



## Grues à tour

Détermination de la configuration  
de stabilisation. Prise en compte  
du vent hors service

## L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

## Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

# **Grues à tour**

Détermination de la configuration  
de stabilisation. Prise en compte  
du vent hors service

Christian Barré, CSTB  
François-Xavier Artarit, INRS

Cette brochure a été réalisée par un groupe de travail composé de représentants de la profession et d'experts.  
Un remerciement particulier aux membres des organisations professionnelles et experts ayant participé au groupe de rédaction.

**Représentants CRAM/CARSAT**

M. P. VELUT (CARSAT Languedoc Roussillon)  
M. B. BISSON (CRAM Ile-de-France)

**Représentants de l'OPPBTB**

M. B. BIBOLLET  
M. G. MARGOT

**Représentants de la FNTP**

Mme C. JAROSZ (FNTP)  
M. S. CHADIRAC (Bouygues Constructions)  
M. R. SAILLY (Bouygues Constructions)  
M. B. LEGER (Quille Construction)  
M. J.M. BORDES (Groupe Eiffage)  
M. P. SCHALBART (Groupe Eiffage)  
M. J. LENGSAVATH (SOLUMAT)  
M. C. LELIEVRE (GCC)

**Représentants du CISMA**

M. A. MITON (Groupe MANITOWOC)  
M. E. KLINGENSTEIN (Groupe LIEBHERR)

**Expert indépendant**

M. R. JUGON

**Représentants du COPREC**

M. F. RICHY (BUREAU VERITAS)  
M. N. GASCOIN (Bureau VERITAS)  
M. B. AISSAOUI (DEKRA)  
M. P. CHAREILLE (Groupe SOCOTEC)

# SOMMAIRE

**Page 4**

Avant propos

**Page 7**

La démarche en trois étapes

Page 9

Étape 1 – Détermination du vent hors service sur le lieu d'implantation et à la hauteur sous flèche hors effet de site

Page 13

Étape 2 – Prise en compte des effets de site

Page 17

Étape 3 – Choix d'une configuration de stabilisation de la grue

**Page 19**

Illustration de la démarche

**Page 23**

Annexes

Page 24

Annexe 1 – Détermination du vent de référence (extrait de la norme NF EN 1991-1-4/NA)

Page 28

Annexe 2 – Illustration des rugosités de terrain

Page 32

Annexe 3 – Abaques permettant de déterminer le vent hors service sur la flèche en fonction de la rugosité retenue

Page 35

Annexe 4A – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m. Données constructeurs en C25/D25

Page 37

Annexe 4B – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m. Données constructeurs en C50/D50

Page 39

Annexe 5 – Rapport type

Page 40

Annexe 6 – Logiciel

Page 41

Annexe 7 – Profils C25, C50, D25 et D50 suivant EN 13001-2

**Page 43**

Bibliographie

# AVANT-PROPOS

Une des particularités des grues à tour est qu'elles ne peuvent se replier en fin de travail et sont donc soumises aux aléas climatiques correspondant à leur lieu d'implantation. Des dispositions sont prises pour limiter la prise au vent de ces grues, comme par exemple la mise en girouette de la partie tournante lorsqu'elles sont hors service et le fait qu'aucune charge ne doit rester suspendue au crochet dès que cesse le travail.

Cependant, malgré ces dispositions, ces grues n'en restent pas moins soumises à une pression due au vent qui peut être violent et entraîner si mal appréhendé jusqu'à leur renversement.

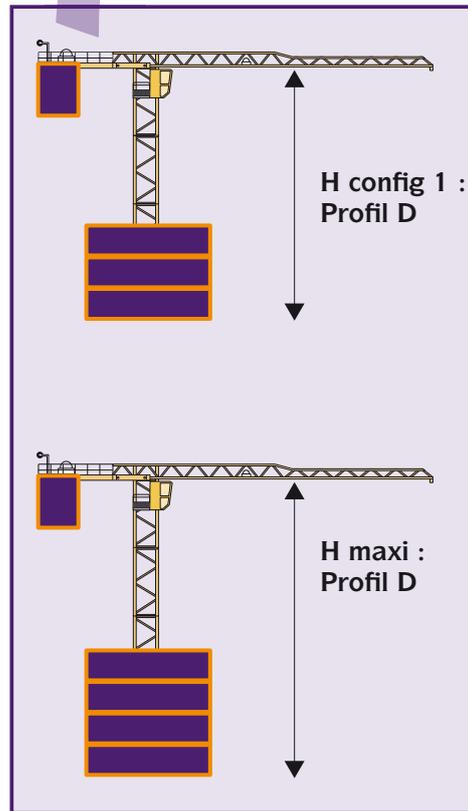
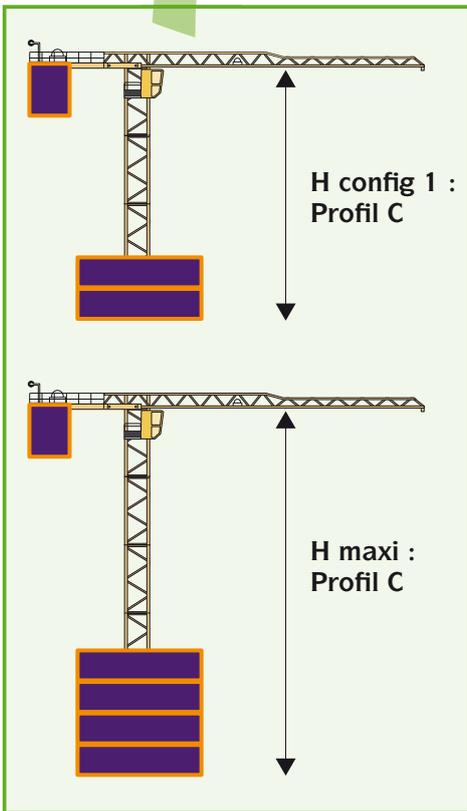
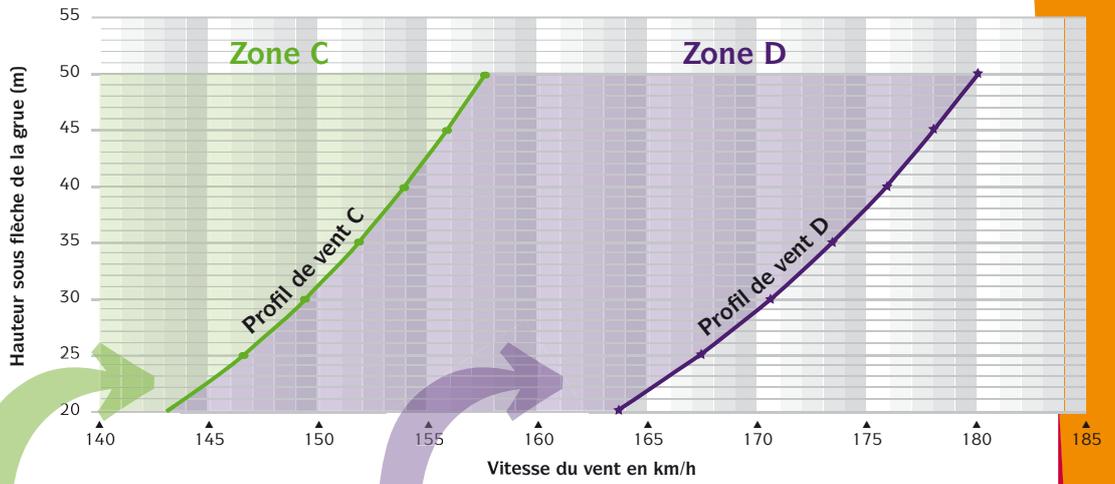
Afin de minimiser ce risque, l'utilisateur doit définir la configuration de montage à employer en fonction des indications du fabricant et des conditions climatiques et d'environnement du lieu du chantier. En général, pour les grues à montage par élément, deux configurations sont proposées :

- l'une établie pour garantir une stabilité suivant un profil de vent C ;
  - l'autre correspondant à un profil plus sévère en matière de vent, le profil D.
- Ces profils correspondent à un gradient de vitesse du vent hors service (appelé aussi vent tempête) en fonction de la hauteur.

L'objectif de ce guide est d'aider l'utilisateur à définir le « vent hors service » prévisible sur le chantier, afin qu'il puisse le comparer aux profils de vent C et D ayant été employés par les constructeurs pour calculer la stabilité de ses grues.

À l'issue de cette démarche, l'utilisateur pourra définir dans des cas simples la configuration de montage de sa grue la plus appropriée à son chantier (figure 1).

Figure 1 ▶





# LA DÉMARCHE EN TROIS ÉTAPES

Suite aux différentes chutes de grue à tour qui avaient résulté des tempêtes de 1999, un important travail avait mobilisé les différents acteurs et avait conduit à l'adoption de la recommandation CNAMTS R. 406 « Prévention du risque de renversement des grues à tour sous l'effet du vent ».

Dans son annexe V, cette recommandation présente une démarche destinée à déterminer la vitesse du vent hors service présent sur un chantier afin de déterminer les conditions de stabilisation d'une grue à tour.

Il est apparu nécessaire de réactualiser cette démarche pour tenir compte :

- des évolutions normatives avec l'entrée en vigueur de la norme européenne harmonisée sur les grues à tour NF EN 14439<sup>(1)</sup> de 2009. Celle-ci modifiait notamment les informations communiquées par le fabricant de la grue, en introduisant comme un minimum des profils de stabilisation en profil de vent C25 et D25<sup>(2)</sup> et non plus comme précédemment, suivant des profils C50 et D50<sup>(2)</sup> ;

L'exemple donné dans la recommandation R. 406 de profil de stabilisation C50 et D50 correspondait aux règles de l'art de l'époque et reste d'actualité pour les grues n'ayant pas été conçues suivant la norme NF EN 14439 relative à la conception des grues à tour.

- de l'entrée en vigueur des normes eurocodes (EN 1991-1-4 : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Actions du vent) qui sont passées d'un statut de projet de norme à un statut de norme européenne ;

Lors de la rédaction de la recommandation R. 406 en 2004, cette norme n'avait qu'un statut de projet de norme et ne comportait pas d'annexe nationale permettant de définir précisément les vitesses de vent canton par canton (voir annexe 1).

- du résultat d'une étude, de caractérisation des effets de site, menée conjointement par l'INRS et le CSTB<sup>(3)</sup> de 2009 à 2012.

Cette démarche de caractérisation du vent hors service sur un chantier est une des étapes essentielles de l'examen d'adéquation qui doit être réalisé avant chaque mise ou remise en service de grue à tour sur un chantier<sup>(4)</sup>.

1. Cette norme est la première norme harmonisée concernant les grues à tour à rentrer en vigueur depuis la mise en place de la directive machine en 1995.

2. Un profil C25 correspond au profil de vent C50 minoré de 5,37 % ; il en est de même du passage des courbes D50 à D25. Ce sont avant tout des profils théoriques utilisés comme base dans les calculs de stabilité.

3. CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment.

4. Examen rendu obligatoire par l'arrêté du 01/03/2004. Pour plus d'informations, consulter le document INRS ED 6009 « Vérifications réglementaires des appareils de levage dans le BTP. Guide des utilisateurs ».

Il est à noter que les règles explicitées dans ce guide sont conservatives ; on obtient des valeurs souvent supérieures à ce qui peut être admis par un expert qui détermine ce vent hors service sur le chantier, en prenant en considération les spécificités du chantier de façon beaucoup plus fine.

