

Les documents de formation

Les influences du vent sur l'utilisation des grues



LIEBHERR

Impressum :

4e édition 2017
Liebherr-Werk Ehingen GmbH
Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1
D-89582 Ehingen/Donau
www.liebherr.com
Centre de formation.LWE@liebherr.com

Tous droits réservés.



Quand le vent souffle.

Partout où des hommes travaillent, des erreurs peuvent être commises. Dans le cas de travaux effectués avec des grues notamment avec du vent, cela peut représenter un potentiel de risque qu'il ne faut pas sous-estimer. Le conducteur doit s'assurer que la grue n'est exposée à aucun vent excédant les limites fixées par le fabricant. De la même manière, il doit savoir prendre les bonnes décisions au bon moment et mettre en œuvre les mesures adéquates pour que la grue ne soit jamais rendue dangereuse à cause de l'influence du vent.

En présence d'un risque, le conducteur de la grue doit mettre en œuvre les mesures qui ont été déterminées par l'entrepreneur respectif. Ainsi, en cas d'urgence, il revient au conducteur de la grue de décider sur place si le vent est trop fort et si le travail doit être interrompu. Pour cela, il est primordial qu'il soit averti à temps d'une tempête se préparant sur une vaste région et pour une longue période. Cependant, les rafales de vent survenant localement, par exemple associées à des averses et des orages violents, sont elles aussi particulièrement dangereuses.

Le présent document de formation est destiné à l'information des conducteurs de grue, des concepteurs de projets ainsi que des entrepreneurs spécialisés dans les travaux sur grue. L'objectif est de présenter, à titre d'exemple, les différentes options d'action lors de l'utilisation d'une grue sous l'influence du vent. Pour commencer, nous vous présenterons les bases de la charge de vent. Nous vous expliquerons ensuite comment déterminer les charges de vent, puis comment aborder des cas de charge spéciaux tels que, p. ex., la mise en place d'éoliennes. Nous vous détaillerons également les informations dont vous aurez besoin pour cela.

Nous avons conçu le présent document de manière à ce que le lecteur puisse s'appropriier le contenu qui le concerne de manière autodidacte, en fonction de ses connaissances. Des exemples et des mises en situation viennent illustrer les propos et permettre au lecteur de s'exercer. Vous trouverez en outre des conseils et des outils précieux dans le cadre d'un travail quotidien sur une grue. Ce document de formation n'a aucune incidence sur l'exhaustivité du manuel d'utilisation et du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles pour la grue Liebherr respective, et ne saurait les remplacer. Nous vous recommandons à la plus grande prudence lors de travaux avec de gros engins et nous partageons avec vous nos 40 années d'expérience en tant que leader sur le marché des fabricants de grues.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH



Comment aborder ce document ?



Explication des illustrations

Question relative au contenu de la formation dans le paragraphe précédent. (Comparez vos propres réponses avec la solution à la fin du document)



Remarque importante/Information sur le thème traité.



Ce panneau indique une situation dangereuse concernant le thème traité.

Remarques :

Les colonnes gauche et droite de chaque page vous permettent de noter vos propres remarques. Ces notes personnelles doivent correspondre avec ce qui a déjà été prédéterminé, servir à la compréhension et à la réitération.

Méthode de travail :

- Tout d'abord, lisez attentivement le texte d'un chapitre.
- Répétez le contenu du chapitre respectif à l'aide des remarques imprimées et de vos propres remarques inscrites dans la marge.
- Répondez aux questions posées à la fin du chapitre (si possible sans rechercher les réponses dans le texte).
- Vous trouverez les solutions à ces questions à la fin du document.
- Si vous ne savez pas répondre aux questions sans rechercher les réponses dans le texte, retravaillez tout le chapitre.
- Ce n'est qu'une fois ce travail effectué que vous pourrez passer à l'étude du chapitre suivant.
- A la fin du document, vérifiez si vous avez atteint les objectifs d'apprentissage indiqués ci-dessous.

Objectifs d'apprentissage :

Après avoir travaillé sur l'ensemble de ce document, vous devez :

- Connaître les différentes influences du vent lors de l'utilisation d'une grue.
- Savoir nommer les termes techniques utilisés pour le calcul de la force du vent.
- Savoir calculer la charge de vent pour un cas de charge standard et pour un cas de charge spécial.
- Être capable de calculer la nouvelle vitesse de rafale maximale admissible.



Table des matières

1. Introduction et problématique.....	7
1. 1 Influence du vent sur la grue et la charge	8
1. 2 Exercices.....	11
2. Connaissances de base sur « le vent ».....	12
2. 1 Rafales de vent et rugosité.....	14
2. 2 Informations sur le vent et la météo	17
2. 2. 1 Vitesse de rafale vent en fonction de la hauteur	18
2. 3 Exercices.....	19
3. Description - Schéma d'une éolienne.....	20
4. Facteurs de calcul pour la force du vent.....	22
4. 1 Prise en considération des valeurs disponibles	22
4. 1. 1 Poids de la charge de levage (m_H)	22
4. 1. 2 Surface de projection maximale (A_p).....	22
4. 1. 3 c_w -Valeur	23
4. 1. 4 Vitesse actuelle du vent (v_{act}).....	23
4. 2 Détermination ou calcul des valeurs non disponibles	25
4. 2. 1 Formule de la surface de prise au vent (A_w).....	25
4. 2. 2 Vitesse maximale admissible du vent d'après le manuel regroupant les tableaux des charges admissibles	25
4. 2. 3 Pression dynamique (p)	26
4. 2. 4 Charge de vent (F_w).....	26
4. 3 Exercices.....	26
5. Détermination de la vitesse maximale admissible du vent	27
5. 1 Méthode (1) : diagramme de la force du vent	27
5. 1. 1 Exemple de détermination de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge spécial.....	28
5. 1. 2 Exemple de détermination de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge standard	28
5. 2 Méthode (2) : formule	33
5. 2. 1 Exemple de calcul de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge standard	33
5. 2. 2 Exemple de calcul de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge spécial	33
5. 3 Exercices.....	34



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

6. Influences du vent en cas de « grue hors service »	36
6. 1 Procédure lors de l'interruption de l'utilisation de la grue.....	37
6. 2 Utilisation des tableaux vent.....	38
6. 2. 1 Exemple avec les grues télescopiques :	38
6. 2. 2 Exemple de grues en treillis :	41
7. Conclusion	44
8. Annexe	45
8. 1 Les grues Liebherr dans l'énergie éolienne.....	45
8. 1. 1 Grues mobiles actuelles (2016).....	45
8. 1. 2 Grues sur chenilles télescopiques actuelles (2016).....	47
8. 1. 3 Grues sur chenilles actuelles (2016).....	47
8. 1. 4 Grues à flèche en treillis (2016)	50
8. 2 Solutions des exercices.....	51

Définition des notions

N	Newton (unité de mesure de la force)
C_w	Coefficient de résistance au vent (coefficient de résistance à l'écoulement)
A_p	Surface de projection d'un corps (m^2)
A_w	Surface de prise au vent (m^2)
v_{max}	Vitesse maximale admissible de rafales de 3 secondes (m/s) pour une hauteur de levage maximale.
v_{max_TAB}	Vitesse maximale admissible de rafales de 3 secondes (m/s) pour une hauteur de levage maximale, indiquée pour les valeurs de charges admissibles dans le tableau des charges admissibles.
v_{act}	Vitesse de vent actuelle (m/s).
$v(z)$	Sur une période de 3 secondes, valeur moyenne de la vitesse du vent à une hauteur z au-dessus du sol (m/s).
p	Pression dynamique (pression sur un corps en raison de l'effet du vent en N/m^2)
F_w	Charge de vent (force qui s'exerce sur un corps en raison de l'effet du vent)
m_H	Charge de levage (t) (y compris moyens d'élingage et moufle à crochet et éventuellement parties du câble de levage). La charge de levage doit au maximum atteindre la valeur du tableau des charges admissibles.



Toute description de la vitesse du vent dans ce document se rapporte systématiquement à la vitesse de rafale, car celle-ci est toujours supérieure à la vitesse normale du vent. Par conséquent, la vitesse de rafale doit toujours servir de base pour le calcul.



1. Introduction et problématique

Souvent, le vent et les rafales constituent un facteur sous-estimé dans les accidents impliquant une grue mobile ou sur chenilles. Lors du levage de charges ayant de grandes surfaces de prise au vent, telles que p. ex. les pales de rotor ou les rotors complets d'éoliennes. Il peut arriver que les valeurs standard prédéterminées par la norme EN 13000 (voir annexe chap. 7.3) constituent la base du calcul pour la grue. Peuvent être nettement dépassées.

Ces valeurs standard sont par exemple le **coefficient de résistance au vent** (c_w) ou la valeur permettant de calculer la **surface de projection** d'une charge. Ces deux valeurs, ensemble, donnent au final une indication sur la **surface de prise au vent** effective d'une charge. Dans le cas d'une charge de grande surface notamment (cas de charge spéciaux), la vitesse du vent indiquée dans les tableaux de charge admissible peut être non valable pour le travail avec la grue. Une nouvelle vitesse du vent, plus faible que la vitesse du vent admissible d'origine, doit être déterminée pour ces cas de charge spéciaux.

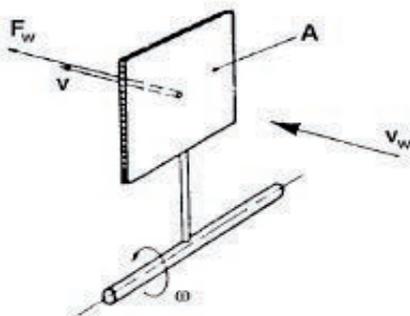


Image 1: Principe de résistance

Quel est le rôle du vent lors du dépassement de ces valeurs standard ?

Lorsque le vent vient heurter une surface, il génère une force (**force de résistance**). Cette force s'applique sur cette surface dans la direction du vent.

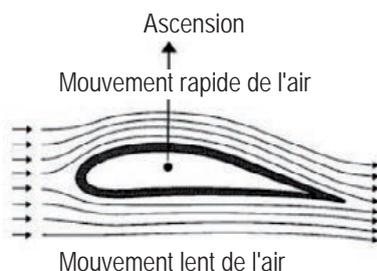


Image 2: Principe d'ascension

Dans le cas d'une surface porteuse ou d'un rotor, une autre force agit en plus appelée **force ascensionnelle**. La surface/longueur du dessus d'une aile est supérieure à celle du dessous. L'air doit ainsi se déplacer plus rapidement sur le dessus que sur le dessous. Il en résulte une dépression sur le dessus et une surpression sur le dessous. Grâce à la force ascensionnelle ainsi générée, l'aile est poussée vers le haut.

La force du vent s'exerce ainsi sur une charge. Cette force peut la surcharger ou la décharger. Cette conséquence est le **principe de résistance** et le **principe d'ascension**.

Influence du vent sur la charge

Principe de résistance

Principe d'ascension



1. 1 Influence du vent sur la grue et la charge

Cela s'applique de manière similaire pour la grue :



Image 3: Vent de face et vent arrière



Image 4: Vent latéral



Risque d'accident !

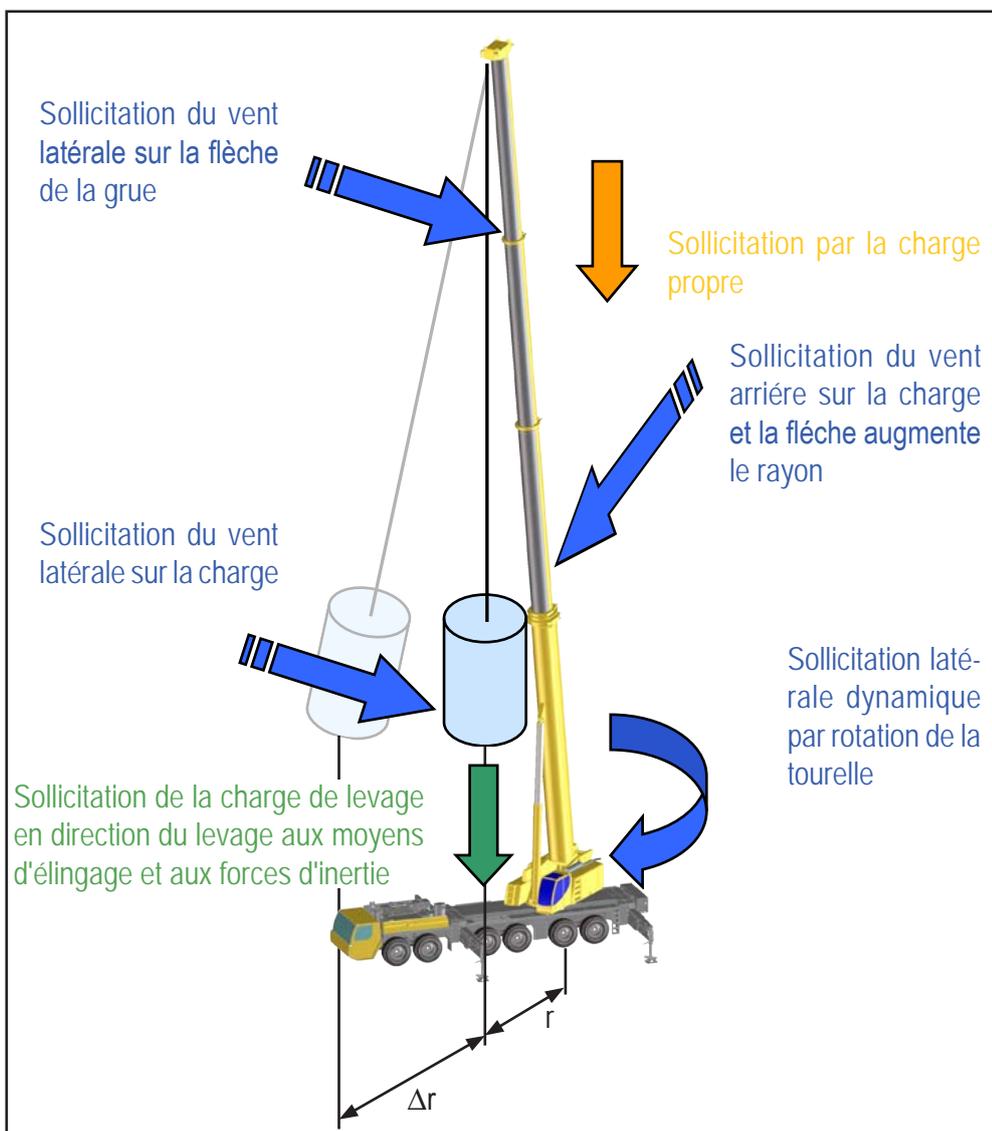
Le vent de face ne réduit pas la sollicitation sur les crochets, les câbles de levage, les poulies de câbles de levage et les treuils de levage, car la charge continue d'exercer sa force (voir le chap. 4.1.1). En cas de vent de face, le levage d'une charge peut être surchargés par jusqu'à la désactivation de limitation du couple de charge ! Lors de la décharge du vent de face, l'ensemble formé de la grue et du haubanage de la flèche peut être surchargé, si la grue a auparavant été sollicitée jusqu'à la désactivation de limitation du couple de charge ! **Le conducteur de la grue doit donc connaître le poids de la charge et ne doit pas dépasser la charge maximale admissible !**



Le vent latéral est particulièrement dangereux sur la flèche de la grue et la charge. Il n'est pas enregistré par la limitation du couple de charge. La grue peut donc être surchargée.

