

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Le vent sur les bâtiments

Dalgliesh, W. A.; Boyd, D. W.

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/10.4224/40001043>

*Digeste de la construction au Canada, 1964-03*

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=c7723de5-bce4-415b-ada0-87a16eb09652>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=c7723de5-bce4-415b-ada0-87a16eb09652>

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 28F**

## Le vent sur les bâtiments

*Publié à l'origine en mars 1964*

*W. A. Dalglish et D. W. Boyd\**

### **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.

Autrefois on avait recours à des moyens très simples pour estimer les surcharges quand on établissait les plans des maisons. Aujourd'hui, cependant, les surcharges comme le vent, la neige et les tremblements de terre et les charges imposées aux planchers font l'objet d'une attention beaucoup plus grande laquelle coïncide d'ailleurs avec le fait que des analyses de structure plus précises sont maintenant possibles.

Les surcharges de vent ont pris une importance particulière à cause des immeubles très élevés qu'on construit de nos jours. D'autres facteurs, néanmoins, ont contribué à donner beaucoup d'importance au vent dans les calculs, comme les toits légers à pente douce, les murs-rideaux et les "formes aérodynamiques" de certains ouvrages.

De hauts bâtiments atteignant des hauteurs où le vent souffle très, rapidement ont tangué. Des toits légers, mai attachés, ont été emportés par le vent et des éléments de toitures ont été soulevés par des aspirations locales très fortes et finalement arrachés. Ce sont des problèmes de ce genre qui ont amené les spécialistes à s'occuper davantage du vent et de ses effets.

Autrefois, l'effet total du vent était souvent représenté simplement par une pression latérale uniforme sur le côté exposé au vent d'un bâtiment et par une aspiration sur le mur sous le vent. Des règles extrêmement simplifiées ont également servi à calculer les pressions et les aspirations sur les toitures. On calculait seulement le cisaillement horizontal et le moment de renversement. De telles méthodes convenaient peut-être pour les maisons alors qui étaient assez basses, mais les hauts bâtiments que nous avons aujourd'hui exigent une plus grande précision dans les calculs de vent.

Le vent ne souffle jamais régulièrement et son intensité augmente avec l'altitude; sa pression n'est pas uniforme sur le côté d'un bâtiment et il ne provoque pas toujours des pressions positives. En fait, le vent est un phénomène très compliqué; c'est de l'air en turbulence, ce qui veut dire que le mouvement des particules d'air est si irrégulier que lorsqu'on étudie le vent on doit s'occuper de la répartition statistique des vitesses et des directions plutôt que de simples moyennes ou de quantités physiques déterminées.

Les architectes et les ingénieurs doivent non seulement faire les plans des charpentes mais ils doivent aussi choisir les matériaux des revêtements extérieurs, et s'occuper du fonctionnement de services mécaniques comme le chauffage et la ventilation ainsi que du détail des ouvertures pour limiter les infiltrations. Le vent a des effets importants sur chacun de ces aspects de la construction; on pourrait même dire que parmi toutes les manifestations de la nature qui doivent retenir l'attention de l'architecte, la pesanteur et le vent sont les plus importantes!

On décrira brièvement dans le présent Digeste la cause et la structure du vent et on expliquera comment cette structure complique la détermination d'une vitesse de vent raisonnable pour les calculs. Par contre, on ne décrira pas les mouvements détaillés du vent qui souffle sur les maisons.

### **Développement du vent**

Quand on parle du vent on parle généralement de l'air qui souffle parallèlement à la surface de la terre. Dans le présent Digeste nous ne ferons allusion qu'aux vents qui circulent à basse altitude dans l'atmosphère. Les forces qui provoquent le vent sont des différences de pressions causées par un chauffage inégal de l'air. Pour un vent régulier, cependant, la direction de l'écoulement de l'air ne suit pas le gradient de pressions le plus raide allant du haut en bas comme on pourrait s'y attendre. En fait, la direction du mouvement est plutôt parallèle aux isobares (lignes reliant les points ayant la même pression) que perpendiculaires à elles. Cela est dû au fait que tout objet en déplacement au-dessus de la surface de la terre est dévié vers la droite dans l'hémisphère Nord (vers la gauche dans l'hémisphère Sud) par suite de la rotation de la terre. Cet effet de déviation qu'on appelle force de Coriolis est généralement négligé sauf dans l'atmosphère et dans l'océan. Le gradient de pression qui provoque le vent est petit. Normalement le vent a besoin de plusieurs heures pour se développer et quoique l'écoulement commence perpendiculairement aux isobares il est graduellement dévié vers la droite à mesure que le temps passe de telle sorte que lorsqu'un état stable est finalement atteint le vent souffle presque parallèlement aux isobares. Le gradient de pression est alors équilibré par la force de Coriolis et par la force de ralentissement par friction, plus ou moins une force centrifuge si la trajectoire est incurvée.

