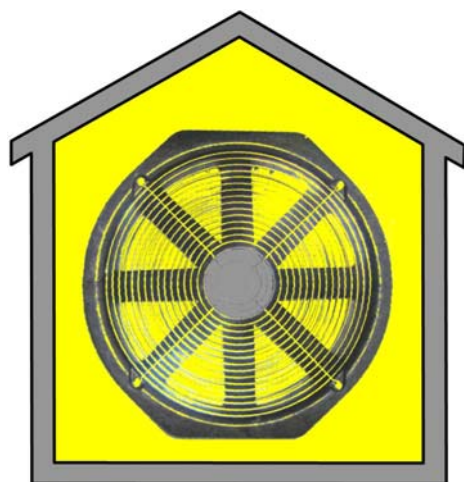


## Instructions de mesure

État : Janvier 2007



## Directive pour les mesurages de la perméabilité à l'air sur des constructions MINERGIE-P® et MINERGIE®

### Table des matières

1. Préambule
2. Valeur à déclarer
3. Éclaircissements préliminaires
4. Conditionnement du bâtiment
5. Mesurage
6. Dépouillement des résultats
7. Rapport
8. Valeurs limites / évaluation
9. Bibliographie et normes

### Annexe

- A Explications concernant  $n_{50, st}$
- B Recherche de fuites et vitesses du vent
- C Mesurages dans des immeubles collectifs (selon Aide à l'utilisation MINERGIE-P®)
- D Étanchements pour les méthodes A et B
- E Résumé du rapport

## 1. Préambule

Etant donné que les normes EN 13829 [4] et SIA 180 [1,2] ne précisent pas clairement les nombreux dispositifs technologiques utilisés lors du mesurage de la perméabilité à l'air ou que ceux-ci ne sont pas définis du fait des besoins spécifiques différents selon les pays, le besoin existe, pour le praticien, de disposer d'instructions de mesurages décrivant les dispositifs et les procédures les plus importants à appliquer lors du mesurage de la perméabilité à l'air sur des bâtiments MINERGIE® et MINERGIE-P®. Ce n'est que lorsque les conditions cadres les plus importantes sont spécifiées clairement que l'on est assuré que l'incertitude inhérente aux résultats de mesure demeure acceptable et que, par conséquent, une comparaison avec les valeurs limites devient raisonnable.

Ces instructions de mesurage fixent les dispositifs technologiques les plus importants. Il est toutefois indispensable de prendre en compte également, lors d'un mesurage, **les indications contenues dans la norme EN 13829 [4]**.

Les indications du taux de renouvellement de l'air ( $n_{50}$ ,  $q_{50}$ ,  $w_{50}$ ,  $v_{a,4}$ ) correspondent à des attentes souvent très différentes. La question essentielle demeure toujours : Le taux de renouvellement de l'air est-il un descripteur de la *qualité de l'enveloppe du bâtiment* ou bien constitue t-il d'abord une *donnée énergétique* sur les déperditions par renouvellement d'air? Il ne peut pas être simultanément l'un et l'autre, étant donné que le conditionnement du bâtiment et le dépouillement des résultats doivent être ciblés sur l'un ou l'autre objectif.

Il n'est pas possible de tirer de conclusion directe concernant le renouvellement naturel de l'air  $n_L$  ou les déperditions d'énergie sur la seule base de  $n_{50}$  et/ ou de  $v_{a,4}$ . Ces grandeurs dépendent non seulement des fuites de l'enveloppe du bâtiment, mais également, dans une large mesure, du comportement de l'utilisateur (aération), des conditions météo (vent, température, etc.) et de l'emplacement des fuites.

- Polluants/odeur (de l'extérieur) →
- Nuisances sonores (joints de fenêtres) →
- Courants d'air →
- Température ambiante trop basse →
- Dégâts à l'ouvrage (condensation) →
- Ventilation (dysfonctionnement) →
- Pertes d'énergie (par exfiltration) →



### Graphique 1

*Une enveloppe de bâtiment qui n'est pas étanche peut engendrer différents problèmes. Aussi, les règles de l'art actuelles de la construction veulent que l'enveloppe du bâtiment soit aussi étanche que possible. Plus celle-ci sera étanche, moins il y aura risque de problèmes liés à la physique du bâtiment, à la déperdition d'énergie ou au confort.*

*L'apport l'air frais nécessaire doit être géré par la technique domestique ou par les occupants (aération par les fenêtres) et n'a rien à voir avec la perméabilité de l'enveloppe du bâtiment.*

En conséquence, la présente directive ne s'attache pas tellement aux aspects relatifs à l'énergie, mais elle fournit plutôt une description du mesurage de la perméabilité à l'air, qui saisit et évalue les données des éléments de construction, y compris ceux qui ne sont pas concernés par un gradient thermique, tels que, p. ex., les cloisons entre appartements.

L'auteur de la directive :  
Christoph Tanner

## 1. Valeurs à déclarer

1. Perméabilité à l'air  $q_{50}$  valeur relative à la surface selon EN 13829

2. Taux de renouvellement d'air  $n_{50, st}$  valeur relative au volume avec un facteur de forme standardisé

### Pourquoi $n_{50, st}$ ?

La valeur fréquemment utilisée  $n_{50}$  (relative au volume) présente un problème fondamental dont les conséquences sont les suivantes : Plus le bâtiment est grand (resp. plus le facteur de forme de la zone mesurée  $F = A_E / V_T$  est petit), plus il sera facile d'obtenir une bonne valeur  $n_{50}$ .

A l'inverse : pour une même qualité de construction de l'enveloppe du bâtiment, la valeur  $n_{50}$  sera d'autant meilleure que le bâtiment est grand.

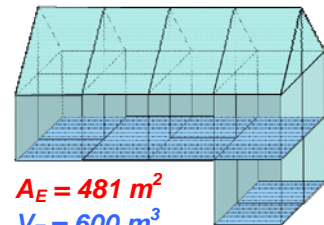
Si les exigences en matière d'étanchéité qualitative de l'enveloppe du bâtiment doivent rester les mêmes pour les différents types de bâtiments, il est nécessaire de définir un facteur de forme standardisé  $n_{50, st}$  lors de la spécification du taux de renouvellement d'air. Celui-ci est basé sur l'aire de l'enveloppe et il corrige/standardise l'ancienne valeur  $n_{50}$  dans les cas où, l'objet ou la zone de mesure ne correspond pas à la "maison individuelle moyenne" quant à la grandeur ou à la forme, ou bien lorsque le facteur de forme n'est pas égal à 0.8 (voir graphique 2).

Jusqu'à présent, la "maison individuelle moyenne", avec un facteur de forme de 0.8, constituait plus ou moins une référence lors de la spécification d'une valeur limite pour  $n_{50}$ . On obtient la valeur standardisée  $n_{50, st}$  au moyen de la formule de conversion  $n_{50, st} = q_{50} \cdot 0.80$  (déduction voir annexe A).

La valeur  $n_{50, st}$  permet de conserver le caractère et la prise en compte de la grandeur inhérente à l'ancienne valeur  $n_{50}$ . Le problème posé par les différentes tailles des objets n'existe plus, étant donné que l'aire est implicitement prise en compte. Une comparaison "équitable" des taux de renouvellement d'air requiert une prise en compte des aires, car les fuites ne se situent qu'au niveau de l'enveloppe. Du point de vue quantitatif, tel que défini précédemment, le fait qu'une fuite se situe face à un local extérieur, à une cave ou un appartement voisin n'a aucune importance. Chaque fuite est digne d'attention et doit être mesurée et évaluée.