La sollicitation supplémentaire par le vent latéral n'est pas indiquée par la limitation du couple de charge.

Vent latéral



Sollicitations possibles sur la grue

r = Rayon
 Δr = Rayon accru par l'influence du vent

Image 5: Sollicitations susceptibles de s'exercer sur la grue

Lorsque le vent vient heurter la charge, celle-ci est déviée dans la direction du vent. En d'autres termes, la force de la charge ne s'exerce plus verticalement et vers le bas de la flèche. Selon la force du vent, la surface de prise au vent et la direction du vent, le rayon de la charge peut augmenter ou des forces latérales non admissibles peuvent s'exercer sur la flèche de la grue.

Influence du vent sur la charge



Aperçu des risques dus au vent



	Vent de face	Vent arrière	Vent latéral
Flèche	En cas de vent de face, le système de flèche est déchargé. L'indication de charge est trop faible. La désactivation de limitation du couple de charge s'effectue seulement dans le cas d'une charge supérieure à la charge maximale admissible.	En cas de vent arrière, le système de flèche est sollicité davantage. L'indication de charge est trop élevée. La désactivation de limitation du couple de charge s'effectue déjà dans le cas d'une charge inférieure à la charge maximale admissible selon le tableau des charges admissibles.	En cas de vent latéral, le système de flèche est sollicité latéralement. L'indication de charge est approximativement égale à celle dans le cas d'une « utilisation de la grue en l'absence de vent ». La limitation du couple de charge ne prend en compte aucun vent latéral.
Charge	La forme et le poids propre de la charge jouent un rôle important en présence de vent. Le vent entraîne la charge dans un mouvement pendulaire, ce qui fait osciller la flèche de la grue. Cette oscillation (dynamique) de la flèche augmente la charge de la grue. Dans la zone limite, il peut arriver que la désactivation de limitation du couple de charge s'active et se désactive sans cesse. Avec des charges spéciales telles que, p. ex., un rotor, le vent peut agir en réduisant la charge, en raison de la forme du rotor.		

Facteurs imprévisibles

Une technique et une qualité irréprochables des grues, une expérience professionnelle de longue date, ainsi qu'une bonne formation des conducteurs ou conductrices de grue et une planification professionnelle des opérations réduisent considérablement le risque d'accident du travail. Cependant : des facteurs imprévisibles tels que, p. ex., des rafales de vent soudaines, sont difficilement calculables, voire totalement impossibles à calculer précisément à l'avance. Les notions de surface de prise au vent et de surface de projection du vent, de valeur c_w , de rafales, de vitesse du vent, de la charge du vent ou de classes de rugosité sont expliquées ci-après.

Mais que cela signifie-t-il pour les travaux avec une grue en présence de vent ?

Nouveau calcul de la vitesse maximale admissible

Lors de la planification, il convient de réduire les vitesses maximales admissibles du vent indiquées dans les tableaux des charges admissibles, notamment dans le cas de charges ayant des surfaces de projection ou des valeurs c_w importantes.

La personne responsable de l'utilisation de la grue doit posséder des connaissances de base dans le domaine des influences du vent dans l'utilisation de la grues. Cette personne doit également être capable de recalculer la réduction nécessaire de la vitesse du vent admissible pour le cas de charge spéciaux avec des charges de grande surface.

La vitesse maximale admissible du vent (v_{max}) et la vitesse maximale admissible du vent selon le tableau des charges (v_{max_TAB}) se réfèrent toujours à la vitesse de rafales de 3 secondes à une hauteur de levage maximale.



1. 2 Exercices

Exercice 1

Quels types de vent peuvent agir sur la flèche ? (plusieurs réponses possibles)

- Charge de vent
- Evaporation
- Vent de face
- Energie éolienne
- Vent arrière
- Vent latéral



Exercice 2

Quels types de vent ont des conséquences sur la limitation du couple de charge ?

(Réponse)

La désactivation de limitation du couple de charge s'effectue déjà dans le cas d'une charge inférieure à la charge maximale admissible selon le tableau des charges admissibles.

(Réponse)

La désactivation ne s'effectue que pour une charge supérieure à la charge maximale admissible.

(Réponse)

Il n'y a aucune désactivation de limitation du couple de charge.

Exercice 3

Comment le vent agit-il sur la charge au niveau de la grue ? (plusieurs réponses possibles)

- aucune influence
- la charge peut penduler
- la charge tourne sur le câble
- le rayon de la charge peut augmenter



Comment se forme le vent ?

2. Connaissances de base sur « le vent »

Dans ce chapitre, vous acquerez des connaissances de base sur la formation du vent et recevrez les premières explications sur les termes techniques spécifiques au vent.

Le vent est de l'air en mouvement. Ce mouvement naît sous forme de courant d'équilibrage en raison des différentes températures de l'air et des différences de pression qui en résultent entre les zones à haute pression et les zones à basse pression.

La force motrice des vents est le rayonnement solaire. Celui-ci heurte la Terre et son enveloppe d'air avec des intensités différentes : perpendiculairement à l'équateur et aux pôles comme une lumière rasante. La Terre et les masses d'air au niveau de l'équateur se réchauffent, l'air devient plus léger et s'élève. Chaleur torride au-dessus des tropiques, grand froid au niveau des régions polaires : cela ne peut rester tel quel, la nature réclame l'équilibre. Ainsi, l'air chaud s'écoule, au niveau du bord supérieur de la troposphère, vers les régions plus froides.

Sur son chemin vers le Nord, l'air perd tant de chaleur qu'il devient finalement lourd et retombe au sol, froid. Un circuit se forme : Dans la haute atmosphère, l'air chaud pousse vers la région polaire. Au sol, l'air froid revient vers les tropiques, comme aspiré par un aspirateur. Le transport de l'air à partir de l'équateur ne parvient jamais jusqu'au pôle : la rotation de la Terre le dévie sur le côté. Elle entraîne également en rotation les zones à haute et à basse pression.

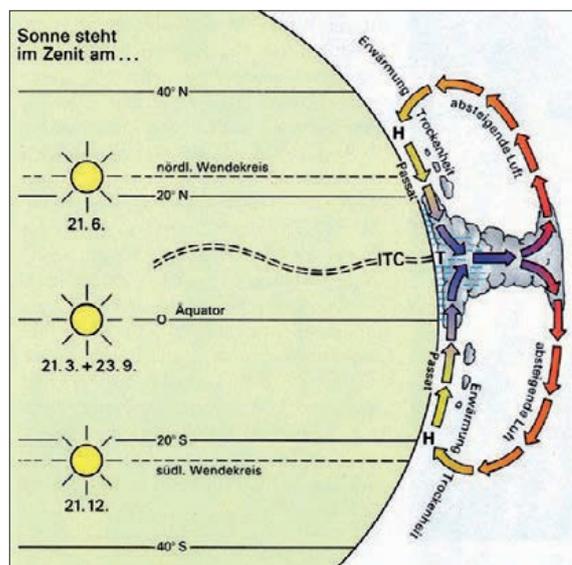


Image 6: La naissance du vent

La vitesse du vent la plus élevée ayant jamais été mesurée en Allemagne jusqu'à aujourd'hui était de 335 km/h. Elle a été enregistrée le 12 juin 1985 sur le sommet du Zugspitze. Elle correspondait mathématiquement à la valeur de Beaufort 23,1.

Le Beaufort (bft) est une unité « arbitraire ». Elle exprime l'effet ressenti du vent. Le Beaufort (bft) est toutefois en relation directe avec la vitesse physiquement mesurable du vent. Le diagramme suivant illustre la relation entre la vitesse du vent et les forces du vent.

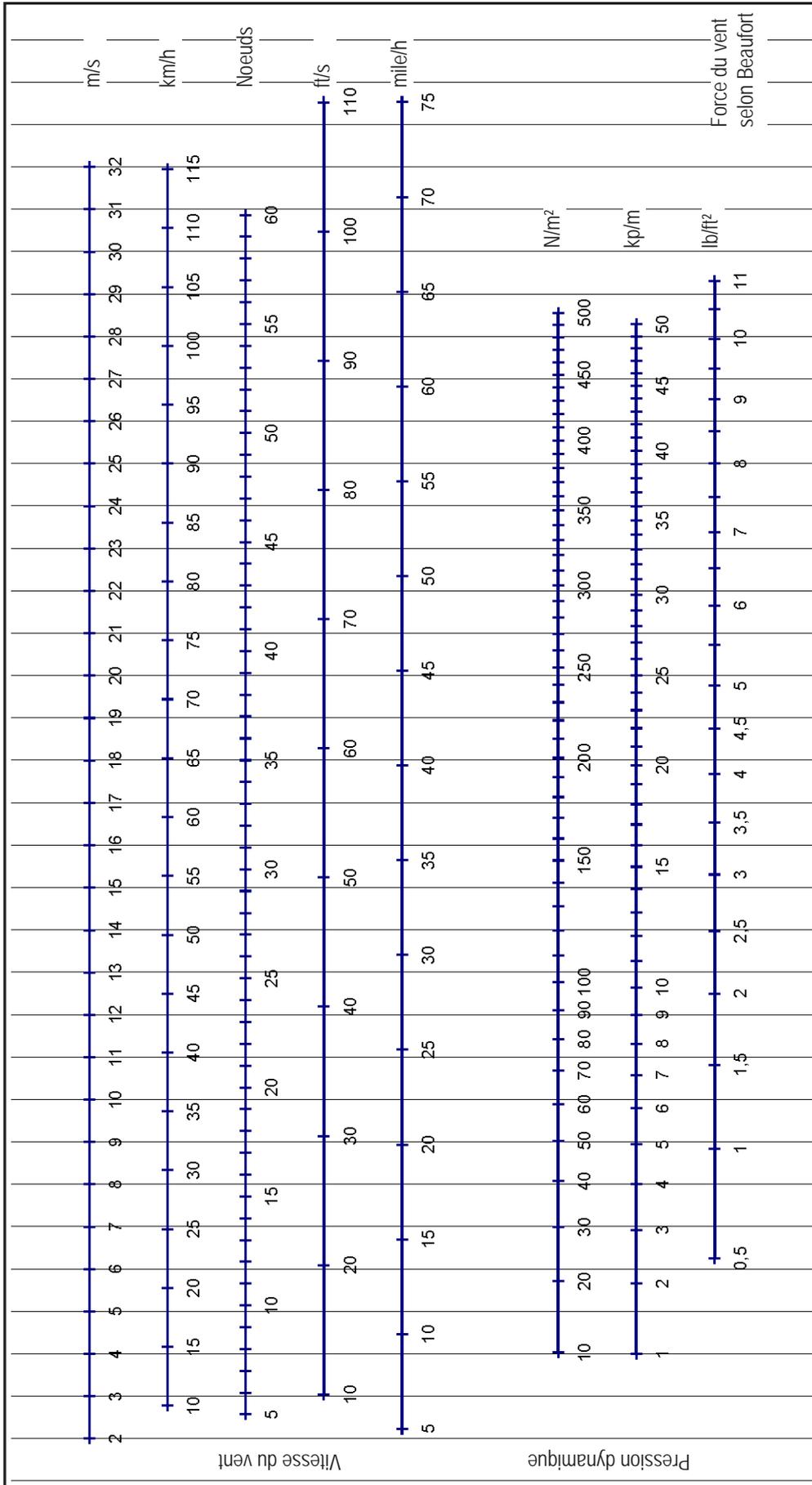


Diagramme des forces du vent

Image 7: Mise en relation de la force du vent et de la vitesse du vent



Qu'est-ce qu'une rafale de vent ?

2. 1 Rafales de vent et rugosité

Une **rafale** désigne un fort coup de vent devenant actif dans le cadre d'un vent ou d'un système de tempête. Les gens sont toujours surpris lorsque dans un bulletin météorologique, on parle par exemple d'un vent de 33 km/h alors que l'on a l'impression que le vent est bien plus fort.

Il s'agit effectivement, dans le cas de la rafale, d'un **coup de vent** qui survient plus fortement, indépendamment de la vitesse moyenne du vent. Ainsi, une rafale de vent peut atteindre 60 km/h ou plus, alors que la valeur moyenne est nettement inférieure.

Les rafales peuvent donc également devenir **très dangereuses** car elles se déclarent soudainement et ne durent pas longtemps. La durée n'est toutefois pas le vrai problème, mais bien l'apparition soudaine d'un mouvement d'air beaucoup plus fort que le laisse à penser le vent actuel.



Les rafales peuvent ainsi engendrer des situations dangereuses, et pas uniquement dans le trafic routier.

Image 8: Bus renversé après une rafale de vent

Définition d'une rafale de vent selon EN 13000

La vitesse d'une rafale de vent est la valeur moyenne de la vitesse du vent, mesurée sur une période de **3 secondes**. La vitesse d'une rafale est supérieure à la vitesse moyenne du vent, moyennée sur une période de 10 minutes.

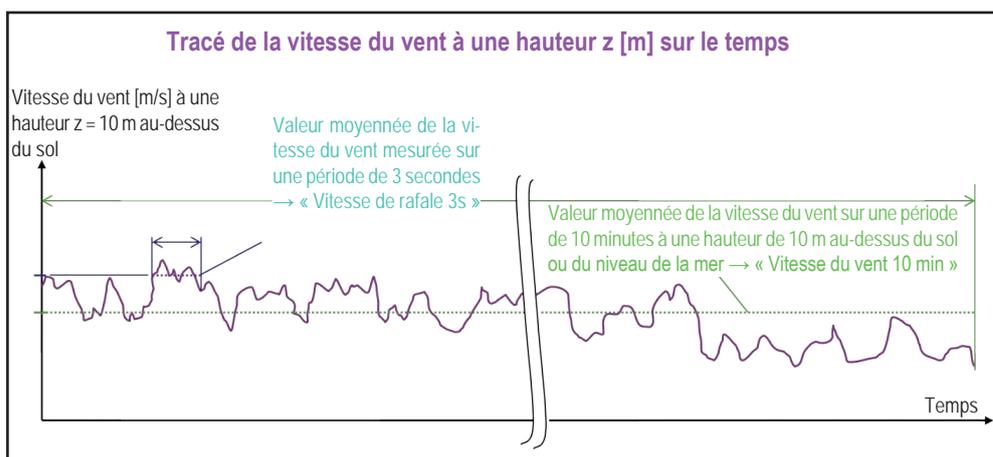


Image 9: Diagramme de détermination des rafales de vent

Il existe des conditions extérieures qui peuvent accroître ou diminuer la vitesse des rafales de vent :

- Bâtiments
- Gorges et vallées étroites
- Plans d'eau lisses
- Hauteur au-dessus du sol



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

Loin au-dessus du sol, à environ 1 kilomètre de hauteur, le vent n'est quasiment plus influencé par la texture de surface de la Terre. Dans les couches d'air plus basses de l'atmosphère, les vitesses du vent sont réduites par les frottements du sol. On différencie la **rugosité** du terrain, l'influence d'obstacles et l'influence de contours du paysage, également appelée « orographie » du paysage.

La vitesse du vent est d'autant plus freinée que la rugosité du sol est prononcée. Les forêts et les grandes villes freinent bien entendu considérablement le vent, tandis que les pistes d'atterrissage bétonnées des aéroports ne ralentissent que légèrement le vent. Les plans d'eau, encore plus lisses, ont donc une influence encore plus faible sur le vent, tandis que l'herbe, les buissons et les branchages freinent considérablement le vent.

