

Action du vent

Cette fiche donne des indications de base pour déterminer la stabilité des parties d'ouvrages en phases transitoires et des équipements de chantier sous l'action du vent.

Dans tous les cas, les zones du chantier soumises à l'action du vent doivent être évacuées avant que les limites de stabilité ne soient atteintes.

NOTIONS GÉNÉRALES

L'action du vent sur un obstacle dépend de la configuration générale de ce dernier, elle se traduit par des surpressions et des dépressions s'exerçant sur chacune des surfaces impliquées.

■ Action du vent sur une surface

Si l'on considère un fluide en mouvement qui rencontre un obstacle (Fig. 1), schématiquement on peut matérialiser le mouvement de ce fluide par une série de trajectoires confondues avec les lignes de courant.

Les molécules de fluides qui contournent l'obstacle sont freinées et créent à leur tour un obstacle pour les molécules qui se déplacent sur une trajectoire voisine. La zone de perturbation qui part du bord de l'obstacle, pour rejoindre la première ligne de courant non perturbée, porte le nom de couche limite.

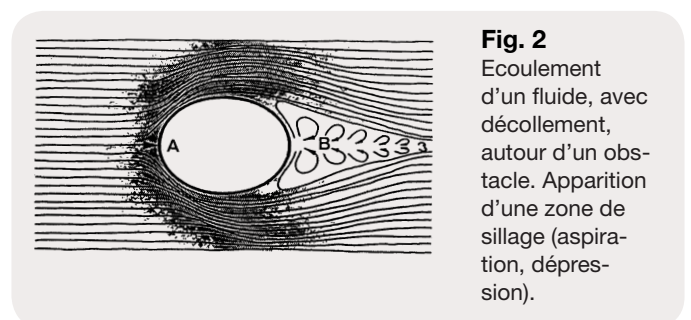
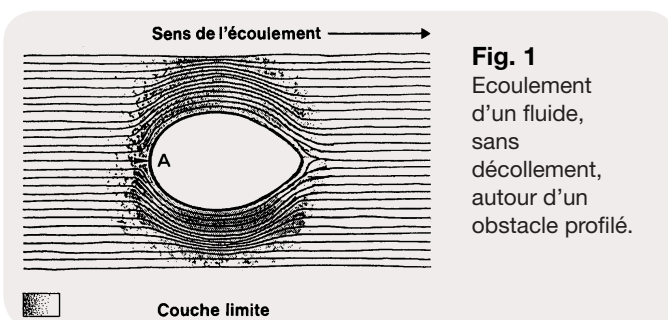
A : Point d'arrêt

Lorsque la vitesse du fluide atteint une certaine valeur, les lignes de courants suivent l'obstacle jusqu'à un point, dit point de décollement, où elles se séparent de celui-ci (Fig. 2).

B : Zone de sillage

A l'arrière de ce point (ou aval) se forment des courants de retour et une zone d'écoulement non permanent, très perturbée, dite zone de sillage, due au décollement qui engendre des dépressions. La zone de sillage n'existe pas, ou est extrêmement petite, à l'aval des obstacles profilés à cet effet.

Dans le cas d'un obstacle non profilé, une banche, par exemple, le décollement des filets de fluide (vent) se fixe sur les arêtes.



■ Composantes de l'action vent

L'action du vent correspond à la résultante de tous les effets ponctuels de celui-ci lorsqu'il rencontre un obstacle.

Il exerce alors sur lui une action d'ensemble qui dépend :

- des caractéristiques de l'air : masse volumique, viscosité, compressibilité,
- de l'angle d'attaque du vent sur l'obstacle,
- des pressions et dépressions sur les différentes parties de l'obstacle,
- des frottements du vent sur l'obstacle,
- de la nature de l'écoulement autour de l'obstacle, qui peut être : laminaire ou turbulent avec ou sans décollement,
- des dimensions et de la forme de l'obstacle : profilé ou non,
- de l'état de surface de l'obstacle (rugosité).