### **Profil des vitesses**

La rugosité de la surface de la terre qui ralentit le vent transforme une partie de l'énergie du vent en turbulence mécanique. Étant donné que la turbulence est provoquée à la surface la vitesse du vent à la surface est très inférieure à la vitesse du vent aux altitudes élevées. La turbulence comprend les mouvements verticaux et horizontaux de l'air aussi l'effet du ralentissement à la surface par friction est-il propagé vers le haut. La turbulence mécanique et l'effet du ralentissement par friction décroît graduellement avec la hauteur et au niveau du "gradient" (environ 1000 à 2000 pieds) l'effet de friction est négligeable. Le gradient de pression à ce niveau est contre-balancé par la force de Coriolis (et peut-être par la force centrifuge) et le vent qui souffle est presque parallèle aux isobares.

La forme du profil vertical des vitesses des vents violents dépend principalement du degré de la rugosité de la surface, c'est-à-dire de l'effet total de ralentissement des bâtiments, des arbres et autres obstacles qui s'opposent à l'écoulement du vent à la surface. Trois profils typiques de vitesse du vent sont indiqués à la figure 1 où l'effet de la rugosité variable de la surface sur les vitesses de vent moyennes est indiqué pour un vent de gradient dont la vitesse est arbitrairement fixée à 100 milles à l'heure.

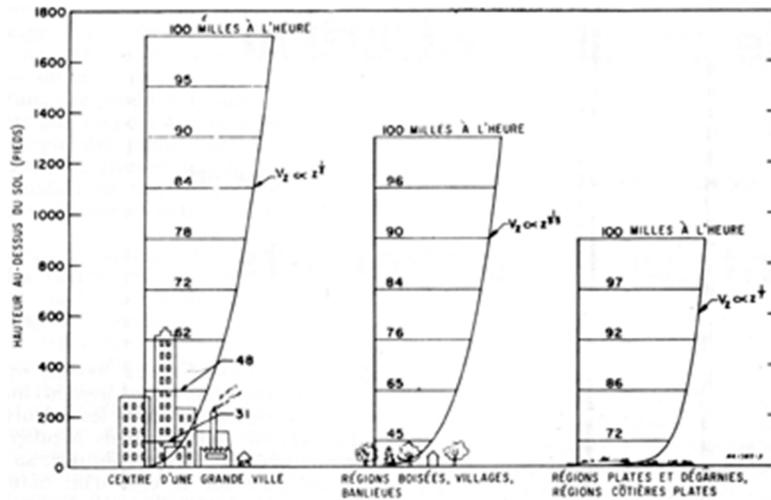


Figure 1. Profils de vitesses moyennes sur trois types de terrain pour un vent de 100 milles à l'heure.

Les profils de vitesse ont été déterminés en établissant des courbes correspondant aux vitesses de vent observées à plusieurs niveaux. Il suffit de décrire ces profils par une loi de puissance de la forme

$$V_h = V_r \left( \frac{h}{h_r} \right)^k$$

- où  $V_h$ , est la vitesse du vent moyen à une hauteur  $h$  au dessus du sol,
- $V_r$  la vitesse moyenne à la hauteur de référence  $h_r$  au-dessus du sol,
- $k$  l'exposant de la meilleure courbe.

Une hauteur de référence de 10 mètres (environ 30 pieds) est recommandée dans tous les pays du monde comme étalon et les anémomètres sont généralement installés à cette hauteur. Les exposants pour les vitesses de vent moyennes varient d'en d'environ 1/7 pour les régions dégagées et plates à environ 1/2 pour les centres des grandes villes.

### Turbulence des vents de surface

Le profil de vitesse ne décrit qu'un aspect du vent aux niveaux les plus bas. Des rafales de vent se surimposent en créant des déviations. Ces déviations ont une répartition irrégulière sur une gamme très étendue de fréquences et d'amplitudes à la fois dans le temps et dans l'espace. On peut voir clairement à la figure 2 la nature instable des vitesses de vent mesurées par un anémomètre. Les rafales résultent fréquemment de l'introduction dans des couches où l'air se déplace assez lentement, de particules d'air plus rapides provenant des hautes altitudes. Cette turbulence est due à la rugosité des surfaces et à l'instabilité thermique.