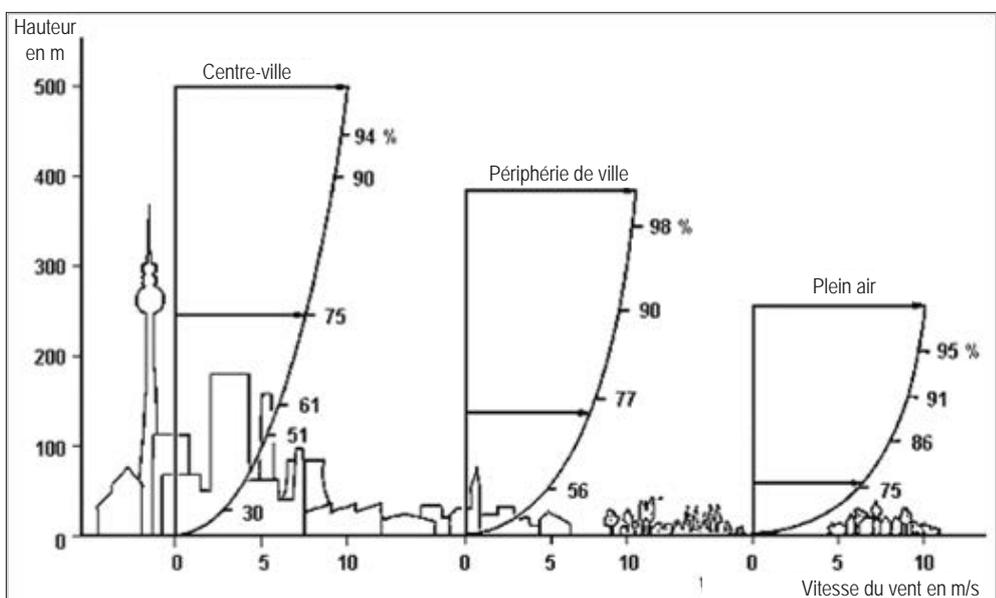


Image 10: Diagramme des différentes classes de rugosité

Dans l'industrie éolienne, les techniciens se réfèrent souvent à des classes de rugosité lorsqu'il s'agit d'évaluer les conditions de vent d'un paysage. Une classe de rugosité élevée de 3 à 4 se rapporte à un paysage comprenant de nombreux arbres et bâtiments, tandis que la surface de la mer tombe dans la classe de rugosité 0. Les pistes d'atterrissage bétonnées des aéroports se situent dans la classe de rugosité 0,5.

Comportement du vent à des hauteurs importantes

Vitesse du vent pour différentes classes de rugosité



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

Aperçu des classes de rugosité

Classe de rugosité	Types de surfaces de terrain
0	Plans d'eau
0,5	Terrain ouvert, surfaces lisses, p. ex. pistes d'atterrissage.
1	Terrain ouvert sans clôtures ni haies, éventuellement avec des bâtiments très dispersés et des collines très douces.
1,5	Terrain avec quelques maisons et des haies de 8 m de hauteur à une distance de plus d'1 km.
2	Terrain avec quelques maisons et des haies de 8 m de hauteur à une distance d'env. 500 m.
2,5	Terrain avec de nombreuses maisons, arbustes et plantes ou des haies de 8 m de hauteur à une distance d'env. 250 m.
3	Villages, petites villes, terrains avec des haies nombreuses ou hautes, forêts et terrain très rugueux et irrégulier.
3,5	Grandes villes avec bâtiments hauts.
4	Très grandes villes avec bâtiments très hauts.

Tableau 1: Classes de rugosité



Le phénomène « effet venturi »

Dans les villes dotées de bâtiments hauts, la rugosité est d'environ 4 (voir le tableau 2). On a ainsi l'impression que le vent n'y est pas très fort. Toutefois, dans les grandes villes comportant des immeubles hauts, on trouve également de grands couloirs entre les habitations. L'air est comprimé sur le côté venté des habitations et la vitesse du vent augmente nettement à mesure que celui-ci s'engouffre dans les couloirs entre les habitations. Ce phénomène est appelé « **Effet venturi** ». Lorsque la vitesse normale du vent dans un terrain ouvert est p. ex. égale à 6 m/s, elle peut atteindre 9 m/s dans un couloir entre des bâtiments.



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

2. 2 Informations sur le vent et la météo

Lors de l'utilisation d'une grue et tout particulièrement lors du levage de charges de grande surface, il est impératif de tenir compte des influences du vent.

Le conducteur de la grue doit s'informer de la vitesse maximale attendue du vent avant le début des travaux, auprès du **service météorologique** compétent. Si des vitesses de vent non admissibles sont attendues, il est interdit de soulever la charge ou de redresser la grue.



Les données météorologiques en cours peuvent être consultées sur **Internet** (p. ex. www.windfinder.com à la rubrique « Super Forecast »). **Veillez toutefois à ce que la vitesse des rafales, comme ici dans l'exemple, soit référée à une hauteur de 10 mètres au-dessus du sol.**

Ville: Hamburg Airport (HH-Airpt)

Date: Donnerstag, Jul 08

Affichage de la force du vent ou des rafales de vent en [m/s] ou [knt]

Modification de l'unité de [m/s] en [knt]

Windrichtung	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h
Windstärke (m/s)	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	2
Windböen (m/s)	5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2

Valeurs de vent sur Internet

Image 11: Capture d'écran de la page www.windfinder.com

Si la grue ne peut pas être abaissée sur le lieu d'installation en cas d'interruption du travail, les vitesses de vent apparaissant doivent être prises en compte pendant toute la durée d'utilisation. Les vitesses de vent apparaissant ne doivent pas dépasser les vitesses de vent admissibles dans les tableaux vent.





Vitesse du vent en fonction de la hauteur

2. 2. 1 Vitesse de rafale vent en fonction de la hauteur

Le service météorologique indique généralement la vitesse du vent moyennée sur 10 minutes et/ou la vitesse de rafale correspondante, rapportée à une hauteur de 10 m. En fonction de l'information disponible sur les deux, d'autres facteurs doivent être pris en compte pour déterminer la vitesse de rafale en fonction de la hauteur. Ils sont représentés dans le tableau suivant.

Si le service météorologique donne des vitesses de rafale à 10 m de hauteur, les facteurs dans la colonne en bleu doivent être pris en compte pour le calcul de la vitesse de rafale à la hauteur de travail correspondante.

Si seules les valeurs de la vitesse du vent moyennée sur 10 minutes sont disponibles, la colonne jaune doit être appliquée. Ces facteurs permettent de calculer la vitesse de rafale à la hauteur de travail présente.

Hauteur de travail	Facteurs en présence de la vitesse du vent moyennée sur 10 minutes à 10 m de hauteur	Facteurs en présence de la vitesse de rafale à 10 m de hauteur
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tableau 2: Facteurs pour la détermination de la vitesse de rafale en fonction de la hauteur sur la base de la vitesse de vent/rafale à 10 m de hauteur

Exemple

$$6,2 \text{ m/s} \times 1,272 = 7,89 \text{ m/s}$$

Le service météorologique vous indique p. ex. une vitesse de rafale de 6,2 m/s à 10 mètres au-dessus du sol.

Vous avez p. ex. une hauteur de travail max. de 100 mètres. D'après le calcul (voir à gauche), la vitesse de rafale à 100 m de hauteur est de 7,89 m/s. Avec une vitesse de rafale maximale admissible de 9 m/s d'après le tableau des charges admissibles, le levage de la charge peut être effectué.



2. 3 Exercices

Exercice 4

Déterminez, à l'aide du « Tableau 1 : classes de rugosité », la rugosité représentée dans les deux illustrations ci-dessous.

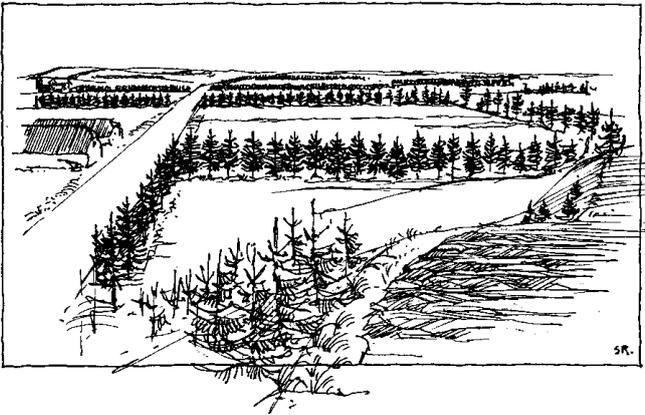


Image 12: Déterminez la classe de rugosité.

Réponse :



Image 13: Déterminez la classe de rugosité.

Réponse :

Exercice 5

Que signifie, d'après EN 13000, une « rafale de vent » ?

- un vent faible dû à une différence de pression de l'air
- un coup de vent violent de courte durée
- un coup de vent violent sur une période de 3 secondes d'une vitesse supérieure à la vitesse moyenne du vent

Exercice 6

À l'aide de la « Figure 11 » (page 17) et du « Tableau 2 » (page 18), quelle est la vitesse de rafale à 140 m d'altitude le 9 juillet à 15 h sur l'aéroport de Hambourg ?

Réponse :

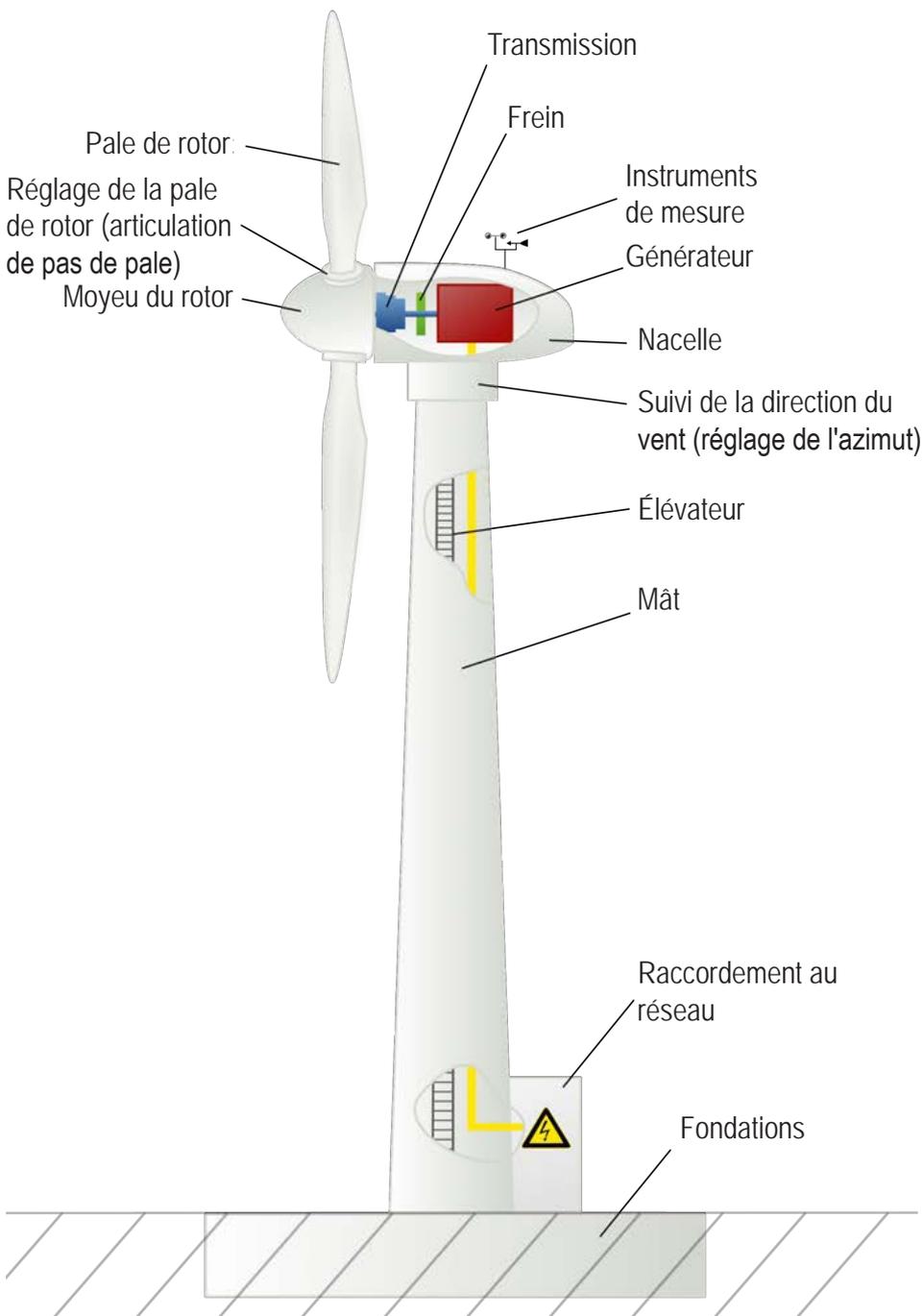


3. Description - Schéma d'une éolienne

Dans ce chapitre, vous découvrirez la structure schématique d'une éolienne. Nous vous expliquerons également la manière dont les vitesses du vent se comportent à différentes hauteurs.

L'utilisation de l'énergie éolienne est connue depuis des siècles. Aujourd'hui, on s'efforce de développer des **éoliennes** de plus en plus puissantes. La hauteur des mâts sur lesquels fonctionnent les installations ne cesse d'augmenter. Les nouvelles installations présentent des dimensions à couper le souffle. Sur un moyeu d'une hauteur pouvant atteindre 135 mètres, tourne un rotor d'un diamètre de 126 mètres. Par comparaison : l'envergure d'un Airbus A380 est de à peine 80 mètres.

Composants d'une éolienne





Les influences du vent sur l'utilisation des grues

Lorsque des éoliennes sont mises en place, seules ou en parcs, l'installation s'effectue la plupart du temps aux endroits où le vent souffle le plus fort. Chaque mètre gagné dans les hauteurs de l'atmosphère permet d'avoir un meilleur rendement. Si l'on observe la **structure verticale de l'atmosphère**, seule sa couche inférieure est appropriée pour l'exploitation de l'énergie du vent. Cela est dû à la structure des couches d'air à proximité du sol. Plus la hauteur augmente, moins la rugosité du sol influe sur la vitesse du vent. Ainsi, à des hauteurs importantes, le vent souffle plus uniformément et est généralement soumis à moins de turbulences. Ce phénomène est très intéressant pour les constructeurs d'éoliennes.

