ex. absence des habitants), les conditions de renouvellement d'air de l'état effectif des zones adjacentes pendant la mesure doivent, dans tous les cas, être mentionnées dans le rapport / le rapport de contrôle.

6.3 Etanchements provisoires

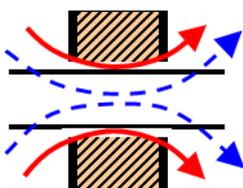
a) Etanchements provisoires autorisés

Lors de la mesure utilisant la méthode 2, les ouvertures volontaires situées dans le périmètre d'étanchéité à l'air peuvent être provisoirement fermées. Ce qui est autorisé est indiqué dans le tableau 8 ci-dessous.

Etanchement	Méthode 2 (Enveloppe)
Portes extérieures *)	fermer
Portes intérieures	ouvrir
Porte des locaux annexes chauffés *) (p.ex. cave)	ouvrir
Trappes, lucarnes, portes des zones non chauffées (local de stockage, cave, garage) *)	fermer
Porte d'ascenseur / de gaine donnant sur une autre zone de mesure **)	fermer
Porte d'ascenseur / de gaine donnant sur la même zone de mesure **)	fermer et étancher
Trous de serrure *)	rien
Lucarnes et trappes sur les pans de toit aux combles quand le périmètre d'étanchéité est à l'extérieur	ouvrir
Lucarnes et trappes sur les pans de toit aux combles quand le périmètre d'étanchéité est à la lucarne *)	fermer
Fenêtres / portes-fenêtres / lucarnes *) portes coulissantes / vitrages fixes, etc.	fermer

Grille d'aération des fenêtres (cadre)	fermer, étancher et documenter
Volets d'aération des lucarnes	fermer
Courroies et manivelles de stores *)	rien
Aérateur ou appareil de ventilation pour un local	si possible : étancher dans l'appareil et documenter
Air fourni pour l'aération des locaux	fermer ou étancher et documenter
Air repris pour l'aération des locaux	fermer ou étancher et documenter
Hotte de ventilation cuisine / système de circulation	rien
Hotte de ventilation cuisine / système d'évacuation	étancher et documenter
Ventilateur d'évacuation (bain / douche / WC)	étancher et documenter
Sèche-linge dans une zone chauffée avec évacuation à l'extérieur	fermer le sèche-linge et étancher la conduite d'air, p. ex. depuis l'extérieur
Poêle / cheminée, etc.	fermer et étancher
Entrée d'air pour le poêle	fermer et étancher
Cheminée du poêle	fermer et étancher
Déversoir à linge donnant sur une autre zone de mesure	fermer
Chatière	fermer et étancher
Couvercle de gaine dans des zones chauffées	étancher
Plafond suspendu et ses installations	rien
Boîtier électrique, fusibles *)	rien
Prises *)	rien
Appliques *)	rien
Distrib. chauffage *)	rien
Réservoir WC *)	rien
Autres raccordements et raccords sanitaires *)	rien
Soupapes de purge des canalisations dans les zones chauffées	étancher et documenter
Installation d'aspiration centralisée	fermer et étancher
Tuyaux vides vers des zones non chauffées	étancher et documenter

En général, aux traversées de conduites



Rouge : rien *)
(= enveloppe)

Bleu : fermer, resp. étancher

Tout ce qui a été provisoirement étanché pendant la mesure doit être documenté

Autres:

*) Si des fuites sont nettement perceptibles, on peut estimer leur contribution par étanchement en effectuant une mesure ponctuelle (voir le chapitre 8.3, let. d). Toutefois, lors d'une évaluation MINERGIE/-P/-A par la méthode 2, un étanchement provisoire n'est pas admis.

**) Lorsqu'un ascenseur accède directement à un appartement, la porte de fermeture de la cage d'ascenseur ne peut pas être étanchéifiée provisoirement. Elle fait part du périmètre d'étanchéité et doit être réalisée de manière hermétique. Une alternative serait de placer une structure étanche supplémentaire devant la porte de fermeture.

Tableau 8 : Liste des étanchements provisoires autorisés

Remarque : En retirant les étanchéités provisoires autorisées, par exemple pour les éléments critiques, la cheminée, etc., la différence entre les deux méthodes (1, respectivement 2) peut être estimées très rapidement au moyen d'une mesure en un point (à ΔP 50 Pa). Cela permet de quantifier les fuites qui ne peuvent pas être attribués à l'enveloppe du bâtiment.

b) Piscines couvertes

S'il existe une connexion directe (en eau) entre les bassins intérieurs et extérieurs, ce passage doit être provisoirement étanché afin de pouvoir tester la perméabilité à l'air de l'enveloppe du volume des bassins. Les éléments critiques (voir chapitre 4.5) et les installations de ventilation (voir chapitre 8.4) peuvent être provisoirement étanchés.

c) Patinoires

Les éléments critiques (voir chapitre 4.5) et les installations de ventilation (voir chapitre 8.4) peuvent être provisoirement étanchés.

d) Installations de ventilation

Pour des informations détaillées sur les étanchements provisoires des installations de ventilation, voir le chapitre 8.4.

6.4 Localisation des fuites / Contrôle préliminaire

La détermination de la perméabilité à l'air est une *mesure quantitative*. Un résultat de mesure n'indique toutefois pas où les fuites restantes se situent. La *localisation des fuites*, une mesure *qualitative*, permet de répondre à cette question. Une localisation des fuites est absolument indispensable car c'est uniquement ainsi que des défauts peuvent être trouvés (en particulier en cas de problèmes et de sinistre).