### Graphique 2

Maison individuelle moyenne comme bâtiment de base:



$$A_E = 481 \text{ m}^2$$

$$V_T = 600 \text{ m}^3$$

Facteur de forme: ©

$$A_E / V_T = 0.80 \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

Facteur de forme  $F = A_E / V_T$   
 $A_E$  = aire intérieure de la zone mesurée (EN 13829)

$V_T$  = volume intérieur (total, y compris cloisons intérieures et planchers intermédiaires)

## Termes et définitions selon EN 13829

### Perméabilité à l'air $q_{50}$

Art. 6.3.2: La perméabilité à l'air  $q_{50}$  est donnée par l'équation  $q_{50} = \dot{V}_{50} / A_E$

### Enveloppe $A_E$

Art. 3.3: Surface délimitant le volume intérieur (zone mesurée) soumis à l'essai, de l'environnement extérieur ou des autres parties du bâtiment.

Art 6.1.2: L'enveloppe  $A_E$  du bâtiment, ou de la partie du bâtiment, soumis à l'essai est la somme de tous les planchers, parois et plafonds renfermant le volume (zone mesurée) soumis à l'essai. Les parois et les planchers sous le niveau du terrain sont pris en compte. Le calcul de l'aire de l'enveloppe doit se faire à partir des dimensions intérieures. Les surfaces frontales des parois, plafonds et planchers contigus à l'enveloppe soumise à l'essai ne seront pas déduits.

### Le volume intérieur $V$

Art. 3.2: Volume intentionnellement chauffé, refroidi ou ventilé mécaniquement dans un bâtiment ou dans une partie de bâtiment soumis à l'essai, normalement sans les combles, les caves ni les locaux annexes.

Art 6.1.1 Le volume intérieur  $V$  est le volume d'air dans le bâtiment soumis à l'essai. Ou dans la partie du bâtiment. Il se calcule en multipliant la surface nette de plancher (voir 6.1.3) par la hauteur libre moyenne. On ne déduit pas le volume du mobilier.

En dérogation à EN 13829, on applique pour les mesurages MINERGIE-P® et MINERGIE® :

#### Le volume intérieur $V_T$

Pour des considérations de principe, conduisant à la définition du bâtiment de base avec un facteur de forme 0,8, on ne peut pas utiliser un volume d'air ( $V$ , sans cloisons intérieures, ni planchers intermédiaires), mais il faut considérer l'intégralité du volume ( $V_{\text{Total}} = V_T$ ) délimité par la surface intérieure de l'enveloppe  $A_E$ . Dans le cas de  $V_T$ , le nombre de cloisons intérieures, de planchers intermédiaires, de gaines, etc., n'a aucune importance. Cependant,  $V_T$  n'intervient pas dans la détermination de  $n_{50, \text{st}}$ , il est simplement inclus dans le facteur de forme 0,8.

### 3. Éclaircissements préliminaires

#### Méthode de mesure A, B ou C

La norme EN 13829 [4] décrit une méthode de mesure A (état d'utilisation) et une méthode B (enveloppe du bâtiment). En outre, la norme ISO/FDIS 9972 [8] définit une nouvelle méthode C.

Dans le cas de MINERGIE-P® et MINERGIE®, la méthode B s'applique. Ainsi, lors du mesurage, toutes les ouvertures et les traversées intentionnelles sont *fermées* et *étanchées*. Une check-list détaillée y relative figure à l'annexe D.

La méthode B a pour but la détection des seules fuites relevant de l'enveloppe du bâtiment. Idéalement, le résultat du mesurage devrait être  $q_{50} = 0$ . Dans le cas de bâtiments MINERGIE-P® et MINERGIE®, les méthodes de mesure A, B ou C conduisent normalement aux mêmes résultats, étant donné que – à l'exception de la ventilation – toute autre ouverture dans l'enveloppe a déjà été supprimée au stade de la planification. S'il existe des chatières ou d'autres orifices, leur effet peut être pris en compte dans le mesurage au moyen de mesures de variation. Selon les cas, il peut être opportun de procéder à un mesurage comparatif par la méthode de mesure A.

#### Le mesurage anticipé

On peut aussi procéder à un mesurage de la perméabilité à l'air *avant* l'achèvement de la construction. Pour effectuer un tel "mesurage anticipé", 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, le respect de l'exigence selon MINERGIE-P® ou MINERGIE® est alors reconnu et il n'est pas nécessaire de procéder à un autre mesurage de réception à l'achèvement de l'ouvrage. Dans le rapport relatif au mesurage anticipé, il y a lieu de décrire l'état de la construction et de spécifier en détail les étanchements provisoires (voir annexe D).

Souvent, un tel mesurage anticipé (éventuellement avec localisation des fuites, voir annexe B) en cours de construction est opportun et il est souhaité par les entreprises, car il permet de colmater facilement les éventuelles fuites. Au cours des travaux de finition du bâtiment, surtout avec l'intervention des plâtriers et des peintres, l'étanchéité à l'air est encore améliorée. Toutefois, de nouvelles fuites peuvent apparaître suite à des travaux d'installation ultérieurs (en particulier électriques!) ou lors du montage de *l'installation de ventilation*.

Attention: un mesurage anticipé n'est pas reproductible, étant donné que l'achèvement du bâtiment crée souvent une modification de la perméabilité à l'air ; il doit donc être particulièrement bien documenté.

#### Mesurage exploratoire

Fréquemment, dans le cadre d'une expertise d'un bâtiment, on exige 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 seulement une grandeur de référence estimée, ou avec une autre méthode de mesure s'écartant de la présente directive – on doit déclarer un tel mesurage comme "mesurage exploratoire" et rendre attentif à l'incertitude élevée qui en résulte.

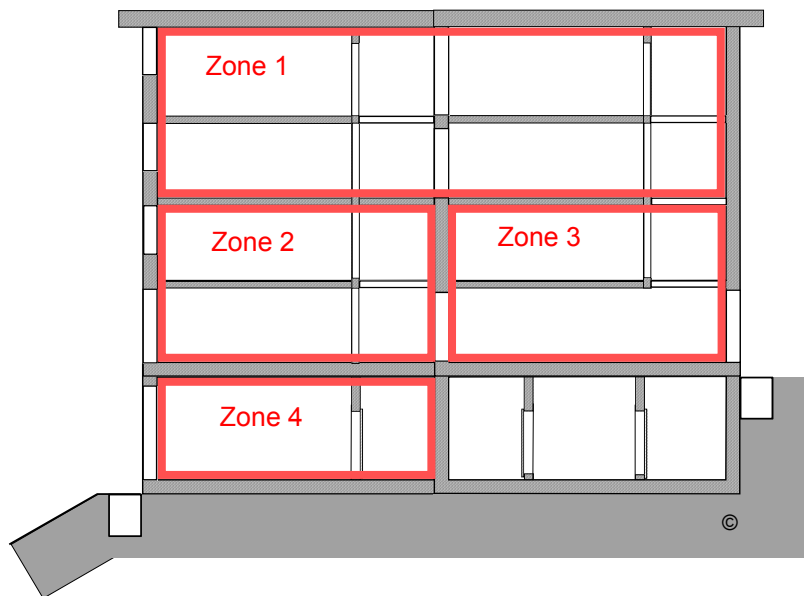
Le résultat d'un "*mesurage exploratoire*" peut certes être comparé aux valeurs limites, mais il n'autorise pas une évaluation (satisfait / pas satisfait) au sens des limites de MINERGIE-P® et de MINERGIE®.

### Détermination de la zone de mesure

La norme EN 13829 ne spécifie pas si, dans le cas d'un immeuble collectif, le mesurage s'applique à des appartements individuels ou à l'ensemble du bâtiment.