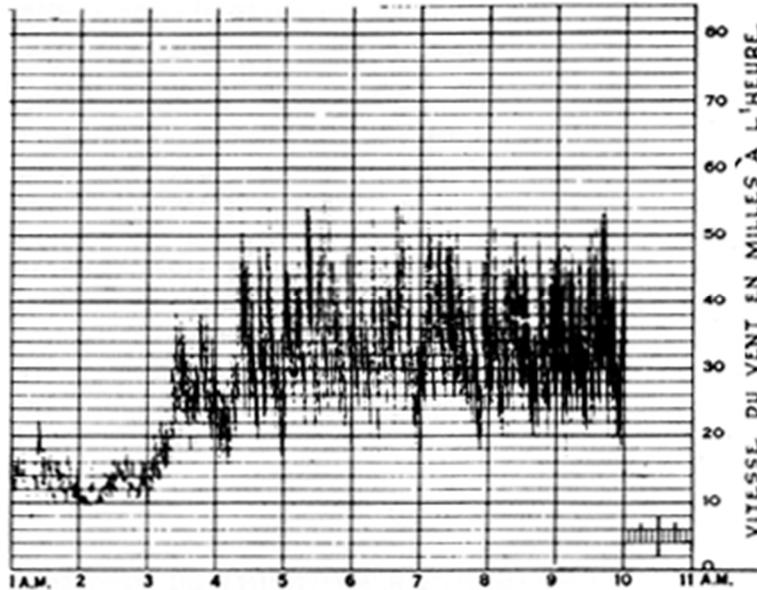


Figure 2. Enregistrement typique effectué avec un anémomètre à tube pressurisé.  
Photographie: Service de météorologie, Ministère des Transports.

La turbulence provoquée par la rugosité des surfaces est semblable à l'écoulement irrégulier de la couche limite aux parois des tuyaux. Le courant près de la surface rencontre de petits obstacles qui changent la vitesse du vent et qui introduisent des composantes de vitesses irrégulières, verticales et horizontales, perpendiculairement à la direction principale de l'écoulement d'air. La turbulence provoquée par des obstacles peut persister dans le sens du vent à partir de projections ayant jusqu'à 100 fois leur hauteur.

Les caractéristiques du relief ne sont pas incluses dans la rugosité de surface sus-mentionnée. Cependant, ces caractéristiques affectent l'écoulement de l'air et il y a lieu d'en tenir compte d'une façon très spéciale dans les calculs. Par exemple, le vent est généralement beaucoup plus violent au sommet d'une colline ou d'une arête parce que les courants convergent sur l'obstacle et pour qu'une même quantité d'air puisse passer une vitesse plus rapide est nécessaire. Les grandes vallées ont soit vent un effet d'entonnoir qui augmente la vitesse du vent.

La stabilité thermique de l'air a un effet considérable sur l'intensité de la turbulence. L'air des surfaces froides tend à supprimer la turbulence mécanique; l'air des surfaces chauffées tend à s'élever et à augmenter la turbulence. Quand le vent est violent l'air près de la surface est très brassé et la stabilité thermique devient neutre. Dans ces conditions les différences de températures sont telles qu'elles n'arrêtent pas mais n'augmentent pas non plus la turbulence mécanique provoquée par la rugosité de la surface.

### **Vitesses du vent prévues dans les calculs**

La surcharge de vent prévue dans le Code national du bâtiment du Canada est la pression due à la vitesse d'un vent soufflant pendant quelques secondes qui ne sera dépassée en moyenne qu'une fois tous les 30 ans. Environ 12 stations au Canada ont des anémomètres à tubes de pression qui enregistrent les vitesses des rafales mais on ne dispose pas de chiffres pour les années ayant précédé la dernière décade. Les seuls chiffres enregistrés concernant le vent dans de nombreuses stations et durant de nombreuses années sont les milles de vent ayant passé chaque heure dans les anémomètres à coupelle tournante. Les maxima annuels de ces millages horaires ou de ces vitesses horaires de vent moyen ont été analysés et le millage horaire qui sera dépassé en moyenne une fois tous les 30 ans a été établi. Les rafales les plus fortes dans les quelques stations où on les a enregistrées ont été comparées aux millages horaires correspondants et les rapports ainsi établis ont été utilisés pour faire l'estimation des rafales maxima dans les autres stations.