Contrôle préliminaire

La norme SN EN ISO 9972 [2] décrit cet aspect dans le chapitre 5.3.1:

« Toujours contrôler l'intégralité de l'enveloppe du bâtiment à une différence de pression voisine de la différence de pression maximale utilisée lors de l'essai, pour les fuites importantes et les défaillances des colmatages temporaires des ouvertures. Si de telles fuites sont détectées, prendre des notes détaillées. »

Dans la pratique, le contrôle préliminaire = « localisation des fuites » a toujours fait ses preuves dans les conditions suivantes :

- Pression de référence env. 50 Pa
- Dépression

D'autres niveaux de pression – le cas échéant supérieurs – peuvent également être utiles en fonction de la situation. A cet égard, la personne en charge du contrôle doit tenir compte du fait que des niveaux de pression élevés peuvent dévelop-

per en quelque sorte un potentiel de destruction (p.ex. arrachement de pare-va-peurs pas encore complets, ni sécurisés mécaniquement). L'expérience montre que la personne en charge du contrôle ne peut développer un « degré d'évaluation » sûr pour la pertinence des fuites détectées qu'avec des différences de pression toujours similaires. Il est essentiel que toutes les conditions à remplir dans le cadre de la documentation fassent l'objet d'un protocole précis.

Moyens utilisés dans la détection et la visualisation des fuites (voir également la norme SN EN ISO 9972 [2], Annexe E):

- à la main (éventuellement avec doigt humide ou avec le dos de la main)
- avec des détecteurs de courants d'air
- avec des générateurs de fumée (les appareils fumigènes ne sont souvent pas appropriés pour la détection de petites fuites)
- avec un anémomètre (mesure de la vitesse de l'air en surface ou à une distance déterminée)
- avec des brins de laine
- par thermographie infrarouge (évtl. avec des images différentielles)
- brume factice comme test de fumée et pour détecter des fuites inaccessibles

6.5 Mesure

a) La mesure anticipée

Il est aussi possible de mesurer l'étanchéité à l'air *avant* la fin de la construction. Pour effectuer une telle « mesure anticipée » (voir la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 5.1.3), il est nécessaire d'avoir réalisé tous les travaux d'étanchement de l'enveloppe du bâtiment ou de fermeture de la zone de mesure. Lorsque le résultat satisfait à l'exigence imposée en termes de valeurs limites, le respect de l'exigence selon Minergie est alors reconnu et il n'est pas nécessaire de procéder à une autre mesure de réception à l'achèvement de l'ouvrage. Dans le rapport de mesure, l'état de la construction au moment de la mesure anticipée doit être indiqué et toutes les étanchéités provisoires doivent être décrites de manière détaillée (voir également l'onglet « *Etanchements* » dans le formulaire justificatif relatif à l'étanchéité à l'air) [7].

Lors d'une mesure anticipée, il peut arriver qu'un élément de construction ne soit pas encore opérationnel ou présent (porte d'entrée, porte donnant sur une pièce adjacente non chauffée, sauf directement dans la cage d'ascenseur ou le garage, fenêtre défectueuse en raison des travaux de construction, etc.). Dans de tels cas, un étanchement provisoire peut exceptionnellement être mis en œuvre, ce qu'il convient de documenter de manière précise (photo). Le principe de la condition (cf. chapitre 3.3, let. f)) s'applique en outre à de tels cas: une installation ultérieure correcte doit être attestée par la personne en charge du contrôle. La porte d'entrée, qui est le plus souvent mise en place à la fin des travaux, fait partie des exceptions usuelles ne devant pas être contrôlées ultérieurement si le label Minergie est déjà décerné.

Une mesure anticipée (avec localisation des fuites) en cours de construction est opportune et souhaitée par les entreprises, car elle permet de colmater facilement les éventuelles fuites. Lors des travaux de finition du bâtiment, l'étanchéité à l'air est encore améliorée, avant tout avec l'intervention des menuisiers, des plâtriers, des peintres et des carreleurs. Toutefois, de nouvelles fuites peuvent apparaître à la

suite de travaux d'installation ultérieurs (en particulier électriques) ou lors du montage de l'installation de ventilation.

L'achèvement de la construction crée ainsi le plus souvent une modification de la perméabilité à l'air, c'est pourquoi les résultats de mesure issus des mesures anticipées ne sont pas reproductibles et doivent être particulièrement bien documentés ! Après la mesure, les travaux menés au niveau de l'étanchéité à l'air doivent être surveillés et documentés par la direction des travaux lors des réceptions partielles, avant que les parties concernées ne soient plus accessibles en raison de travaux intérieurs/de finitions.

Si seules des zones partielles sont mesurées pour les bâtiments hors habitat, l'office de certification peut définir au préalable d'autres mesures (voir chapitre 5.2). Aucune exigence relative aux valeurs limites n'est posée pour ce type de mesure et n'est pertinente pour la certification.

Une description détaillée des mesures individuelles se trouve au chapitre 8.3.

b) Valeur limite non atteinte

Si la valeur limite n'est pas atteinte pour une unité d'utilisation dans un objet après deux tentatives de mesure (mesures effectuées après des rectifications à des jours différents), une unité d'utilisation supplémentaire doit être mesurée en plus du nombre prédéfini de mesures. Si plusieurs unités d'utilisation ne respectent pas la valeur limite après deux tentatives de mesure dans le même objet, le nombre de mesures est augmenté du nombre d'unités non conformes. Dans un lotissement comportant plusieurs bâtiments, le règlement s'applique par bâtiment.