Pour MINERGIE-P® et MINERGIE®, le point crucial se situe au niveau de l'étanchéité de l'enveloppe construite pour chacun des occupants relativement aux facteurs de risque (voir graphique 1). Ainsi, pour les immeubles collectifs, les villas contiguës, etc., on doit considérer chaque unité d'habitation en tant que zone de mesure indépendante et la mesurer séparément.

P.S. : La norme SIA 180 [2] exige également des surfaces étanches à l'air relativement aux autres zones d'habitation ou d'utilisation, tout en ne les incluant pas dans le résultat du mesurage.



### Graphique 3

*Dans les immeubles collectifs, chaque appartement doit présenter une étanchéité à l'air relativement aux autres appartements!*

*Conséquence: Chaque appartement constitue une zone de mesure séparée et doit être mesuré et évalué pour lui-même.*

Il ne faut toutefois pas extrapoler aux pièces individuelles le "principe des zones" prévalant pour les immeubles collectifs. Les cloisons et planchers intérieurs ne doivent pas être étanches à l'air! Dès lors, aucune valeur limite n'est imposée pour les locaux individuels (à l'intérieur d'une zone de mesure).

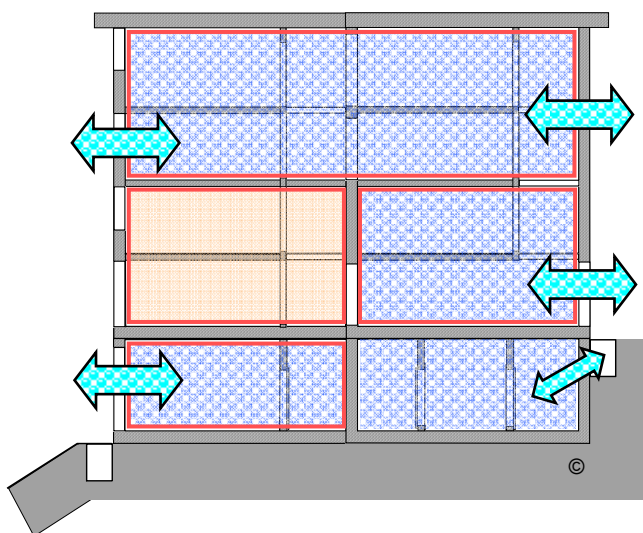
Indication : On peut normalement estimer les fuites d'un local (grand ou petit) avec une différence de pression de 50 Pa, par l'intermédiaire d'une porte et par appréciation subjective (ouvrir faiblement la porte et vérifier l'existence d'un courant d'air ou bien contrôler avec la main au niveau de la fente inférieure ouverte).

Dans le cas d'immeubles comportant de nombreux appartements, on peut admettre que la qualité de la construction demeure semblable avec des mêmes matériaux utilisés. Ainsi peut-on limiter le nombre de mesurages de l'étanchéité à l'air nécessaires lors du contrôle de qualité. Le nombre d'appartements devant faire l'objet d'un mesurage avec MINERGIE-P® se détermine en principe selon le document « Aide à l'utilisation MINERGIE-P® » (extrait voir annexe C). Les concepts de mesurage BlowerDoor (concepts de mesurage de l'étanchéité à l'air) doivent être préalablement discutés avec l'organe de certification MINERGIE-P® et cela pour chaque catégorie de bâtiment.

#### 4. Conditionnement du bâtiment

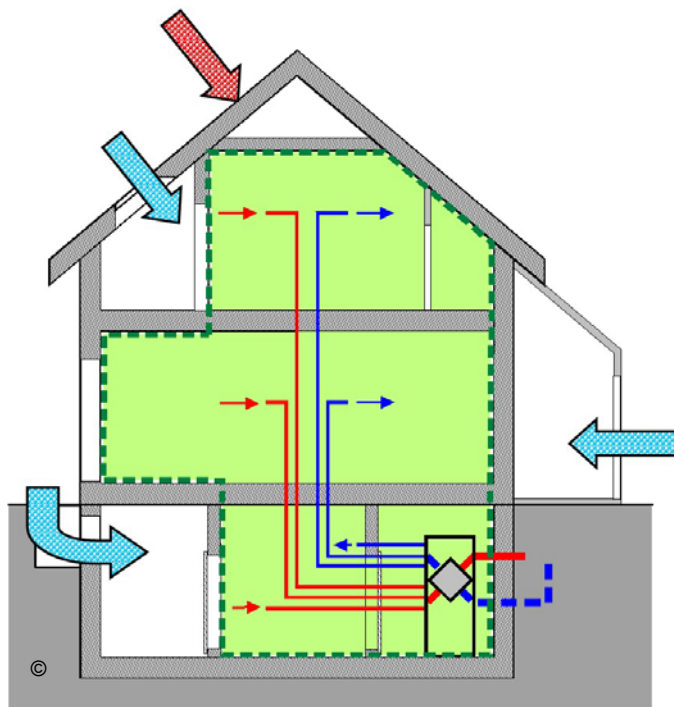
##### Etat des zones attenantes

Il est courant que des occupants d'immeubles collectifs se plaignent de nuisances olfactives en provenance d'appartements voisins. Afin de contrôler les cloisons entre appartements de la même manière que les parois extérieures (même pression différentielle), on ouvrira les fenêtres, les clapets d'aération, etc. dans toutes les zones attenantes et dans les espaces-tampons situés à l'extérieur du périmètre à contrôler. Ceci est aussi valable pour les caves non chauffées, les jardins d'hiver, les garages, etc. On mentionnera dans le procès-verbal/rapport de mesurage les conditions régnant effectivement durant le mesurage.




##### Graphique 4

Mesurage d'un appartement dans un immeuble collectif :  
Les fenêtres des locaux attenants (et également de la cage d'escalier) doivent être ouvertes.

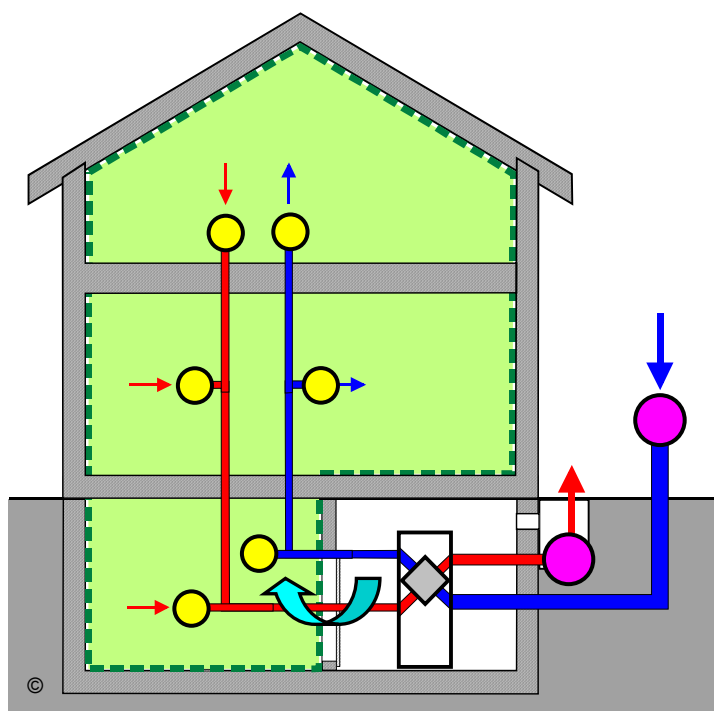


##### Graphique 5

Exemple maison individuelle :  
Les fenêtres des locaux extérieurs à la zone de mesure doivent être ouvertes.  
**Remarque:** Les pièces tempérées sont considérées comme non-chauffées et peuvent être soustraites au périmètre isolé.

