NRC·CNRC

NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Fuites d'air dans les bâtiments

Wilson, A. G.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:
https://doi.org/10.4224/40001126
Digeste de la construction au Canada, 1963-11

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=800f22f5-4574-49a0-95a2-e6349fbbf29d
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=800f22f5-4574-49a0-95a2-e6349fbbf29d

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at
https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright
READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits
LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

National Research Council Canada | Conseil national de recherches Canada

Canada

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 23F

Fuites d'air dans les bâtiments

Publié à l'origine en novembre 1963

A. G. Wilson

Veuillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Les fuites d'air peuvent avoir de grandes conséquences sur le comportement des bâtiments. Elles se produisent au travers de fissures et d'ouvertures dans les fenêtres, les portes, les murs et les toitures, Leur importance dépend de la façon dont est conçu le bâtiment, de la qualité des matériaux, de la façon dont ils ont été assemblés et des différences de pression d'air dans les fissures et dans les ouvertures. Les fuites d'air allant vers l'intérieur des bâtiments sont des infiltrations tandis que les fuites d'air allant vers l'extérieur sont des exfiltrations.

L'humidité relative de la plupart des bâtiments chauffés au Canada n'est pas contrôlée et elle dépend en grande partie du taux général d'infiltration. Cette question fait l'objet du Digeste no. 1. Dans les bâtiments qui ne disposent pas de systèmes d'approvisionnement mécanique de l'air, l'infiltration de l'air fournit les changements d'air requis pour la ventilation et elle peut également être une source de contamination par la fumée, la suie ou la poussière. A mesure que l'infiltration de l'air augmente la charge de chauffage en hiver et la charge de refroidissement en été, il est nécessaire d'estimer comme il faut l'infiltration pour fournir des dispositifs de chauffage et de refroidissement de dimensions appropriées. Les fenêtres et les portes sont des sources importantes d'infiltration de l'air dans la plupart des bâtiments et elles déterminent généralement l'importance des fuites d'air par rapport au conditionnement de l'air et du chauffage.

L'un des aspects les plus importants des fuites d'air en ce qui a trait au comportement des bâtiments canadiens est la mesure dans laquelle elles sont responsables des graves problèmes de condensation. Malheureusement on ne reconnaît pas beaucoup cela dans les plans et dans la construction d'un grand nombre de bâtiments et même lorsque des ruptures se produisent il arrive souvent que la source de l'humidité ne soit pas identifiée avec précision. Pour avoir une idée de cette conséquence et d'autres conséquences des fuites d'air les caractéristiques de fuite des fissures, la répartition de la pression dans le bâtiment et la façon dont l'écoulement de l'air se produit doivent être déterminées.

Caractéristiques des fuites d'air. L'écoulement de l'air au travers des ouvertures d'un bâtiment suit des lois qui sont semblables à celles qui décrivent l'écoulement de l'air par des orifices et des capillaires. L'écoulement dans une capillaire est directement proportionnel à la chute de pression; l'écoulement dans un orifice est proportionnel à la racine carrée de la chute de

pression. Le rapport pour les ouvertures ou les fissures des bâtiments se trouve entre ces limites; la vitesse d'écoulement dépend également de la zone efficace des ouvertures perpendiculaires à la direction de l'écoulement.

L'écoulement au travers d'une ouverture simple, de section uniforme, grande par rapport à sa longueur peut être calculé approximativement à partir de la relation ($Q = 2400\ A\ \sqrt{h}$) applicable à un orifice à bordure abrupte où *Q* est l'écoulement de l'air en pieds cubes par minute, A la superficie en pieds carrés et *h* la différence de pression en pouces d'eau. Pour les ouvertures complexes comme les fissures autour des fenêtres et des portes ou les fissures dans les murs, les relations de l'écoulement de l'air peuvent être déterminées par des essais. Les fuites d'air autour des fenêtres sont souvent décrites en fonction de la longueur de la fissure tout autour du cadre de la fenêtre; dans un mur de maçonnerie ou dans un mur à pans de bois elles peuvent être établies en fonction de lit superficie totale du mur. Le fait d'exprimer les fuites en fonction de la superficie équivalente d'un orifice simple à bord carré constitue parfois un repère utile pour comparer les caractéristiques de fuite de l'air des différentes parties d'un bâtiment (Tableau I).