La composante de l'action du vent suivant la direction horizontale, est dénommée force de traînée.

Conventionnellement, dans les règles de calcul, l'écoulement est toujours considéré normal à la surface frappée (Article III, 1,14 des règles NV.) engendrant ainsi une traînée dont la direction est parallèle à la direction du vent.

■ Valeur de la force de traînée

La force de traînée est exprimée par la relation :

$$T = C_t \cdot S \cdot q$$

C_t est le coefficient aérodynamique de la surface, ou coefficient de traînée. Ce coefficient est fourni par les règles NV « Neige et Vents », il dépend de la forme et des proportions de l'obstacle (voir Fig. 3).

S est la surface nette, en m^2 , ou surface de la projection du contour apparent de l'élément considéré, sur un plan perpendiculaire à la direction du vent, y compris les nervures saillantes, s'il en existe, déduction faite de la surface des vides.

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

q est la pression dynamique, en Pa ou N/m^2 , donnée par la relation

ρ est la masse volumique de l'air en kg/m^3

V est la vitesse du vent en m/s.

Pour air sec à $15^\circ C$ et sous une pression de 1 013 hPa (hecto Pascal) ou air de laboratoire :

- $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
- et $q = V^2 / 1,63$ (en N/m^2)

Pour air saturé à $0^\circ C$ et sous une pression de 1 040 hPa (hecto Pascal) ou air à l'état transitoire extrême :

- $\rho = 1,332 \text{ kg/m}^3$
- et $q = V^2 / 1,5$ (en N/m^2)

L'abaque de la Fig. 4 donne directement la pression globale « q » du vent en fonction de sa vitesse, pour $C_t = 1$ et $C_t = 1,75$

■ Correction de site « ponctuel »

Les calculs de la pression du vent sont faits à partir de sa vitesse mesurée par l'anémomètre en général placé en un point culminant du chantier (souvent le sommet de la grue à tour).

Mais la vitesse du vent ou le coefficient de traînée de l'obstacle peuvent être modifiés par des conditions ponctuelles sur le lieu de travail.

Par exemple, deux voiles de béton parallèles sont déjà exécutés. Pour réaliser un voile entre les deux précédents et perpendiculaire à ceux-ci, on place une première face de banche. Le vent souffle dans la direction des voiles parallèles. La banche sera soumise à un vent canalisé vers le fond d'un goulot. Il en résultera :

- une augmentation locale de la vitesse du vent,
- une majoration jusqu'à une valeur supérieure à 2 du coefficient de traînée résultant.

Ces situations particulières doivent être prises en compte lors de l'étude et de la rédaction du Plan particulier de sécurité et de protection de la santé.

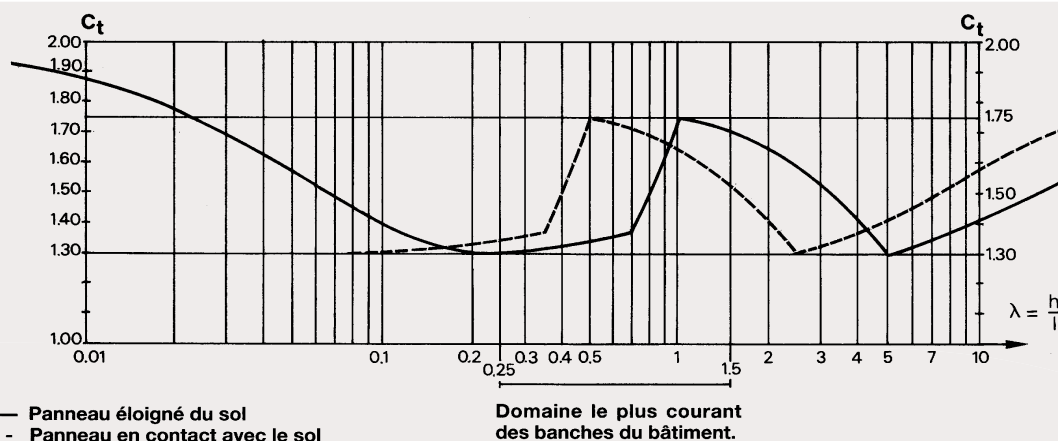


Fig. 3
Valeurs du coefficient de traînée fournies par les règles Neige et Vent. Panneaux pleins, lisses, rectangulaires, en contact ou non avec le sol.