 Limite du périmètre d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air. La limite de mesure est toujours le périmètre d'étanchéité à l'air.

En cas de doute, la position du périmètre d'étanchéité à l'air (p. ex. dans la cave!) doit être indiquée par le planificateur!



### Fuites dans les installations de ventilation

Les mesurages dans des immeubles avec des installations de ventilation sont particulièrement critiques. Ces installations doivent être rendues étanches, ce qui est souvent possible selon plusieurs variantes. Ainsi, les étanchements peuvent-ils être réalisés à l'intérieur, à l'extérieur, dans l'appareil de ventilation lui-même ou à plusieurs endroits (voir graphique 6).

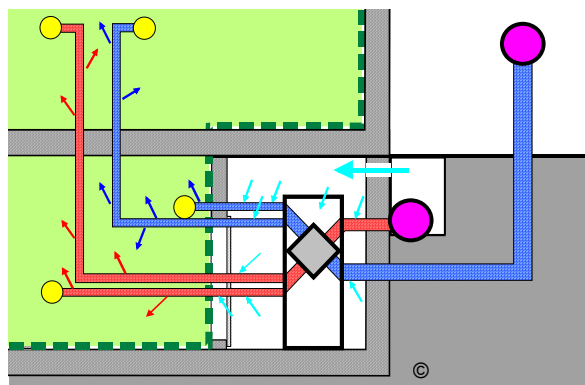
Suivant l'étanchéité des gaines de ventilations, des dérivations d'air se produisent et le mesurage Blower-Door est affecté par un courant de fuite plus ou moins important en provenance de l'extérieur, malgré les étanchements mis en place. Ce courant de fuite ne concerne en rien l'enveloppe du bâtiment et doit être évité dans la mesure du possible.

Dans le cas où la limite prescrite n'est pas respectée, il y a lieu, d'établir la valeur du courant de fuite de l'installation de ventilation ou de déterminer si l'étanchéité peut être améliorée ou modifiée en vue d'un nouveau mesurage (voir aussi la check-list pour les étanchements, annexe D).

Pour d'autres informations à ce sujet et concernant les effets quantitatifs, voir [7].

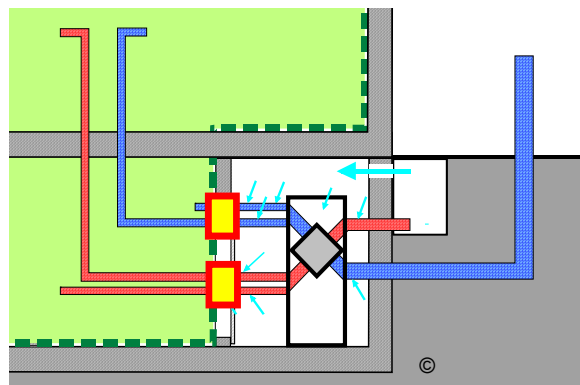
**Graphique 6**

- Zone de la maison étanche à l'air
- Étanchements à l'extérieur
- Étanchements à l'intérieur
- Dérivation au droit des inétanchités des canalisations / gaines de ventilations



**Graphique 6a**

Des dérivations d'air se produisent à travers tous les raccords non-étanches des canaux de ventilations.



**Graphique 6b**

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.

## 5. Mesurage

Le mesurage du courant volumique des fuites d'air et l'enregistrement des conditions aux limites requises sont décrits en détail dans la norme EN 13829 [4].

### **Contrôle préliminaire** (par analogie à l'art. 5.3.1 de EN 13829)

La totalité de l'enveloppe de la zone de mesure sera contrôlée *avant le mesurage* avec une dépression de env. 50 pascals, afin d'identifier les fuites majeures. En particulier, on examinera la qualité des étanchements provisoires et la nécessité éventuelle de colmater d'autres fuites, qui ne seraient pas affectées à l'enveloppe du bâtiment aux termes de la méthode de mesure B.

### **Dépression et surpression**

Tant la norme EN 13829, que la SIA 180 *recommandent* d'enregistrer un diagramme de mesure en dépression et un second en surpression, tout en admettant qu'un seul diagramme soit utilisé *pour le dépouillement*. Différentes raisons, telles que joints de fenêtres ou de panneaux, éléments de construction imbriqués, etc. peuvent conduire à des différences entre mesurage en dépression et en surpression. La grandeur déterminante pour la comparaison avec les valeurs limites de MINERGIE-P® et MINERGIE® est la moyenne entre mesurage en dépression et en surpression.

### **Pression de référence**

La pression de référence pour le dépouillement est 50 Pa. Lors de mesurages de variations, p. ex. pour comparer le flux à travers des chatières ou différents types d'étanchement d'une installation de ventilation, il suffit d'effectuer des mesurages ponctuels avec une dépression de 50 Pa.

## 6. Dépouillement des résultats

Le dépouillement des résultats est décrit dans EN 13829.

La plupart des équipements BlowerDoor comprennent un logiciel de dépouillement.

## 7. Rapport

La base est constituée par l'art. 7 de EN 13829. En dérogation à EN 13829, on déclarera dans le cas des mesurages MINERGIE-P® et MINERGIE® les valeurs  $q_{50}$  et  $n_{50,st}$  en lieu et place de la valeur  $n_{50}$  (info voir chap. 2).

### Objet mesuré

- Données nécessaires à l'identification de l'objet (adresse, type de bâtiment, année de construction, altitude)
- Indication du standard énergétique et de la situation du bâtiment (facteur de situation A, B, C)
- Description de la zone mesurée (n° d'appartement, situation, hauteur des pièces de la zone)
- Détail des calculs effectués, de manière à permettre l'élaboration des résultats
- Type de chauffage
- Indications relatives aux installations de ventilation et/ou de climatisation.

### Conditions marginales concernant le mesurage

- Description des mesurages pour la méthode B (voir liste, annexe D). Si seule la méthode A ou la méthode C est utilisée, on consultera préalablement l'office de certification.
- Description du moment du mesurage
  - mesurage anticipé
  - mesurage de réception
  - bâtiment existant / construction ancienne
- pour un mesurage anticipé : description de l'état de construction
- descriptif des étanchements de traversées/éléments de construction (méthode B)
- Un descriptif exact de quoi, comment, où un étanchement a été réalisé peut se faire à l'aide de l'annexe D
- Etat des zones adjacentes (voir chap. 4, fenêtres ouvertes). Si l'état ne peut être déterminé (éventuellement pas accessible), il y a lieu de le mentionner dans le rapport.
- Description de l'emplacement du Blower-Door.

