

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Pressions du vent sur les bâtiments

Dalglish, W. A.; Schriever, W. R.

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/10.4224/40001055>

*Digeste de la construction au Canada, 1964-06*

#### **NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :**

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=af45acba-2acd-444c-8385-99d5967ab47d>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=af45acba-2acd-444c-8385-99d5967ab47d>

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.

# Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

**CBD 34F**

## Pressions du vent sur les bâtiments

*Publié à l'origine en juin 1964*

*W. A. Dalgliesh et W. R. Schriever*

### **Veillez 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.

Le vent est une des grandes forces de la nature dont il faut tenir compte lorsqu'on établit des plans de maisons. Les charges appliquées par des vents violents sont facilement évaluées même si la méthode à laquelle on a recours pour les déterminer est assez complexe. Certains effets dus à des vents modérés sont négligés cependant, car très souvent il n'y a pas de lien évident entre le vent et le comportement d'un bâtiment.

Les murs de maçonnerie peuvent être déplacés par de la glace s'accumulant dans le mur par suite d'un air chargé d'humidité extrait d'un bâtiment sous l'action aspirante du vent. Le passage de la pluie autour des couvre-joints et au travers des joints dans les murs-rideaux est peut-être dû à un gradient de pression s'exerçant sur l'ensemble du mur et le fonctionnement des systèmes de ventilation et de chauffage peut être affecté par des répartitions de pression, là où se trouvent les conduites et les ouvertures.

Donc, ce n'est pas seulement l'ingénieur des charpentes qui doit tenir compte de l'action du vent mais aussi l'architecte et l'ingénieur technologiste. Ces deux derniers s'occupent souvent des pressions moyennes ou quotidiennes tandis que l'ingénieur des charpentes s'occupe principalement des pressions maxima auxquelles on peut raisonnablement s'attendre durant la période de service de l'ouvrage.

### **Conversion des vitesses de vent en pressions de vent**

Les pressions de vent exercées sur un bâtiment dépendent de la vitesse du vent ainsi que de l'interaction entre l'écoulement de l'air et le bâtiment. Étant donné que le vent est de l'air en mouvement les pressions qu'il peut exercer sont mises en corrélation avec son énergie cinétique. Si l'énergie cinétique complète est transformée en pression, l'augmentation qui en résulte est donnée par la formule:

$$q = \frac{1}{2}\rho V^2$$

où  $\rho$  est la densité de masse et  $V$  la vitesse de l'air. Ceci s'appelle "la pression de stagnation" et c'est l'augmentation positive maximum par rapport à la pression ambiante qui peut être exercée à la surface d'un bâtiment par le vent, quelle que soit sa vitesse. C'est la pression de base à laquelle toutes les autres pressions exercées sur le bâtiment se réfèrent.

La vitesse du vent devant être utilisée lorsque l'on calcule la pression dont il faut tenir compte dans les plans dépend de l'élément particulier du bâtiment que l'on conçoit. Pour les charpentes la valeur maximum est nécessaire et cette valeur varie selon les emplacements géographiques. On analyse les relevés météorologiques de la vitesse du vent pour avoir une indication du maximum le plus probable qui sera atteint ou dépassé en moyenne une fois au cours d'une période de temps comparable à celle de la vie d'un bâtiment. Dans le Code national du bâtiment (Canada 1960) la "période de retour" comme on l'appelle a été fixée à 30 ans.

### Interaction du vent et des bâtiments

La répartition des pressions et des aspirations sur un bâtiment dépend en grande partie de la façon dont elles perturbent l'écoulement de l'air. Dans la présente étude la donnée grâce à laquelle toutes les pressions et toutes les aspirations sont mesurées est la pression ambiante occasionnée par l'air non-perturbé qui s'écoule.

Lorsque le vent frappe un simple ouvrage comme un mur non soutenu l'air qui s'écoule le long du mur est forcé de diverger et de dépasser les extrémités. La direction et l'importance de la vitesse originale du vent sont par conséquent modifiées par les changements de pression.