Tableau I - Superficies équivalentes des orifices, en pouces carrés

Mur de brique poreuse de 13 pouces, sans plâtre 100 pieds carrés	3.1
Mur comme ci-dessus, 3 couches de plâtre, 100 pieds carrés	0.054
Mur à pans de bois, revêtement de bois 3 couches de plâtre, 100 pieds carrés	0.33
Porte très ajustée, 3 x 7 pieds	7.6
Fenêtre du type guillotine, mal ajustée 3 x 4 pieds	4.7
Fenêtre guillotine, très ajustée 3 x 4 pieds	0.93

Différences de pression. Des différences se produisent dans la pression de l'air entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments par suite des effets du vent, des différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur et quelquefois par suite du fonctionnement de systèmes mécaniques de ventilation et d'échappement.

L'écoulement de l'air autour d'un bâtiment et au-dessus de lui provoque des variations dans la pression qui l'entoure. La répartition des pressions sur les surfaces des bâtiments dépend de la vitesse et de la direction du vent, de la hauteur et de la forme de ce bâtiment ainsi que du terrain avoisinant. En général, les pressions sont positives dans le vent ce qui provoque des infiltrations et négatives sous le vent ce qui provoque des exfiltrations. Les pressions sur les autres côtés peuvent être négatives ou positives selon l'angle du vent. Elles sont généralement négatives au-dessus des toits sauf du côté sous le vent des toitures très en pente. Les pressions sur les surfaces des bâtiments sont proportionnelles à l'énergie due à la vitesse ou aux pressions stagnantes du vent. Pour l'air ayant une densité standard la relation entre l'énergie due à la vitesse et la vitesse du vent peut être exprimée comme $p_v = 0.000482\ V^2$ où p_v est l'énergie due à la vitesse mesurée en pouces d'une colonne d'eau et *V* est la vitesse du vent en milles à l'heure. Les valeurs de la pression stagnante pour des vents allant de 5 à 25 milles à l'heure sont données au Tableau II.

Table II - Pressions stagnantes

Vitesse du vent en milles à l'heure	p_v pces-eau

5	0.012
10	0.048
15	0.104
20	0.193
25	0.301

Pour les bâtiments de forme rectangulaire simple, les pressions peuvent aller de plus 0.5 p_v, à 0.9 p_v du côté du vent et de moins 0.2 p_v à moins 0.7 p_v du côté sous le vent. Les pressions sur les autres côtés parallèles ou légèrement inclinés par rapport à la direction du vent peuvent aller de moins 0.1 p_v à moins 0.9 p_v. Les pressions sur les toits plats ou très peu inclinés peuvent aller de moins 1.0 p_v au bord d'attaque jusqu'à moins 0.2 p_v sur les autres surfaces. Des valeurs plus importantes d'aspiration peuvent se produire dans les petites zones localisées.

Les pressions exercées à l'intérieur des bâtiments qui sont dites à l'action du vent dépendent de la résistance à l'écoulement des fissures et des orifices à l'extérieur du bâtiment et de leur emplacement par rapport a la direction du vent. Les pressions intérieures doivent être ajustées de façon à ce que l'écoulement vers l'intérieur soit égal à l'écoulement vers l'extérieur. Les ouvertures étant réparties uniformément autour des murs la pression intérieure peut aller de plus à moins 0.2 p_v. Si la plupart des ouvertures se produisent du côté du vent, les pressions intérieures augmenteront et tendront à équivaloir les valeurs enregistrées à l'extérieur. Le contraire se produira lorsque la plupart des ouvertures se trouveront du côté sous le vent.

Le choix des différences de pression au travers des murs des bâtiments pour des calculs impliquant des fuites d'air est rendu encore plus difficile du fait que les relations existant entre le vent enregistré et le vent sur un chantier varient et sont difficiles à établir. Les taux maximums instantanés de fuite d'air sont généralement peu importants. Au contraire, les valeurs moyennes maximums qui se manifestent durant plusieurs heures ou davantage durant les extrêmes de la température extérieure sont souvent celles dont on a besoin. C'est ainsi que les vitesses du vent dépassant 25 milles à l'heure ne sont généralement pas importantes en ce qui concerne les problèmes de fuite d'air.