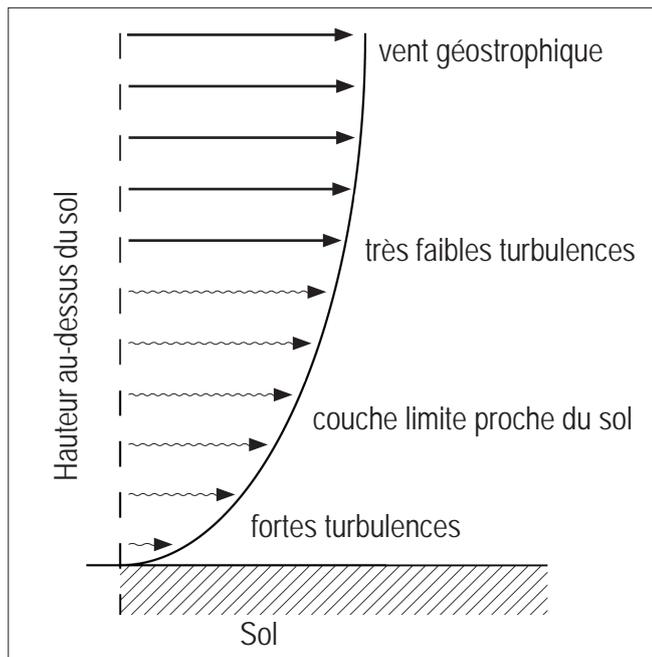


Image 14: Les turbulences à différentes hauteurs

Il faut également noter que la vitesse du vent diminue à mesure que l'on se rapproche du sol. Si l'on considère une installation dont le moyeu se situe à une hauteur de 40 mètres et qui possède un diamètre de rotor de 40 mètres, la pointe d'une pale de rotor est soumise à un vent p. ex. de 9,3 m/s lorsqu'elle se trouve dans la **position la plus élevée**. Dans la **position la plus basse**, la vitesse du vent au niveau de la pale du rotor n'est plus que de 7,7 m/s. En d'autres termes, les forces qui s'exercent sur la pale de rotor (solicitation du palier) dans la position la plus haute sont nettement supérieures à celles qui s'exercent sur la pale dans la position la plus basse.

Structure des couches d'air

Où apparaissent quelles turbulences



4. Facteurs de calcul pour la force du vent

Dans ce chapitre, vous découvrirez les termes techniques et les bases de calcul nécessaires au calcul des influences du vent lors de l'utilisation d'une grue. Vous apprendrez également à lire dans un diagramme la vitesse du vent admissible.

Les facteurs suivants sont d'une importance capitale dans le calcul des charges de vent :

- Poids de la charge
- Surface de projection maximale
- c_w -Valeur
- Vitesse maximale du vent
- Surface de prise au vent
- Pression dynamique

4. 1 Prise en considération des valeurs disponibles

Vous devez prendre en considération les valeurs suivantes avant d'entreprendre des travaux avec la grue :

- le **poids de la charge à soulever** (m_H) (voir le chap. 4.1.1)
- la **surface de projection maximale** (A_p) de la charge (voir le chap. 4.1.2)
- le **coefficient de résistance** (valeur c_w), (voir le chap. 4.1.3)
- la **vitesse actuelle du vent** (v_{act}) (voir le chap. 4.1.4)

4. 1. 1 Poids de la charge de levage (m_H)

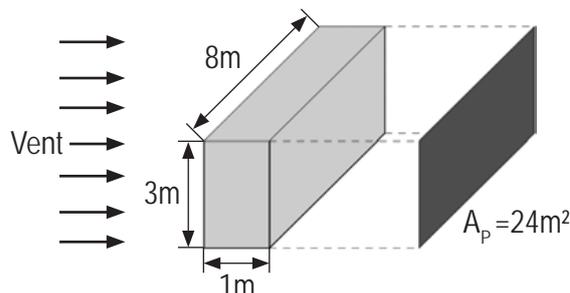
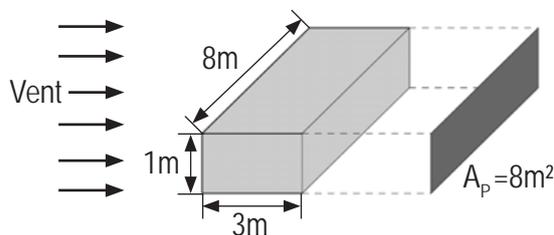
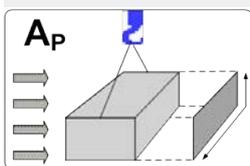
Le **poids** de la charge à soulever (charge et crochet) est mesuré en kilogrammes (kg) ou en tonnes (t). Le conducteur de la grue peut prendre connaissance du poids de la charge en consultant le bon de livraison, en lisant le marquage directement sur la charge ou en s'adressant au fabricant. Une charge pour laquelle le poids, la valeur c_w et la surface de projection ne sont pas connus ne doit pas être soulevée.

4. 1. 2 Surface de projection maximale (A_p)

Lorsqu'un corps est éclairé par une source de lumière, ce corps projette une ombre. Cette ombre est la **surface de projection** A_p du corps. Et lorsque le corps est atteint par du vent plutôt que par de la lumière, la même ombre est produite (surface de projection). Selon la direction du vent, l'ombre peut être plus ou moins grande. La surface de projection maximale vous est communiquée par le fabricant de la charge.

Définition du poids de la charge de levage

Définition de la surface de projection



L'exemple à gauche montre qu'un objet peut posséder différentes surfaces de projection. Il convient ainsi de prendre en compte la surface de projection maximale d'une charge ou d'un corps.

Plus la surface de projection est grande, plus la surface de prise au vent est importante.



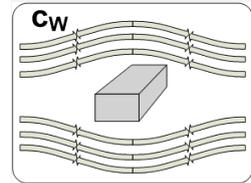
Les influences du vent sur l'utilisation des grues

4. 1. 3 c_w -Valeur

Lorsqu'un corps est atteint ou contourné par de l'air, celui-ci est freiné. Le corps représente un obstacle pour l'air (résistance à l'écoulement). En fonction de la forme du corps, la résistance à l'écoulement varie. Pour décrire la forme du corps, on définit le **coefficient de résistance**.

Le coefficient de résistance (valeur c_w) d'un corps indique l'importance de l'obstacle représenté par le corps pour l'air. La valeur c_w vous est communiquée par le fabricant de la charge.

Définition du coefficient de résistance



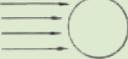
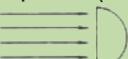
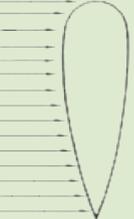
Corps	Coefficient de résistance c_w
Plaque/rectangle 	1,1 à 2,0
Cylindre 	0,6 à 1,0
Sphère 	0,3 à 0,4
Demi-sphère (avant) 	0,2 à 0,3
Demi-sphère (arrière) 	0,8 à 1,2
Rotor d'une éolienne 	env. 1,6

Tableau 3: c_w de corps typiques

4. 1. 4 Vitesse actuelle du vent (v_{act})

La **vitesse actuelle du vent** est indiquée en [m/s] ou en [km/h]. Avant de commencer les travaux, vous devez vous renseigner auprès du service météorologique compétent ou sur Internet (p. ex. www.wetterfinder.com) de la vitesse du vent attendue. Si des vitesses du vent non admissibles sont attendues, la charge ne doit pas être soulevée ! Vous pouvez également consulter la vitesse actuelle du vent à l'aide de l'**anémomètre** dans le système informatique LICCON.

Où puis-je me renseigner sur la vitesse actuelle du vent ?



La valeur actuelle de l'anémomètre présent sur la grue ne doit pas être utilisée comme seule base de calcul pour le levage de la charge. Avant le début du levage de la charge, vous devez toujours vous enquérir auprès du service météorologique compétent ou sur Internet de la vitesse actuelle/prévue du vent/des rafales pour toute la durée du levage de la charge.



Anémomètre

Jusqu'à **deux anémomètres** peuvent être montés sur la grue. L'indication relative au vent s'effectue dans l'écran de fonctionnement du système informatique LICCON. Si la valeur actuelle de la vitesse du vent dépasse la valeur maximale affichée, le symbole « Avertissement vent » se met à clignoter et l'alarme acoustique >>KLAXON COURT<< retentit. Il n'y a toutefois aucune désactivation des mouvements de la grue. Le levage de la charge doit cesser au plus vite et la flèche doit être abaissée si nécessaire. Dans ce cas, observer les vitesses de vent admissibles dans le tableau vent ou le tableau de redressement et d'abaissement.

La **valeur supérieure** dans le symbole « Avertissement vent » de l'écran de fonctionnement indique la valeur de l'anémomètre au niveau de la fléchette fixe.

La **valeur inférieure** dans le symbole « Avertissement vent » de l'écran de fonctionnement indique la valeur de l'anémomètre au niveau de la flèche principale.

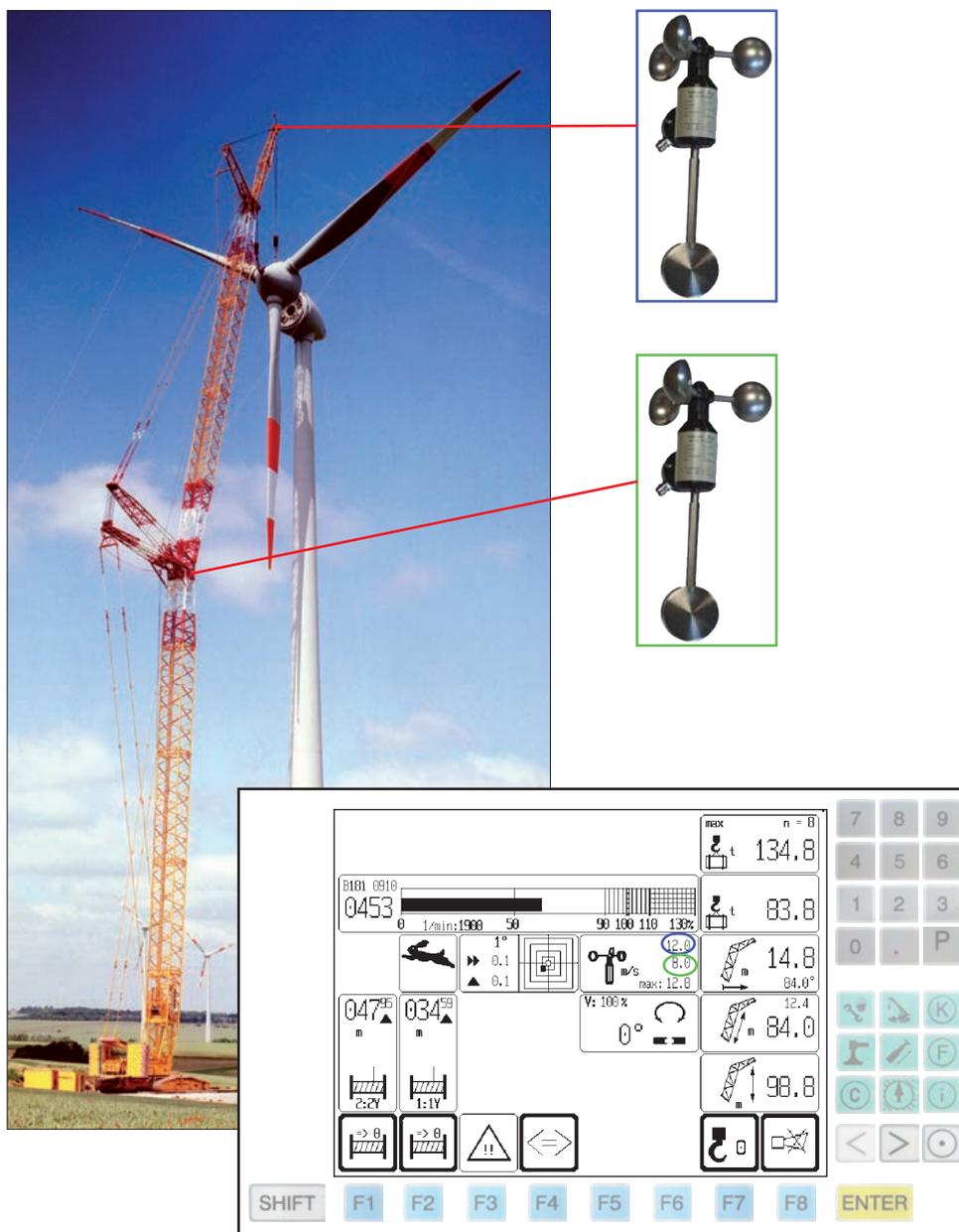


Image 15: Position de montage des anémomètres et écran de fonctionnement du LICCON.



**Définition
Pression dyna-
mique**

4. 2. 3 Pression dynamique (p)

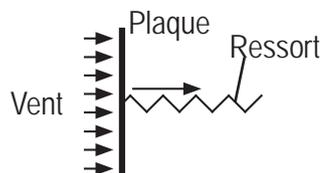
Lorsque le vent rencontre une plaque montée sur ressort (voir le graphique à droite), celle-ci est contournée par l'air. Une partie de l'air s'accumule ainsi à la surface de la plaque. Cette accumulation entraîne une augmentation de pression qui pousse la plaque contre le ressort. Cette pression est appelée **pression dynamique**.

Lorsque la vitesse du vent (v) augmente du **double**, la pression dynamique est **quadruplée**.

Densité de l'air :
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Formule de la pression dynamique (p) :

$p = F_w : A_w$ ou $p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$



**Définition de la
force**

4. 2. 4 Charge de vent (F_w)

Pour entraîner une roue éolienne, un vent fort est nécessaire. En d'autres termes, la **pression dynamique** du vent doit être suffisamment importante pour que le rotor se mette à tourner. Plus la surface de prise au vent du rotor est importante, moins la pression dynamique du vent doit être élevée pour l'entraîner.

Formule de la charge de vent (F_w):

$F_w = A_w \cdot p$

4. 3 Exercices



Exercice 7

A l'aide de votre grue, vous devez remplacer une vitre de fenêtre sur une façade vitrée. La vitre de fenêtre possède une surface de projection de 2,6 m² et une valeur c_w de 1,2. Calculez la surface de prise au vent.

Réponse :

A_w = m²

Exercice 8 (Complétez le texte à trous !)

Si la vitesse du vent dépasse la vitesse du vent du tableau des charges admissibles, le fonctionnement de la grue doit être et la flèche doit être si la vitesse admissible du vent est selon le tableau vent de la grue.

Exercice 9

À l'aide de la « Figure 16 » (page 25), déterminez quelle est la vitesse de vent admissible en cas de téléconfiguration de 92-/46+/46+/46+/0.

Réponse :



5. Détermination de la vitesse maximale admissible du vent

Il existe plusieurs possibilités pour déterminer la vitesse maximale admissible du vent :

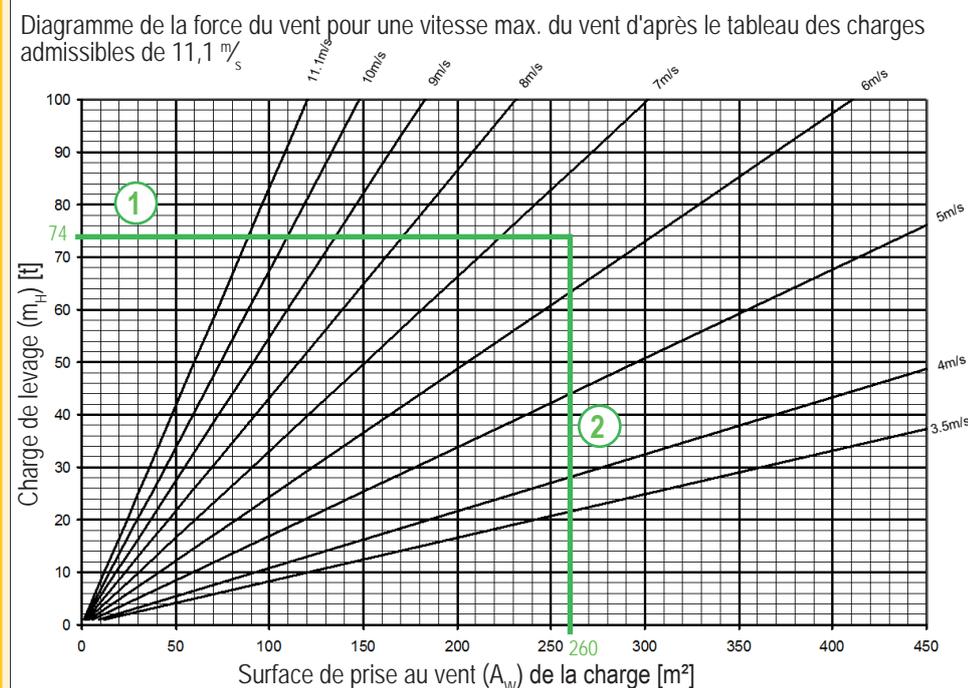
- Méthode (1) : diagramme de la force du vent (voir le chap. 5.1)
- Méthode (2) : formule (voir le chap. 5.2)
- Méthode (3) : Le calcul de la vitesse maximale admissible du vent selon les manuels plus anciens regroupant les tableaux des charges admissibles (diagramme 1 et 2) n'est plus utilisé.