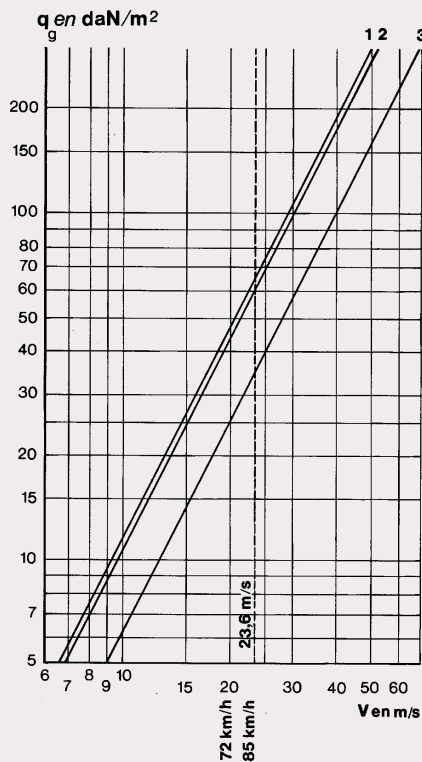


Fig. 4
Pression du vent sur un obstacle

Courbe n°	1	2	3
Coefficient de traînée	1,75	1,75	1
Masse volumique de l'air en kg/m ³	1,332	1,225	1,225
Pression de l'air en h Pa	1 040	1 013	1 013
Température de l'air en °C	0°	15°	15°

VITESSES LIMITES

■ Vitesse de pointe

La détermination des vitesses limites doit se faire à partir de la vitesse de pointe du vent. C'est l'effort apporté par la vitesse de pointe du vent qui renversera une banche, une pointe de pignon ou une grue.

Pour pouvoir agir à temps, il faut donc prévoir à l'avance l'arrivée d'une rafale de vent dont la vitesse maximale instantanée est susceptible de renverser un équipement ou une partie d'ouvrage.

Il s'agit donc de disposer sur le site d'un anémomètre délivrant un avertissement dès que le vent atteint un seuil suffisamment bas pour laisser le temps non seulement de placer le chantier en sécurité, mais aussi de s'informer auprès des services de Météo France pour connaître les

prévisions des valeurs des vitesses de pointe sur le site considéré.

L'exemple de la Fig. 5a montre l'enregistrement de la vitesse moyenne sur 2 min et la Fig. 5b celui de la vitesse instantanée :

- sur la Fig. 5a, la vitesse moyenne dépasse 2 fois 20 m/s dont une fois 22 m/s entre 8 et 9 heures,
- sur la Fig. 5b, la vitesse instantanée dépasse 20 m/s déjà entre 7 et 8 heures (max. à 26 m/s) et atteint un maximum de 32 m/s entre 8 et 9 heures.

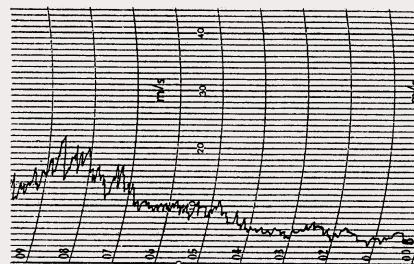


Fig. 5a
Vitesse moyenne du vent sur 2 minutes
(doc. Météorologie nationale - 1984)