Lorsque la température d'un bâtiment diffère de celle qui règne à l'extérieur des différences de pression se produisent entre l'intérieur et l'extérieur par suite de la différence qui existe dans la densité de l'air. C'est ce qu'on appelle l'effet de cheminée étant donné que c'est le même mécanisme qui provoque un courant d'air dans une cheminée. Les températures intérieures étant plus élevées que les températures extérieures l'effet de cheminée produit une pression intérieure négative par rapport à l'extérieur, une infiltration aux niveaux les plus bas et une pression positive et une exfiltration aux niveaux les plus élevés. Le contraire se produit lorsque les températures intérieures sont inférieures à celles de l'extérieur.

Lorsque aucune autre force de pression n'entre en jeu il y a un niveau, qu'on appelle parfois la zone neutre, auquel les pressions intérieures et extérieures sont égales. La différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur s'exprime ainsi:

$$p_c = 7.6\,h\left(\frac{1}{t_c + 460} - \frac{1}{t_i + 460}\right)$$

où p_c, est la différence de pression théorique due à l'effet de cheminée en pouces de colonne d'eau, h la distance à partir de la zone neutre ou la hauteur efficace de cheminée en pieds tandis que t_c et t_i sont des températures extérieures et intérieures en degrés Fahrenheit. Des valeurs typiques de p_c sont données au Tableau III; la valeur de p_c pour les autres hauteurs est en proportion directe.

Tableau III - Différence de pression due à une action de cheminée (hauteur efficace = 100 pieds)

Différence de température en degrés F	p_c
20	0.055
40	0.115
60	0.179
80	0.250
100	0.326

Ainsi l'emplacement de la zone neutre par rapport aux fuites d'air est important dans un bâtiment étant donné qu'il détermine la différence de pression à tous les niveaux. Si le bâtiment n'a pas de cloison ou si la résistance des cloisons à l'écoulement est faible l'air qui entre aux niveaux les plus bas peut traverser verticalement le bâtiment sans rencontrer de résistance; l'emplacement de la zone neutre ne dépendra que des résistances et de la répartition verticale des ouvertures dans le bâtiment. Si ces ouvertures sont réparties uniformément verticalement la zone neutre sera à mi-hauteur du bâtiment. Si les planchers sont isolés les uns par rapport aux autres, cependant, chacun aura un effet de cheminée distinct et un niveau de zone neutre par rapport à l'extérieur de telle sorte que la distance de toute ouverture à partir de la zone neutre sera inférieure à la distance entre les planchers. Les différences de pression dues à l'effet de cheminée ne seront jamais très grandes dans ces conditions.

Sur la base de quelques mesures effectuées dans de grands bâtiments ayant de nombreux étages il semble que la séparation entre les planchers soit généralement insuffisante pour empêcher l'air de s'écouler verticalement au travers d'un bâtiment et que la pression au travers du bâtiment est affectée par l'action de cheminée du bâtiment dans son ensemble. Dans de tels bâtiments les niveaux de zone neutre dans les conditions d'hiver sont susceptibles d'être de 1/3 à 2/3 de la hauteur du bâtiment.

Étant donné que la zone neutre en hiver est le niveau sous lequel l'infiltration se produit et au-dessus duquel l'exfiltration a lieu, toutes les ouvertures au travers desquelles l'air est rejeté élèveront le niveau de la zone neutre. Des mesures effectuées sur des maisons indiquent que la zone neutre est probablement bien au-dessus de la mi-hauteur par suite de l'écoulement de l'air vers le haut de la cheminée et dans le grenier au travers de cloisons, d'appareillages électriques de plafonds et autour des tuyaux de plomberie.

La différence de pression qui existe réellement d'un bout à l'autre des fissures et des ouvertures et la répartition qui s'ensuit dans les fuites d'air dépend à la fois du vent et de l'action de cheminée ainsi que des effets de l'approvisionnement de l'air et des systèmes d'échappement là où ils existent. Les différences de pression constituent approximativement la somme algébrique des effets séparés. Par exemple, lorsque le vent s'ajoute à une action de cheminée sur un bâtiment à plusieurs étages l'infiltration aux niveaux les plus bas est augmentée sur les côtés du vent et réduite sur les côtés sous le vent. L'importance relative du vent ou de l'action de cheminée dépend des types de bâtiment, du climat local et des problèmes de fuite d'air rencontrés. Dans la plupart des régions du Canada l'action de cheminée se poursuit tout au long de la saison de chauffage et il en résulte un cycle constant d'infiltrations et d'exfiltrations tandis que le vent est généralement intermittent et provoque un système variable de fuites d'air par suite de changements de direction.