5.1 Méthode (1) : diagramme de la force du vent

Cette forme de détermination de la vitesse maximale admissible du vent est un élément du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles. Dans ce chapitre, nous souhaitons vous informer sur cette méthode.

Si la **surface de prise au vent** de la charge est **supérieure à 1,2 m² par t de charge**, les vitesses maximales admissibles du vent du tableau des charges admissibles **ne sont plus** valables.

Dans ce cas, comparez la vitesse maximale admissible du vent du tableau des charges admissibles avec la vitesse du vent sur le **diagramme de la force du vent**. Ces deux valeurs doivent coïncider, sinon vous lisez une vitesse du vent erronée sur le mauvais diagramme de la force du vent. Cela pourrait causer un accident.



Pour déterminer la vitesse de vent maximale admissible à l'aide du diagramme de force de vent, la charge de levage m_H (charge + câble d'élingue) doit d'abord être dessinée à la horizontale (voir ligne 1).

L'étape suivante consiste à dessiner la surface de prise au vent A_W (surface de projection x valeur c_w) (voir ligne 2).

La vitesse maximale admissible du vent peut être consultée au point d'intersection.



Exemple 1

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \frac{\text{m}^2}{\text{t}}$$

5. 1. 1 Exemple de détermination de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge spécial

La charge à soulever pèse 65 t, mais possède une valeur c_w de 1,4 et, pour une surface de projection de 200 m², une surface de prise au vent de 280 m². Si l'on divise la surface de prise au vent par la charge, on obtient une valeur de 4,31 m² par t. Cette valeur dépasse la surface de prise au vent maximale de la charge de 1,2 m² par t. Pour l'état d'équipement requis, d'après le tableau des charges admissibles, une vitesse du vent maximale de 11,1 m/s est admissible.

Il convient à présent de déterminer la vitesse maximale admissible du vent à l'aide du diagramme de la force du vent 11,1 m/s (voir l'illustration 22 page 32).

La vitesse maximale admissible du vent, pour la charge, s'élève à 5,9 m/s.



La vitesse maximale admissible déterminée du vent de 5,9 m/s n'est pas reprise dans le système informatique LICCON. Lorsque l'on dépasse la vitesse maximale admissible déterminée du vent de 5,9 m/s, aucun avertissement n'est émis. C'est pourquoi il est important que le conducteur de la grue surveille lui-même en permanence la valeur de vitesse du vent dans le système informatique LICCON. Si la vitesse maximale admissible déterminée du vent est atteinte, le levage de la charge doit cesser.

Exemple 2

Surface de prise au vent :

$$1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$$

5. 1. 2 Exemple de détermination de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge standard

Une charge pèse 85 t, possède une valeur c_w de 1,2 et une surface de projection 50 m². Pour une valeur c_w de 1,2 et une surface de projection de 50 m², on obtient une surface de prise au vent de 60 m². Si l'on divise la surface de prise au vent par la charge, on obtient une valeur de 0,71 m² par t. Le tableau des charges admissibles possède dans cet exemple une vitesse maximale du vent de 9 m/s. C'est pourquoi le diagramme de la force du vent avec 9 m/s doit être utilisé.

Cela signifie que la charge peut être soulevée jusqu'à une vitesse du vent maximale de 9 m/s comme indiqué dans le tableau des charges admissibles.

Exercice 10

Pour déterminer la vitesse maximale admissible du vent, représentez les valeurs de l'exemple 5.1.1 dans le diagramme de force de vent aux pages suivantes.

Exercice 11

Pour déterminer la vitesse maximale admissible du vent, représentez les valeurs de l'exemple 5.1.2 dans le diagramme de force de vent aux pages suivantes.

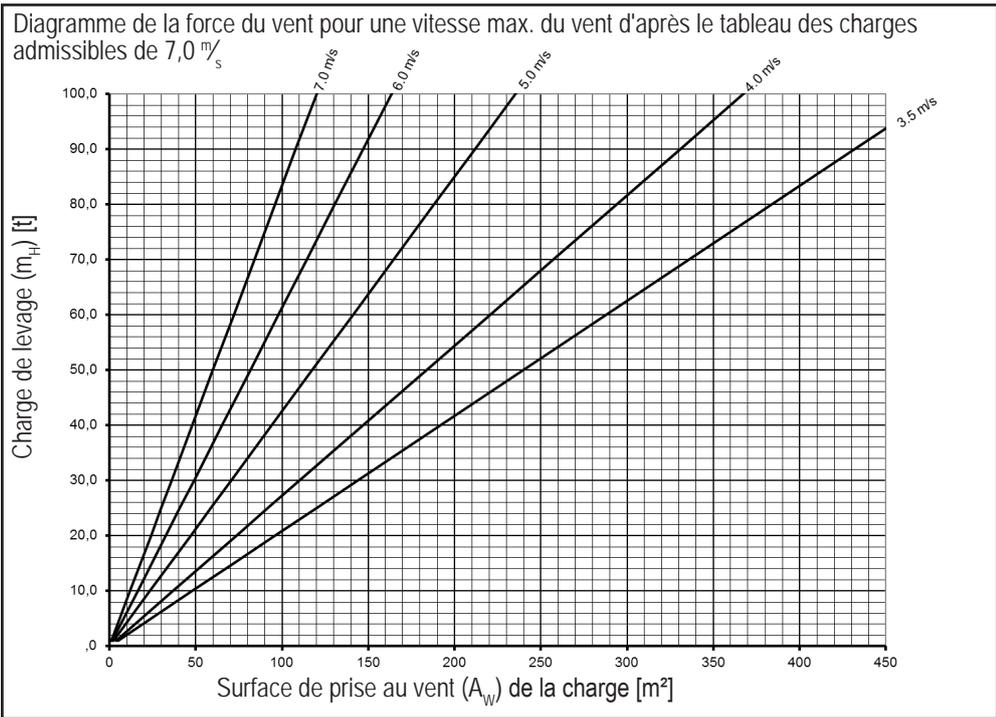


Diagramme de la force du vent $7,0 \text{ m/s}$

Image 17: Diagramme de la force du vent $7,0 \text{ m/s}$ (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de $7,0 \text{ m/s}$)

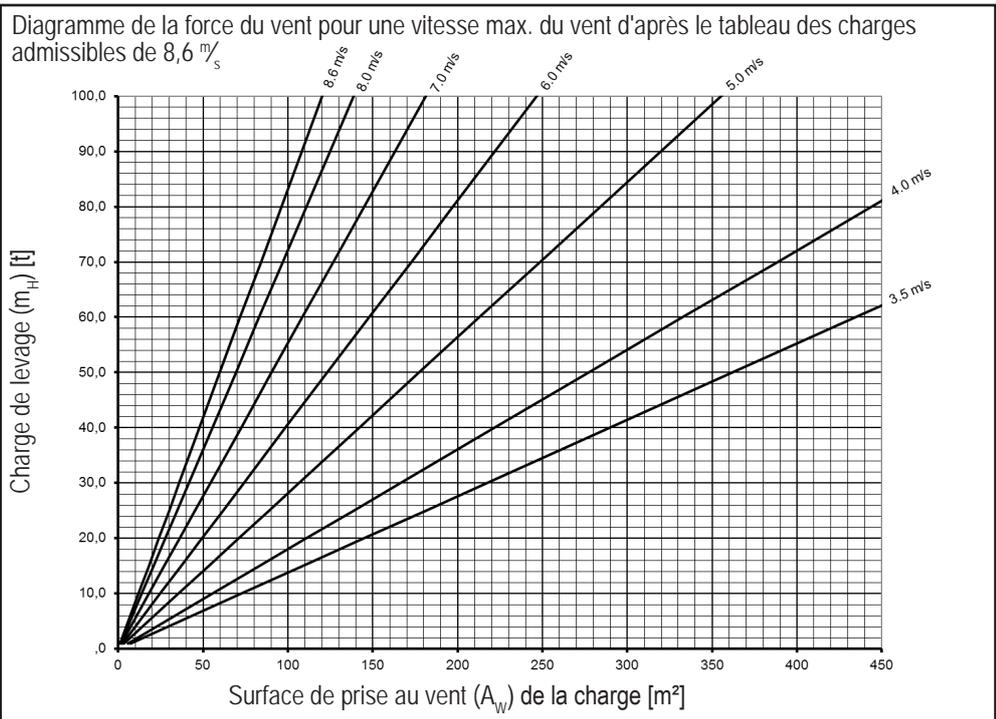


Diagramme de la force du vent $8,6 \text{ m/s}$

Image 18: Diagramme de la force du vent $8,6 \text{ m/s}$ (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de $8,6 \text{ m/s}$)



Diagramme de la force du vent
9,0 m/s

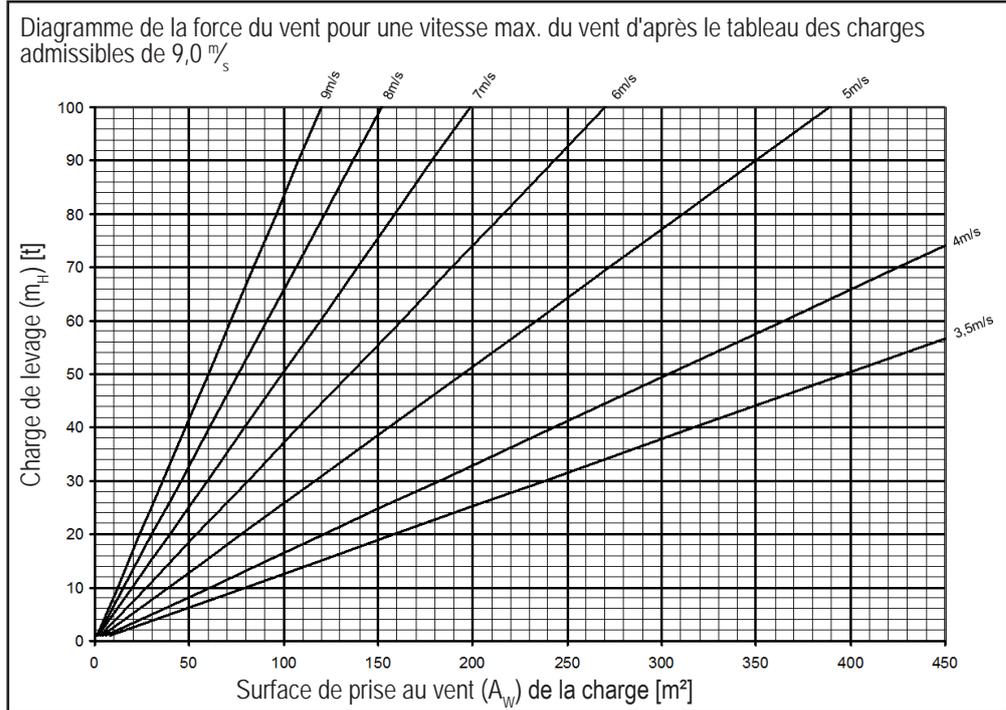


Image 19: Diagramme de la force du vent 9,0 m/s (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de 9,0 m/s)

Diagramme de la force du vent
9,9 m/s

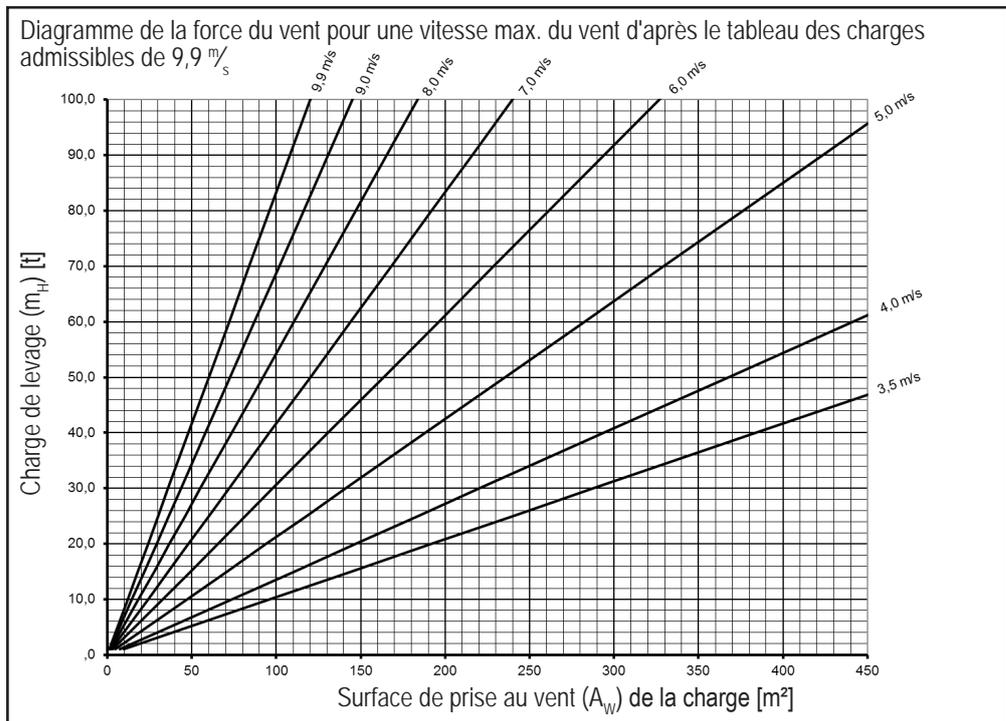


Image 20: Diagramme de la force du vent 9,9 m/s (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de 9,9 m/s)