Les personnes en charge d'effectuer la mesure, resp. le requérant, sont tenues d'informer immédiatement l'office de certification par e-mail ou par téléphone si une ou plusieurs unités d'utilisation ne respectent pas la valeur limite après deux tentatives de mesure. En même temps, une proposition pour la ou les unités d'utilisation supplémentaires à mesurer doit être soumise et approuvée par l'organisme de certification. L'organisme de certification peut s'écarter de la proposition et définir une ou plusieurs unités d'utilisation qui doivent être mesurées en plus.

S'il apparaît lors d'une mesure que la valeur limite n'est pas atteinte, il est recommandé d'appliquer la procédure suivante :

- 1 Contrôler si les étanchements provisoires se sont détachés. Certains types de ruban adhésif (ruban adhésif pour béton) peuvent se décoller sous la pression. Les masses adhésives doivent être séchées. Les rubans adhésifs utilisés pour l'étanchéité à l'air nécessitent un temps de prise avant d'atteindre leur résistance maximale !
- 2 Vérifier si d'autres/de meilleures méthodes d'étanchéité peuvent être utilisées pour l'installation de ventilation et pour les autres étanchements provisoires autorisés (voir le chapitre 6.3). En fait également partie le contrôle visant à vérifier si le blower-door, y compris le ventilateur, est installé de manière étanche de tous côtés.

Remarque :

Pour la mesure 2, ce qui peut – et ne peut pas – être colmaté (voir le chapitre 6.3, let. a)) est clairement défini, comme le sont aussi les éléments de construction critiques (chapitre 4.5).

Si une personne en charge du contrôle colmate provisoirement ou de manière non professionnelle tous les emplacements où se situent des fuites afin qu'une valeur limite soit atteinte, sans révéler les conditions non réglementaires, il s'agit d'une violation grave de cette directive et des normes.

6.6 Exigences relatives à la série de mesures

Les formulations suivantes relatives à la saisie de la série de mesures figurent dans la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 5.3.4:

*« L'essai est réalisé en mesurant le débit d'air et la différence de pression intérieure/extérieure sur une plage de différences de pression appliquées par paliers ne dépassant pas 10 Pa environ. Pour chaque essai, au moins **cinq** points de relevés à peu près équidistants **entre la différence de pression minimale et maximale** doivent être définis.*

*La différence de pression la plus faible doit être **approximativement** [...] de 10 Pa **(c'est-à-dire avec un écart admissible de ± 3 Pa)** ou cinq fois la valeur de la différence de pression à débit nul (Δp_{01}), en retenant la plus grande de ces deux valeurs.*

*La différence de pression la plus élevée doit être au moins de 50 Pa, mais il est recommandé de relever les valeurs mesurées à des différences de pression pouvant aller jusqu'à 100 Pa pour une meilleure exactitude des résultats calculés ». **Remarque : la couche étanche à l'air doit résister sans dommage aux fortes différences de pression.***

En cas de divergences par rapport à cette règle, les conditions marginales doivent être décrites. Si besoin, la plausibilité de la mesure et du résultat doit être prouvée à l'office de certification en cas de demandes. Si les niveaux de pression supérieurs (min. 50 Pa) ne sont pas atteints pour les grands bâtiments, les conditions suivantes s'appliquent :

- Si la différence de pression atteint < 25 Pa, la mesure n'est pas valable.
- Si la différence de pression se situe entre 25 Pa et 50 Pa, la mesure est valable. Il convient toutefois d'indiquer clairement cette information dans le rapport de contrôle et de la justifier.
- D'autres méthodes de mesure sont présentées dans la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 5.3.4.

Si de grands bâtiments sont mesurés comme une seule zone, des exigences particulières doivent être respectées. Celles-ci sont décrites au chapitre 0.

En dérogation à la norme SN EN ISO 9972 [2]; **chapitre 5** , les conditions suivantes s'appliquent lors de la mesure de bâtiments Minergie :

- **Au moins 5 points de mesure** doivent être enregistrés à des distances régulières. La marge de fluctuation entre le point de mesure le plus faible et le point de mesure le plus élevé devrait correspondre à **env. 40 - 70 pascal** , avec une valeur de référence (50 Pa) se situant clairement au sein de la série de mesure.

- En cas de fluctuations de pression induites par le vent, il convient d'enregistrer plus de 5 points de mesure (au moins 7 recommandés) pour des différences de pression plus importantes (jusqu'à environ 70 Pa) afin d'augmenter la précision des valeurs mesurées.

6.7 Qualité des séries de mesure

La nouvelle norme SN EN ISO 9972 [2] permet de combler des lacunes par rapport à la qualité de l'analyse des données (chapitre 6.2).

Les indications suivantes sont fournies par rapport à l'exposant du débit n et au coefficient de détermination r^2 :

« Pour que les résultats de l'essai soient valides selon les termes de la présente Norme internationale, n doit se situer dans l'intervalle de **0,5 à 1**, et r^2 ne doit pas être inférieur à **0,98**. »

6.8 Analyse des données

Pour réaliser une séquence de mesure en bonne et due forme, différentes valeurs caractéristiques doivent être calculées et déclarées. En règle générale, ces dernières sont livrées avec le logiciel du système de mesure. Le chapitre 6 de la norme SN EN ISO 9972 [2] fournit des détails par rapport aux valeurs de référence, formules de calcul et grandeurs dérivées.