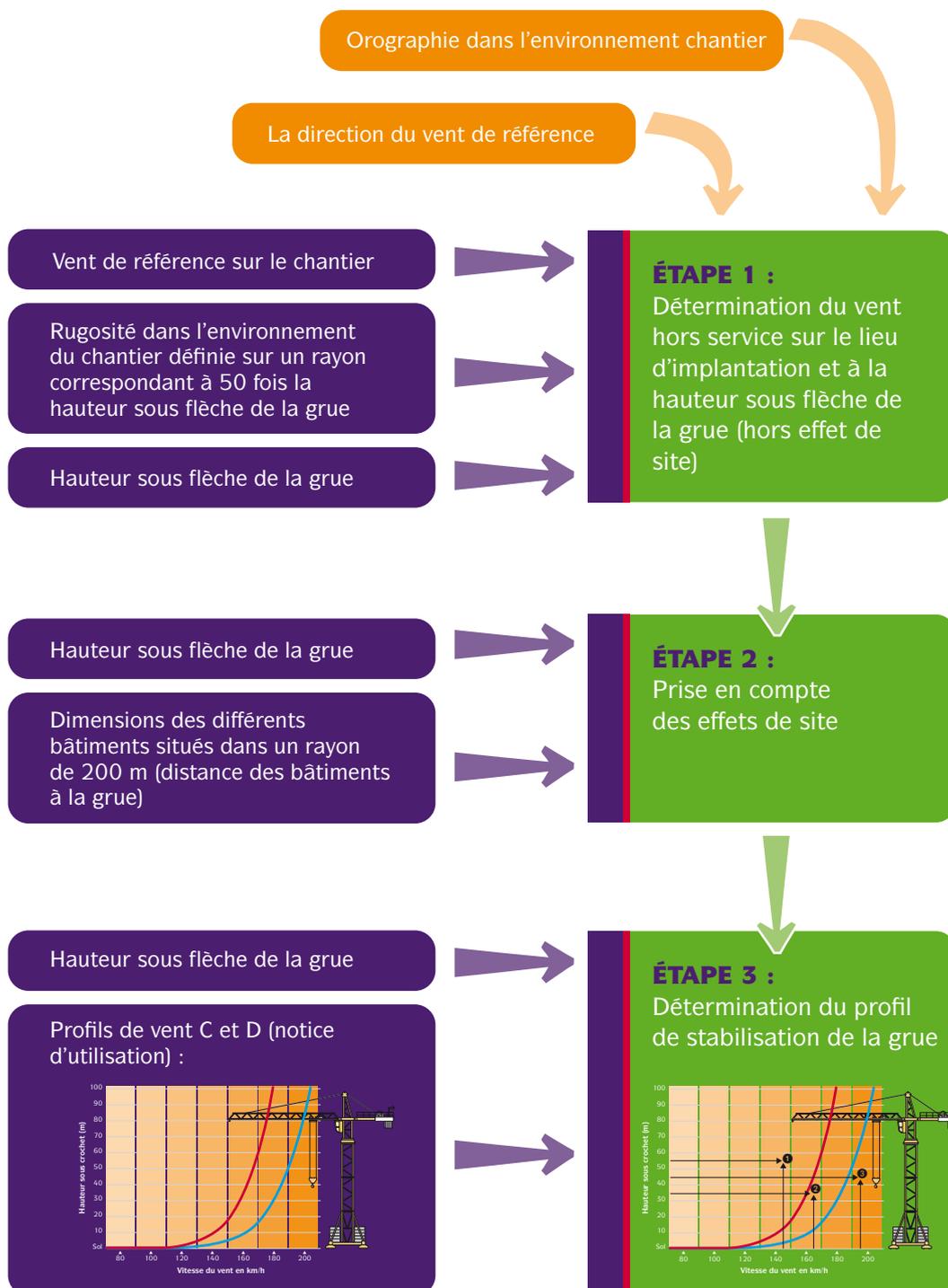
Cette démarche est applicable aux grues à montage par éléments à flèches distributrices exploitées dans le respect de la notice d'instructions et en terrain plat.

Il conviendra en particulier de veiller à ce que le couple aéroulque de la partie tournante

ne soit pas modifié par la mise en place, par exemple, de panneaux publicitaires dont l'emplacement n'aurait pas été prévu par le constructeur et au positionnement correct des plaques de dérive. Ce point fait partie de l'examen de montage de la grue à tour, qui est un des points vérifiés lors de la vérification de mise ou remise en service de la grue à tour sur un chantier.

La démarche proposée dans ce guide comporte trois étapes distinctes et se limite au cas de terrain plat (voir figure 2).

Figure 2 ▶





## ÉTAPE 1 – Détermination du vent hors service sur le lieu d'implantation et à la hauteur sous flèche hors effet de site

La vitesse de vent hors service que l'on cherche à déterminer est une vitesse de pointe, moyennée sur 3 secondes, associée à une probabilité annuelle de dépassement de 2 % (également désigné par période de retour 50 ans).

La vitesse du vent hors service sur le chantier sera obtenue en prenant en considération les valeurs calculées à partir des règles eurocodes (norme NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale, norme NF EN 1991-1-4/NA)<sup>(5)</sup>.

*5. Il peut aussi être fait recours aux données statistiques fournies par les services de Météo-France dans le cas de chantier situé à proximité immédiate d'une station météo (voir recommandation R. 406 de la CNAMTS).*

### Rugosité

Le vent est un écoulement à couche limite. Les obstacles à la surface du sol provoquent le ralentissement des particules d'air et génèrent des turbulences. La notion de rugosité définit la nature et la hauteur des obstacles. 5 types de rugosité sont définis par la norme EN 1991-1-4/NA :

- **rugosité 0** : mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lac et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km ;
- **rugosité II** : rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois la hauteur ;
- **rugosité IIIa** : campagnes avec des haies ; vignobles ; bocage, habitat dispersé ;
- **rugosité IIIb** : zones urbanisées ou industrielles, bocage dense, vergers ;
- **rugosité IV** : zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments, dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m (forêts).

Des illustrations de rugosités sont données en annexe 2.

### Vent de référence

Vitesse de vent moyennée sur dix minutes, indépendamment de la direction du vent et de la période de

l'année, mesurée à une hauteur de dix mètres au-dessus du sol, en terrain de rugosité II (rase campagne), associée à une probabilité annuelle de dépassement de 2 %.

Cette vitesse de vent de référence est aussi dénommée vitesse moyenne de vent de période de retour 50 ans.

### Vent hors service

Il s'agit d'un vent maximum (tempête) pour lequel la grue est conçue pour rester stable dans les conditions hors service, comme indiqué par le constructeur.

### Coefficient d'orographie

Coefficient représentant le rapport entre la vitesse moyenne augmentée du vent franchissant l'obstacle et la vitesse moyenne en terrain plat.

### Coefficient de direction

Ce coefficient minorateur est fonction de la direction privilégiée du vent. Contrairement à une façade d'un bâtiment, une grue à tour, du fait de sa mise en girouette, n'a pas une orientation privilégiée vis-à-vis du vent ; aussi dans des cas classiques, ce coefficient n'a pas lieu d'être utilisé. Cependant en présence d'un effet de site qui, lui, se produirait suivant une direction privilégiée, il pourra être fait recours à ce coefficient minorateur du vent de référence par un expert.

### Effet de site

Perturbation locale du vent due aux obstacles se trouvant dans l'environnement du chantier. Ces obstacles sont constitués par les bâtiments environnant la grue.

### Coefficient de site

Ce coefficient est un coefficient multiplicateur du vent de référence, prenant en compte les effets de site induits par les bâtiments environnants.

### Canopée urbaine

Les constructions urbaines modifient les caractéristiques de l'interface sol-air. Cet effet est pris en compte par le type de rugosité qui caractérise la nature de l'écoulement aérodynamique sur cette surface. En complément de la notion de rugosité, nous avons introduit une notion de canopée urbaine permettant de prendre en compte une élévation virtuelle du niveau du sol. La hauteur moyenne de la canopée doit être caractérisée sur l'ensemble du rayon où la rugosité est à qualifier et correspond à la hauteur moyenne des bâtiments. Cette hauteur moyenne minimale en rugosité IV est de 15 m. L'application de la notion de canopée est limitée à la rugosité IV.

Pour effectuer ce calcul il devra être pris en considération les paramètres qui suivent.

### La spécificité du lieu d'implantation

Celui-ci sera caractérisé par :

#### Le vent de référence

ce vent est déterminé à l'aide de l'annexe 1, en fonction du département d'implantation et éventuellement du canton.

#### Le type de rugosité associé au chantier

ce coefficient devra être déterminé avec beaucoup de précaution, dans la mesure où son choix détermine directement la vitesse du vent hors service. 5 types de rugosité sont définis par la norme EN 1991-1-4/NA :

- **rugosité 0** : mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km ;
- **rugosité II** : rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois la hauteur ;
- **rugosité IIIa** : campagnes avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé ;
- **rugosité IIIb** : zones urbanisées ou industrielles, bocage dense, vergers ;
- **rugosité IV** : zones urbaines, dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâti-

ments, dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts.

Des illustrations de rugosités sont données en annexe 2.

La rugosité du terrain est à qualifier sur un cercle de rayon de rugosité (R rug) centré sur la position de la grue à tour par secteur angulaire de 30°.

$$R_{rug} = 50 \times H_{sf}$$

H<sub>sf</sub> étant la hauteur sous flèche de la grue à tour

Nota

Cette formule est une approximation simplificatrice de la règle eurocode 4.11-NA, suffisante pour l'évaluation.

Dans le cas particulier où il y a un changement de rugosité sur une partie de la surface du terrain considéré inférieure à 10 % de la surface totale du terrain, on peut négliger ce changement de rugosité.

#### L'orographie de l'environnement du chantier

Un coefficient d'orographie est à appliquer dans des zones où l'altimétrie n'est pas constante dans un rayon d'un kilomètre autour du lieu d'implantation de la grue.

Dans les cas courants, c'est-à-dire en site plat ou de pente inférieure à 5 %, ce coefficient est pris égal à 1.

# EXEMPLE

Dans le cas ci-contre, on recherche la vitesse du vent de pointe d'une grue de hauteur sous flèche 40 mètres, située 65, boulevard Richard Lenoir. Le rayon R<sub>rug</sub> est égal à 2 000 mètres.

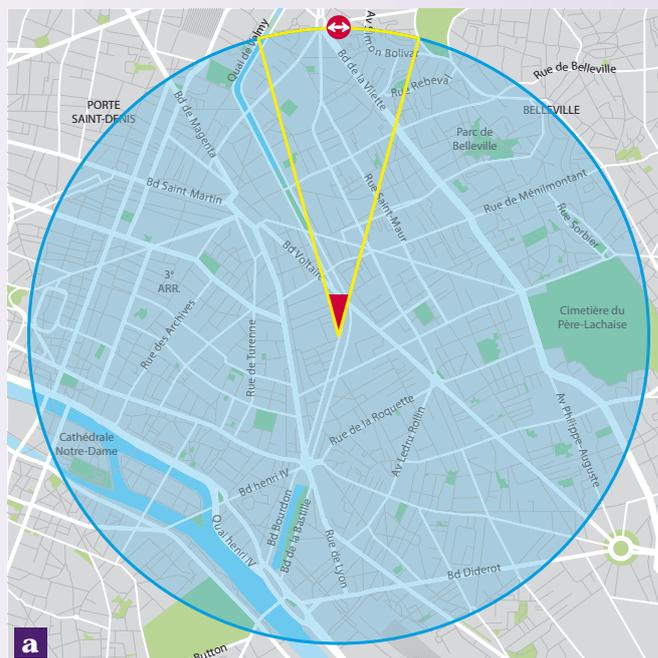
Figure 3a, la rugosité IV est retenue car au moins 15 % de la surface du secteur considéré sont recouverts de bâtiments de hauteur supérieure à 15 mètres.

Figure 3b, la rugosité IIIb du cimetière du Père-Lachaise doit être retenue, car elle représente plus de 10 % de la surface du secteur considéré.

Figure 3c, la rugosité représentée par la Seine peut être négligée.

En conclusion, on retiendra la rugosité IIIb.

Figure 3 ▶



Les cas de topographie marquée ne sont pas explicités ici et nécessitent le recours à un expert afin de les qualifier.

### La direction du vent de référence

En règle générale, le vent agissant sur une grue en girouette doit être considéré sur un secteur angulaire de 360°. En conséquence, ce coefficient de direction n'est pas communément utilisé.

Cependant un coefficient de direction peut être pris en compte dans le cadre d'une caractérisation d'un effet de site qui serait généré dans une direction ne correspondant pas au secteur des vents forts dominants défini par la norme eurocode (NF EN 1991-1-4/NA).

La détermination de ce coefficient minorant nécessite le recours à un expert.

### La hauteur de la flèche de la grue par rapport au sol (HSF)

La prise en compte de la hauteur de la flèche de la grue par rapport au sol est une donnée importante dans la mesure où le phénomène aérodynamique à prendre en compte s'exerce à cette hauteur (voir figure 4).