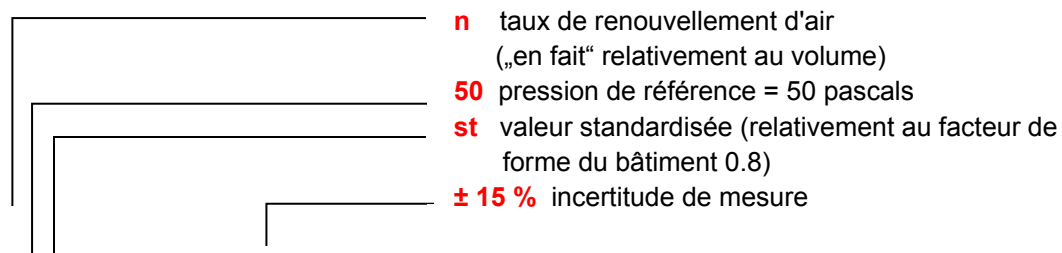
### Divers :

- Référence aux normes/directives appliquées, y compris dérogations éventuelles à celles-ci.
- Equipement (instruments de mesure et logiciels utilisés).
- Date et heure du mesurage
- Nom de l'opérateur

### Données et résultats du mesurage

- Températures intérieure et extérieure
- Vitesse du vent (voir annexe B, échelle de Beaufort)
- Tableaux
  - différences de pression mesurées (y compris naturelles)
  - courants volumiques
- Grandeurs caractéristiques (pour dé- et surpression)
  - coefficient de fuite  $C_L$  [m³/(h Pa<sup>n</sup>)]
  - coefficient de corrélation  $r$  [-]
  - exposant  $n$  [-]
- courbe de fuite (diagramme)
- perméabilité à l'air  $q_{50}$  [m³/(h·m²)]
- taux de renouvellement d'air  $n_{50,st}$  [h<sup>-1</sup>] (valeur standardisée)
- incertitude de mesurage globale (normalement fournie par le logiciel de dépouillement)

Les résultats doivent être indiqués dans le rapport avec 2 chiffres significatifs (p. ex. 1.4 ou 0.42).



**Exemple:**  $n_{50,st} = 0.64 [h^{-1}] (\pm 15 \%)$

## 8. Valeurs limites / Evaluation

Valeurs limites pour MINERGIE-P® et MINERGIE®

Standard énergétique	$q_{50}$ [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	$n_{50, st}$ [h <sup>-1</sup> ]
MINERGIE-P® (et maison passive) <b>Mesurage obligatoire</b>	≤ 0.75	≤ 0.6
MINERGIE® <b>Mesurage facultatif</b>	≤ 1.25	≤ 1.0

- comme valeur moyenne entre dépression et surpression  
- avec la méthode de mesure B  
- comme mesurage de réception de l'ouvrage achevé – ou bien, comme mesurage anticipé  
- avec des incertitudes de mesure de max. ± 20 %

Les fuites subsistant dans des endroits particuliers (p. ex. toiture, façade vitrée, etc.) ne doivent pas apparaître de manière concentrée. Des fuites isolées, également si la valeur limite est respectée, ne doivent pas provoquer de dégâts au bâtiment, ni amoindrir le confort (p. ex. courant d'air, odeurs, bruit).

Les taux de renouvellement d'air doivent être indiqués dans le rapport avec 2 chiffres significatifs (p. ex. 1.4 ou 0.42).

Les valeurs limites sont intentionnellement données avec 1 décimale seulement.

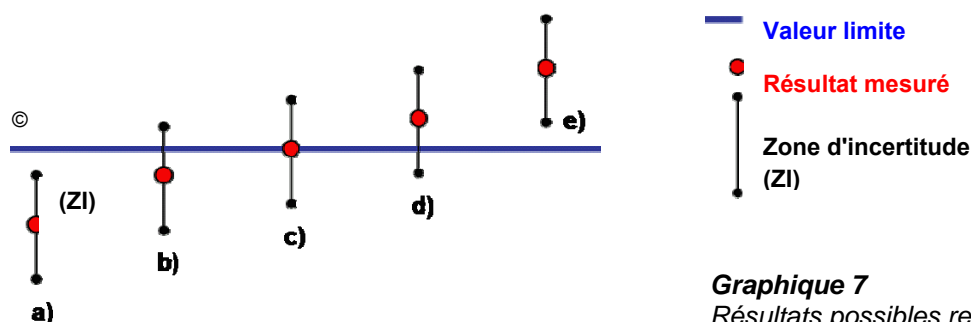
L'évaluation, consistant à vérifier si une valeur limite  $n_{50, st}$  est respectée ou non, se fait à partir de **valeurs mesurées arrondies à 1 décimale**.

Exemple : Une valeur mesurée  $n_{50, st} = 0.64$  [h<sup>-1</sup>] correspond à une valeur arrondie  $n_{50, st} = 0.6$  [h<sup>-1</sup>], la valeur limite étant ainsi respectée. Lorsque l'évaluation de valeurs mesurées s'effectue sur la base des limites de MINERGIE-P® et MINERGIE®, l'incertitude de mesure **ne doit pas dépasser 20 %** (s'applique aux cas b) c) et d), voir graphique 7).

### Evaluation des résultats de mesurages et gestion de l'incertitude de mesure.

Dans le cas d'un résultat de mesure de la zone a), b) ou c) du graphique 7, la valeur mesurée est normalement jugée comme "satisfaisante". Dans le cas e), la valeur est manifestement "insatisfaisante". Dans le cas des résultats de la zone d), l'appréciation "insatisfaisant" s'applique a priori. Dans cette situation, cependant, l'expert devrait décider au vu de tous les éléments déterminants si le résultat peut être accepté ou non.

Pour des évaluations MINERGIE-P® et MINERGIE®, on doit conclure : **dans le cas d), l'exigence n'est pas satisfaite**. Etant donné que les valeurs mesurées servant à l'évaluation sont arrondies à 1 décimale (voir ci-dessus), le cas d) est effectivement pris en compte dans une certaine mesure.



**Graphique 7**  
Résultats possibles relativement à une valeur limite.

### A propos de l'incertitude de mesure

Si l'on ne considère que le mesurage du débit d'air, l'incertitude de mesure se situe dans la plage de ± 10 %. En présence de variations de pression (par ex. dues au vent), celle-ci peut augmenter notablement. En fixant des valeurs standard en matière de procédure et de conditionnement du bâtiment (sur la base de la présente directive), on élimine pratiquement d'autres incertitudes majeures.

Remarque de l'EN 13829 à l'art. 8.3 : *Par temps calme, l'incertitude globale demeure, dans la majorité des cas, inférieure à ± 15 %. En présence de vent, l'incertitude globale peut toutefois atteindre ± 40 %.*

**Si une valeur limite n'est pas respectée**, il existe plusieurs possibilités d'intervention à entreprendre (dans un tel cas, il y aurait lieu de consulter le mandant). Etant donné que le contrôle du respect des exigences

doit s'effectuer selon la méthode de mesure B, on vérifiera, en cas de non-respect d'une valeur limite, si des méthodes d'étanchement complémentaires / meilleures / différentes pour l'installation de ventilation et pour les ouvertures étanchées ne permettent pas l'obtention d'un résultat meilleur (l'évaluation concerne l'enveloppe!).

A prendre en compte : La grandeur d'évaluation est la moyenne entre les mesurages en dépression et en surpression.