La norme SN EN ISO 9972 évalue toutes les valeurs mesurées de manière égale. En raison de la logarithmisation, les valeurs mesurées à basse pression ont une plus grande influence sur le résultat que les valeurs à haute pression. Pour les mesures Minergie, des limites de pression d'environ 60 Pa à environ 70 Pa sont requises. Afin de donner plus de poids aux pressions plus élevées, les valeurs mesurées doivent être évaluées selon l'annexe nationale allemande NC.2 de la norme DIN EN ISO 9972 [16] de décembre 2018.

7 Rapport de mesure lié à la mesure de l'étanchéité à l'air

7.1 Exigences relatives au rapport de mesure

L'établissement du rapport doit en principe satisfaire tous les points selon la norme SN EN ISO 9972 [2], chapitre 7. Des exigences supplémentaires sont requises pour l'établissement du rapport de mesures Minergie; celles-ci sont décrites ci-après.

Données relatives à l'objet mesuré et questions de procédure

- Données pour l'identification de l'objet mesuré (adresse, type de bâtiment, année de construction, altitude, évtl. photos)
- Label Minergie du bâtiment
- Facteur de situation de la zone de mesure par rapport au vent (A, B, C)
- Vent, si disponible: évolution du vent le jour de la mesure, à partir de la station météorologique se situant à proximité.
- Hauteur de la zone de mesure (hauteur de l'air → effet de cheminée)
- Documentation de la zone de mesure (évtl. photos) et données relatives à la / aux valeur(s) de référence:
 - Calculs de A_E (y c. plans avec la zone de mesure inscrite)
- Méthode utilisée 1, 2 ou 3 (exigence SIA 180 [1] et Minergie: méthode 2)
- Si les méthodes 1 ou 3 doivent être appliquées, il convient de discuter au préalable avec l'office de certification correspondant, sur la base de données détaillées concernant les motifs.

Conditions marginales lors de la mesure

- Photo **et description** avec le type et l'emplacement du blower-door installé pendant la mesure
- Date *et heure* de la mesure
- *Statut* :
 - mesure anticipée ou mesure lors de la réception
 - Documentation sur la situation effective
- Bâtiment existant / ancien bâtiment
- Description / liste précise **et/ou** photos qui permettent de déceler ce qui doit être provisoirement colmaté, comment le faire et où ces éléments se situent (voir le chapitre 6.3). La liste de contrôle peut également être utilisée : onglet « Etanchements », dans le formulaire justificatif relatif à l'étanchéité à l'air [7].
- Description de l'état des zones adjacentes, **à moins que l'on s'assure que les fenêtres y sont ouvertes**. Si l'état n'est pas connu (car peut-être inaccessible), il faut le déclarer dans le rapport.

Autres :

Les principales fuites découvertes doivent être décrites de manière détaillée et, dans la mesure du possible, documentées à l'aide de photos, indépendamment du fait que la valeur limite ait été atteinte ou non (voir le chapitre **6.5, let. b** et [8] pour davantage de détails). Il est recommandé d'intégrer dans l'établissement du rapport les *Remarques* en lien avec le tableau des valeurs limites (Tableau 6).

8 Annexe

8.1 Supports pour chaque phase de la construction

Une liste de contrôle relative à l'étanchéité à l'air [6] est disponible pour chaque phase de construction. Elle peut être téléchargée sur www.minergie.ch. La partie de la liste de contrôle relative à la phase de l'avant-projet est indiquée ici à titre d'exemple.

Phase d'avant-projet

	Responsable	Effectué	Remarques
Concept d'étanchéité à l'air établi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concept de ventilation établi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concept de mesures d'étanchéité à l'air nécessaire/établi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Position de l'enveloppe étanche déterminée?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eviter autant que possible les pénétrations au niveau de l'étanchéité à l'air!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La longueur des raccords/bords au niveau de l'étanchéité à l'air a-t-elle été réduite?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les concepts ont-ils été discutés avec les spécialistes (physicien du bâtiment, CVFSE et spécialiste ECO)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concept de mesures d'étanchéité à l'air nécessaire/établi, planifié et transmis au planificateur spécialisé?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concept de mesures d'étanchéité à l'air transmis à l'office de certification?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Illustration 21 : Liste de contrôle Etanchéité [6]

8.2 Norme SIA 180 [1]

Dans la norme SIA 180:2014 [1], toutes les valeurs de référence essentielles dans le domaine de l'étanchéité à l'air sont définies de la même manière que dans les normes internationales. Il n'y a que quelques différences dans les termes/symboles (comparaison des symboles : voir tableau 4).

Valeurs limites selon la norme SIA 180 [1]

La norme SIA 180 [1] décrit les valeurs limites et cibles suivantes (remarque : $q_{a50,li}$ / $q_{a50,ta}$ est synonyme de q_{E50} (selon norme SN EN ISO 9972, [2]) :

	Valeur limite		Valeur cible
	Pour ventilation naturelle	Pour ventilation mécanique	général
	$q_{a50,li}$	$q_{a50,li}$	$q_{a50,ta}$
	$[m^3/(h \cdot m^2)]$	$[m^3/(h \cdot m^2)]$	$[m^3/(h \cdot m^2)]$
Construction neuve	2.4	1.6	0.6
Rénovation	3.6	2.4	1.2

Tableau 1: Valeur limite et cible selon la norme SIA 180 [6]

Remarques :

- Les valeurs limites doivent impérativement être respectées. Les valeurs cibles sont visées.
- Une autre valeur limite pour les parois de séparation est décrite dans le chapitre 3.3.4: voir le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, note ⁶⁾