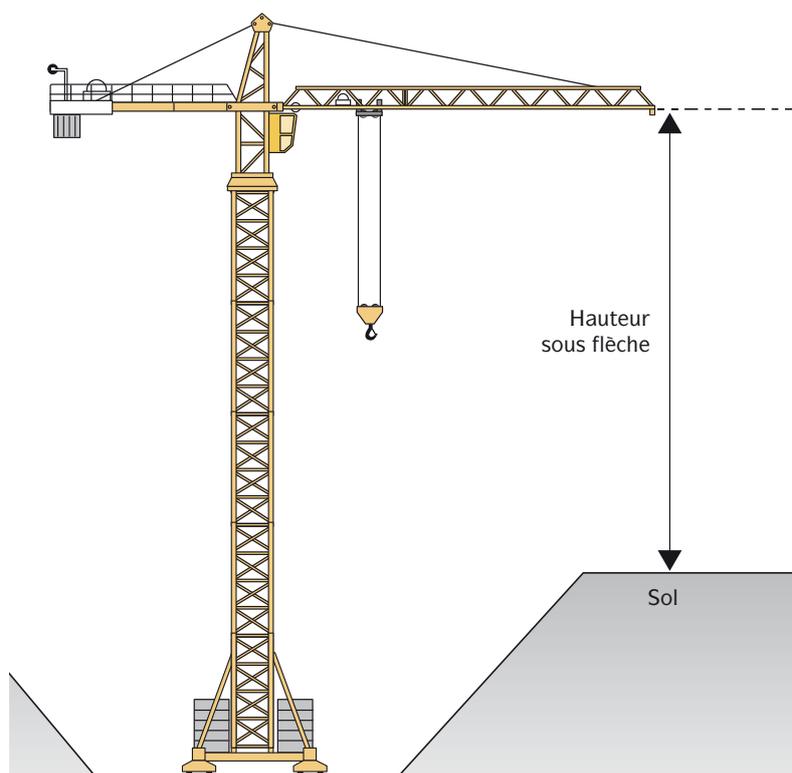
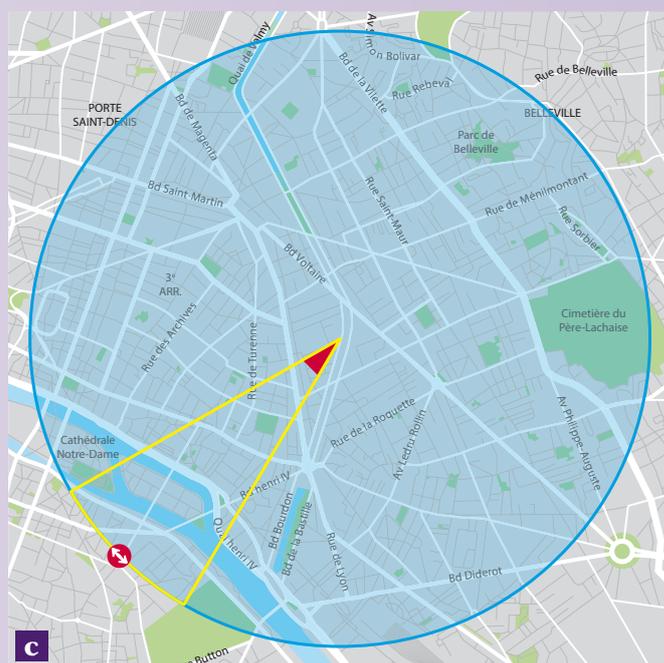
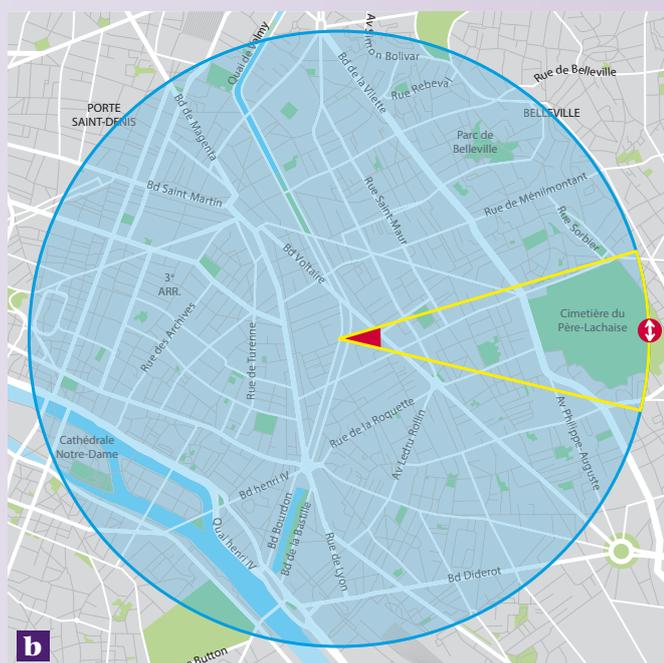


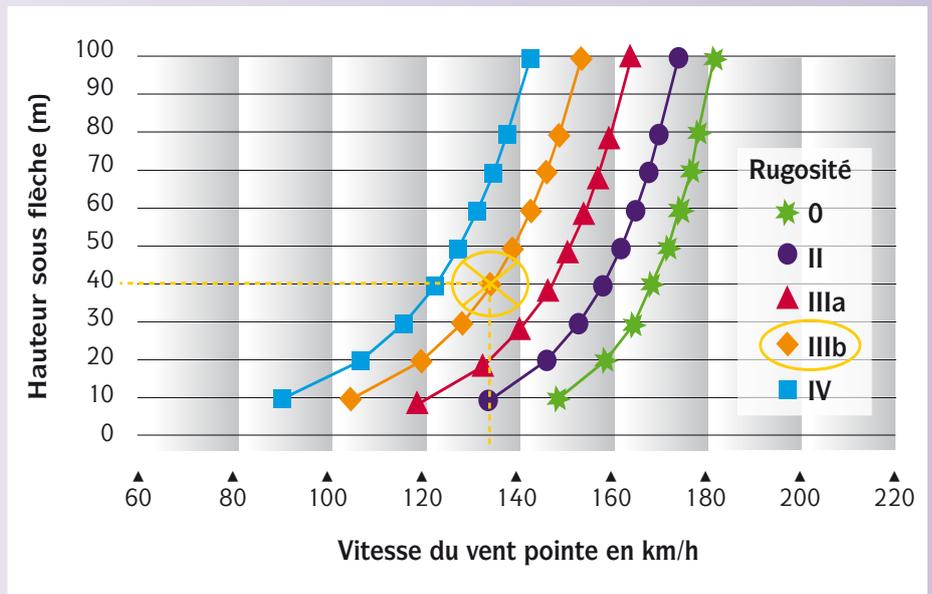
Figure 4 ▲

Ce vent à hauteur sous flèche est déterminé à l'aide des abaques de l'annexe 3.



Pour une grue de 40 m implantée à Paris, l'annexe 1 nous indique que l'on se situe en zone 2 (vent de référence : 24 m/s). Suite à l'analyse de la rugosité, on obtient une rugosité IIIb. L'annexe 3 nous donne comme valeur du vent maximal sous flèche : 133 km/h.

Figure 5 ▶



## CONCLUSION

À l'issue de cette étape de calcul à l'aide des règles eurocodes (NF EN 1991-1-4), on obtient la vitesse de vent rafale sur la flèche de la grue, mais sans avoir pris en compte les interactions avec l'environnement de la grue dénommées « effets de site ».

## ÉTAPE 2 – Prise en compte des effets de site

Les effets de site sont des perturbations locales de vent dues aux bâtiments dans l'environnement de la grue<sup>(6)</sup> (figure 6).

Ces effets peuvent fortement augmenter localement la vitesse du vent ou provoquer des effets perturbateurs à une mise en girouette comme par exemple des phénomènes :

- de mise en travers de la partie tournante flèche/contre-flèche,
- d'autorotation de la partie tournante,
- de remontée au vent.

Il est donc nécessaire de rechercher la présence d'un effet de site avant de procéder à l'implantation d'une grue à tour (figure 7).

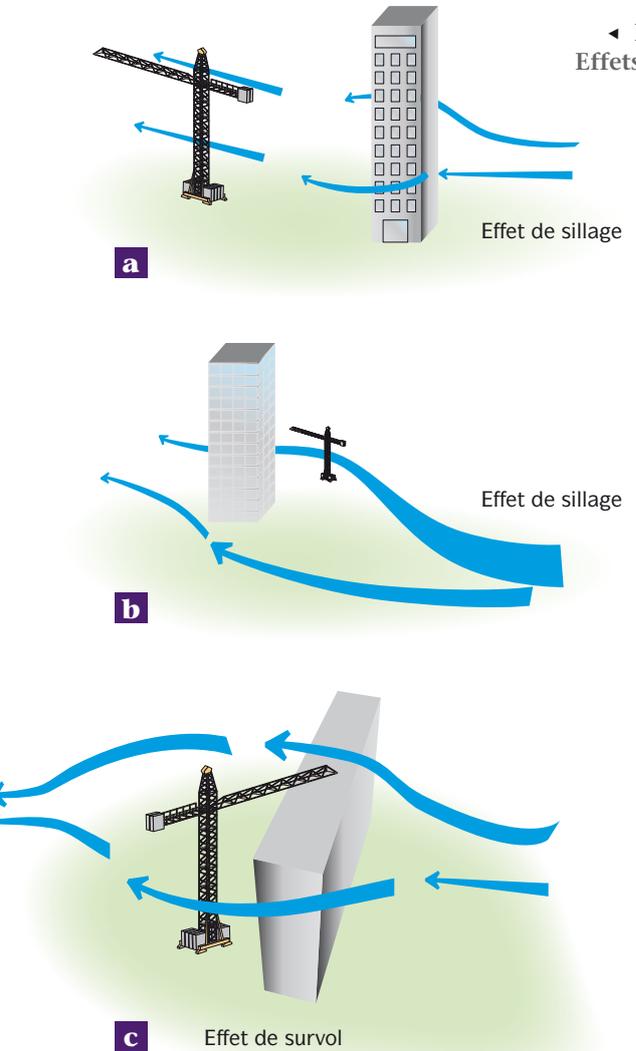
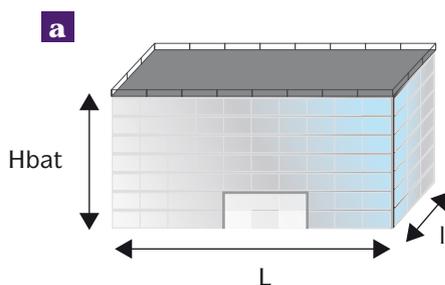
Un bâtiment est caractérisé par 3 paramètres :

- $H_{bat}$  : hauteur bâtiment,
- $L$  : longueur du bâtiment,
- $I$  : largeur du bâtiment.

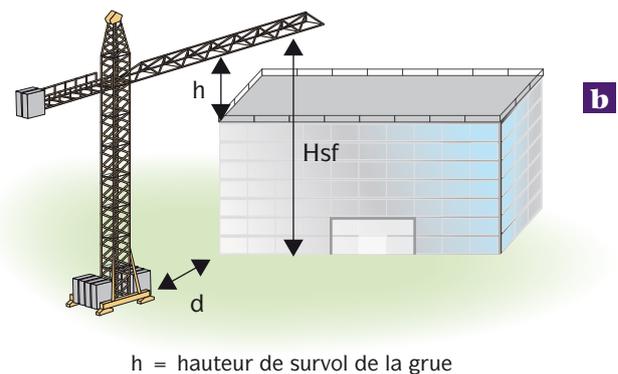
L'implantation d'une grue est caractérisée par deux paramètres :

- hauteur sous flèche ( $H_{sf}$ ),
- distance de la grue au bâtiment considéré ( $d$ ).

6. Les perturbations dues aux irrégularités du terrain doivent être prises en compte par l'application d'un coefficient orographique conformément aux règles eurocodes définies par la norme NF EN 1991-1-4 et son annexe NF EN 1991-1-4/NA.



◀ Figure 6  
Effets de site



$h$  = hauteur de survol de la grue

Figure 7 ▲

Pour chaque bâtiment, dans un rayon de 200 m autour de la grue, on détermine un niveau de risque concernant le bâtiment vis-à-vis de son interaction avec la grue. N'importe quel bâtiment, dans le rayon de 200 m, peut générer un effet de site. On doit donc considérer l'ensemble des bâtiments et pas seulement les principaux.

L'étude menée avec le CSTB de Nantes a établi deux lois paramétriques simples, décrites ci-après, permettant de définir un niveau de risque pour chaque bâtiment avec :

- niveau de risque vert : pas d'effet de site avec le bâtiment considéré,

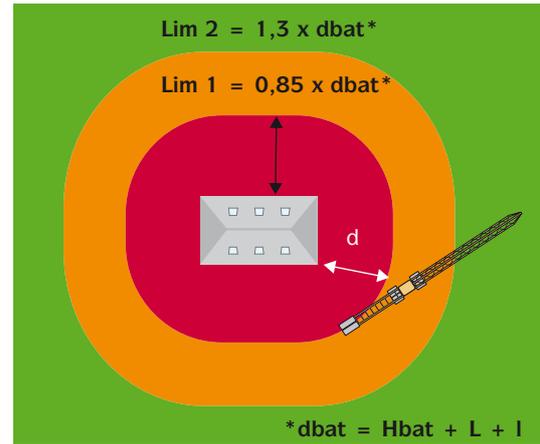


Figure 9 ▲

- niveau de risque orange : bâtiment considéré pouvant générer une majoration de 15 % du vent de référence,
- niveau de risque rouge : bâtiment pouvant générer de forts effets de site.

Dans une première phase, on va chercher à déterminer le niveau de risque de chacun des bâtiments vis-à-vis de la grue, à l'aide des règles illustrées par les figures 9 et 10.

La figure 9 exprime le risque dans un plan horizontal et ne prend en compte que la distance de la grue au bâtiment. La limite 1 (Lim 1) et la limite 2 (Lim 2) sont définies par  $0,85 \times dbat$  et  $1,3 \times dbat$ ,  $dbat$  étant la somme des trois dimensions du bâtiment considéré.