Fuite de l'air et condensation. La condensation dans les murs et dans les toitures due à l'écoulement de la vapeur d'eau par diffusion sous une différence de pression de vapeur a fait l'objet de nombreuses études au cours des dernières 25 années. On a l'habitude aujourd'hui d'installer des coupe-vapeurs dans les maisons d'habitation (voir Digeste no. 9) et des méthodes semblables sont maintenant généralement employées pour construire d'autres types

de bâtiments munis d'une isolation thermique. Cependant, la mesure dans laquelle l'humidité peut passer comme un élément de l'air au travers des fissures et des joints par suite de différences de pression de l'air est rarement considérée. Une exception est la condensation entre les vitres des doubles-fenêtres qui est traitée dans le Digeste no. 5; une telle condensation est due presque entièrement à de l'humidité transportée avec de l'air s'écoulant de l'intérieur vers l'extérieur par l'intermédiaire des fissures autour des cadres de fenêtre. Cela est confirmé par l'observation de ce qui se passe dans les bâtiments où une condensation sévère petit se produire entre des vitres sur des fenêtres aux niveaux supérieurs mais non pas aux niveaux inférieurs. L'exfiltration de l'air au-dessus de la zone neutre est la source de l'humidité. De même, la condensation entre les vitres est plus forte des côtés sous le vent que des cotés dans le vent des bâtiments.

La condensation petit également se produire dans des parties cachées des murs oui des toitures par suite de l'exfiltration de l'air au travers des fissures, des orifices et des matériaux poreux. L'importance de cette condensation dans les bâtiments chauffés dépend en premier lieu de l'humidité intérieure, de la température extérieure et de la vitesse et de la durée de l'écoulement de l'air. L'exfiltration provoquée par l'action de la cheminée et par le vent de la direction principale est ainsi particulièrement importante à cet égard, Les problèmes de condensation liés aux fuites d'air dans les bâtiments chauffés sont particulièrement importants dans les étages supérieures particulièrement des côtés sous le vent et ils sont proportionnels à la sévérité et à la durée du climat de l'hiver et à l'humidité relative des bâtiments.

Plusieurs cas de grave détérioration des murs provoquée par l'exfiltration dans les bâtiments à plusieurs étages ont récemment été portés à l'attention des spécialistes de la Division des recherches en construction du Conseil National de Recherches. A mesure qu'augmentera l'humidification des bâtiments ces problèmes se feront plus nombreux. Certains de ces cas ont résulté des fissures existant entre les cadres des fenêtres et les bâtiments, particulièrement à l'appui et au linteau et des fissures qui se produisent entre les charpentes et les murs de maçonnerie autres que les murs de soutien comme sous les poutres de tympan et particulièrement sous les parapets. Il y a lieu de recourir à un système de calfatage ou de jointoiement pour éliminer de telles fissures. De graves problèmes d'humidité ont également été attribués à des fuites d'air au travers de maçonneries non plâtrées comme par exemple les murs des maisons sur les toits et des cages d'ascenseur et les constructions cachées par des plafonds suspendus. On peut voir au Tableau I que le plâtrage des murs de maçonnerie augmente considérablement l'étanchéité des bâtiments.

Les fuites d'air dans les toitures ayant un grenier ou un espace d'air au-dessus d'un plafond isolé comme cela se trouve couramment dans les maisons peut avoir pour résultat de graves problèmes de condensation. Le contrôle de la condensation dans les maisons est généralement assuré en ventilant le grenier par l'air extérieur. Dans les grands bâtiments à plusieurs étages, cependant, les différences de pression d'air provoquées par l'action de cheminée sont bien plus importantes et la ventilation naturelle des espaces de toiture plus difficile, ce qui exige une méthode différente pour calculer les toitures.