Aperçu des concepts selon la norme SIA 180 [1]

	Norme SN EN ISO 9972 [2]	Norme SIA 180 [1]	Minergie
Concept de ventilation ¹⁾	aucune exigence	oui, voir ¹⁾ SIA chap. 3.2	Oui (base : SIA)
Concept d'étanchéité à l'air ²⁾	aucune exigence	oui, voir SIA chap. 3.6.1.6 ³⁾ SIA chap. 3.6.1.5 ⁴⁾ SIA chap. 3.6.1.1 ⁵⁾ SIA chap. 3.3.4 ⁶⁾	Oui (base : SIA)
Concept de mesures d'étanchéité à l'air ⁷⁾	aucune exigence	aucune exigence	oui, si mesures obligatoires et conditions spéciales ⁷⁾

Tabelle 8 : Aperçu des concepts de ventilation, d'étanchéité à l'air et de mesures de l'étanchéité à l'air

- ¹⁾ Bien que le **concept de ventilation** n'ait rien à voir avec les mesures, le chapitre 3.2.5 de la norme SIA 180 [1] peut revêtir une importance majeure pour les analyses de résultats de mesure et les rapports dans le domaine de la perméabilité à l'air.
« Si la conception de la ventilation prévoit que l'habitant est seul à assurer l'apport d'air frais et la qualité de l'air intérieur par des opérations manuelles, ceci doit être clairement noté dans la documentation de l'ouvrage en faisant mention des problèmes possibles. »
- ²⁾ La norme SIA 180 [1] donne les explications suivantes à propos du **concept d'étanchéité à l'air** :
- ³⁾ Chapitre 3.6.1.6: « La position de l'étanchéité à l'air et sa continuité au droit des raccords, des bords et des pénétrations sont précisés dans le concept d'étanchéité à l'air. »
- ⁴⁾ Chapitre 3.6.1.5: « Des éléments de construction critiques relativement à l'étanchéité à l'air (par ex. les portes coulissantes, pliantes, enroulables ou à tambour, les portes d'ascenseurs, les clapets d'évacuation de fumée ou de chaleur) sont souvent utilisés dans les bâtiments non résidentiels et les grands bâtiments. Dans ces cas, des mesures analogues à celles faites dans les immeubles résidentiels ne sont souvent pas possibles. En conséquence, les exigences et les limites à respecter dans ces bâtiments **doivent être expressément spécifiées dans le concept d'étanchéité à l'air.** »
- ⁵⁾ Le chapitre 3.6.1.1 de la norme SIA 180 [1] joue un rôle déterminant par rapport aux domaines/zones étanches : « Les exigences d'étanchéité à l'air affectent non seulement l'enveloppe thermique, mais, selon les situations, concernent aussi les parois intérieures d'un bâtiment (parois de séparation entre logements ou entre zones d'utilisation différentes dans les bâtiments commerciaux, etc.). C'est au concepteur de définir les zones qui doivent satisfaire les exigences d'étanchéité. »

- 6) Un cas spécial par rapport aux délimitations/zones étanches est décrit comme suit – et assorti d'une valeur limite séparée – dans le chapitre 3.3.4 de la norme SIA 180 [1]: « *Parois et dalles séparant les espaces avec sources de pollution ou d'humidité (par ex. garages, caves, espaces à haute concentration de radon) des espaces occupés doivent être aussi étanches à l'air que possible. Les portes et passages entre ces espaces doivent être exécutés de manière que le débit d'air sous 50 Pa de pression différentielle, rapporté à l'aire totale des parois de séparation, soit inférieur à $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.* »
- 7) En ce qui concerne le **concept de mesures** de l'étanchéité à l'air, se référer au chapitre 5.

La norme SIA 180 [1] fournit également les informations suivantes sur le concept d'étanchéité à l'air :

- Art. 3.6.1.4 : « *Les fuites isolées ne doivent ni entraîner des dommages au bâtiment ni réduire le confort (par ex. des courants d'air, du bruit, des odeurs), ce même si l'exigence globale est respectée. Des exigences de perméabilités doivent être spécialement définies ou des classes de perméabilité à l'air selon les normes de composants (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125) doivent être données pour les éléments de construction critiques relativement à l'étanchéité à l'air.* »

Remarque des auteurs : à cet égard, consulter également les annexes des normes de composants SIA 329, SIA 331, SIA 343, etc.

- Art. 3.6.4.2 : « *La mesure de la perméabilité à l'air des nouveaux bâtiments est, dans la règle, à prévoir à la fin de la phase de construction, lorsque tous les travaux essentiels qui contribuent à l'étanchéité ont été effectués. Elle peut être aussi effectuée après l'achèvement de la construction ou pendant l'exploitation.* »

Diverses autres normes SIA renvoient à la norme SIA 180 [1] s'agissant de l'étanchéité à l'air.

Parallèlement à la norme SIA 180 [1], le concept d'étanchéité à l'air est également exigé dans les normes de composants SIA 232/1, 232/2 et dans la SIA 271. En fonction de l'état de la technique, il est applicable comme condition indispensable pour établir le concept de mesures d'étanchéité à l'air et effectuer correctement les mesures de différence de pression après l'exécution relative à l'étanchéité à l'air.

C'est pourquoi le concept d'étanchéité à l'air et le concept de mesures d'étanchéité à l'air pour les bâtiments Minergie font partie de la certification, en fonction du label, et doivent être élaborés resp. transmis avec les autres documents exigés (les exigences précises figurant dans le chapitre 3.1).