Une pression de stagnation est produite près du centre du mur mais il y a un gradient de pression de plus en plus abrupt vers les bords où le courant divergé par le mur retrouve sa vitesse dans une direction parallèle au lieu d'une direction perpendiculaire comme auparavant. La figure 1(a) donne une indication des pressions exercées sur la surface au vent.

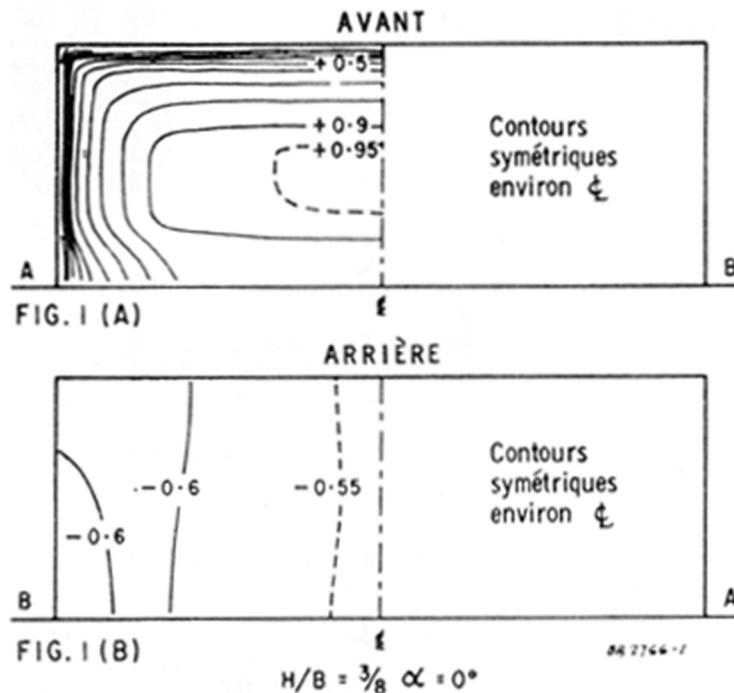


Figure 1. Contours de pression sur un mur perpendiculaire à la direction du vent (extrait de "Wind tunnel studies of pressure distribution on elementary building forms". Auteurs: Chien et ses collègues, Iowa Institute of Hydraulic Research, 1951).

Derrière le mur une autre situation se présente. Les courants de l'écoulement ne peuvent pas s'assembler immédiatement à cause de l'inertie de l'air et un sillage reste lorsqu'ils se séparent du mur. L'air provenant de la zone du sillage est "entraîné" par les courants rapides de l'écoulement, ce qui réduit la pression au point de la rendre inférieure à la pression ambiante de l'écoulement non-perturbé et ce qui crée une aspiration. La figure 1(b) montre la répartition des pressions à l'arrière du mur. Les chiffres indiqués sur les isobares (lignes des pressions égales) sont les facteurs par lesquels il faut multiplier la pression de stagnation pour obtenir la pression aux divers points de la surface. Ce sont les coefficients de pression qui mettent en

corrélation les pressions et les aspirations exercées sur un bâtiment avec les pressions de vitesse ou les pressions de stagnation calculées. Les valeurs négatives indiquent qu'il s'agit d'aspiration.

La pression n'est généralement pas constante sur un mur ou sur une toiture mais pour simplifier l'établissement des plans un coefficient moyen est spécifié pour une surface donnée; ce qui permet d'établir la force totale exercée sur un mur ou une toiture. La force nette sur le mur non supporté serait naturellement le résultat à la fois de la pression exercée sur le côté sous le vent et l'aspiration exercée sur le côté dans le vent. De même, pour le mur extérieur d'un bâtiment la pression nette exercée sur le mur serait la différence des pressions à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment, la pression intérieure étant fonction des ouvertures comme cela est expliqué ci-dessous.

### Écoulement autour d'un bâtiment

La figure 2 illustre une forme plus compliquée et les lignes d'écoulement qui y sont associées. Pour les bâtiments ayant un toit plat ou à faible pente le mur sous le vent est la seule surface assujettie à la pression; toutes les autres surfaces sont situées dans le sillage où les pressions sont inférieures à la pression ambiante.