Figure 8 ►

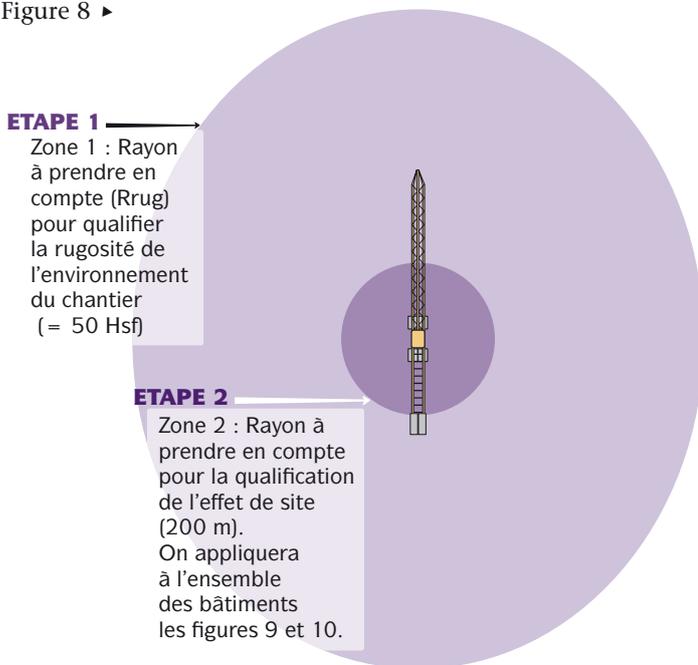
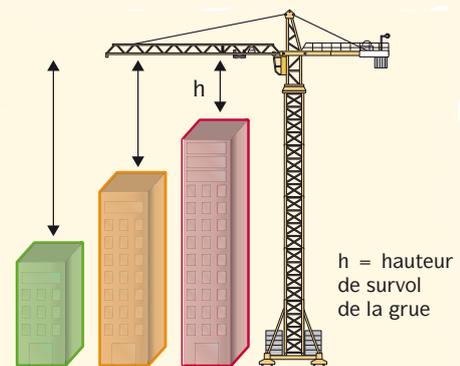
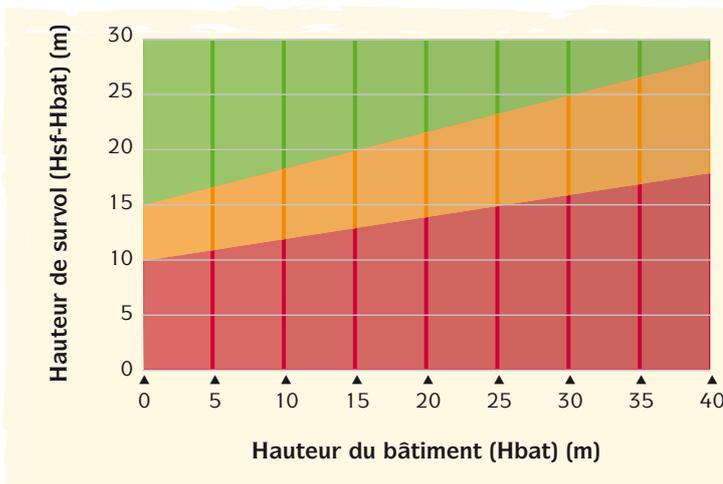
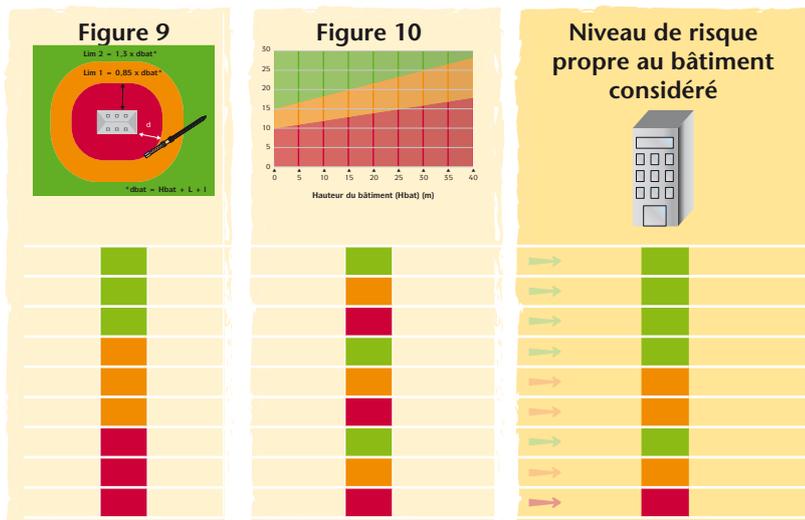


Figure 10 ▼

Figure 11 ▼





◀ Tableau 1

La figure 10 exprime le risque dans le plan vertical et ne tient compte que de la hauteur de survol de la flèche au-dessus du bâtiment. Chaque bâtiment représente un niveau de risque en distance (figure 9) et en hauteur de survol (figure 10). Le niveau de risque propre au bâtiment considéré est alors le niveau de risque le plus faible (tableau 1).

Exemples : vert + orange = vert ;  
rouge + rouge = rouge.

Pour la dernière phase de l'étape 2, quand le niveau de risque a été déterminé pour chaque bâtiment dans un rayon de 200 m autour de la grue, on définit le niveau de risque de la

grue comme le niveau de risque le plus important des bâtiments considérés.

La vitesse caractéristique de vent hors service à hauteur sous flèche sera fonction du niveau de risque de la grue et du niveau de vent issu de l'étape 1 (tableau 2).

**Nota**

Le recours à un expert pour un chantier spécifique peut donner des résultats en matière de majoration de vent nettement inférieurs aux coefficients établis par ce guide. En effet, les coefficients établis sont conservatifs et visent à couvrir un panel assez large de situations courantes.

◀ Tableau 2

Niveau de risque de la grue vis-à-vis des effets de site (étape 2)	Vitesse caractéristique du vent à prendre en compte pour la stabilisation de la grue
	Vitesse de vent issu de l'étape 1
	Vitesse de vent issu de l'étape 1 majorée de 15 % ou une vitesse de vent déterminée par un service spécialisé
	Condition de stabilisation déterminée par un service spécialisé

### Cas particulier d'un chantier urbain (rugosité IV)

Ce cas particulier illustré (figure 12) peut être très pénalisant au vu du nombre de bâtiments à considérer dans un rayon de 200 m autour de la grue. On prendra en considération la règle suivante : « En zone urbaine (rugosité IV) et pour des bâtiments ayant une hauteur inférieure à 2 fois la hauteur de la canopée urbaine environnante, alors une hauteur d'échappement minimum de 10 m est suffisante pour être en zone verte et ce, indépendamment de la figure 10 ».

La hauteur de la canopée moyenne environnante sera à qualifier sur la même zone que la rugosité ( $R_{rug}$ ) (voir « étape 1 »). Elle correspond à la moyenne des hauteurs de bâtiments sur la zone de qualification.

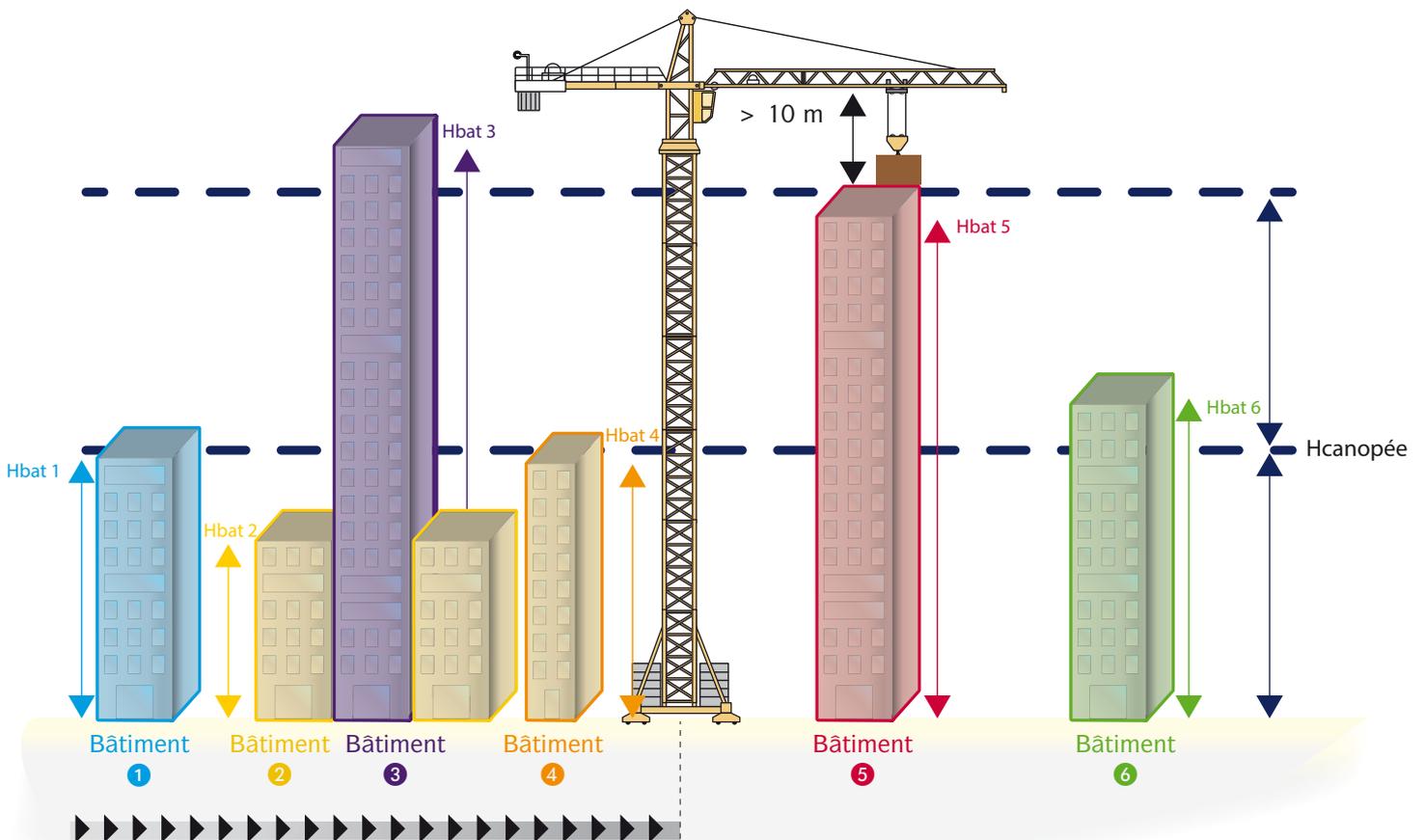
En rugosité IV, la hauteur minimum de la canopée est de 15 m.

Dans le cas de figure précité, il n'y aura qu'un bâtiment à prendre en considération dans la qualification de l'effet de site : ce sera le bâtiment 3, le seul pour lequel la hauteur de survol est inférieure à 10 m. Ce bâtiment sera comparé aux valeurs données figure 9 pour savoir s'il est susceptible de créer un effet de site.

## CONCLUSION

À l'issue de l'étape 2, on a pris en compte l'influence éventuelle d'un effet de site sur la vitesse du vent hors service, issue de l'étape 1. On peut donc passer à l'étape 3 afin de déterminer le profil de stabilisation à choisir au lieu d'implantation du chantier.

Figure 12 ▼



## ÉTAPE 3 – Choix d'une configuration de stabilisation de la grue

Le résultat obtenu à l'issue des étapes 1 et 2 se compare aux valeurs limites, définies par les profils de vent hors service C ou D données par les constructeurs dans leur notice de montage (figure 13), sauf dans le cas d'un niveau de risque classé rouge pour la grue.

Ces deux profils de vent définissent trois possibilités de montage de la grue :

- montage suivant un profil C,
- montage suivant un profil D,
- pour des implantations de grue dans des zones de vent supérieures au profil D, il conviendra de se rapprocher du constructeur de la grue, afin que celui-ci détermine une configuration de montage adaptée à la zone d'implantation de la grue.

Pour des implantations de grue dans des zones de vent supérieures au profil D, il conviendra de se rapprocher du constructeur de la grue, afin que celui-ci détermine une configuration de montage adaptée à la zone d'implantation de la grue.

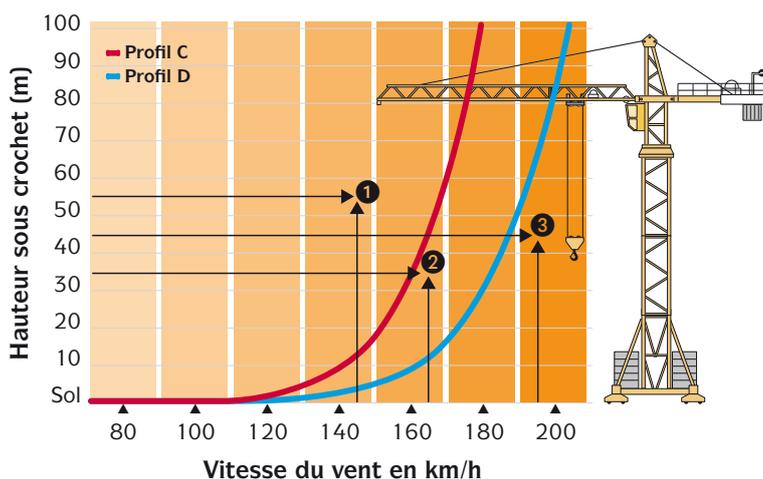
Ces résultats peuvent être obtenus par :

- une méthode graphique (en utilisant les annexes 1, 3 et 7),
- des abaques communiqués en annexe 4A et 4B,
- une méthode numérique à l'aide du logiciel associé à ce guide et présenté en annexe 6.

Nota

Ces trois méthodes aboutissent à des résultats équivalents.

Figure 13 ▼



### Grues hors service (« en girouette »)

Chacun des cas suivants correspond à des situations différentes de grue (hauteur sous crochet et vent hors service).

À chaque cas correspondent des dispositions de montage type préconisées par le constructeur.

**CAS 1 : 55 m ; 145 km/h ; CAS 2 : 35 m ; 165 km/h ; CAS 3 : 45 m ; 195 km/h**

Consulter la notice du constructeur ou le constructeur pour

↓  
Mettre en œuvre les dispositions préconisées par le constructeur pour le profil C\*

↓  
Mettre en œuvre les dispositions préconisées par le constructeur pour le profil D\*

↓  
Étude spécifique

\* Ces profils C et D peuvent être donnés par les constructeurs suivant des profils de vent C25/D25 ou C50/D50. Dans tous les cas, le vent local sera évalué pour période de retour de 50 ans.