8.3 Autres méthodes de mesure

- a) La mesure exploratoire

Dans le cadre de l'expertise d'un bâtiment, il est fréquemment exigé de fournir une indication quant à l'étanchéité à l'air, à moindre coût et dans les délais les plus brefs. Si l'on détermine l'étanchéité par une méthode abrégée et simplifiée – p. ex. seulement en dépression, seulement en mesurant en un point à 50 Pa, avec uniquement une grandeur de référence estimée, ou avec une autre méthode de mesure s'écartant des normes et de la présente directive – il s'agit d'une « mesure exploratoire ».

D'autres incertitudes de mesure, la plupart du temps plus élevées que lors de mesures standard, vont également de pair. La désignation correcte d'une telle mesure est une « *mesure exploratoire suivant la norme* », pour laquelle il convient d'ajouter dans quels cas on suit – ou non – la norme (*lien intéressant pour la personne pratiquant les mesures: [12]*).

Le résultat d'une mesure exploratoire peut certes être comparé avec des valeurs limites, mais aucune évaluation (satisfait / non satisfait) au sens des valeurs limites Minergie n'est admise.

b) Prises de vue thermographiques

Si l'office de certification exige des prises de vue, l'ensemble du bâtiment doit être examiné par rapport à ses points faibles à l'aide de prises de vue thermographiques. La température intérieure au cours des prises de vue doit correspondre à celle de l'état d'utilisation. Lors de tels contrôles, il faut partir du principe qu'il est dans l'intérêt de tous les participants au processus de construction que les incohérences ou endroits problématiques découverts fassent l'objet d'un examen supplémentaire et d'une amélioration. Un rapport doit être établi et transmis à l'office de certification.

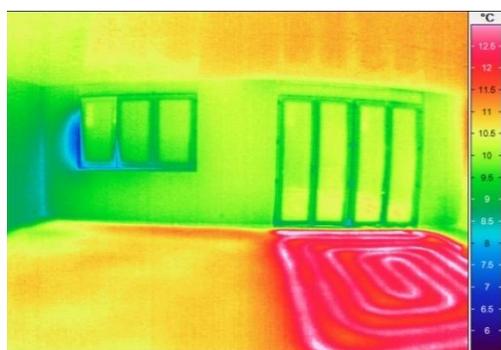


Illustration 22 : Différence de température à travers l'enveloppe du bâtiment : environ 8 K, dépression : 50 Pa, depuis environ 10 min. Attention : la fenêtre de gauche est étanche ! La raison de la tache bleue et froide sur la gauche : la fenêtre était en imposte avant la mesure (Source :Ingenieurbüro Bauchecheck-Tanner)

Remarque sur les interprétations de la thermographie en cas de fuite : si une caméra infrarouge est utilisée pour rechercher des fuites, il faut faire attention à son interprétation ! Voir l'exemple suivant.

La méthode de soustraction infrarouge permet de faire des affirmations détaillées sur une fuite. De plus amples informations sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.thech.ch/fr/publikationen/publikationen>.

Il faut savoir que les images infrarouges ne permettent pas de visualiser toutes les zones problématiques. Les fuites menant aux zones voisines (p. ex. dans les appartements) ne sont souvent pas visibles car la paroi de séparation ne présente pas de gradient thermique.

Il n'existe pas de formule généralement applicable pour évaluer les fuites. Les causes possibles, les conséquences, les contraintes et le comportement des occupants sont trop complexes. Le rapport de recherche «*Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker*» (2016) [8] fournit des informations complètes sur ce sujet.

8.4 Étanchements provisoires des installations de ventilation

Pour les mesures basées sur la méthode 2, les tuyaux / conduits ainsi que les ouvertures de l'installation de ventilation doivent être étanchés provisoirement pour éviter qu'un flux important d'air ne s'échappe par l'intermédiaire de ce réseau technique.

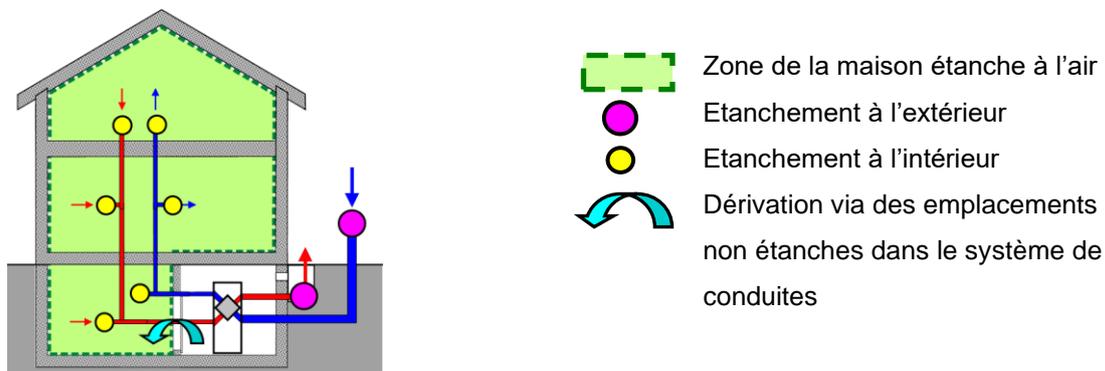


Illustration 23 : Étanchements provisoires possibles pour les installations de ventilation

Fuites dans les installations de ventilation

Les mesures dans des bâtiments disposant d'installations de ventilation sont particulièrement critiques. Ces installations doivent être rendues étanches, ce qu'il est possible de faire de différentes manières. Les étanchements peuvent ainsi être réalisés à l'intérieur, à l'extérieur, dans l'appareil de ventilation lui-même ou à plusieurs endroits (voir les illustrations Illustration 23 + Illustration 24).