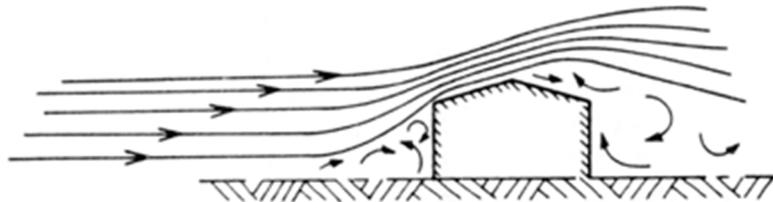


Figure 2. Lignes d'écoulement contournant un bâtiment de forme simple.

La raison pour cela est de nouveau que les lignes d'écoulement défléchies autour des extrémités sous le vent sont dans l'impossibilité de "s'accrocher" aux surfaces du bâtiment au moment où elles contournent les coins anguleux et une séparation se produit entre le vent et le bâtiment. La figure 3 est une vue en coupe de la répartition des pressions sur le bâtiment. Il y a lieu de noter que les pressions ne sont pas uniformes et en particulier que certaines petites surfaces donnent lieu à des succions bien plus élevées que la moyenne.

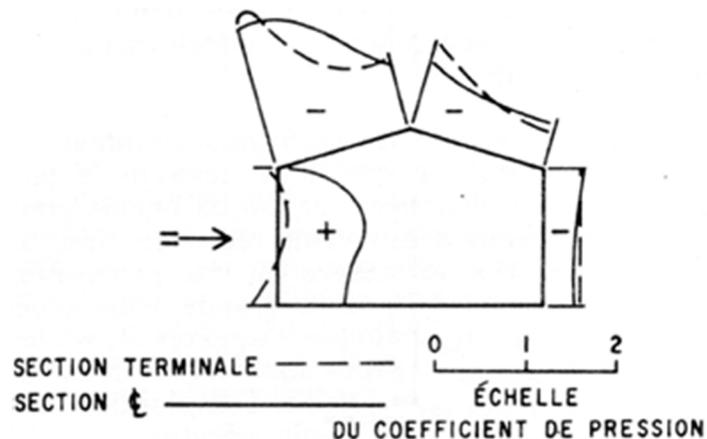


Figure 3. Répartition des pressions (+) et des succions (-) sur une maison ayant un toit à pente faible, le vent étant perpendiculaire à la gouttière.

### Coefficients de pression

Les coefficients de pression employés dans la pratique sont généralement obtenus expérimentalement au moyen de modèles de différents types de bâtiments mis à l'essai dans des souffleries. Les coefficients généralement employés concernent la pression ou l'aspiration moyenne sur une surface. Les forces tangentielles sont considérées comme négligeables de

telle sorte que les forces considérées agissent perpendiculairement aux surfaces en question. Les valeurs pour une variété assez considérable de formes de bâtiments sont indiquées dans le Supplément no 3 de l'édition 1960 du code national du bâtiment du Canada "Manuel de coefficients de pression pour les charges de vent 1961".

### **Variables affectant les répartitions de pression**

*Forme des bâtiments.* Les pressions exercées sur certaines parties d'un ouvrage sont assez sensibles aux changements produits dans la forme d'un bâtiment. Les aspirations sur la pente d'un toit sous le vent par exemple varient considérablement selon la pente de ce toit, le rapport de la hauteur à la largeur et le rapport de la largeur à la longueur du bâtiment. Les aspirations du côté dans le vent, par contre, ne sont pas beaucoup affectées par ces variables.

Quelquefois des détails de forme ont un effet assez considérable sur la répartition des pressions de vent. Les murs de parapet, les grandes cheminées, les silos et les flèches peuvent avoir une influence considérable et très souvent la seule façon d'évaluer ces effets est de mettre un modèle à l'épreuve dans une soufflerie.