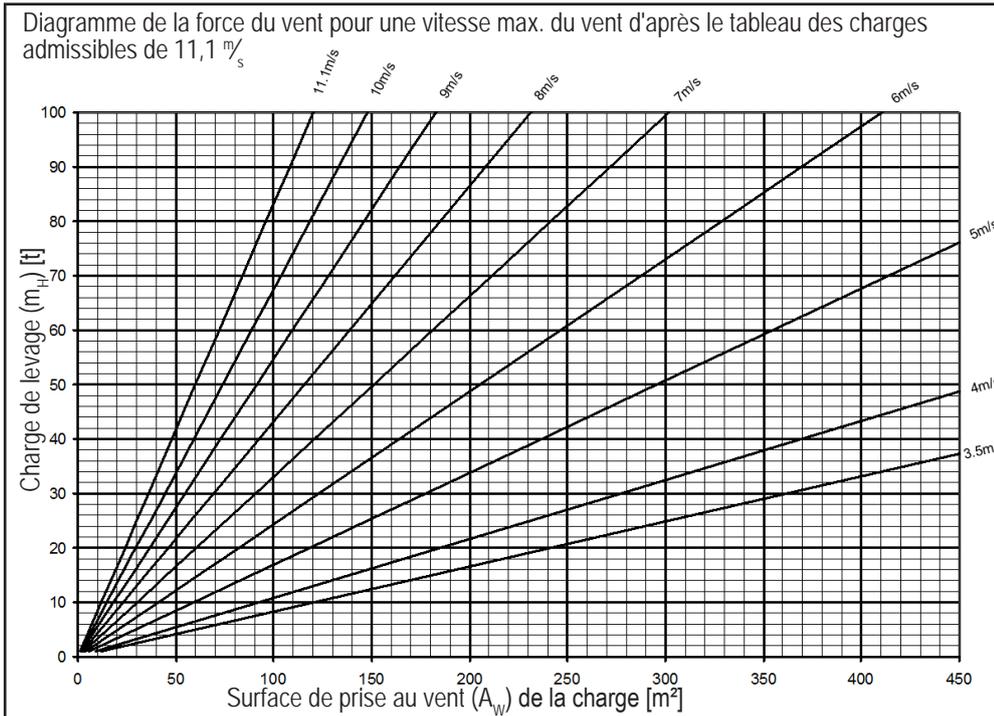


Diagramme de la force du vent $11,1 \text{ m/s}$

Image 21: Diagramme de la force du vent $11,1 \text{ m/s}$ (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de $11,1 \text{ m/s}$)

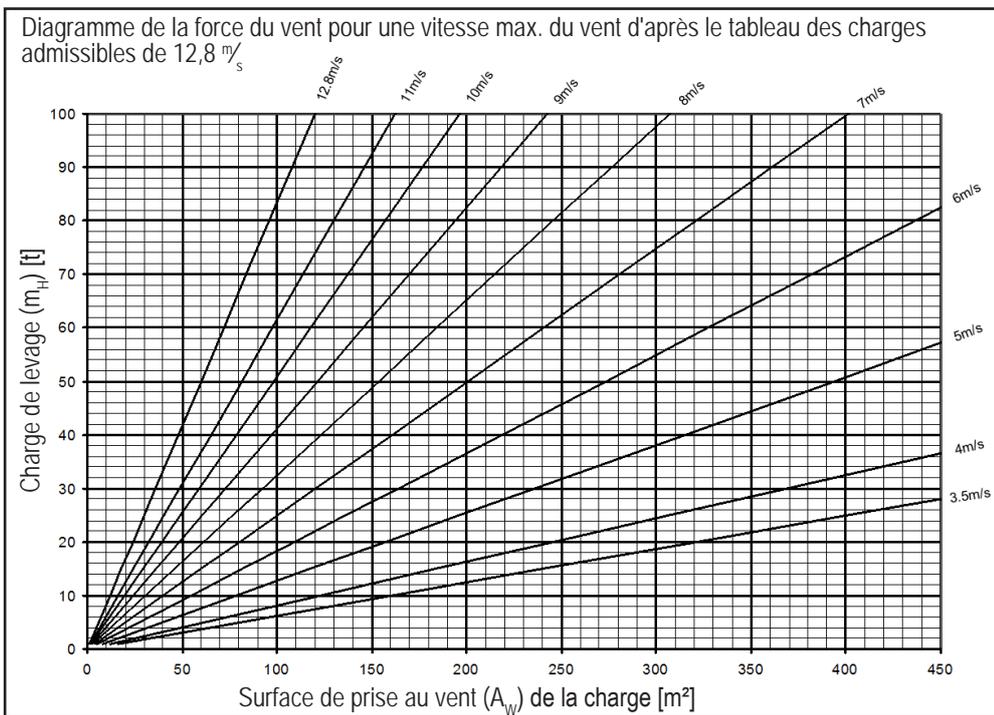


Diagramme de la force du vent $12,8 \text{ m/s}$

Image 22: Diagramme de la force du vent $12,8 \text{ m/s}$ (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de $12,8 \text{ m/s}$)



Diagramme de la force du vent
14,3 m/s

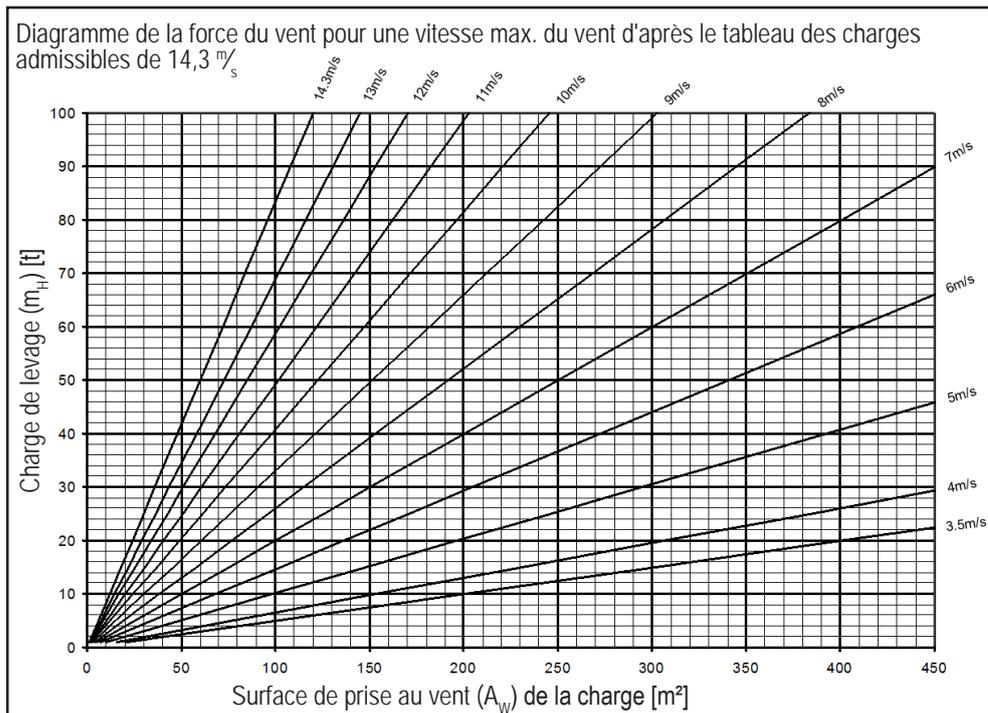


Image 23: Diagramme de la force du vent 14,3 m/s (valable uniquement pour les tableaux avec une vitesse max. du vent de 14,3 m/s)



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

5. 2 Méthode (2) : formule

La vitesse maximale admissible du vent peut être calculée à l'aide d'une unique formule. A cet effet, les données suivantes doivent être déterminées au préalable :

- la charge de levage (m_H) (y c. les moyens d'élingage, la moufle à crochet et éventuellement une partie du câble de levage)
- formule de la surface de prise au vent (A_w)
- la vitesse maximale du vent d'après le tableau des charges admissibles

Formule de calcul de la vitesse maximale admissible du vent :

$$V_{\max} = V_{\max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m/s}{s} \cdot m_H}{A_w}}$$

La valeur $1,2 \frac{m/s}{s}$ en dessous de la racine correspond à une constante selon EN 13000 et **non pas** à la valeur c_w ! Cette valeur **ne doit pas** être modifiée !

5. 2. 1 Exemple de calcul de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge spécial

La charge à soulever pèse **65 t**, mais possède une valeur c_w de **1,4** et, pour une surface de projection de **200 m²**, une surface de prise au vent de **280 m²**. Pour l'état d'équipement requis, d'après le tableau des charges admissibles, une vitesse maximale du vent de $11,1 \frac{m/s}{s}$ est admissible.

$$V_{\max} = 11,1 \frac{m/s}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m/s}{s} \cdot 65 t}{280 m^2}}$$

$$V_{\max} = \mathbf{5,86 \frac{m/s}{s}}$$

La vitesse du vent d'après le tableau des charges admissibles diminue de $11,1 \frac{m/s}{s}$ à $5,86 \frac{m/s}{s}$. La charge peut donc être soulevée jusqu'à une vitesse maximale du vent de $5,86 \frac{m/s}{s}$.

La vitesse maximale admissible déterminée du vent de $5,86 \frac{m/s}{s}$ n'est pas reprise dans le système informatique LICCON. Lorsque l'on dépasse la vitesse maximale admissible déterminée du vent de $5,86 \frac{m/s}{s}$, aucun avertissement n'est émis. C'est pourquoi il est important que le conducteur de la grue surveille lui-même en permanence la valeur de vitesse du vent dans le système informatique LICCON. Si la vitesse maximale admissible déterminée du vent est atteinte, le levage de la charge doit cesser.

Exemple 1

Surface de prise au vent :
 $1,4 \cdot 200 m^2 =$
280 m²



5. 2. 2 Exemple de calcul de la vitesse maximale admissible du vent pour un cas de charge standard

Une charge pèse **85 t**, possède une valeur c_w de **1,2** et une surface de projection de **50 m²**. Pour une valeur c_w de 1,2 et une surface de projection de 50 m², on obtient une surface de prise au vent de 60 m². Dans cet exemple, le tableau des charges admissibles indique une vitesse maximale du vent de $9 \frac{m/s}{s}$.

$$V_{\max} = 9 \frac{m/s}{s} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{m/s}{s} \cdot 85 t}{60 m^2}}$$

$$V_{\max} = \mathbf{11,73 \frac{m/s}{s}}$$

Si le résultat de v_{\max} **est supérieur** à v_{\max_TAB} , la charge peut être soulevée jusqu'à la vitesse maximale du vent indiquée dans le tableau des charges admissibles, ici $9 \frac{m/s}{s}$.

Exemple 2

Surface de prise au vent :
 $1,2 \cdot 50 m^2 =$ **60 m²**





5. 3 Exercices

Exercice 12

A l'aide d'une LTM 1150-6.1 (CODE 0050), vous devez soulever une charge de 47 t, ayant une surface de prise au vent de 235 m², à 21 m de hauteur, pour une portée de 6 m. La grue est étayée avec une base d'étayage de 9,30 m x 8,30 m. Le contrepoids pèse 46,8 t.

Déterminez la configuration correcte du télescopage à partir de l'extrait du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles (voir ci-dessous). Déterminez en outre la vitesse admissible du vent pour ce levage au moyen du diagramme de la force du vent approprié (voir le chap. 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1

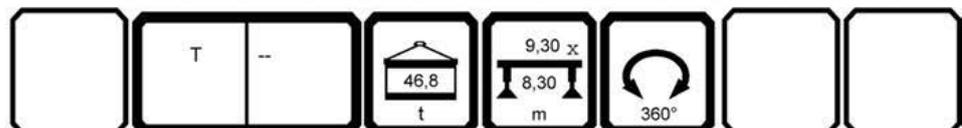


Image 24: Extrait du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles de la LTM 1150-6.1



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

Exercice 13

A l'aide d'une LTM 11200-9.1 (CODE 0016), vous devez soulever une charge de 45 t, ayant une surface de prise au vent de 112 m², à 42 m de hauteur, pour une portée de 18 m. La grue est étayée avec une base d'étayage de 13 m x 13 m. Le contrepoids pèse 22 t.

Déterminez la configuration correcte du télescopage à partir de l'extrait du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles (voir ci-dessous). Déterminez en outre la vitesse admissible du vent pour ce levage au moyen du diagramme de la force du vent approprié (voir le chap. 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0						
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019

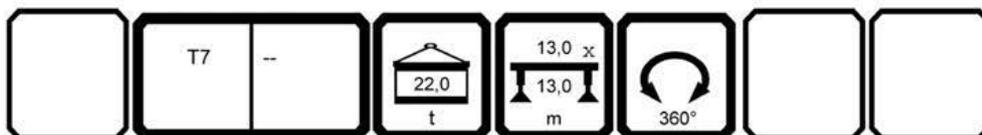


Image 25: Extrait du manuel regroupant les tableaux des charges admissibles de la LTM 11200-9.1



6. Influences du vent en cas de « grue hors service »

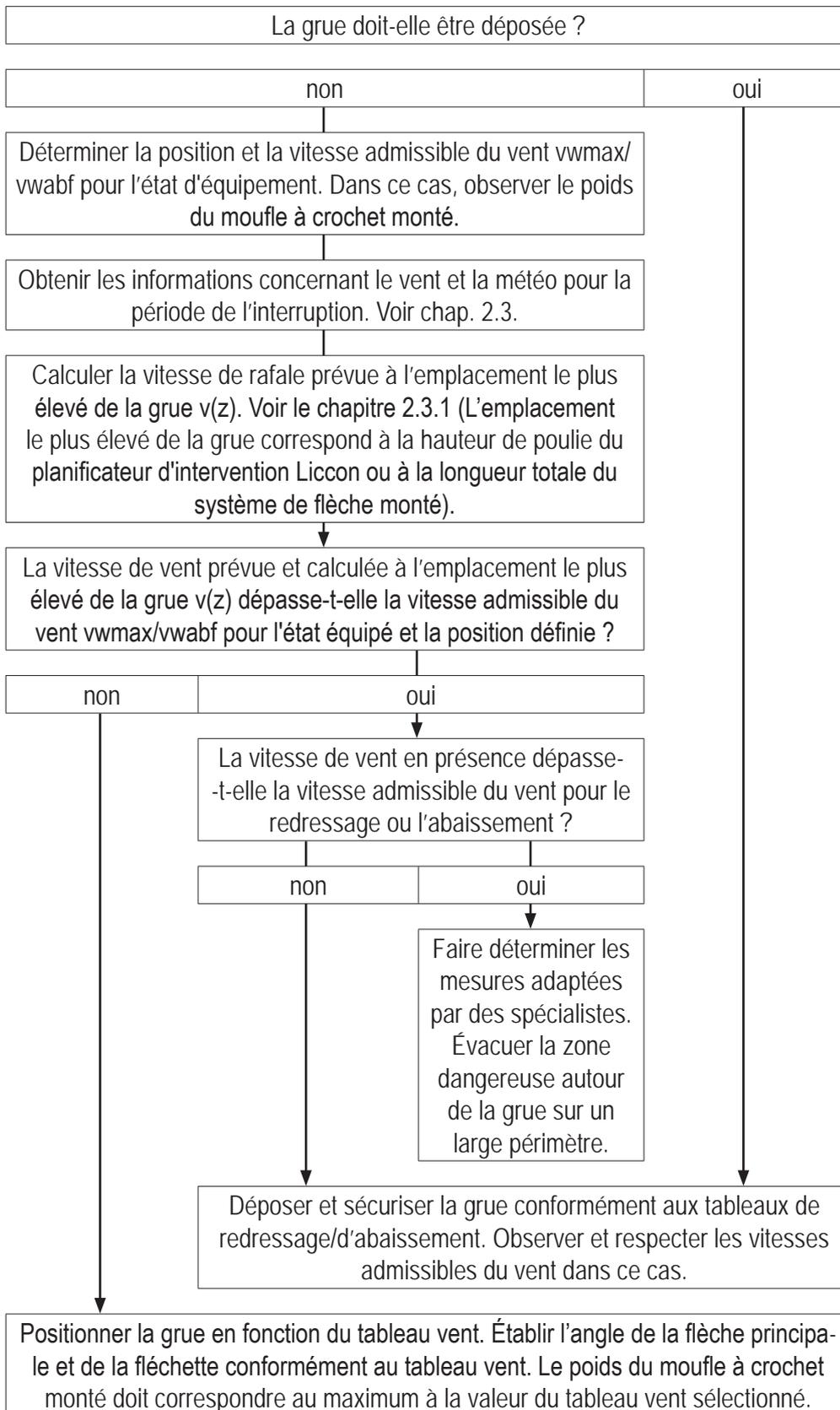
En plus du danger que représente le vent pendant le fonctionnement de la grue, il est important de citer le risque d'accident de la grue à cause des influences de vent lorsqu'elle est hors service ou sans charge. Malgré leur construction filigrane, les grues mobiles ou sur chenilles présentent de très grandes surfaces de prise au vent, même sans charge. Celles-ci peuvent faire plusieurs centaines de mètres carré même sur les flèches en treillis. À cause de la base d'étayage compacte et des très grandes longueurs de flèche, le potentiel de risque en cas de dépassement de la vitesse admissible du vent est élevé.