## 9. Bibliographie et normes

[1]	<b>Norme SIA 180</b> , Isolation thermique des bâtiments	1988	Winkler U.E. et al
[2]	<b>Norme SIA 180</b> , Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments	1999	Roulet Claude-Alain et al
[3]	<i>Standard Maison passive</i> <a href="http://www.passivhausinfo.de/images/Zertifizierung/en/PHKriterien%202003%20Wohnen.pdf">http://www.passivhausinfo.de/images/Zertifizierung/en/PHKriterien%202003%20Wohnen.pdf</a>	2000 01	Feist Wolfgang
[4]	<b>EN 13829</b> , Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments. Méthode de pressurisation par ventilateur (ISO 9972:1996, modifiée)	2000 11	CEN
[5]	<b>Beiblatt zur DIN EN 13829</b> , Ausgabe 2 <a href="http://www.flib.de/publikationen.html">http://www.flib.de/publikationen.html</a>	2006 06	FliB e.V.
[6]	<b>Standard MINERGIE-P®</b> <a href="http://www.minergie.ch/standard-minergie-p-fr.html">http://www.minergie.ch/standard-minergie-p-fr.html</a>	2003	Association MINERGIE®
[7]	<b>Luftdichtigkeits-Messungen: Bitte besser...!</b> „Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern“ <a href="http://www.empa-ren.ch/Internet-Files/Programm/Aktuelles/aktualitaeten/Status-Seminar/pdf-files2004/Tanner.pdf">http://www.empa-ren.ch/Internet-Files/Programm/Aktuelles/aktualitaeten/Status-Seminar/pdf-files2004/Tanner.pdf</a>	2004	Tanner Christoph
[8]	La nouvelle édition de ISO/FDIS 9972 est attendue pou le début 2007. Elle est appelée à remplacer ou à prendre la relève de EN 13829. La principale nouveauté consistera en la description d'une méthode de mesurage C (en plus des méthodes existantes A et B). La méthode C ne se distingue de la méthode A que par le fait que les passages d'air frais autorégulés (p. ex. vannes de cuisine avec clapet anti refoulement) sont étanchés. Les autres différences sont mineures et guère significatives pour le praticien (détails concernant les autres différences EN – ISO, voir p. ex. Actes du 1 <sup>er</sup> Symposium Européen BlowerDoor).		

Explications concernant  $n_{50,st}$

Annexe A

**Bâtiment de base :**

Les valeurs limites  $n_{50}$  actuelles sont basées ("involontairement") sur la grandeur / géométrie de bâtiment suivante:

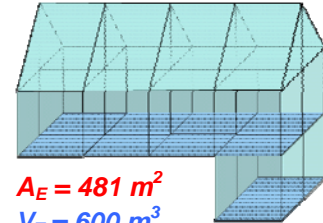
Maison individuelle moyenne en Suisse

Facteur de forme  $F = A_E / V_T$

$A_E$  = aire intérieure de la zone de mesurage (EN 13829)

$V_T$  = Volume intérieur

(total, y compris cloisons intérieures et planchers intermédiaires)



$A_E = 481 \text{ m}^2$

$V_T = 600 \text{ m}^3$

Facteur de forme: ©

$A_E / V_T = \underline{0.80} [\text{m}^{-1}]$

On peut déterminer les valeurs  $q_{50}$  et  $n_{50}$  de ce bâtiment de base (voir exemple 1). Il s'agit à présent d'obtenir une même valeur  $n_{50}$  pour un autre bâtiment présentant la même valeur  $q_{50}$  que celui-ci (exemples 2 et 3). Lorsque la qualité de l'enveloppe est identique, ceci doit également se refléter dans la valeur  $n_{50}$ . La nouvelle valeur standardisée  $n_{50,st}$  se calcule en déterminant la valeur  $q_{50}$  pour chaque bâtiment et en le multipliant par le facteur de forme 0.8 du bâtiment de base.

$n_{50,st} = q_{50} \cdot (A_E / V_T)_{st} = q_{50} \cdot \mathbf{0.8}$  facteur de forme fixe

**Exemple 1** soit  $V_{50} = 962 \text{ m}^3/\text{h}$

$n_{50} = 962 / 600$

$= 1.6 \text{ h}^{-1}$

$q_{50} = 962 / 481$

$= 2.0 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$

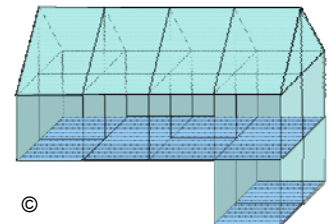
$n_{50,st} = q_{50} \cdot 0.80$  (facteur de forme fixe)  $= 1.6 \text{ h}^{-1}$

$A_E = 481 \text{ m}^2$

$V_T = 600 \text{ m}^3$

Facteur de forme:

$A_E / V_T = \underline{0.80}$



Ici, il y a concordance entre  $n_{50}$  et  $n_{50,st}$ .  
Remarquer le rapport entre  $n_{50}$  et  $q_{50}$  (0.8 : 1.0)

**Exemple 2** soit  $V_{50} \text{ sei} = 3174 \text{ m}^3/\text{h}$

$n_{50} = 3174 / 4000$

$= 0.79 \text{ h}^{-1}$

$q_{50} = 3174 / 1587$

$= 2.0 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$

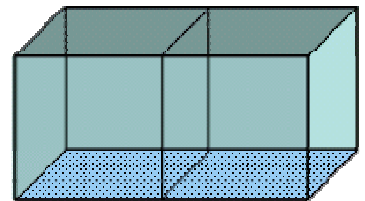
$n_{50,st} = q_{50} \cdot 0.80$  (facteur de forme fixe)  $= 1.6 \text{ h}^{-1}$

$A_E = 1587 \text{ m}^2$

$V_T = 4000 \text{ m}^3$

Facteur de forme:

$A_E / V_T = \underline{0.40}$



Ici  $n_{50}$  est beaucoup trop petit par rapport à  $q_{50}$ .  
Motif : un très grand volume! La correction de 0.8 prend ceci en considération.

**Exemple 3** soit  $V_{50} = 732 \text{ m}^3/\text{h}$

$n_{50} = 732 / 300$

$= 2.4 \text{ h}^{-1}$

$q_{50} = 732 / 366$

$= 2.0 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$

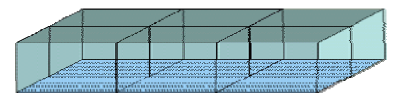
$n_{50,st} = q_{50} \cdot 0.80$  (facteur de forme fixe)  $= 1.6 \text{ h}^{-1}$

$A_E = 366 \text{ m}^2$

$V_T = 300 \text{ m}^3$

Facteur de forme:

$A_E / V_T = \underline{1.22}$



Ici  $n_{50}$  est beaucoup trop grand par rapport à  $q_{50}$ .  
Motif : un petit volume! La correction de 0.8 prend ceci en considération.

**Remarque:**

Dans chacun des 3 exemples ci-dessus,  $q_{50}$  a toujours la même valeur (la qualité de la surface est constante). Cela doit également être valable dans le cas de la valeur standardisée  $n_{50,st}$ .

## Recherche de fuites

## Annexe B

La détermination du *taux de renouvellement d'air est un mesurage quantitatif*. Le résultat du mesurage n'indique pourtant pas où se trouvent les fuites restantes. On peut répondre à cette lacune par *la recherche qualitative des fuites*. En présence de cas problématiques et de dégâts, la recherche de fuite est la plupart du temps indispensable, car elle seule permet de remonter à la cause.

Lors de chaque mesurage, il est impératif de procéder à une "petite" recherche de fuites dans le cadre d'un **mesurage anticipé** (voir chap. 5).

Lorsque le mandant exige une recherche de fuites complémentaire – non prescrite, mais recommandée – avec une documentation des fuites, la procédure sera :

- pression de référence : 50 pascals
- recherche des fuites en dépression.

On garantit ainsi que les mêmes conditions initiales sont appliquées lors de la visualisation / du mesurage. Ainsi, suivant la situation, il est possible de réaliser des comparaisons quantitatives de fuites. Lorsque les fuites sont documentées, on indiquera la pression de référence appliquée.

Moyens utilisés dans la détection et la visualisation des fuites :

- à la main (éventuellement avec doigt humide ou avec le dos de la main)
- avec des détecteurs de courants d'air
- avec de la fumée (les appareils fumigènes ne sont souvent pas appropriés pour la détection de petites fuites)
- avec un anémomètre (mesurage de la vitesse de l'air en surface ou à une distance déterminée)
- avec des brins de laine
- par thermographie infrarouge ( attention : en présence de ponts thermiques, résultat fiable qu'avec images soustractives IR).