La figure 1 montre que les vitesses de vent moyennes aux basses altitudes dans les villes sont très inférieures à celles que l'on enregistre dans les campagnes sans obstacles. Les vents des villes ont davantage de rafales cependant et les rafales maxima des villes ne sont guère inférieures à celles que l'on enregistre dans un aéroport. Il est donc quelque peu conventionnel mais raisonnable d'employer les vitesses maxima des rafales mesurées ou estimées dans un aéroport comme étalon pour les bâtiments des villes s'élevant jusqu'à environ 40 pieds de hauteur.

Les vitesses des rafales aux hautes altitudes sont plus rapides que celles enregistrées au ras du sol. Cependant, du fait que les rafales ont tendance à diminuer lorsqu'elles se rapprochent de la terre, l'augmentation de la vitesse des grandes rafales avec la hauteur sera inférieure à l'augmentation des vitesses du vent moyen. Pour les régions plates sans obstacles l'exposant pour les vitesses des rafales est probablement d'environ 1/10. Pour les conditions moyennes au Canada un exposant plus conventionnel de 1/7 est couramment employé.

### **Effets dynamiques**

Chaque ouvrage a une fréquence naturelle de vibration et si une charge dynamique devait se produire sur lui ou près de lui des ruptures de charpente pourraient se produire lesquelles seraient dis proportionnées par rapport à l'importance de la charge. Par exemple des ponts capables de supporter des charges plus grandes que le poids d'une compagnie de soldats se sont effondrés sous la charge dynamique d'hommes marchant au pas.

De même, certaines rafales périodiques dans le large spectre des rafales de vent peuvent entrer en résonance avec la fréquence de vibration naturelle d'un bâtiment et quoique la force totale provoquée par cette fréquence particulière de rafale soit bien inférieure à celle de la charge statique calculée pour le bâtiment, des oscillations dangereuses peuvent se produire. Ceci s'applique non seulement à l'ouvrage dans son ensemble mais aussi il des éléments comme les panneaux des murs-rideaux, les vitres, etc. Un second effet dynamique est provoqué par l'instabilité de l'écoulement autour de certains ouvrages. Les longs ouvrages étroits comme les cheminées et les ponts suspendus sont particulièrement sensibles à ce genre de charge. Dans de tels cas l'instabilité dynamique de l'écoulement peut se produire lorsque des tourbillons se séparent d'abord d'un côté puis de l'autre côté de l'objet, ce qui donne lieu à une répartition alternée de tourbillons qui se forment dans son sillage. Une poussée latérale est ainsi exercée sur l'objet de la même façon que la poussée qui s'exerce sur un plan aérodynamique et du fait que cette poussée alterne en direction une vibration petit en résulter. Ce phénomène se retrouve lorsqu'on fait passer une baguette droite dans l'eau laquelle se met à vibrer. Un autre exemple est fourni par les lignes de transport de courant qui "galopent" et qui donnent beaucoup d'ennuis aux compagnies d'électricité.

Peut-être que l'exemple le plus dramatique de la sensibilité des ouvrages à l'instabilité dynamique de l'écoulement a été la rupture du pont suspendu de Tacoma Narrows. Des vents très modérés ont provoqué des oscillations allant jusqu'à 50 pouces en amplitude tandis que des vents très violents avaient peu d'effet. Lorsque la rupture de la travée centrale de 2800 pieds s'est produite en novembre 1940 la vitesse du vent n'était que de 42 milles à l'heure et pendant deux heures, auparavant, un vent régulier de 38 milles à l'heure avait soufflé.

### **Conclusion**

Quelques-unes des caractéristiques du vent près de la surface de la terre ont été brièvement décrites dans le présent Digeste. Une attention particulière a été portée à la question des rafales et au taux d'augmentation de la vitesse du vent moyen et de la vitesse maximum des rafales en fonction des altitudes. Une méthode permettant de déterminer les vitesses de vent standard à partir des observations faites au Canada a été décrite. Ces vitesses forment la base nécessaire pour la conversion des vitesses de vent en charge de vent pour divers types d'ouvrages.

En nous permettant de mieux connaître la structure du vent et des interactions complexes qui se produisent entre le vent et les bâtiments, la recherche nous donne le moyen d'utiliser plus

judicieusement les matériaux dont nous disposons. Elle nous donne également le moyen d'estimer avec plus de précision les charges statiques et d'inclure dans les calculs les charges dynamiques sans lesquelles il serait difficile de concevoir un ouvrage à toute épreuve.

---

\* M. Boyd appartient au Service de météorologie du ministère du Transport. Il a été délégué comme climatologue à la Division des recherches en bâtiment. Le présent Digeste concerne donc une étude effectuée conjointement par cette Division et le Service de météorologie.