Dans le pire des cas, la grue pourrait basculer en entier. Il est toutefois possible également que les fléchettes en treillis pliantes à l'avant et la flèche principale basculent vers l'arrière en cas de vent. Le vent peut, en outre, provoquer une surcharge latérale du frein du mécanisme d'orientation et donc une rotation intempestive de la grue.

D'après la description dans le manuel d'instructions de Liebherr-Werk Ehingen GmbH, la flèche de la grue doit toujours être déposée si la grue reste sans surveillance pendant une interruption de son utilisation. Si cette opération est impossible en raison de l'espace limité sur le chantier, la grue doit être amenée dans la position prescrite par le fabricant. Ce position n'est toutefois sûre que jusqu'à la vitesse de vent indiquée. Afin de déterminer la position et la vitesse maximale admissible correspondante du vent, toutes les grues à tour en treillis et les grues télescopiques de Liebherr pouvant être équipées d'une fléchette en treillis pliante sont dotées de tableaux vent. Ces tableaux permettent de déduire les informations requises. Si aucun tableau de vitesses de vent n'est disponible pour un état d'équipement, la valeur pour la vitesse maximale admissible du vent d'après le tableau des charges admissibles doit être utilisée.



6. 1 Procédure lors de l'interruption de l'utilisation de la grue





6. 2 Utilisation des tableaux vent

6. 2. 1 Exemple avec les grues télescopiques :

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Base d'étagage : 12 m x 12 m

Contrepoids : 184 t

Flèche télescopique : T-49.1 (92/92/92)

Fléchette en treillis pliante : N-59.5

Poids du moufle à crochet : 1,5 t

Observer le mode de fonctionnement, le contrepoids et la base d'étagage dans la description des tableaux !

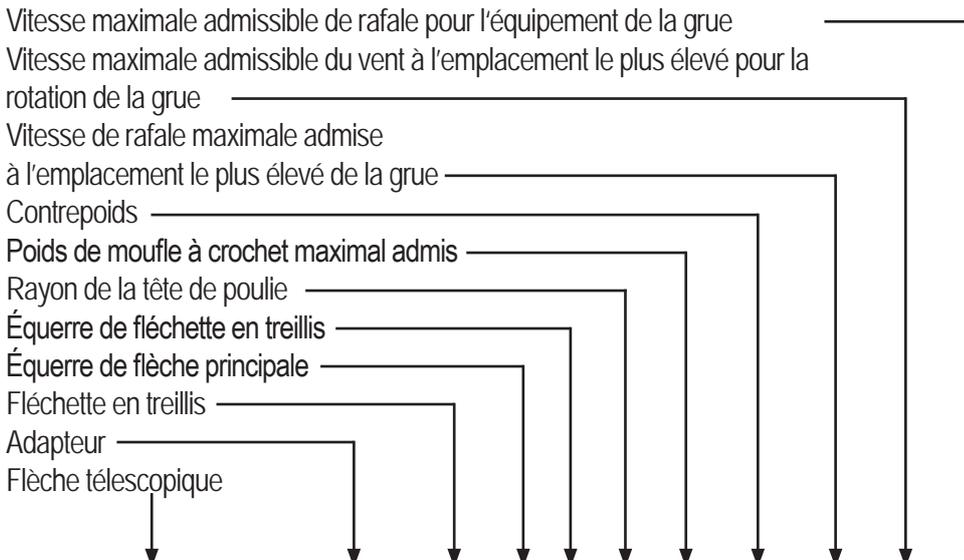
Le poids du moufle à crochet dans le tableau ne doit pas être dépassé.



TYVEN - 64.0t à 204.0t contrepoids - Base de calage: 12.0m * 12.0m

Remarque

- ▶ TYVEN - Flèche télescopique haubanée avec haubanage TY, extensions en treillis et fléchette treillis à volée variable
 - ▶ 5m extensions en treillis
 - ▶ Y-Position des chevalet 45°
 - ▶ 64.0t à 204.0t contrepoids
 - ▶ Point de haubanage de l'haubanage de la flèche télescopique sur l'excentrique
 - ▶ L'angle des chevalets Y doit être ajusté selon tableau des charges
 - ▶ Les vitesses du vent du vent du vent indiqués sont valable pour l'état haubané à condition que la flèche peut être haubané
 - ▶ Les états de sortie pour lesquels aucune capacité de charge n'est disponible à l'état haubané ne doivent pas être soumis au haubanage
 - ▶ Pour la flèche télescopique la plus courte T-16.3 et chevalet NA 3 tirantes l'angle max. de la fléchette treillis à volée se monte à 58°
 - ▶ Les flèches treillis à volée variable à partir d'une longueur de 80.5 m ne peuvent pas être télescopées et doivent être déposées
 - ▶ Base de calage 12.0m * 12.0m
-



Vitesses de vent admissibles WAB-TAB198-007-001-00

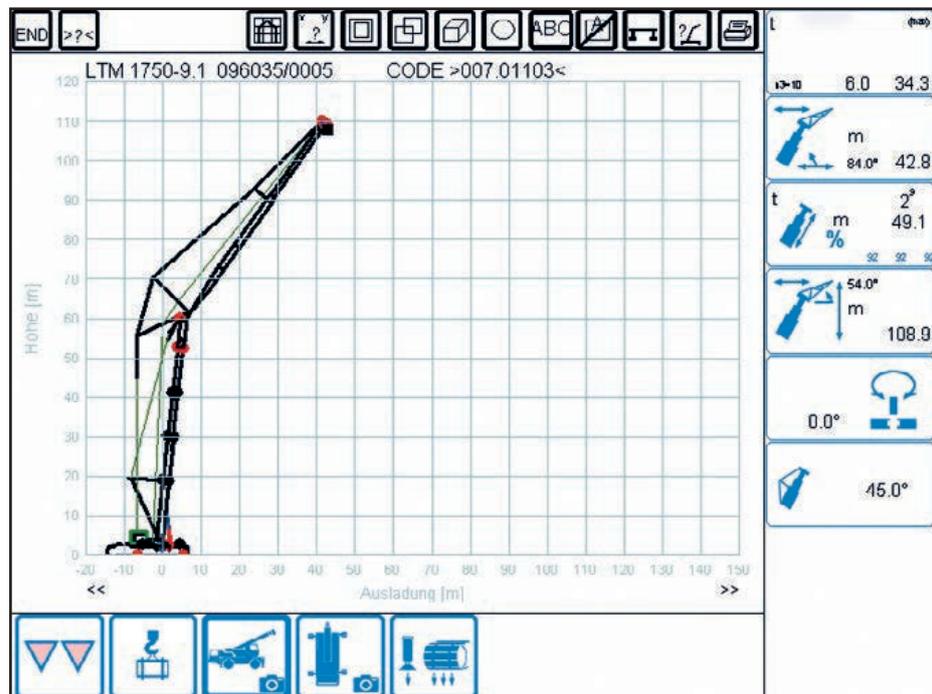
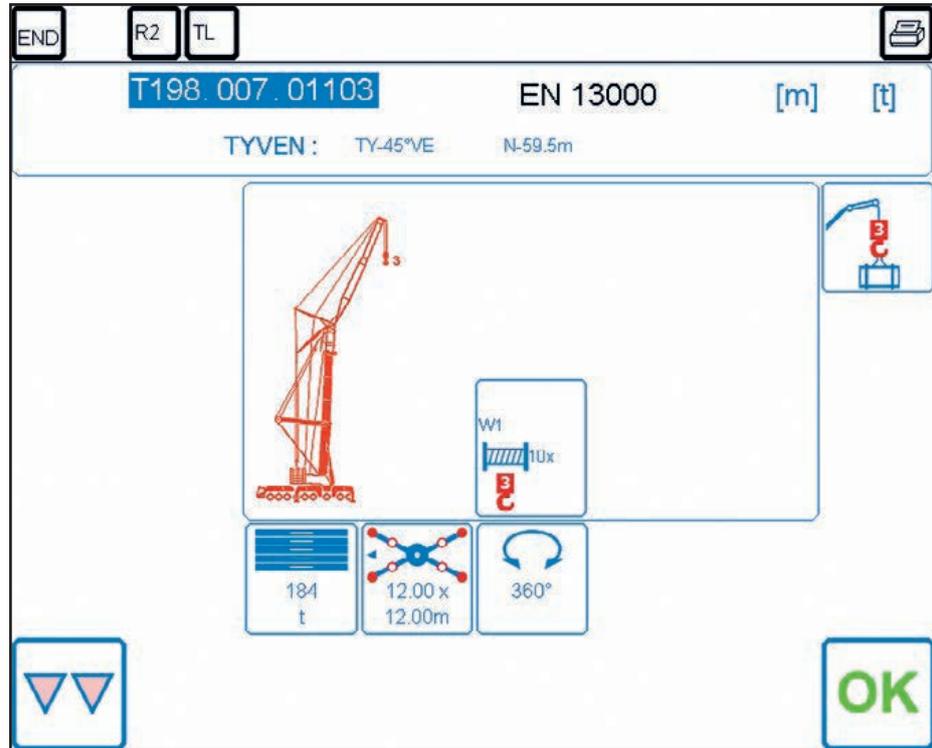
H A [m]	A [m]	H I [m]	W H A [°]	W H I [°]	R A D [m]	H K F L [t]	O W B [t]	V W M A X [m/s]	V W A B F [m/s]	V W R S T [m/s]
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9

Le télescopage de la flèche télescopique de T-49.1 (92/92/92) à T-16.3 (0/0/0) entraîne une augmentation de la vitesse de vent admise de 14,3 m/s à 16,8 m/s.



Quelle est la vitesse de rafale à 10 m de hauteur admissible pour T-49.1 (92/92/92) ?

Détermination de la hauteur de poulie à l'aide du planificateur d'intervention :





Hauteur de poulie : 108,9 m

Détermination de la hauteur de poulie à l'aide de la longueur totale du système :
 $49,1 + 9 + 59,5 = 117,6$ m

La vitesse de rafale prévue est de 11 m/s à une hauteur de 10 m

Le calcul par le tableau dans 2.3.1 permet de déterminer une vitesse de rafale de 14,2 m/s à une hauteur de 120 m, c'est-à-dire que la grue peut être déposée ainsi. Le télescopage de la flèche permet d'augmenter la vitesse de rafale admissible à 16,8 m/s, ce qui implique une augmentation significative de la sécurité et qu'une interruption plus longue doit toujours être réalisée.

6. 2. 2 Exemple de grues en treillis :

LR 11000 - SDWB

Flèche principale : S-54 m

Fléchette en treillis pliante : W-114 m

Derrick : D-36 m

Système de contrepoids de la tourelle : 210 t

Contrepoids central : 50 t

Poids du moufle à crochet : 14 t

Si aucun tableau avec système de contrepoids de derrick n'est disponible, mais que le mode de fonctionnement avec derrick est équipé, les tableaux sans contrepoids de derrick doivent être utilisés. Le contrepoids du derrick doit être déposé au sol.

Exemple :

Tableau à utiliser en cas d'équipement

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2 - SDW - le guidage de contrepoids doit être déposé



Système SDWB

Remarque

- ▶ Poids de la moufle 18t
- ▶ Contrepoids derrick 0t
- ▶ Contrepoids de la partie tournante 210t
- ▶ Contrepoids central 50t
- ▶ Rayon derrick 12m
- ▶ Nombre de mécanismes d'orientation: 3

Vitesse maximale admissible de rafale pour l'équipement de la grue
 Vitesse maximale admissible du vent à l'emplacement le plus élevé pour la rotation de la grue
 Vitesse de rafale maximale admise à l'emplacement le plus élevé de la grue
 Rayon du derrick
 Contrepoids central
 Contrepoids
 Poids de moufle à crochet maximal admis
 Rayon de la tête de poulie
 Équerre de fléchette en treillis
 Équerre de flèche principale
 Fléchette en treillis
 Derrick
 Flèche principale

wab_235_008_00001_00_000

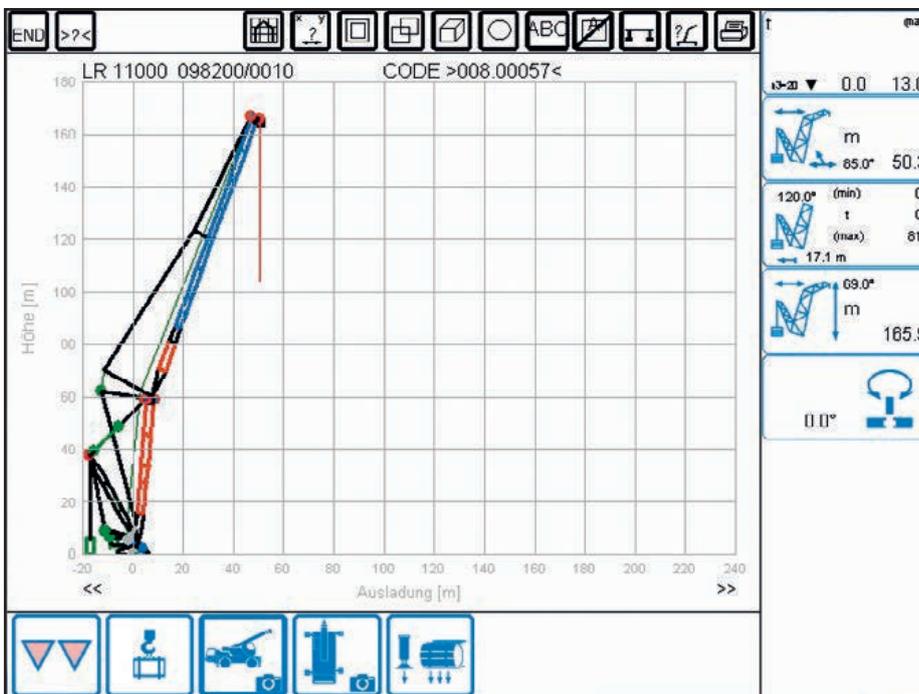
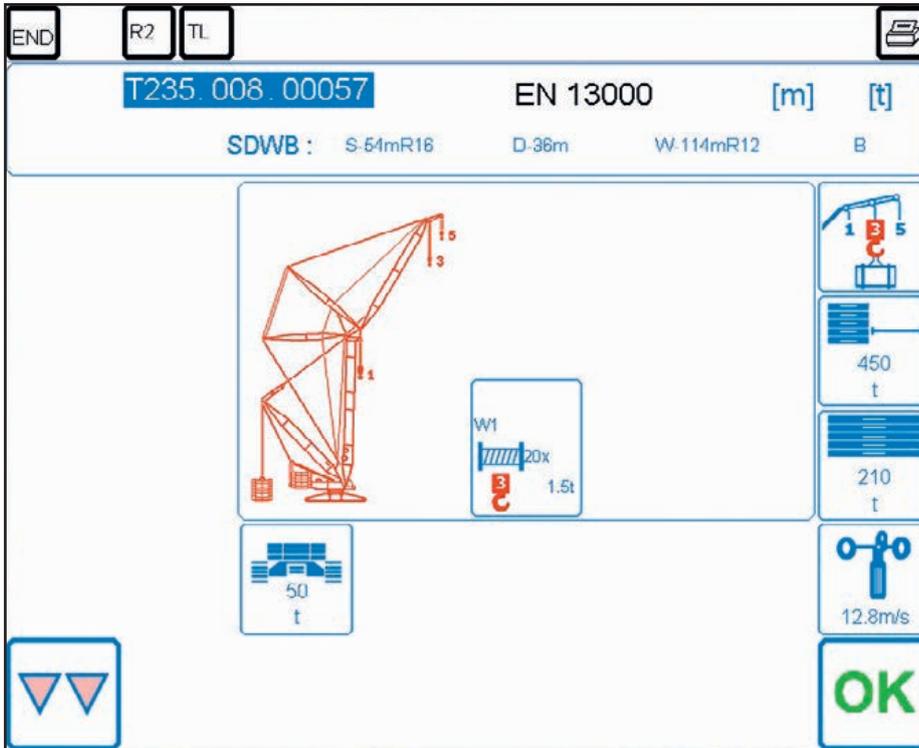
H A	D	H I	W A	W I	R A D	H K F L	O W B	Z B L	D R A D	V W A B	V W A B F	V W R S T
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



Les influences du vent sur l'utilisation des grues

Quelle est la vitesse de rafale à 10 m de hauteur admissible ?