L'action de cheminée entre un bâtiment chauffé et un espace d'air vertical incorporé dans les murs peut se produire de la même façon que celle qui se produit entre le bâtiment et l'extérieur. Lorsqu'un tel espace est relié à l'intérieur du bâtiment par des fissures ou des ouvertures à deux niveaux l'air peut s'écouler dans l'espace au niveau supérieur, se débarrasser de la plupart de l'humidité qu'il contient et revenir dans le bâtiment à un niveau plus bas. Ceci se produit avec les doubles-fenêtres dont les cadres extérieurs sont étanches, qui ont des espaces à fourrure autour des colonnes ou des colonnes montantes dans les murs extérieurs. L'étanchéité entre ces espaces et l'intérieur du bâtiment est nécessaire pour empêcher la condensation.

D'importantes différences de pression d'air provoquées par une action de cheminée se produisent dans les murs des bâtiments de stockage à froid en été et dans les salles froides des bâtiments chauffés. Un grand nombre des problèmes de condensation dans les bâtiments de ce genre se produisent lorsque de l'air chaud et humide s'infiltre au travers des fissures dans la

partie supérieure de la maison refroidie; une exfiltration correspondante se produit au travers des fissures dans la partie inférieure. Le besoin de conserver l'étanchéité de ces bâtiments par un coupe-vapeur et un coupe-air continu enveloppant toute la construction est très important.

Effet des systèmes d'approvisonnement et d'échappement. On petit pressuriser l'intérieur des bâtiments en veillant à ce qu'il entre plus d'air qu'il n'en sorte. Le but de cette pressurisation est de réduire l'infiltration apparemment pour empêcher les courants d'air de se produire et la poussière d'entrer. La quantité d'air excédentaire qui est nécessaire pour réaliser un degré donné de pressurisation dépend de l'étanchéité du bâtiment. Tout excès d'air au-delà de l'équivalent de l'air extérieur requis pour la ventilation augmentera les frais de chauffage ou de refroidissement des bâtiments. Pour obtenir une pressurisation suffisante c'est-à-dire égale à la pression d'un vent allant à la vitesse de 10 ou 15 milles à l'heure le bâtiment doit être particulièrement étanche.

La pressurisation capable de venir à bout des différences de pression dues à l'action de cheminée aux étages inférieurs des grands bâtiments, exige un approvisionnement en air extérieur supérieur à l'infiltration qui autrement se produirait à moins que les divers étages soient efficacement isolés les uns des autres. La pressurisation aggrave les problèmes de condensation qui résultent de l'exfiltration de l'air et cette façon de procéder n'est pas recommandable dans la plupart des climats canadiens. Il vaudrait mieux veiller à augmenter l'étanchéité du côté chaud des bâtiments. En général, les bâtiments humidifiés ne devraient pas être préssurisés et on devrait prévoir une petite succion d'air dans ces bâtiments pour empêcher la condensation.

Conclusion. Les fuites d'air provoquent des difficultés dans les bâtiments. Chacune de ces difficultés devrait être soigneusement étudiée dans les plans et dans la construction. Les charges de chauffage et l'humidité relative des bâtiments en hiver sont affectées par les taux d'infiltration et de ventilation. Étant donné que les fenêtres et les portes constituent généralement la principale cause des fuites d'air dans les bâtiments, des réductions importantes de l'infiltration de l'air sont réalisables, si l'on améliore l'étanchéité de ces ouvertures. La réduction du taux d'infiltration de l'air au travers des fenêtres cependant ne réduit pas l'exfiltration produite par les fissures et les matériaux poreux.

Pour venir à bout des problèmes de condensation qui résultent de l'exfiltration les fissures et les matériaux poreux ne doivent pas être tolérés du côté chaud du bâtiment. Il peut être souhaitable, parfois, de fournir une ventilation autour du revêtement extérieur afin que l'humidité qui pénètre dans la construction à partir de l'intérieur soit plus facilement dissipée vers l'extérieur. L'étanchéité de la partie intérieure d'un bâtiment doit toujours être bien meilleure que celle du revêtement extérieur. Ceci est particulièrement important dans les bâtiments humidifiés. Dans les bâtiments à plusieurs étages l'écoulement de l'air entre les planchers doit être restreint afin de réduire des différences de pression qui résultent de l'action de cheminée.