Station : Villacoublay - le 8 février 1984

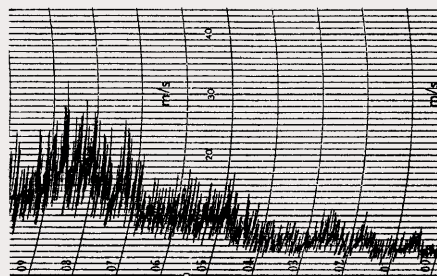


Fig. 5b
Vitesse instantanée du vent
(doc. Météorologie nationale - 1984)

Station : Villacoublay - le 8 février 1984

■ Coefficient de rafale

Puisque l'on détermine une limite de stabilité d'un équipement ou d'une partie d'ouvrage à partir du vent en pointe, la vitesse moyenne du vent doit être inférieure ou au plus égale au 2/3 de la vitesse en pointe.

L'Eurocode définit une pression dynamique de référence (Q_{ref}) à partir d'une vitesse de référence du vent (V_{ref}) qui est une vitesse moyenne du vent sur 10 minutes, supposée mesurée à 10 m de hauteur en site plat et peu rugueux.

Dans les vérifications à l'état limite ultime, cette vitesse est pondérée par un coefficient supérieur à l'unité.

■ Mesure de la vitesse de pointe sur chantier

Pour prendre les mesures convenables, il est nécessaire de connaître la vitesse instantanée du vent sur le chantier.

VITESSES LIMITES USUELLES ET LIMITE DE STABILITE DES ÉQUIPEMENTS ET OUVRAGES DU GROS ŒUVRE

Un appareil de mesure (anémomètre) doit être installé à l'endroit le plus significatif du chantier, en général au sommet de la grue à tour. L'affichage de la vitesse du vent doit se faire clairement sur un équipement placé dans le bureau de chantier. Un préavertissement doit alerter le grutier et la direction du chantier.

■ Grue à tour

Pour la manutention de charge dont la surface au vent ne dépasse pas 1 m² par tonne de charge utile.

La vitesse limite du vent de service est définie par le constructeur depuis le 1^{er} janvier 1995 dans la notice d'instructions.

Il s'agit d'une vitesse du vent en pointe, compte tenu des rafales.

Au-delà de cette vitesse en pointe, la stabilité de la grue ne peut être assurée que si la grue est en girouette.

Avant le 1^{er} janvier 1995, la vitesse du vent limite de service est de 20 m/s (72 km/h), en application des normes NF E 52-081 (Octobre 1975) et NF E 52-082 (Octobre 1982).

Pour la manutention de charges dont la surface au vent est supérieure à 1 m² par tonne de charge utile.

Le constructeur donne dans la notice d'instructions la vitesse limite du vent de service pour différents cas de charge et de surface.

NOTA

Les banches dépassent toujours 1 m²/t.

■ Banches

Limite minimale de stabilité

La stabilité doit être assurée sous un vent de 85 km/h (23,6 m/s), quelle que soit la direction du vent. [Norme NF P 93-350 (1995)]

Le manuel d'instructions doit préciser les précautions à prendre pour assurer la stabilité pour des vents supérieurs à 85 km/h.

Le plan de travail est évacué avant que le vent n'atteigne des pointes de 72 km/h (vitesse moyenne du vent inférieure à 50 km/h).

Limite de manutention des banches à la grue à tour

cf. 2^e point de la section « Grue à tour », ci-dessus.

■ Ouvrages en maçonnerie

Sans dispositions particulières (mur en retour, dispositif de stabilisation...) une maçonnerie de petits éléments de 20 cm d'épaisseur et de poids volumique 1400 kg/m³, est autostable si la hauteur est inférieure à 1 m et si :

- vitesse du vent inférieure à 85 km/h (en pointe),
- coefficient de traînée de l'ordre de 1,6.

Dès que la hauteur libre de la maçonnerie dépasse 1 mètre, des dispositifs de stabilisation doivent être mis en place.