*Ouvertures.* La dimension et l'emplacement des ouvertures comme les fenêtres et les portes déterminent la pression interne qui doit être considérée dans le calcul des forces nettes exercées sur les murs et les toitures. Les pressions internes ont tendance à prendre les valeurs qui conviennent à l'extérieur du mur dans lequel les ouvertures prédominent. Si elles sont petites, et réparties uniformément les valeurs de  $\pm 0.2$  sont recommandées, la plus défavorable des deux devant être considérée dans chaque cas.

*Direction du vent.* L'orientation d'un bâtiment par rapport au vent a un effet marqué sur la répartition des pressions, particulièrement en ce qui concerne les maximums de succion lesquels se produisent au-dessus d'une petite zone près des bordures des toits. Le Manuel des coefficients de pression pour les charges de vent (1961) contient des coefficients spéciaux de pression locale pour ces zones pouvant être utilisés pour le calcul des dispositifs d'ancrage des toitures, des panneaux de construction et d'autres éléments semblables.

*Augmentation de la vitesse du vent avec la hauteur.* Étant donné que la vitesse du vent et par conséquent la pression de la vitesse augmentent avec la hauteur au-dessus du sol, un facteur de hauteur est appliqué à la pression de base (fondé sur une hauteur de 30 pieds) dans l'établissement des plans des bâtiments. Par exemple, si un bâtiment mesure 90 pieds de hauteur, les facteurs de hauteur qui s'appliquent sont 0.8 pour les premiers 20 pieds, 1.0 pour les 20 pieds suivants et 1.2 pour les 50 pieds du haut.

*Ecran.* D'autres bâtiments, des arbres et de grands objets se trouvant dans le voisinage immédiat influent sur la répartition des pressions. L'écran fourni est généralement difficile à estimer et des essais sur modèles fournissent le moyen le plus approprié pour déterminer les valeurs de calcul. Le recours à des réductions pour les écrans est compliqué par le fait que les conditions peuvent changer durant l'existence de l'ouvrage. L'écran n'a pas toujours un effet bénéfique et dans certains cas les coefficients d'aspiration devraient être majorés par suite de la proximité d'un bâtiment.

### **Pressions du vent (sur les différentes parties des bâtiments)**

*Toitures.* Le toit est généralement la zone critique dans le calcul du vent pour les bâtiments peu élevés, particulièrement les maisons d'habitation. Lorsque le toit est fait de matériaux légers on doit veiller particulièrement à avoir de bons dispositifs d'ancrage par suite de l'aspiration qui se produit sur une bonne partie sinon sur l'ensemble de la toiture. Un bon exemple de ces précautions est l'ancienne coutume alpine qui consiste à placer de grosses pierres sur les toits.

*Angle critique, pente dans le vent.* Pour chaque toit en pente il y a un certain angle où le coefficient d'aspiration sur la pente dans le vent atteint un maximum numérique. Pour les bâtiments bas cet angle peut valoir approximativement 5°; pour les pentes moyennes, telles que le bungalow ordinaire, de 5 à 15°. Pour les bâtiments plus élevés ayant des rapports

hauteur-largeur allant jusqu'à 2:1 l'angle critique peut valoir jusqu'à 25 ou 30 degrés. Le coefficient de pression moyenne pour l'angle critique est de l'ordre de -0.7 à -1.4.

*Toits très en pente.* Plus la pente du toit s'accroît au-delà de l'angle critique, plus le coefficient de pression moyenne décroît numériquement jusqu'à zéro; ensuite il augmente dans une direction positive, indiquant la pression, jusqu'à un maximum de + 0.8 approximativement pour un angle de pente de 90° (c'est-à-dire sur le plan du mur sous le vent). L'angle auquel le coefficient vaut zéro varie de 20 à 45 degrés tout en augmentant en fonction du rapport de la hauteur à la largeur du bâtiment.

*Pente dans le vent.* Les effets de la pente et du rapport des dimensions du bâtiment sont bien moins marqués sur les aspirations de la pente dans le vent et de façon générale elles peuvent même être négligées. Les valeurs moyennes varient de -0.5 à -0.8 pour la plupart des formes de bâtiments et des pentes.