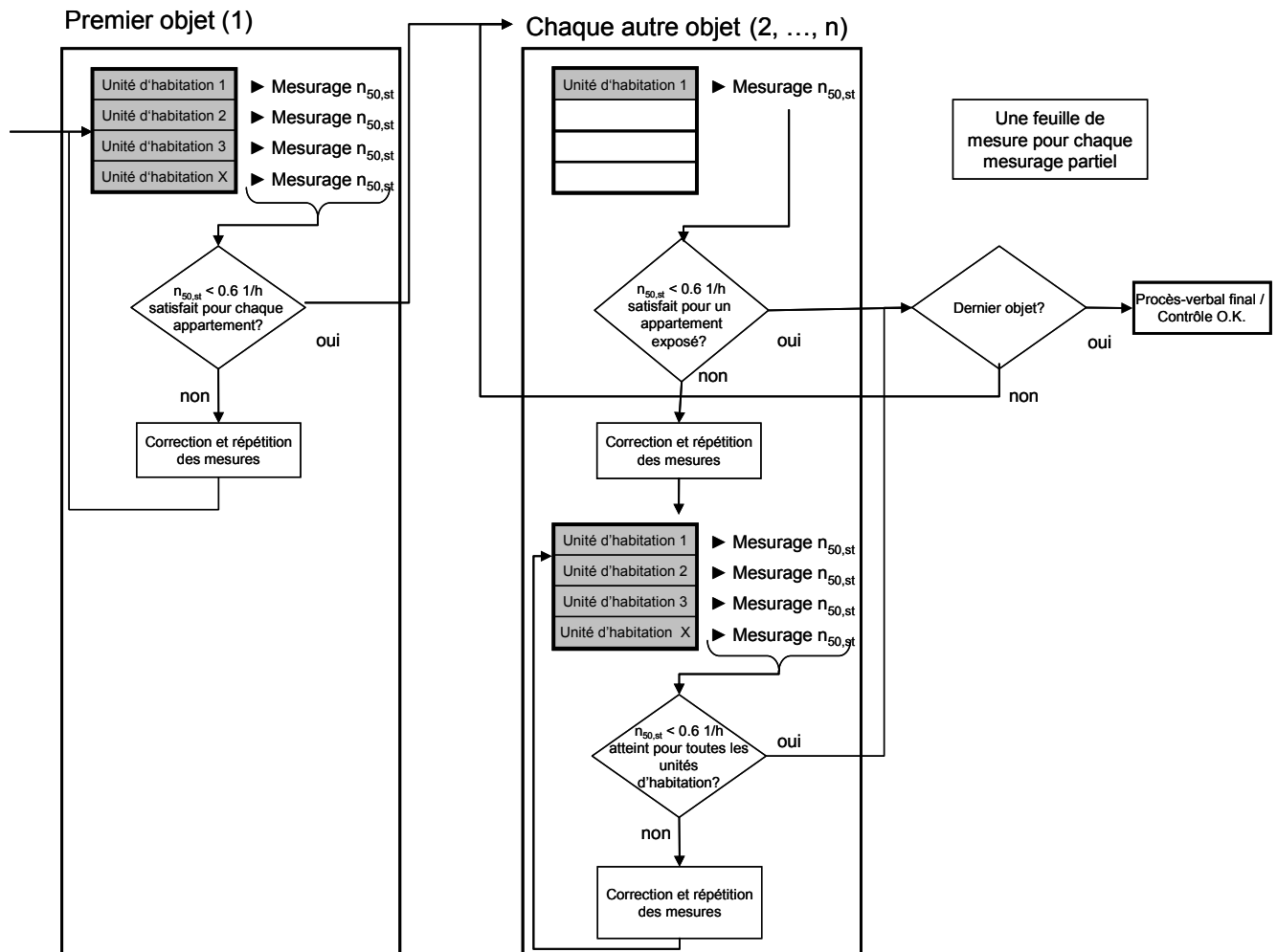
## Vitesses du vent

Force du vent (échelle de Beaufort)	Vitesse du vent en m/s	Effets observés
0	0,0 – 0,45	Calme; la fumée s'élève verticalement
1	0,45 – 1,5	La fumée, mais non la girouette, indique la direction du vent
2	1,6 – 3,3	On commence à sentir le vent sur le visage; les feuilles frémissent et les girouettes bougent
3	3,4 – 5,4	Feuilles et brindilles bougent sans arrêt. Les petits drapeaux se déploient
4	5,5 – 7,9	Poussières et bout de papier s'envolent. Les petites branches sont agitées
5	8,0 – 10,7	Les petits arbres feuillus se balancent. De petites vagues avec crête se forment sur les lacs.
6	10,8 – 13,8	On entend le vent siffler dans les fils téléphoniques et à l'angle des maisons; les grosses branches sont agitées
9	20,8 – 24,4	Considéré comme tempête; les tuiles se détachent du toit et tombent
12	32,8 – 36,9	Principalement en zone côtière; les murs s'affaissent; dégâts considérables

**Mesurages dans des immeubles collectifs (selon Aide à l'utilisation MINERGIE-P®) Annexe C**

Lors d'une **utilisation multiple d'habitations collectives** d'un lotissement, on fixe le nombre de contrôles de l'étanchéité à l'air selon le principe suivant (idem pour maisons jumelées, maisons en rangées) :

Contrôle de l'étanchéité à l'air en utilisation multiple dans des immeubles collectifs :



Dans le but de réduire dans une proportion raisonnable le travail de mesure de l'étanchéité à l'air, il est suffisant de contrôler l'ensemble des unités d'habitation d'un des objets, ainsi que l'unité d'habitation la plus critique (typiquement, un appartement dans un angle, situé sous la toiture) de tous les autres objets identiques.

En ne mesurant qu'une seule unité d'habitation dans les autres objets (2,...,n) et en démontrant le respect de l'exigence  $n_{50,at} \leq 0.6 \text{ [h}^{-1}\text{]}$ , le requérant ou le mandant assume la responsabilité de la conformité de toutes les unités d'habitation dudit objet, qui n'ont pas été contrôlées, en matière d'étanchéité à l'air. En cas de doute avéré, l'office de certification MINERGIE-P® peut exiger des mesures complémentaires d'étanchéité à l'air.

Les concepts de mesure BlowerDoor pour toutes les catégories de bâtiment doivent être préalablement discutés avec l'office de certification MINERGIE-P®. Des résultats de mesures sur la base de zones définies arbitrairement peuvent être refusés.

Étanchements pour les méthodes A et B

Annexe D1

Étanchements	Méthode A (État d'utilisation)	check-list: existant et exécuté	
		x	x
Méthode B (Enveloppe)			
Portes extérieures *)	fermer		
Portes intérieures	ouvrir		
Porte des locaux annexes chauffés *) (p. ex. cave)	ouvrir		
Porte des zones non chauffées *) (p. ex. local de stockage, cave, garage)	fermer		
Porte d'ascenseur / de gaine (= autre zone)	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Trous de serrure *)	rien		rien
Lucarnes et trappes sur les pans de toit aux combles quand le périmètre d'étanchéité est à l'extérieur *)	ouvrir		ouvrir
Lucarnes et trappes sur les pans de toit aux combles quand le périmètre d'étanchéité est à la lucarne *)	fermer		fermer
Fenêtres / portes-fenêtres / lucarnes / portes coulissantes / vitrages fixes, etc. *)	fermer		fermer
Grille d'aération des fenêtres (cadre)	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Volets d'aération des lucarnes	fermer		fermer et évtl. <b>étancher</b>
Courroies et manivelles de stores *)	rien		rien
Aérateur ou appareil de ventilation pour un local	si possible: <b>étancher</b> dans l'appareil		si possible : <b>étancher</b> dans l'appareil
Air frais pour l'aération des locaux	évtl. <b>étanchement</b> complémentaire		évtl. <b>étanchement</b> complémentaire
Air évacué pour l'aération des locaux	évtl. <b>étanchement</b> complémentaire		évtl. <b>étanchement</b> complémentaire
Hotte de ventilation cuisine / système de <b>circulation</b>	rien		rien
Hotte de ventilation cuisine / système <b>d'évacuation</b>	rien		<b>étancher</b>
Ventilateur d'évacuation (bain / douche / WC)	rien		<b>étancher</b>
Sèche-linge dans une zone chauffée avec évacuation à l'extérieur	fermer le sèche-linge		fermer le sèche-linge et <b>étancher</b>
Poêle / cheminée etc.	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Entrée d'air pour le poêle	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Cheminée du poêle	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Déversoir à linge dans une zone non chauffée	fermer		fermer et <b>étancher</b>
Chatière	fermer		fermer et <b>étancher</b>