■ Ouvrages en béton (voiles et murs en béton banché)

La stabilité après décoffrage doit être vérifiée par le calcul, préalablement à l'exécution des ouvrages. Des moyens de stabilisation complémentaires éventuels seront définis et consignés dans le Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (en fonction de la résistance du béton : armatures supplémentaires, dispositifs de stabilisation, etc.)

■ Éléments préfabriqués

Tant au stockage qu'à la mise en œuvre, des moyens de stabilisation doivent être définis et mis en place.

DOCUMENTS À CONSULTER

- Règles "Neige et Vent" NV 65
édition avril 2000
- Recommandations CRAM :
 - R 406 (Prévention du risque de renversement des grues à tour sous l'effet du vent)
 - R 399 (Prévention du risque de renversement des banches sous l'effet du vent)
- Consultation des centres de météo-France
 - Service de la communication et de la commercialisation
1, quai Branly - 75340 PARIS CEDEX 07
Tél. 01 45 56 71 71
 - Service central d'exploitation de la météorologie
31057 TOULOUSE CEDEX

SITES À CONSULTER

- www.afnor.org
- www.inrs.fr
- www.meteo.fr

Échelle de Beaufort de la vitesse moyenne du vent

(mesurée à 10 m au-dessus du sol)

Effet du vent sur terre

(loin des côtes)

Chiffre Beaufort	Terme descriptif	Vitesse moyenne (m/s)	Effets sur terre	Vitesse moyenne (km/h)
0	Calme	0 - 0,2	Calme : la fumée s'élève verticalement.	<1
1	Très légère brise	0,3 - 1,5	La direction du vent est révélée par l'entraînement de la fumée.	1 - 5
2	Légère brise	1,6 - 3,3	Le vent est perçu au visage ; les feuilles frémissent.	6 - 11
3	Petite brise	3,4 - 5,4	Feuilles et petites branches constamment agitées : le vent déploie les drapeaux légers.	12 - 19
4	Jolie brise	5,5 - 7,9	Le vent soulève la poussière et les feuilles de papier ; les petites branches sont agitées.	20 - 28
5	Bonne brise	8,0 - 10,7	Les arbustes en feuilles commencent à se balancer ; de petites vagues avec crêtes se forment sur les eaux intérieures.	29 - 38
6	Vent frais	10,8 - 13,8	Les grandes branches sont agitées ; les fils télégraphiques font entendre un sifflement ; l'usage des parapluies est rendu difficile.	39 - 49
7	Grand frais	13,9 - 17,1	Les arbres sont agités en entier ; la marche contre le vent est pénible.	50 - 61
8	Coup de vent	17,2 - 20,7	Le vent casse des branches ; la marche contre le vent est en général impossible.	62 - 74
9	Fort coup de vent	20,8 - 24,4	Le vent occasionne de légers dommages aux habitations (arrachement de tuyaux, de cheminées et d'ardoises).	75 - 88
10	Tempête	24,5 - 28,4	Rare à l'intérieur des terres ; arbres déracinés ; importants dommages aux habitations.	89 - 102
11	Violente tempête	28,5 - 32,6	Très rarement observé ; s'accompagne de ravages étendus.	103 - 117
12	Ouragan	32,7 ou plus	-	118 ou plus

Echelle Beaufort	Effets sur l'homme (1)	Vitesse (km/h)
0,1	Pas d'effet notable.	1 - 5
2	Le vent caresse le visage.	6 - 11
3	Le vent fait voltiger les cheveux, les vêtements flottent au vent.	12 - 19
4	Le vent dépeigne.	20 - 28
5	Le vent exerce un effort notable sur le corps, c'est la limite du vent agréable.	29 - 38
6	Il est difficile de marcher droit, le vent fait un bruit déplaisant.	39 - 49

(1) d'après A.D. PENWARGEN

OPPBTP

25, avenue du Général Leclerc - 92660 Boulogne-Billancourt Cedex

Tél : 0825 03 50 00 - Tél : 01 46 09 27 00 - Fax : 01 46 09 27 40

www.oppbtp.fr