*Succions locales.* Les succions locales sont très sérieuses lorsque le vent souffle obliquement (généralement à environ 45°) sur le côté d'un bâtiment. Les coefficients de pression locaux de -2.0 ne sont pas inusités et dans certaines études effectuées sur des modèles des valeurs aussi basses que -5.0 ont été mesurées dans des zones très petites près de coins débordants; ceci indique l'importance d'un ancrage approprié pour les couvertures de toits.

*Murs.* Pour les bâtiments élevés et fins le plan des murs et de la charpente doit être très étudié en ce qui concerne le moment de retournement. La tendance que l'on a actuellement de construire des bâtiments très élevés et d'employer des murs-rideaux peut donner lieu à de plus grands problèmes de tangage et par conséquent d'ancrage des panneaux. Quoique les coefficients moyens pour les murs latéraux et les murs dans le vent ne sont que de -0.5 à -0.7 de fortes aspirations se produisent tout près des coins des bordures sous le vent et lorsque des pressions de stagnation sont élevées (près du sommet des bâtiments élevés) ces aspirations locales peuvent être assez fortes (jusqu'à -1.5).

*Ecran.* Des essais sur modèle permettant d'enquêter sur les effets de la proximité des bâtiments ont montré que lorsque deux bâtiments sont près l'un de l'autre des aspirations assez élevées peuvent se produire sur les murs frontaux si le vent souffle parallèlement à l'allée qui se trouve entre eux. Des valeurs moyennes de -1.0 ont été enregistrées avec des aspirations locales le long des extrémités sous le vent atteignant jusqu'à -2.0.

### **Commentaires généraux**

*Nature dynamique du vent.* C'est un fait connu que le vent est loin d'être stable et que les pressions exercées sur un bâtiment varient beaucoup dans le temps et dans l'espace. Les procédures de calcul ont jusqu'à présent été fondées sur la substitution de charges statiques considérées comme étant égales ou supérieures aux charges dynamiques réelles quant à leur effet sur l'ouvrage. Les vitesses de calcul figurant dans le Code national du bâtiment du Canada (1960), cependant, ont été fondées sur des vitesses de rafale (durée de 3 à 4 secondes) et non sur des vitesses moyennes horaires.

Certains types de bâtiments comme les hauts immeubles, les mâts ou les cheminées peuvent réagir dynamiquement devant certaines rafales périodiques. D'autres bâtiments peuvent provoquer une répartition instable de l'écoulement qui aura pour résultat des forces oscillatoires. La possibilité d'une charge dynamique de cette nature nécessite la mise au point de procédures de calcul dans lesquelles la structure dynamique du vent et la réaction dynamique des bâtiments fassent l'objet d'une étude. Des travaux de recherches sont effectués dans ce sens actuellement.

*Mesures effectuées sur des bâtiments grandeur nature.* Peut-être, que ce qui nous manque le plus sont des mesures effectuées sur des bâtiments grandeur nature soumis à des vents réels. La mise au point de dispositifs de mesure est une proposition très coûteuse et du fait de la grande variété des formes et des dimensions des bâtiments il est impossible d'effectuer une étude complète. Cependant des vérifications de ce genre sont actuellement en cours lesquelles semblent justifier l'emploi des coefficients obtenus lors des essais effectués sur des modèles.

## **Conclusion**

Les tableaux de coefficient de pression actuellement disponibles sont beaucoup plus complets et plus précis que n'étaient ceux des méthodes plus simples utilisées précédemment. De nombreuses autres variables importantes ont été prises en considération et de nombreuses situations nouvelles ont fait l'objet d'un examen.

Inévitablement, les procédures de calcul deviennent plus compliquées. Lorsque l'on se préoccupe d'un phénomène aussi complexe que le vent on doit prévoir des surcharges plutôt que le contraire. En tenant compte des caractéristiques vraiment importantes, cependant, l'architecte parviendra à concevoir des ouvrages présentant un haut degré de sécurité à bon compte.