### Formalisation d'un rapport

Un rapport reprenant les détails du calcul devra systématiquement être établi, afin de justifier les conditions de stabilisation de la grue. Ce rapport devra être disponible sur le chantier.

Une trame de rapport est proposée en annexe 5.



# 2.

## ILLUSTRATION DE LA DÉMARCHE

### Données concernant la grue

Hauteur : 40 m

Courbes de stabilisation communiquées par le constructeur : C25 et D25

### Données concernant le chantier

Localisation du chantier : Sarthe (72)

Rugosité à prendre en compte sur le chantier : IIIb

Terrain plat dans un rayon de 1 km autour de la grue

### Données concernant les bâtiments environnants

#### Bâtiment 1

Hauteur (m) : 24

Longueur (m) : 30

Largeur (m) : 40

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 30

#### Bâtiment 2

Hauteur (m) : 35

Longueur (m) : 20

Largeur (m) : 20

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 80

#### Bâtiment 3

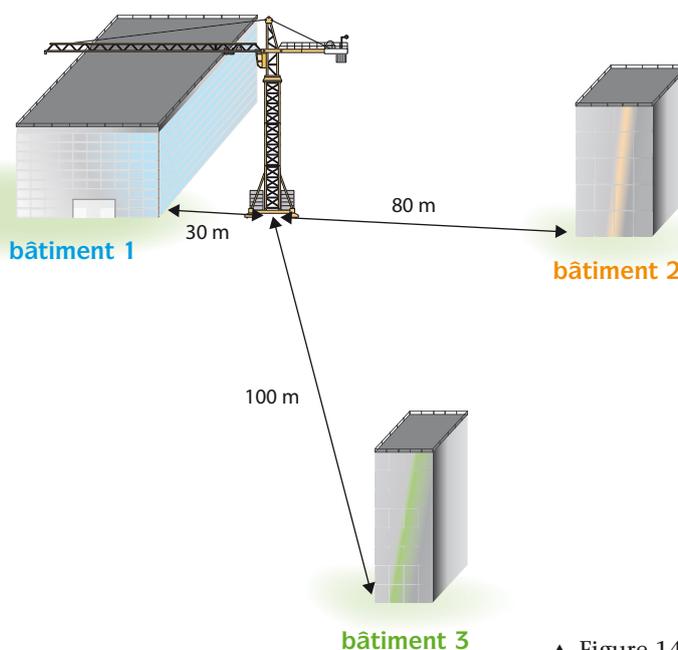
Hauteur (m) : 40

Longueur (m) : 15

Largeur (m) : 20

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 100



▲ Figure 14

## Étape 1 de la démarche

Type de rugosité

0     II     IIIa     IIIb     IV

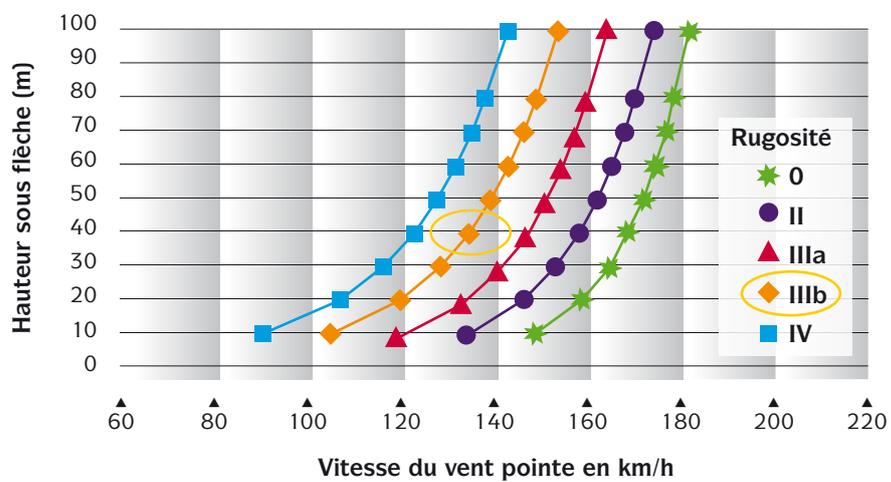
Orographie

Co = 1 (terrain plat)     Autre situation

L'annexe 3 nous permet d'en déduire une vitesse de vent hors service de 133 km/h sur le site sans prise en compte d'un effet de site potentiel (figure 15).

L'annexe 1 nous indique que le département de la Sarthe est en Région 2.

Figure 15 ▶ Région 2 : vitesse du vent de référence 24 m/s



## Étape 2 de la démarche

Cette étape permet de vérifier si un des trois bâtiments est susceptible de générer un effet de site.

### Bâtiment 1

Hauteur (m) : 24  
Longueur (m) : 30  
Largeur (m) : 40

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 30

Le graphique 1 nous indique un niveau de risque : rouge

$dbat = 24 + 30 + 40 = 94 \text{ m}$ ,  
donc  $lim\ 1 = 0,85 \times 94 = 80 \text{ m}$  et  
 $lim\ 2 = 1,3 \times 94 = 122 \text{ m}$

Distance de la grue au bâtiment = 30 m

Le graphique 2 nous indique un niveau de risque : orange

Hauteur de survol de la grue :  $40 - 24 = 16 \text{ m}$   
Hauteur du bâtiment = 24 m

**Le niveau de risque est donc orange pour le bâtiment 1.**

### Bâtiment 2

Hauteur (m) : 35  
Longueur (m) : 20  
Largeur (m) : 20

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 80

Le graphique 1 nous indique un niveau de risque : orange

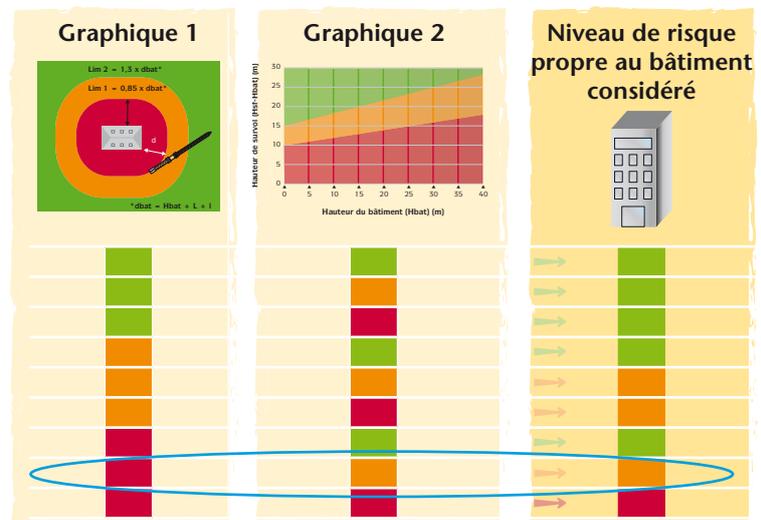
$dbat = 35 + 20 + 20 = 75 \text{ m}$ ,  
donc  $lim\ 1 = 0,85 \times 75 = 64 \text{ m}$  et  
 $lim\ 2 = 1,3 \times 75 = 97 \text{ m}$

Distance de la grue au bâtiment = 80 m

Le graphique 2 nous indique un niveau de risque : rouge

Hauteur de survol de la grue :  $40 - 35 = 5 \text{ m}$   
Hauteur du bâtiment = 35 m

**Le niveau de risque est donc orange pour le bâtiment 2.**



### Bâtiment 3

Hauteur (m) : 40  
Longueur (m) : 15  
Largeur (m) : 20

#### Position de la grue

Distance de la grue au bâtiment (m) : 100

Le graphique 1 nous indique un niveau de risque : vert

$dbat = 40 + 15 + 20 = 75 \text{ m}$ ,  
donc  $lim\ 1 = 64 \text{ m}$  et  $lim\ 2 = 97 \text{ m}$   
Distance de la grue au bâtiment = 100 m

Le graphique 2 nous indique un niveau de risque : rouge

Hauteur de survol de la grue :  $35 - 35 = 0 \text{ m}$   
Hauteur du bâtiment = 35 m

**Le niveau de risque est donc vert pour le bâtiment 3.**

## CONCLUSION

Le niveau de risque de la grue vis-à-vis d'un effet de site sur la base de ces trois bâtiments situés dans un rayon de 200 m est orange.

### Étape 3 de la démarche

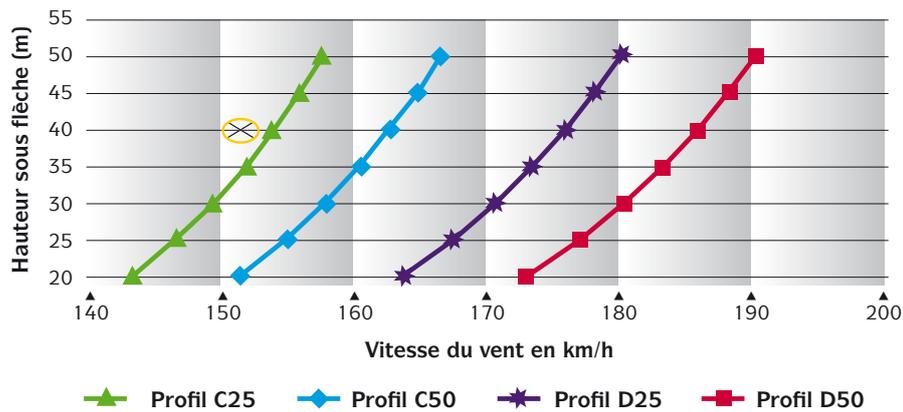
En appliquant un coefficient majorateur de 15 % correspondant au niveau de risque orange précédemment déterminé, on obtient un vent hors service de 153 km/h.

Ce vent, comparé aux profils C25, D25 de l'annexe 7, est inférieur au profil C25. La configuration associée à ce profil de vent sera

donc retenue comme configuration de stabilisation.

#### Nota

Ce même résultat peut être obtenu en ayant recours au tableau de synthèse de l'annexe 4A ou au logiciel associé à ce guide (voir annexe 6).





# 3

## ANNEXES

<b>ANNEXE 1</b> – Détermination du vent de référence (extrait de la norme NF EN 1991-1-4/NA)	<b>24</b>
<b>ANNEXE 2</b> – Illustration des rugosités de terrain	<b>28</b>
<b>ANNEXE 3</b> – Abaques permettant de déterminer le vent hors service sur la flèche en fonction de la rugosité retenue	<b>32</b>
<b>ANNEXE 4A</b> – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m. Données constructeurs en C25/D25	<b>35</b>
<b>ANNEXE 4B</b> – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m. Données constructeurs en C50/D50	<b>37</b>
<b>ANNEXE 5</b> – Rapport type	<b>39</b>
<b>ANNEXE 6</b> – Logiciel	<b>40</b>
<b>ANNEXE 7</b> – Profils C25, C50, D25 et D50 suivant EN 13001-2	<b>41</b>

## ANNEXE 1 – Détermination du vent de référence (extrait de la norme NF EN 1991-1-4/NA)

### Vitesse du vent de référence

Région 1	Région 2	Région 3	Région 4	Guyane	Mayotte	Martinique	Réunion	Guadeloupe
22 m/s	24 m/s	26 m/s	28 m/s	17 m/s	30 m/s*	32 m/s*	34 m/s*	36 m/s*

\* Ces vents prennent en compte les périodes de vent cyclonique.

DÉPARTEMENT/CANTONS	RÉGIONS
<b>01. Ain</b>	
→ Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montuel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-veyle, Reyrieux, Saint-Triviers-de-Courtes, Saint-triviers-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>02. Aisne</b>	2
<b>03. Allier</b>	2
<b>04. Alpes-de-Haute-Provence</b>	
→ Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, La Javie, Le Lauzet-Ubaye, Saint-André-les-Alpes, Seyne	1
→ Tous les autres cantons	2
<b>05. Hautes-Alpes</b>	
→ Aspres-sur-Buëch, Barillonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>06. AlpesMaritimes</b>	
→ Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Etienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var	1
→ Tous les autres cantons	2
<b>07. Ardèche</b>	2
<b>08. Ardennes</b>	2
<b>09. Ariège</b>	2
<b>10. Aube</b>	2
<b>11. Aude</b>	
→ Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous cantons), Castelnaudary (tous cantons), Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>12. Aveyron</b>	2
<b>13. Bouches du Rhône</b>	3
<b>14. Calvados</b>	2
<b>15. Cantal</b>	
→ Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac, Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous cantons)	2
→ Tous les autres cantons	1

DÉPARTEMENT/CANTONS	RÉGIONS
<b>16. Charente</b>	1
<b>17. Charente Maritime</b>	
→ Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde	1
→ Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes ( tous cantons ), Saint Genis de Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>18. Cher</b>	2
<b>19. Corrèze</b>	1
<b>2B. Haute Corse</b>	
→ Belgodère, Calenzana, Calvi, Île-Rousse	3
→ Tous les autres cantons	4
<b>2A. Corse du sud</b>	
→ Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène	4
→ Tous les autres cantons	3
<b>21. Côte d'Or</b>	
→ Auxonne, Chenôve, Dijon (tous cantons), Fontaine-Française, Fontaine-les-Dijon, Genlis, Grancey-le-Chateau-Neuveville, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-L'Abbaye, Selongey	1
→ Tous les autres cantons	2
<b>22. Côtes d'Armor</b>	3
<b>23. Creuse</b>	1
<b>24. Dordogne</b>	1
<b>25. Doubs</b>	
→ Audincourt, Clerval, Etupes, Hérimoncourt, Isle-sur-le-Doubs, Maïche, Montbéliard (tous cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>26. Drôme</b>	2
<b>27. Eure</b>	2
<b>28. Eure-et-Loir</b>	2
<b>29. Finistère</b>	3
<b>30. Gard</b>	
→ Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Guard, Sommières, Vauvert	3
→ Tous les autres cantons	2
<b>31. Haute-Garonne</b>	
→ Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>32. Gers</b>	1
<b>33. Gironde</b>	
→ Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>34. Hérault</b>	3
<b>35. Ille-et-Vilaine</b>	2