---

Couvercle de gaine dans des zones chauffées	fermer		étancher	
Plafond suspendu	rien		rien	

Étanchements pour les méthodes A et B

Annexe D2

Étanchements	Méthode A (État d'utilisation)	check-list: existant et exécuté	
		x	x
Install. techniques : - boîtier él., 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	rien		étancher
Installation d'aspiration centralisée	fermer		fermer et étancher
Tuyaux vides vers des zones non chauffées	étancher		étancher
Grille d'aération des fenêtres (cadre)	fermer		fermer et étancher
En général, aux traversées de conduites	rouge : rien *) (= enveloppe)  bleu : fermer, resp. étancher (= Install. techniques, voir chap.4)		rouge : rien *) (= enveloppe)  bleu : étancher (= Install. techniques, voir chap.4)
autres :			

\*) Si des fuites sont nettement perceptibles, on peut estimer leur contribution par étanchement en effectuant un mesurage de variation (voir chap. 5). Toutefois, lors d'une évaluation MINERGIE-P® et MINERGIE® par la méthode B, un étanchement provisoire n'est pas admissible.

**Remarque :** En enlevant les **étanchements provisoires** autorisés. p. ex. sur les poêles, les déversoirs à linge, etc., on peut rapidement estimer la différence entre les 2 méthodes (A / B) en effectuant un mesurage ponctuel (avec  $\Delta P = 50$  Pa). Il est alors possible de quantifier les courants de fuite qui ne doivent pas être affectés à l'enveloppe du bâtiment.



# Les mesurages de la perméabilité à l'air

MINERGIE-P®

MINERGIE®

**Objet / Bâtiment**

Immeuble Modèle  
Rue de l'Exemple 5  
0000 Musterhausen

**Zone mesurée**

Appartement 5 ½ pièces (Appart. n° 7)  
Combles (3<sup>ème</sup> ét.)  
Angle sud-est

**Standard Énergétique**

MINERGIE-P®  
 MINERGIE®

**Mandant**

Muster-Immobilien AG  
Gebäudeweg 23  
0000 Beispielhausen

**Mandataire**

Team BlowerDoor GmbH  
Musterweg 25  
0000 Musterbach

**Date du contrôle**

10.12.2006

*Ces 2 pages  
présentent un résumé  
des principales  
données et elles  
figureront en  
couverture du rapport  
d'expertise.*

**Exigences**

MINERGIE-P®  
 MINERGIE®...

Valeur limite :  $\leq 0.6 [h^{-1}]$   
Valeur limite :  $\leq 1.0 [h^{-1}]$

arrondi à 1 décimale :

Valeur mesurée:  $0.6 [h^{-1}]$   
Valeur mesurée: ----  $[h^{-1}]$

Exigence

satisfaite

Lieu et date du rapport

*Signature*

**Opérateur**

Anton Muster

Résumé du rapport

Annexe E2

Données du bâtiment / Conditions marginales :

- Moment du mesurage**       Mesurage anticipé  
 Mesurage de réception, construction / transformation achevée  
 Mesurage sur un objet existant
- Avancement des travaux**      - Gros-œuvre avec surface d'étanchéité à l'air réalisée
- Etat du bâtiment :**              - Installations techniques du bâtiment à travers la surface d'étanchéité à l'air réalisées  
    - Fenêtres et portes posées avec leurs joints et réglées  
    x Porte d'entrée de l'immeuble avec ailes latérales pas encore en place (Blower-Door installée ici)  
    - .....
- Méthode de mesurage**             B (Enveloppe)  
 .....
- Etat des zones attenantes**      - Cage d'escaliers : fenêtres et portes ouvertes  
    - Appartement 6: fenêtres et portes ouvertes  
    - Appartement 5: état inconnu, car pas accessible
- Installation de ventilation**       Ventilation d'appartement avec air fourni et repris  
 .....

Valeurs mesurées / Résultats

<b>Aire de l'enveloppe <math>A_E</math>:</b>	425 [m <sup>2</sup> ]	<b>Température de l'air intérieur</b>	21 [°C]
<b>Volume <math>V_T</math>:</b>	- [m <sup>3</sup> ]	<b>Température de l'air extérieur</b>	8 [°C]
<b>Hauteur max. Zone mesurée</b>	3 [m]	<b>Force du vent</b>	2 Beaufort

Date du contrôle: 10.12.2006	Dépression ( - )	Surpression ( + )	Moyenne
<b>Débit de fuite <math>V_{50}</math>:</b>	300 [m <sup>3</sup> /h]	345 [m <sup>3</sup> /h]	
<b>Coefficient de fuite <math>C_L</math></b>	23 [m <sup>3</sup> /(h Pa <sub>n</sub> )]	19 [m <sup>3</sup> /(h Pa <sup>n</sup> )]	
<b>Coefficient de corrélation r</b>	0.991 [ - ]	0.998 [ - ]	
<b>Exposant n</b>	0.65 [ - ]	0.75 [ - ]	
<b>Perméabilité à l'air <math>q_{50}</math></b>	0.71 [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	0.82 [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	<b>0.77 [m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>)]</b>
<b>Taux de renouvellement d'air <math>n_{50,st}</math></b>	0.57 [h <sup>-1</sup> ]	0.66 [h <sup>-1</sup> ]	<b>0.61 [h<sup>-1</sup>]</b>
<b>Incertitude de la mesure</b>	± 14 %	± 14 %	± 14 %

<b>Remarques</b>	<p><i>Base du mesurage: Directive pour le mesurage de la perméabilité à l'air sur des constructions Minergie-P® et Minergie®, Edition Janvier 2007.</i></p> <p>- Le résultat du mesurage n'exclut pas des défauts (cachés) dans la construction.</p> <p>- La perméabilité à l'air peut se modifier avec le temps.</p>
------------------	---

Ont collaboré à cette directive :

<b>Nom</b>	<b>Fonction</b>	<b>Adresse e-mail</b>
Patricia Bürgi	MINERGIE® Agentur Bau	patricia.buergi@minergie.ch
Urs-Peter Menti	Organe de certification MINERGIE-P®	umenti@hta.fhz.ch
Christoph Tanner	Praticien, auteur des instructions de mesurage	christoph.tanner@qc-expert.ch
Bruno Albert	Praticien	bruno.albert@clicon.ch
Otmar Spescha	Praticien	otmar.spescha@passivhaus.ch
Marco Schöni	Praticien	marco.schoeni@xella.com
Thomas Frank	EMPA, membre de la commission SIA 180	thomas.frank@empa.ch