Suivant l'étanchéité des gaines de ventilation, des dérivations d'air se produisent et les mesures de l'étanchéité à l'air sont affectées par un débit de fuite d'air plus ou moins important à travers les canaux et l'installation de ventilation elle-même, et ce malgré les étanchements mis en place. Ce débit de fuite d'air ne concerne en rien l'enveloppe du bâtiment et devrait, dans la mesure du possible, être évité dans la méthode 2 au moyen d'étanchements provisoires.

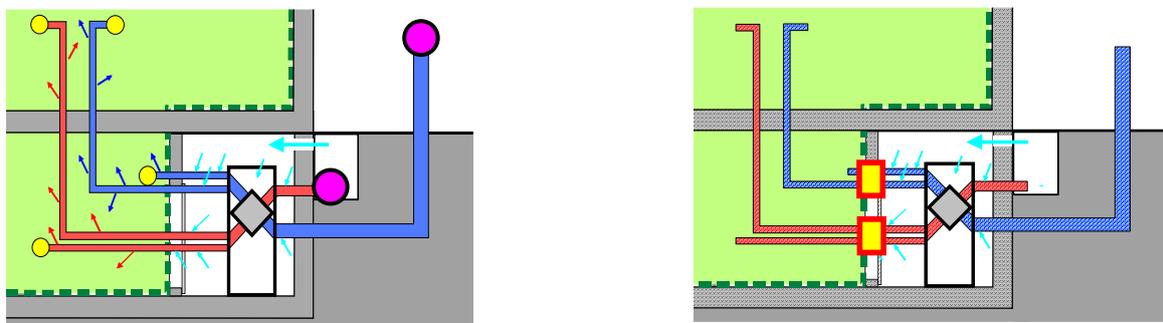


Illustration 24 : À gauche : des dérivations d'air se produisent à travers tous les raccords non étanches des canaux de ventilation.

À droite : seule une fermeture totale au niveau du plan d'étanchéité à l'air (de préférence, durant la construction) permet d'éviter des dérivations d'air

8.5 Grands bâtiments

Pour que le bâtiment ou la partie du bâtiment à tester se comporte comme une zone, la disposition du ou des dispositifs de traitement de l'air et l'ouverture des portes intérieures doivent être telles qu'une pression uniforme soit obtenue à l'intérieur. Si possible, les différences de pression à l'intérieur ne doivent pas dépasser 10 % de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Si cette condition ne peut être remplie, vérifiez si le bâtiment ou la partie du bâtiment peut être divisé en plusieurs zones de mesure plus petites.

En particulier pour les bâtiments de grande taille et/ou complexes, il existe un risque que cette condition ne soit pas remplie. Elle peut être vérifiée en mesurant les différences de pression entre les différentes pièces lors de l'essai précédent. Toutes les ouvertures de raccordement dans le bâtiment / la partie de bâtiment à tester doivent être ouvertes.

Contrôle de la différence de pression **entre l'intérieur et l'extérieur** dans les zones critiques (pièce / partie du bâtiment la plus éloignée) :

- Créer une différence de pression du bâtiment de 50 Pa
- Mesurer la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur dans les zones critiques l'une après l'autre. Un deuxième dispositif de mesure de la pression peut être nécessaire.

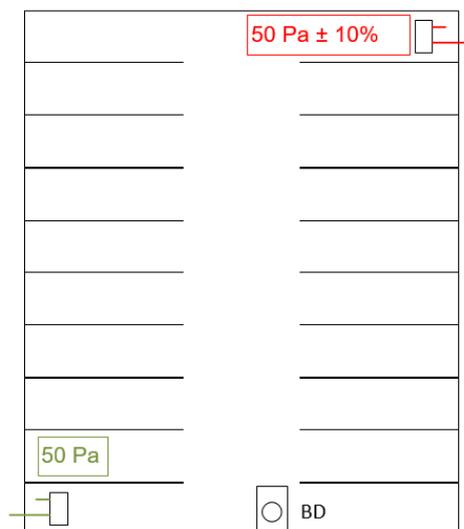


Illustration 25 : Graphique du contrôle de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur dans les zones critiques

Contrôle de la distribution de la pression à l'intérieur du bâtiment :

- Créer une différence de pression du bâtiment de 50 Pa
- Comparer la pression à proximité de l'unité de mesure avec la pression dans les zones critiques.
- Vérifier que la différence de pression entre l'étage où se trouve l'instrument de mesure et la zone critique ne dépasse pas 5 Pa (voir Illustration 26)

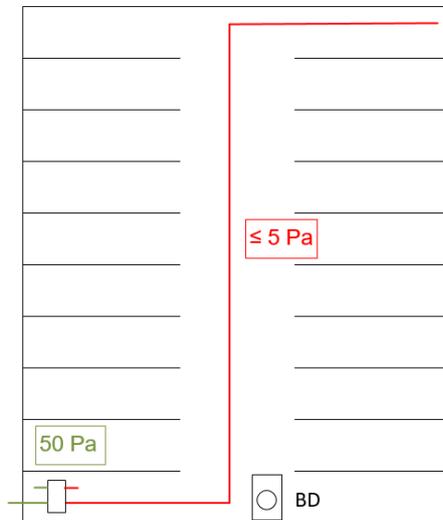


Illustration 26 : Graphique du contrôle de la différence de pression à l'intérieur du bâtiment

Si les conditions ne sont pas remplies, vérifier si l'instrument de mesure peut être déplacé dans la zone de pression neutre.