Suite →

DÉPARTEMENT/CANTONS	RÉGIONS
<b>36. Indre</b>	2
<b>37. Indre-et-Loire</b>	2
<b>38. Isère</b>	
→ Beaurepaire, Heyrieux, Roussillon, Saint-Jean-de-Bournay, Vienne (tous cantons)	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>39. Jura</b>	1
<b>40. Landes</b>	
→ Amou, Castets, Dax (tous cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous cantons)	2
→ Tous les autres cantons	1
<b>41. Loir-et-Cher</b>	2
<b>42. Loire</b>	2
<b>43. Haute-Loire</b>	2
<b>44. Loire Atlantique</b>	
→ Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-La-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riaillé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Marc-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>45. Loiret</b>	2
<b>46. Lot</b>	1
<b>47. Lot-et-Garonne</b>	1
<b>48. Lozère</b>	2
<b>49. Maine-et-Loire</b>	2
<b>50. Manche</b>	2
<b>51. Marne</b>	2
<b>52. Haute-Marne</b>	2
<b>53. Mayenne</b>	2
<b>54. Meurthe et Moselle</b>	2
<b>55. Meuse</b>	2
<b>56. Morbihan</b>	3
<b>57. Moselle</b>	2
<b>58. Nièvre</b>	2
<b>59. Nord</b>	
→ Arleux, Anzin, Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous cantons), Carnières, Cateau-Cambrésis, Clary, Condé-sur-l'Escaut, Denain, Douai (tous cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous cantons), Sorle-le-Chateau, Orchies, Quesnoy (tous cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous cantons), Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous cantons)	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>60. Oise</b>	2
<b>61. Orne</b>	2
<b>62. Pas de calais</b>	
→ Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>63. Puy-de-Dôme</b>	2

DÉPARTEMENT/CANTONS	RÉGIONS
<b>64. Pyrénées Atlantiques</b>	2
<b>65. Hautes-Pyrénées</b>	1
<b>66. Pyrénées Orientales</b>	3
<b>67. Bas-Rhin</b>	2
<b>68. Haut-Rhin</b>	2
<b>69. Rhône</b>	2
<b>70. Haute Saône</b>	
→ Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresne-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Rioz, Scey-sur-Saône et Saint-Albin	1
→ Tous les autres cantons	2
<b>71. Saône-et-Loire</b>	2
<b>72. Sarthe</b>	2
<b>73. Savoie</b>	1
<b>74. Haute-Savoie</b>	1
<b>75. Paris</b>	2
<b>76. Seine-Maritime</b>	
→ Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresle, Cany-Barville, Eu, Dieppe (tous cantons), Envermeu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valery-en Caux	3
→ Tous les autres cantons	2
<b>77. Seine-et-Marne</b>	2
<b>78. Yvelines</b>	2
<b>79. Deux-Sèvres</b>	2
<b>80. Somme</b>	
→ Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye	2
→ Tous les autres cantons	3
<b>81. Tarn</b>	
→ Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour	1
→ Tous les autres cantons	2
<b>82. Tarn-et-Garonne</b>	1
<b>83. Var</b>	2
<b>84. Vaucluse</b>	2
<b>85. Vendée</b>	3
<b>86. Vienne</b>	1
<b>87. Haute-Vienne</b>	1
<b>88. Vosges</b>	2
<b>89. Yonne</b>	2
<b>90. Territoire-de-Belfort</b>	2
<b>91. Essonne</b>	2
<b>92. Hauts-de-Seine</b>	2
<b>93. Seine-Saint-Denis</b>	2
<b>94. Val-de-Marne</b>	2
<b>95. Val-d'Oise</b>	2

## ANNEXE 2 – Illustration des rugosités de terrain

### RUGOSITÉ 0 (mer) et IV (ville)



### RUGOSITÉ II (rase campagne, aéroport)



## RUGOSITÉ II (rase campagne)



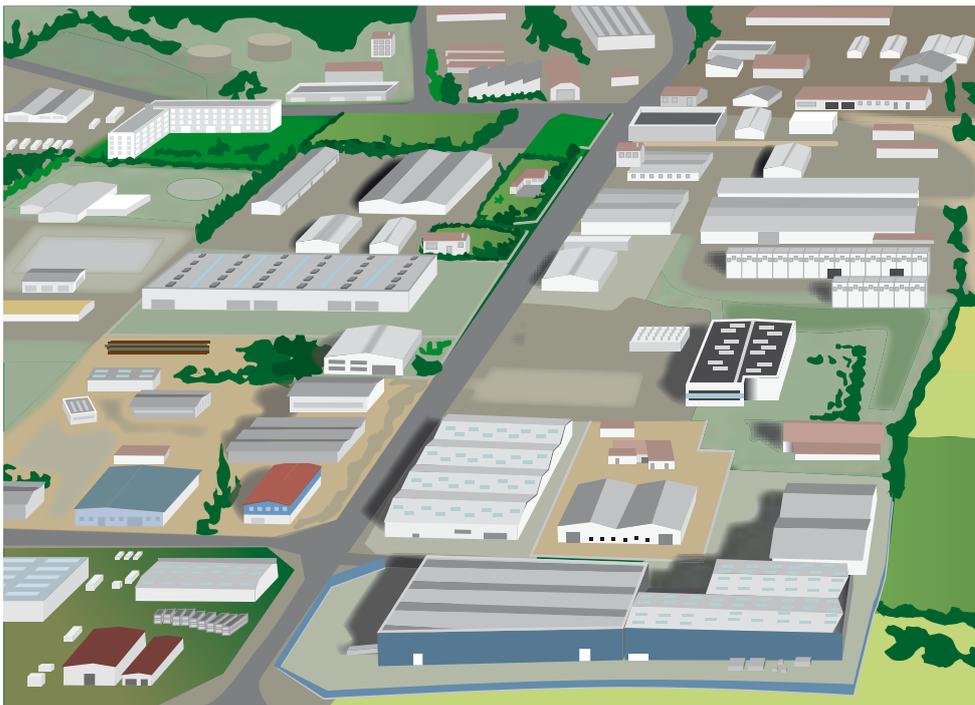
## RUGOSITÉ IIIa (campagne avec haies et bocages)



### RUGOSITÉ IIIb (bocage dense)



### RUGOSITÉ IIIb (zone industrielle)



**RUGOSITÉ IV (ville)**

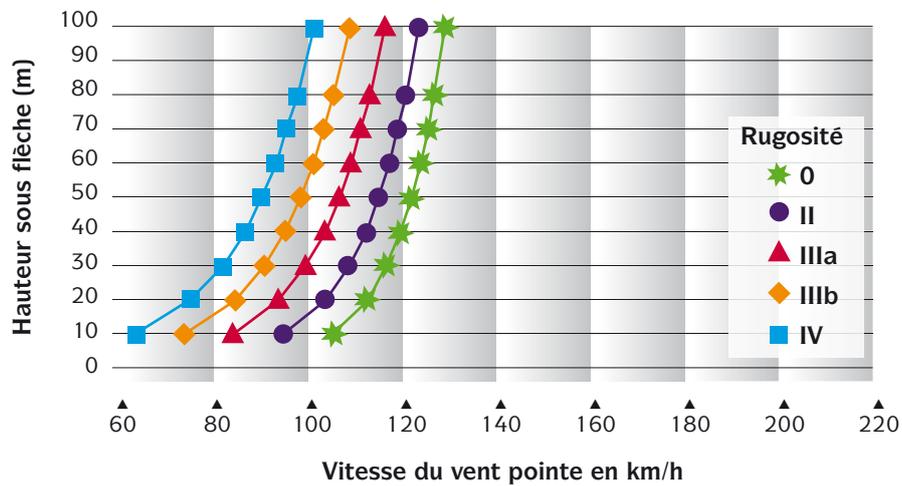


**RUGOSITÉ IV (forêt)**

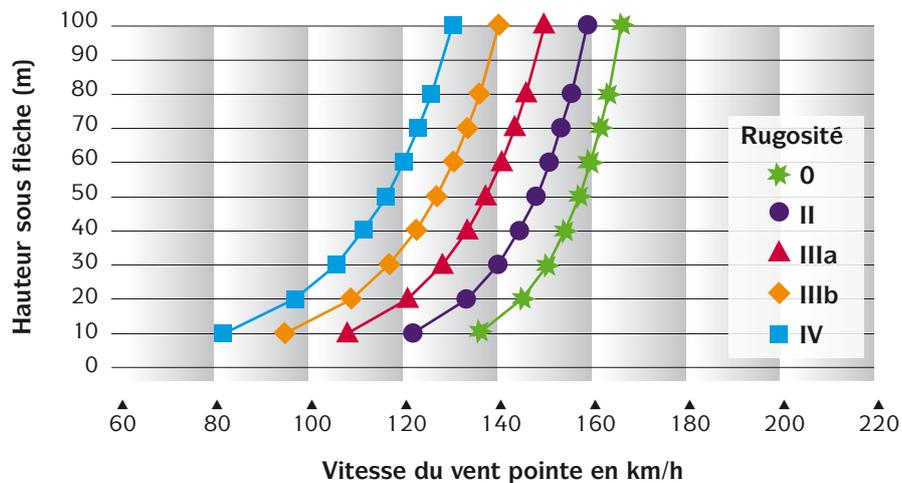


## ANNEXE 3 – Abaqués permettant de déterminer le vent hors service sur la flèche en fonction de la rugosité retenue

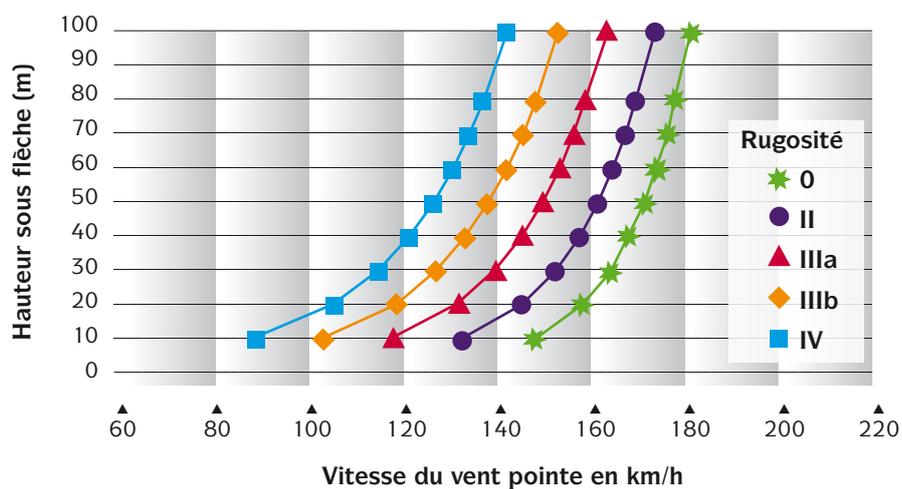
Guyane → vitesse du vent de référence 17 m/s



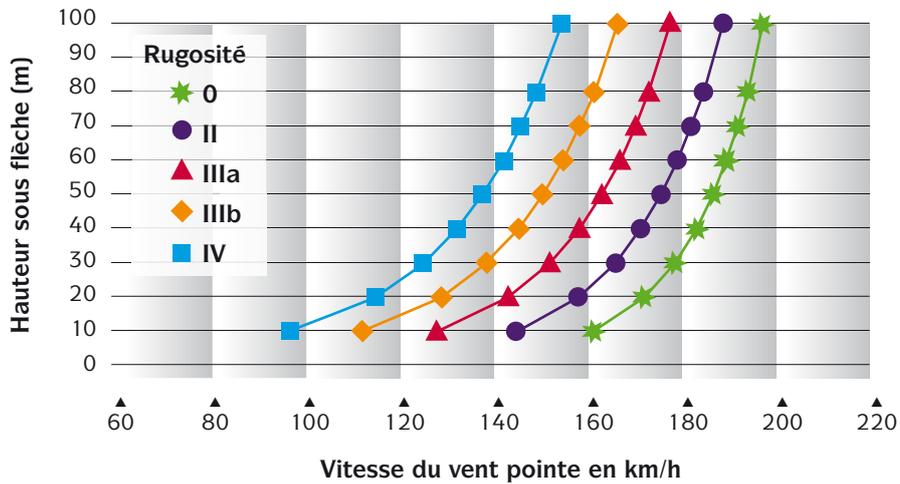
Région 1 → vitesse du vent de référence 22 m/s



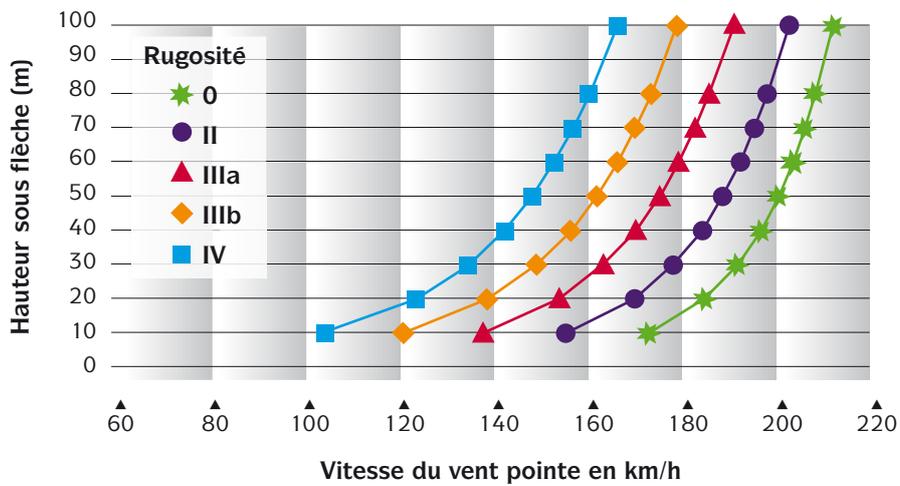
Région 2 → vitesse du vent de référence 24 m/s



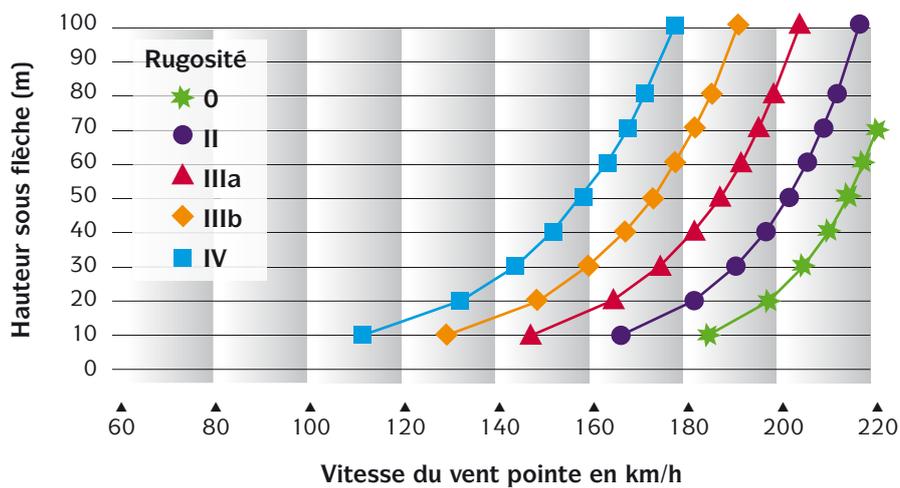
Région 3 → vitesse du vent de référence 26 m/s



Région 4 → vitesse du vent de référence 28 m/s

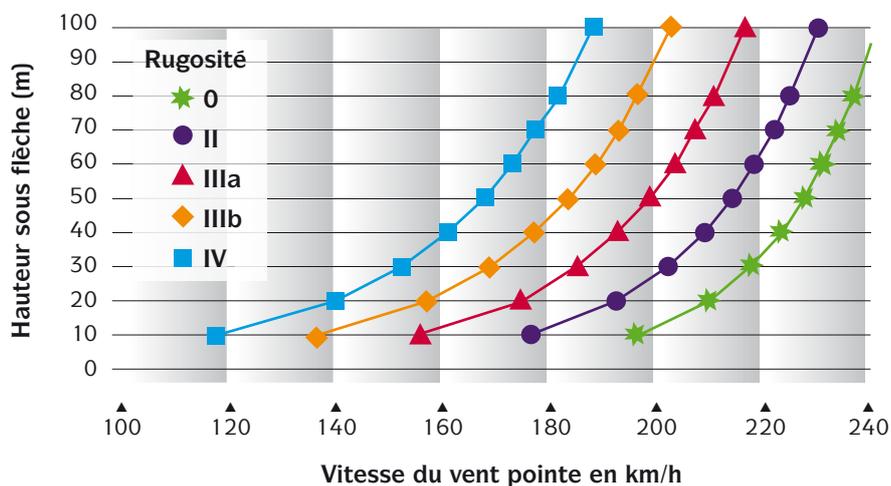


Mayotte → vitesse du vent de référence 30 m/s

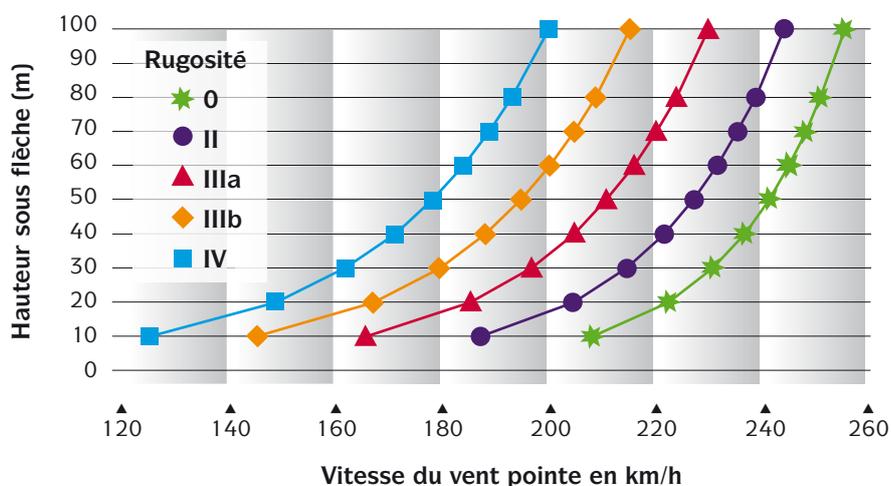


## ANNEXE 3 – Abaqués permettant de déterminer le vent hors service sur la flèche en fonction de la rugosité retenue

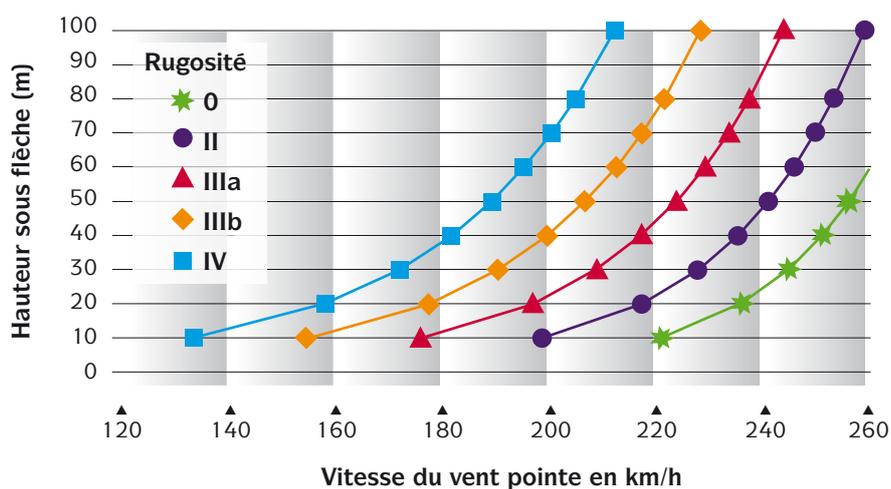
Martinique → vitesse du vent de référence 32 m/s



Réunion → vitesse du vent de référence 34 m/s



Guadeloupe → vitesse du vent de référence 36 m/s



**ANNEXE 4A** – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m – données constructeurs en C25/D25<sup>(1)</sup>

RÉGION	RUGOSITÉ	ZONE VERTE	ZONE ORANGE	ZONE ROUGE
1	0	D25 pour Hsf ≤ 34 m C25 pour Hsf > 34 m	Courbe spéci.* pour Hsf ≤ 48 m D25 pour HSF > 48 m	
	II	C25	D25	
	IIIa	C25	C25	
	IIIb	C25	C25	
	IV	C25	C25	
2	0	D25	Profil spéci.*	
	II	D25	Profil spéci.*	
	IIIa	C25	D25	
	IIIb	C25	C25 pour Hsf ≤ 45 m D25 pour Hsf > 45 m	
	IV	C25	C25	
3	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	D25	Profil spéci.*	
	IIIa	C25 pour Hsf ≤ 24 m D25 pour Hsf > 24 m	D25 pour Hsf ≤ 21 m Profil spéci.* pour Hsf > 21 m	
	IIIb	C25	D25	
	IV	C25	C25	
4	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	D25	Profil spéci.*	
	IIIb	C25 pour Hsf ≤ 35 m D25 pour Hsf > 35 m	D25 pour Hsf ≤ 31 m Profil spéci.* pour HSF > 31 m	
	IV	C25	C25 pour Hsf ≤ 23 m D25 pour Hsf > 23 m	
Guyane	0	C25	C25	
	II	C25	C25	
	IIIa	C25	C25	
	IIIb	C25	C25	
	IV	C25	C25	
Mayotte	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	D25	Profil spéci.*	
	IV	C25	D25 pour Hsf ≤ 46 m Profil spéci.* pour Hsf > 46 m	

1. HsF = Hauteur sous flèche.

\* Profil spéci : Il convient de stabiliser la grue suivant un profil de vent supérieur à D25. Si cette configuration n'est pas prévue par la notice il convient de se rapprocher du constructeur en spécifiant la vitesse de vent requis sur le chantier considéré.

RÉGION	RUGOSITÉ	ZONE VERTE	ZONE ORANGE	ZONE ROUGE
<b>Martinique</b>	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	D25 pour Hsf ≤ 35 m Profil spéci.* pour Hsf > 35 m	Profil spéci.*	
	IV	C25 pour Hsf ≤ 24 m D25 pour Hsf > 24 m	D25 pour Hsf ≤ 23 m Profil spéci.* pour Hsf > 23 m	
<b>Réunion</b>	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IV	D25	Profil spéci.*	
<b>Guadeloupe</b>		Profil spéci.* En rugosité IV, on peut être en D25 pour des Hsf < 28 m	Profil spéci.*	

1. Hsf = Hauteur sous flèche.

\* Profil spéci : Il convient de stabiliser la grue suivant un profil de vent supérieur à D25. Si cette configuration n'est pas prévue par la notice il convient de se rapprocher du constructeur en spécifiant la vitesse de vent requis sur le chantier considéré.

**ANNEXE 4B** – Tableau de synthèse pour des grues dont la hauteur sous flèche est inférieure à 50 m – données constructeurs en C50/D50 <sup>(1)</sup>

RÉGION	RUGOSITÉ	ZONE VERTE	ZONE ORANGE	ZONE ROUGE
1	0	C50	D50	
	II	C50	D50	
	IIIa	C50	C50	
	IIIb	C50	C50	
	IV	C50	C50	
2	0	D50	Profil spéci.*	
	II	C50	D50	
	IIIa	C50	C50 pour Hsf ≤ 22 m D50 pour HSF > 22 m	
	IIIb	C50	C50	
	IV	C50	C50	
3	0	D50	Profil spéci.*	
	II	D50	Profil spéci.*	
	IIIa	C50	D50	
	IIIb	C50	C50 pour Hsf ≤ 29 m D50 pour HSF > 29 m	
	IV	C50	C50	
4	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	D50	Profil spéci.*	
	IIIa	D50	Profil spéci.*	
	IIIb	C50	D50	
	IV	C50	C50 pour Hsf ≤ 42 m D50 pour Hsf > 42 m	
Guyane	0	C50	C50	
	II	C50	C50	
	IIIa	C50	C50	
	IIIb	C50	C50	
	IV	C50	C50	
Mayotte	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	D50	Profil spéci.*	
	IIIb	C50 pour Hsf ≤ 28 m D50 pour HSF > 28 m	Profil spéci.*	
	IV	C50	D50	

1. Hsf = Hauteur sous flèche.

\* Profil spéci : Il convient de stabiliser la grue suivant un profil de vent supérieur à D50. Si cette configuration n'est pas prévue par la notice il convient de se rapprocher du constructeur en spécifiant la vitesse de vent requis sur le chantier considéré.

Suite ➔

RÉGION	RUGOSITÉ	ZONE VERTE	ZONE ORANGE	ZONE ROUGE
<b>Martinique</b>	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	D50	Profil spéci.*	
	IV	C50 pour Hsf ≤ 44 m D50 pour HSF > 44 m	D50 pour Hsf ≤ 40 m Profil spéci.* pour Hsf > 40 m	
<b>Réunion</b>	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	D50 pour Hsf ≤ 32 m Profil spéci.* pour HSF > 32 m	Profil spéci.*	
	IV	C50 pour Hsf ≤ 23 m D50 pour HSF > 23 m	Profil spéci.*	
<b>Guadeloupe</b>	0	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	II	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIa	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IIIb	Profil spéci.*	Profil spéci.*	
	IV	D50	Profil spéci.*	

1. Hsf = Hauteur sous flèche.

\* Profil spéci : Il convient de stabiliser la grue suivant un profil de vent supérieur à D50. Si cette configuration n'est pas prévue par la notice il convient de se rapprocher du constructeur en spécifiant la vitesse de vent requis sur le chantier considéré.