Bibliographie

- [1] Norme SIA 180; Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments; 2014/07
- [2] Norme SN EN ISO 9972; Performance thermique des bâtiments – Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de pressurisation par ventilateur; 2015/09 (SIA 180.206; 2016/02)
- [3] EN 13829 (annulée); Performance thermique des bâtiments – Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de pressurisation par ventilateur; 2000/11
- [4] Règlement d'utilisation Minergie, version 2020.1; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; Documents de travail, Documents de base ; 2020/01
- [5] Règlement des produits Minergie, version 2020.1; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; Documents de travail, Documents de base ; 2020/01
- [6] Liste de contrôle Etanchéité à l'air, version 2018.1; <http://www.minergie.ch/minergie-p.html>; Documents de travail, Mesure de la perméabilité à l'air ; 2018/01
- [7] Formulaire justificatif pour les mesurages de la perméabilité à l'air – une zone, version 2020.1, y c. liste relative à l'étanchéification des fuites; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; 2020/1 resp. Formulaire justificatif pour les mesurages de la perméabilité à l'air – plusieurs zones, version 2020.1, y c. liste relative à l'étanchéification des fuites ; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; 2020/1
- [8] Rapport de recherche: Evaluation des défauts au niveau de l'étanchéité – Recommandations pour les professionnels de la construction (Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker, Flieg, AIBAU, IBP), www.flib.de/publikationen/forschungsbericht/FLiB_Forschungsbericht_2016.pdf (en allemand uniquement); 2016/10
- [9] Directives et normes de protection incendie AEA; <http://www.praever.ch/fr/bs/vs/norm/Seiten/default.aspx>
- [10] Texte pour appel d'offre pour les mesures d'étanchéité à l'air; <https://www.thech.ch/fr/blower-door/blower-door>
- [11] Formulaire justificatif pour les mesurages de la perméabilité à l'air, version 2018.1; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; 2018/01
- [12] Normgerecht prüfen - aber mit Verstand (Examiner dans le respect des normes – mais avec intelligence; Günter Calina, en allemand); <https://www.erichsen.de/service/fachartikel/oberflaechenpruefung/normgerecht-pruefen-aber-mit-verstand/view>; 2011/05

- [13] Anwendung der erweiterten Blower-Door-Messmethoden (Utilisation des méthodes de mesure blower-door avancées; Monika Hall, en allemand); http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/Publikationen00/bp6_00.pdf; 2000
- [14] Norme SIA 380/1; Besoins de chaleur pour le chauffage; 2016/12
- [15] Formulaire justificatif relatif au concept d'étanchéité à l'air – Questionnaire, version 2018.1 ; ; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/>; Documents de travail, Mesure de la perméabilité à l'air ; 2018/01
- [16] Norme DIN EN ISO 9972 ; Performance thermique des bâtiments – Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments – Méthode de la pression différentielle (ISO 9972:2015) ; version allemande EN ISO 9972:2015 (Norm DIN EN ISO 9972; Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9972:2015, en allemand); 2018/12
- [17] Norme SIA 380 ; Bases pour les calculs énergétiques des bâtiments ; 2015/04
- [18] Exigences supplémentaires pour les piscines couvertes, version 2020.1 ; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/> ; Documents de travail, Exigences supplémentaires ; 2020/01
- [19] Exigences supplémentaires pour les patinoires, version 2020.1 ; <https://www.minergie.ch/fr/certifier/minergie/> ; Documents de travail, Exigences supplémentaires ; 2020/01

Littérature complémentaire

- Annexe à la norme DIN EN 13829, 4^{ème} édition (Beiblatt zur DIN EN 13829, en allemand) : www.flib.de/publikationen.php ; 2015/05
- FLiB – Guide relatif au concept d'étanchéité à l'air (FLiB - Leitfaden Luftdichtheitskonzept (en allemand) : https://www.flib.de/ldk/FLiB_Luftdichtheitskonzept.pdf?m=1560936730
- FLiB – Concept d'étanchéité à l'air (FLiB – Luftdichtheitskonzept (en allemand); <https://www.flib.de/publikationen/Luftdichtheitskonzept/FLiB-Luftdichtheitskonzept.pdf?m=1560934237>
- SN EN 1026; norme SIA 331.055; Fenêtres et portes – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai; 2016
- SN EN 12152; norme SIA 329.001; Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Exigences de performance et classification; 2002
- SN EN 12153; norme SIA 329.002; Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai; 2000
- SN EN 12207; norme SIA 331.301; Fenêtres et portes – Perméabilité à l'air – Classification; 2016
- SN EN 12426; norme SIA 343.103; Portes équipant les locaux industriels, commerciaux et les garages – Perméabilité à l'air – Classification; 2000
- SN EN 12427; norme SIA 343.104; Portes équipant les locaux industriels, commerciaux et les garages – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai; 2000
- SN EN 12835; norme SIA 342.008; Fermetures étanches – Essai de perméabilité à l'air; 2000
- SN EN 13125; SIA-Norm 342.011; Fermetures pour baies équipées de fenêtres, stores intérieurs et extérieurs – Résistance thermique additionnelle – Attribution d'une classe de perméabilité à l'air à un produit; 2001