## ANNEXE 5 – Rapport type

### CARACTÉRISTIQUES DE LA GRUE

Marque : \_\_\_\_\_ Hauteur sous flèche (m) : \_\_\_\_\_  
Type : \_\_\_\_\_ Longueur de flèche (m) : \_\_\_\_\_  
Numéro de série : \_\_\_\_\_  
Adresse du chantier : \_\_\_\_\_

### EFFET DE SITE

#### ➔ Effet de site simple

**Bâtiment générateur** (adresse)

\_\_\_\_\_

Hauteur (m) : \_\_\_\_\_

Longueur (m) : \_\_\_\_\_

Largeur (m) : \_\_\_\_\_

**Position de la grue** (localisation précise sur le chantier ou référence au plan d'implantation) : \_\_\_\_\_

Distance de la grue au bâtiment (m) : \_\_\_\_\_

Hauteur de survol de la grue (m) : \_\_\_\_\_

**Coefficient de site**

Cs = 1

Cs = 1,15

#### ➔ Effet de site important (caractérisation par un spécialiste)

Autorotation

Travers

Sans objet

Coefficient de site :

CS = \_\_\_\_\_

### SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'IMPLANTATION

Vent de référence (moyenné 10 minutes) (m/s) (NF EN 1991-1-4/NA) : \_\_\_\_\_

Vent de référence déterminé par donnée météo-France (moyenné 0,5 s) (m/s) : \_\_\_\_\_

Type de rugosité :  0  II  IIIa  IIIb  IV

Orographie :  Co = 1 (Terrain plat)  Autre situation Co : \_\_\_\_\_

Coefficient de direction :  Cdir = 1  Autre situation Cdir : \_\_\_\_\_

Hauteur moyenne de la canopée urbaine (seulement en rugosité IV) (m) : \_\_\_\_\_

### VENT HORS SERVICE ESTIMÉ SUR LA FLÈCHE DE LA GRUE

Vent de référence (moyenné 3s) (m/s) = \_\_\_\_\_

### CONFIGURATION DE MONTAGE

Afin d'assurer la stabilité de la grue il convient de stabiliser celle-ci suivant les préconisations constructeurs suivant une configuration correspondante à un profil de vent :

C25  C50  D25  D50  Profil spécifique constructeur

Mesures complémentaires : \_\_\_\_\_

### NOM ET QUALITÉ DE LA PERSONNE COMPÉTENTE AYANT ÉTABLI CETTE ANALYSE

Société : \_\_\_\_\_

Mr/Mme : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_ Signature : \_\_\_\_\_

## ANNEXE 6 – Logiciel

Ce logiciel requiert l'installation de microsoft®.NET FRAMEWORK et des logiciels associés.  
Ce logiciel est téléchargeable sur le site **www.inrs.fr** (rubrique "Publications et outils" – Grue à tour : détermination du vent hors service)

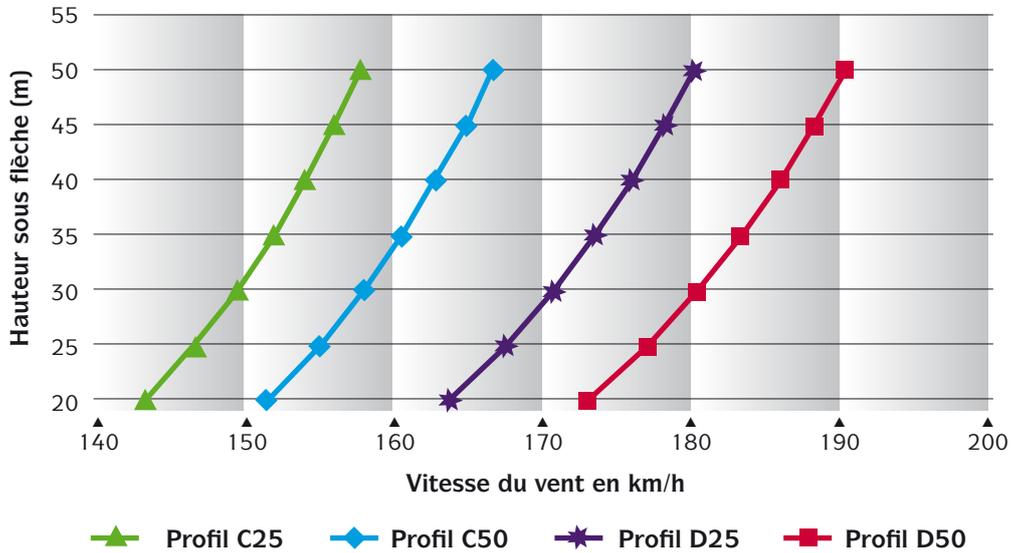
The screenshot shows the software interface titled "Logiciel d'aide à la détermination du vent hors service appliqué sur une grue". The interface is divided into several sections:

- Vent de Référence:** A dropdown menu showing "75-Paris".
- Caractéristiques grue:** A text input field for "Hauteur de la flèche par rapport au sol (m)" with the value "40".
- Rugosité:** A dropdown menu showing "IIlb - Bocage dense ou zone indus". Below it, a text input field for "Rayon où la rugosité est à qualifier (m)" with the value "1924".
- Détermination du coefficient de site:** A section with several input fields: "Hauteur bâtiment (m)" (35), "Largeur bâtiment (m)" (20), "Longueur bâtiment (m)" (20), and "Distance de la grue au bâtiment (m)" (80). There are also checkboxes for "Hauteur Canopée supérieure à la moitié de la hauteur du bâtiment considéré", "Coefficient de site" (with options 1, 1,15, and Recours à expert indispensable), and "Recours à expert indispensable".
- Résultat:** A text input field for "Vpointe (km/h) à hauteur de la flèche" with the value "153". Below it, a note states "Nota : Vitesse en km/h sans effet de site : 133".
- Grues:** A section showing "Grue EN14439" with a dropdown menu showing "C25" and "Autres grues" with a dropdown menu showing "C50".

Callouts from the surrounding text point to these specific fields:

- "Département et éventuellement canton d'implantation de la grue" points to the "Vent de Référence" dropdown.
- "Hauteur sous flèche de la grue" points to the "Hauteur de la flèche par rapport au sol (m)" input field.
- "Rayon sur lequel la rugosité doit être caractérisée" points to the "Rayon où la rugosité est à qualifier (m)" input field.
- "Type de rugosité" points to the "Rugosité" dropdown menu.
- "Résultat en matière de vitesse de vent sur la flèche." points to the "Vpointe (km/h) à hauteur de la flèche" input field.
- "Profil de stabilisation possible. Dans cet exemple C25 ou C50 (fonction des profils indiqués par la notice d'instruction)." points to the "Grue EN14439" dropdown menu.

**ANNEXE 7 – Profils C25, C50, D25 et D50**  
suivant EN 13001-2



**Profils des vitesses de vent hors service en km/h**

Hauteur (m)	C25	C50	D25	D50
20	143	151	164	173
25	147	155	172	177
30	149	158	171	180
35	152	160	174	183
40	154	163	176	186
45	156	165	178	188
50	158	167	180	190

# BIBLIOGRAPHIE

## Arrêté

→ Arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2004 relatif aux vérifications des appareils et accessoires de levage.

## Recommandation CNAMTS

→ Recommandation R. 406 – Prévention du risque de renversement des grues à tour sous l'effet du vent.

## Documents INRS

→ ED 813 – Grue à tour. Manuel de sécurité à l'usage des conducteurs et du personnel d'entretien, 2009, 72 p.

→ ED 6009 – Vérification réglementaire des appareils et accessoires de levage dans le BTP. Guide des utilisateurs, 2007, 36 p.

## Normes

→ NF EN 1991-1-4 : EUROCODE 1 – Actions sur les structures. Actions du vent.

→ NF EN 1991-1-4/NA – Annexe Nationale à la norme NF EN 1991-1-1-4.

→ NF EN 14439 – Appareils de levage à charge suspendue. Sécurité. Grue à Tour.

→ NF EN 13001-2 : 2014 – Sécurité des appareils de levage à charge suspendue. Conception générale. Partie 2 : Charge - Sécurité des appareils de levage à charge suspendue.

## Autre

→ Étude CSTB/INRS sur la stabilité des grues à tour, réf. EN-CAPE 2.204 C & 13.231 C.

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

## Services Prévention des Carsat et des Cram

### Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)  
14 rue Adolphe-Seyboth  
CS 10392  
67010 Strasbourg cedex  
tél. 03 88 14 33 00  
fax 03 88 23 54 13  
prevention.documentation@carsat-am.fr  
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)  
3 place du Roi-George  
BP 31062  
57036 Metz cedex 1  
tél. 03 87 66 86 22  
fax 03 87 55 98 65  
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)  
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny  
BP 70488  
68018 Colmar cedex  
tél. 03 69 45 10 12  
www.carsat-alsacemoselle.fr

### Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,  
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,  
64 Pyrénées-Atlantiques)  
80 avenue de la Jallère  
33053 Bordeaux cedex  
tél. 05 56 11 64 36  
fax 05 57 57 70 04  
documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr  
www.carsat.aquitaine.fr

### Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,  
43 Haute-Loire,  
63 Puy-de-Dôme)  
Espace Entreprises  
Clermont République  
63036 Clermont-Ferrand cedex 9  
tél. 04 73 42 70 76  
offredoc@carsat-auvergne.fr  
www.carsat-auvergne.fr

### Carsat BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,  
39 Jura, 58 Nièvre,  
70 Haute-Saône,  
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,  
90 Territoire de Belfort)  
ZAE Cap-Nord, 38 rue de Cracovie  
21044 Dijon cedex  
tél. 03 80 70 51 32  
fax 03 80 70 52 89  
prevention@carsat-bfc.fr  
www.carsat-bfc.fr

### Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,  
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)  
236 rue de Châteaugiron  
35030 Rennes cedex  
tél. 02 99 26 74 63  
fax 02 99 26 70 48  
drpcdi@carsat-bretagne.fr  
www.carsat-bretagne.fr

### Carsat CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,  
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)  
36 rue Xaintraillies  
45033 Orléans cedex 1  
tél. 02 38 81 50 00  
fax 02 38 79 70 29  
prev@carsat-centre.fr  
www.carsat-centre.fr

### Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,  
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,  
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)  
37 avenue du président René-Coty  
87048 Limoges cedex  
tél. 05 55 45 39 04  
fax 05 55 45 71 45  
cirp@carsat-centreouest.fr  
www.carsat-centreouest.fr

### Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,  
78 Yvelines, 91 Essonne,  
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,  
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)  
17-19 place de l'Argonne  
75019 Paris  
tél. 01 40 05 32 64  
fax 01 40 05 38 84  
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr  
www.cramif.fr

### Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,  
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)  
29 cours Gambetta  
34068 Montpellier cedex 2  
tél. 04 67 12 95 55  
fax 04 67 12 95 56  
prevdoc@carsat-lr.fr  
www.carsat-lr.fr

### Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,  
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,  
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)  
2 rue Georges-Vivent  
31065 Toulouse cedex 9  
fax 05 62 14 88 24  
doc.prev@carsat-mp.fr  
www.carsat-mp.fr

### Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,  
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,  
55 Meuse, 88 Vosges)  
81 à 85 rue de Metz  
54073 Nancy cedex  
tél. 03 83 34 49 02  
fax 03 83 34 48 70  
documentation.prevention@carsat-nordest.fr  
www.carsat-nordest.fr

### Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,  
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)  
11 allée Vauban  
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex  
tél. 03 20 05 60 28  
fax 03 20 05 79 30  
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr  
www.carsat-nordpicardie.fr

### Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,  
61 Orne, 76 Seine-Maritime)  
Avenue du Grand-Cours, 2022 X  
76028 Rouen cedex  
tél. 02 35 03 58 22  
fax 02 35 03 60 76  
prevention@carsat-normandie.fr  
www.carsat-normandie.fr

### Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,  
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)  
2 place de Bretagne  
44932 Nantes cedex 9  
tél. 02 51 72 84 08  
fax 02 51 82 31 62  
documentation.rp@carsat-pl.fr  
www.carsat-pl.fr

### Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,  
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,  
74 Haute-Savoie)  
26 rue d'Aubigny  
69436 Lyon cedex 3  
tél. 04 72 91 96 96  
fax 04 72 91 97 09  
preventionrp@carsat-ra.fr  
www.carsat-ra.fr

### Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,  
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,  
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,  
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)  
35 rue George  
13386 Marseille cedex 5  
tél. 04 91 85 85 36  
fax 04 91 85 75 66  
documentation.prevention@carsat-sudest.fr  
www.carsat-sudest.fr

## Services Prévention des CGSS

### CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre  
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13  
lina.palmonet@cgss-guadeloupe.fr

### CGSS GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, Route de Raban,  
BP 7015, 97307 Cayenne cedex  
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01  
prevention-rp@cgss-guyane.fr

### CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9  
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01  
prevention@cgss-reunion.fr

### CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2  
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54  
prevention972@cgss-martinique.fr  
www.cgss-martinique.fr

Les grues à tour, en raison de leur légèreté et de leur hauteur, sont des structures sensibles au vent. Dans certaines conditions et selon l'environnement considéré, des vents violents peuvent mettre en péril leur stabilité et entraîner leur renversement.

L'objet de ce guide est de repreciser les règles de détermination du vent hors service, en intégrant la prise en compte des effets de site.

Un logiciel de calcul, permettant la détermination du vent hors service et téléchargeable sur le site de l'INRS, est présenté en annexe.



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00  
[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) • [info@inrs.fr](mailto:info@inrs.fr)

**Édition INRS ED 6176**

1<sup>re</sup> édition • novembre 2015 • 5 000 ex. • ISBN 9987-2-7389-2211-3