Détermination de la hauteur de poulie à l'aide du planificateur d'intervention



Hauteur de poulie : 165,9 m

Détermination de la hauteur de poulie à l'aide de la longueur totale du système : $54 \text{ m} + 114 \text{ m} = 168 \text{ m}$

La vitesse de rafale prévue est de 11 m/s à une hauteur de 10 m

Le calcul par le tableau dans 2.3.1 permet de déterminer une vitesse de rafale de 14,9 m/s à une hauteur de 170 m, c'est-à-dire que la grue peut être déposée ainsi. Une vitesse de 16,7 m/s est admissible.



7. Conclusion

Le boom des éoliens aux cours de ces dernières années a engendré de nombreuses innovations chez les constructeurs de grues. Jamais auparavant, autant de gros engins n'ont été mis en service pour répondre aux exigences croissantes de nouvelles éoliennes et aux technologies liées à celles-ci.

Lors de l'installation d'une éolienne moderne, il faut toujours veiller à ce que la taille de la grue soit déterminée selon le poids de la nacelle et selon la surface de prise au vent du rotor en fonction de la hauteur du moyeu. Lors de travaux de réparation et de travaux de maintenance, cela doit également être pris en compte.

L'influence du vent sur la grue et la charge est plus forte, du point de vue de l'exploitant de la grue, lors du montage d'éoliennes, car les grues sont alors utilisées à des endroits auxquels on peut s'attendre à trouver des vents forts.

« Une vitesse du vent double signifie une charge de vent quadruple sur la flèche et la charge », telle est la règle.

Afin de mieux évaluer le risque d'accident et ainsi de pouvoir éviter les accidents lors de travaux avec une grue, nous avons dans ce document souhaité vous informer de manière exhaustive sur le thème des « influences du vent lors de l'utilisation de grues ». En outre, les collaborateurs compétents de **LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH** se tiennent volontiers à votre disposition pour toute question supplémentaire.



8. Annexe

8. 1 Les grues Liebherr dans l'énergie éolienne

8. 1. 1 Grues mobiles actuelles (2016)



Caractéristiques techniques LTM 1350-6.1	
Charge maximale admissible	350 t à 3 m
Flèche télescopique	70 m
Hauteur de levage max.	134 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 450 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 4 cylindres Turbo-Diesel 180 kW
Entraînement, direction	12 x 8 x 12
Vitesse de translation	80 km/h
Poids	72 t (6 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	< 1 MW*

LTM 1350-6.1



Caractéristiques techniques LTM 1400-7.1	
Charge maximale admissible	400 t à 3 m
Flèche télescopique	60 m
Hauteur de levage max.	130 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 450 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 240 kW
Entraînement, direction	14 x 8 x 14
Vitesse de translation	80 km/h
Poids	84 t (7 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	< 1,5 MW*

LTM 1400-7.1



Caractéristiques techniques LTM 1450-8.1	
Charge maximale admissible	450 t à 3 m
Flèche télescopique	85 m
Hauteur de levage max.	131 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 505 kW
Puissance du moteur de la grue	Concept de moteur unique
Entraînement, direction	16 x 8 x 16
Vitesse de translation	85 km/h
Poids	96 t (8 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	< 1,5 MW*

LTM 1450-8.1

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



LTM 1500-8.1



Caractéristiques techniques LTM 1500-8.1	
Charge maximale admissible	500 t à 3 m
Flèche télescopique	50 / 84 m
Hauteur de levage max.	142 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 500 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 240 kW
Entraînement, direction	16 x 8 x 12
Vitesse de translation	80 km/h
Poids	96 t (8 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	< 2 MW*

LTM 1750-9.1



Caractéristiques techniques LTM 1750-9.1	
Charge maximale admissible	750 t à 3 m
Flèche télescopique	52 m
Hauteur de levage max.	154 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 505 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 300 kW
Entraînement, direction	18 x 8 x 18
Vitesse de translation	80 km/h
Poids	108 t (9 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	2 MW*

LTM 11200-9.1



Caractéristiques techniques LTM 11200-9.1	
Charge maximale admissible	1 200 t à 2,5 m
Flèche télescopique	100 m
Hauteur de levage max.	188 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 500 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 270 kW
Entraînement, direction	18 x 8 x 18
Vitesse de translation	75 km/h
Poids	108 t (9 x 12 t charge par essieu)
Eoliennes - Dimension	2 - 3 MW*

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



8. 1. 2 Grues sur chenilles télescopiques actuelles (2016)

Caractéristiques techniques LTR 11200	
Charge maximale admissible	1 200 t à 3 m
Compression du sol	~ 14 t/m ²
Hauteur de levage max.	189 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 270 kW
Capacité de montée admissible	17,6 %
Poids total	~ 380 t
Vitesse de translation	max. 1,8 km/h
Contrepoids total	202 t
Eoliennes - Dimension	2 - 3 MW*



LTR 11200

8. 1. 3 Grues sur chenilles actuelles (2016)

Caractéristiques techniques LR 1350	
Charge maximale admissible	350 t à 6 m
Portée max.	110 m
Hauteur de levage max.	152 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 270 kW
Largeur de voie	8,4 m
Contrepoids de tourelle	max. 125 t
Contrepoids central	max. 38 t
Contrepoids de derrick	max. 210 t x R 15 m
Eoliennes - Dimension	< 1,5 MW*



LR 1350

Caractéristiques techniques LR 1400/2	
Charge maximale admissible	400 t à 4,5 m
Portée max.	120 m
Hauteur de levage max.	164 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 270 kW
Largeur de voie	8,7 m
Contrepoids de tourelle	max. 155 t
Contrepoids central	max. 43 t
Contrepoids de derrick	max. 260 t x R 15 m
Eoliennes - Dimension	< 2 MW*



LR 1400

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



LR 1500



Caractéristiques techniques LR 1500	
Charge maximale admissible	500 t à 11 m
Portée max.	144 m
Hauteur de levage max.	165 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 350 kW
Largeur de voie	9,1 m
Contrepoids de tourelle	max. 170 t
Contrepoids central	max. 40 t
Contrepoids de derrick	max. 280 t x R 16 m
Eoliennes - Dimension	2 MW*

LR 1600/2



Caractéristiques techniques LR 1600/2	
Charge maximale admissible	600 t à 11 m
Portée max.	152 m
Hauteur de levage max.	187 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 400 kW
Largeur de voie	9,9 m
Contrepoids de tourelle	max. 190 t
Contrepoids central	max. 65 t
Contrepoids de derrick	max. 350 t x R 18 m
Eoliennes - Dimension	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W



Caractéristiques techniques LR 1600/2-W	
Charge maximale admissible	600 t à 11 m
Portée max.	144 m
Hauteur de levage max.	166 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 400 kW
Largeur de voie	5,8 m
Contrepoids de tourelle	max. 190 t
Contrepoids de derrick	max. 350 t x R 18 m
Eoliennes - Dimension	2 - 3 MW*

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



Caractéristiques techniques LR 1750/2	
Charge maximale admissible	750 t à 7 m
Portée max.	156 m
Hauteur de levage max.	191 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 455 kW
Largeur de voie	10,3 m
Contrepoids de tourelle	max. 245 t
Contrepoids central	max. 95 t
Contrepoids de derrick	max. 400 t x R 20 m
Eoliennes - Dimension	3 MW*



LR 1750/2

Caractéristiques techniques LR 11000	
Charge maximale admissible	1000 t à 11 m
Portée max.	180 m
Hauteur de levage max.	224 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 500 kW
Largeur de voie	11,2 m
Contrepoids de tourelle	max. 250 t
Contrepoids central	max. 90 t
Contrepoids de derrick	max. 450 t x R 20 m
Eoliennes - Dimension	3 - 5 MW*



LR 11000

Caractéristiques techniques LR 11350	
Charge maximale admissible	1 350 t à 12 m
Portée max.	128 m
Hauteur de levage max.	196 m
Puissance du moteur de translation/de la grue	Liebherr 6 cylindres Turbo-Diesel 641 kW
Largeur de voie	11 m
Contrepoids de tourelle	max. 340 t
Contrepoids central	max. 30 t
Contrepoids de derrick	max. 600 t x R 25 m
Eoliennes - Dimension	5 - 6 MW*



LR 11350

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



LG 1750

8. 1. 4 Grues à flèche en treillis (2016)



Caractéristiques techniques LG 1750	
Charge maximale admissible	750 t à 7 m
Portée max.	136 m
Hauteur de levage max.	193 m
Puissance du moteur de translation	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 505 kW
Puissance du moteur de la grue	Liebherr 8 cylindres Turbo-Diesel 455 kW
Entraînement, direction	16 x 8 x 16
Vitesse de translation	80 km/h
Contrepoids total	650 t
Eoliennes - Dimension	3 - 5 MW*

* Les dimensions d'éoliennes indiquées ne sont données qu'à titre d'exemple. Une planification détaillée des opérations, en tenant compte de la charge de vent, doit permettre de déterminer la dimension de grue adéquate !



8. 2 Solutions des exercices

Solution de l'exercice 1:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Charge de vent | <input type="checkbox"/> Energie éolienne |
| <input type="checkbox"/> Evaporation | <input checked="" type="checkbox"/> Vent arrière |
| <input checked="" type="checkbox"/> Vent de face | <input checked="" type="checkbox"/> Vent latéral |

Solution de l'exercice 2:

- Vent arrière : La désactivation de limitation du couple de charge s'effectue déjà dans le cas d'une charge inférieure à la charge maximale admissible selon le tableau des charges admissibles.
- Vent de face : La désactivation ne s'effectue que pour une charge supérieure à la charge maximale admissible.
- Vent latéral : Il n'y a aucune désactivation de limitation du couple de charge.

Solution de l'exercice 3:

- aucune influence
- la charge peut penduler
- la charge tourne sur le câble
- le rayon de la charge peut augmenter

Solution de l'exercice 4:

- Sur l'illustration 13, on aperçoit des forêts et un paysage irrégulier, ce qui correspond à la classe de rugosité **3**.
- Sur l'illustration 14, on aperçoit un paysage avec quelques maisons et arbres avec des surfaces libres, ce qui correspond à la classe de rugosité **2**.

Solution de l'exercice 5:

- un vent faible dû à une différence de pression de l'air
- un coup de vent violent de courte durée
- un coup de vent violent sur une période de 3 secondes d'une vitesse supérieure à la vitesse moyenne du vent

Solution de l'exercice 6 :

Vitesse de rafale déterminée à l'aide de la Figure 11 : **4 m/s**

Facteur pour 140 m de hauteur en présence de la vitesse de rafale : **1,319**

$$4 \text{ m/s} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ m/s}}}$$



Solution de l'exercice 7:

$$2,6 \text{ m}^2 \times 1,2 = \underline{\underline{3,12 \text{ m}^2}}$$

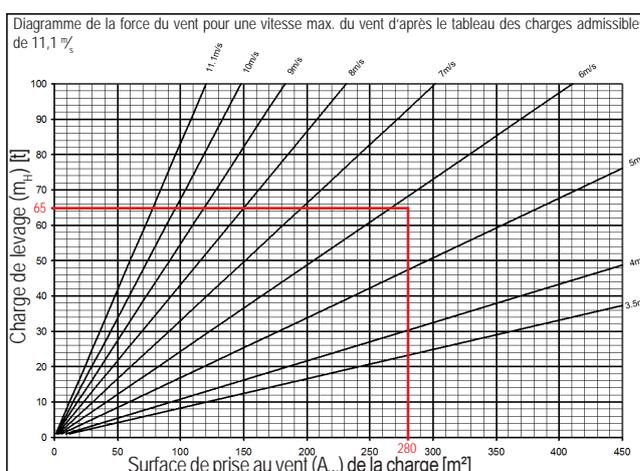
Solution de l'exercice 8:

Si la vitesse **actuelle** du vent dépasse la vitesse **admissible** du vent du tableau des charges admissibles, le fonctionnement de la grue doit être **interrompu** et la **flèche** doit être **abaissée** si la vitesse **admissible** du vent est **dépassée** d'après le tableau vent de la grue.

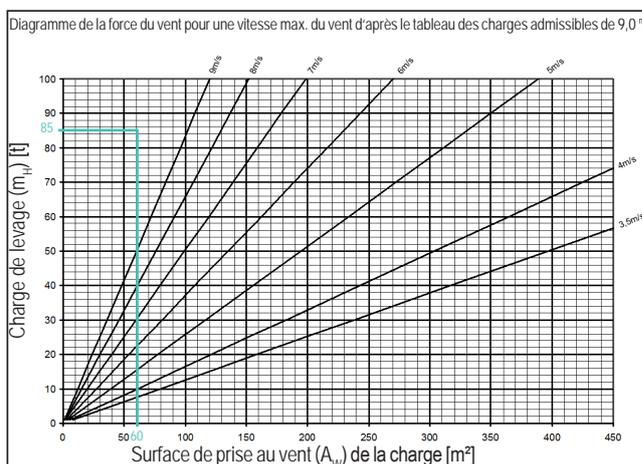
Solution de l'exercice 9:

11,1 m/s

Solution de l'exercice 10:



Solution de l'exercice 11:



Solution de l'exercice 12:

Une configuration possible du télescopage consisterait à verrouiller les télescopes 4 et 5 à 46 %. Conformément au diagramme de la force du vent 12,8 m/s, la vitesse maximale admissible du vent est de **6,2 m/s**.

Solution de l'exercice 13:

Une configuration possible du télescopage consisterait à verrouiller le télescope 4 à 100 % et les télescopes 5 - 7 à 50 %. Conformément au diagramme de la force du vent 11,1 m/s, la vitesse maximale admissible du vent est de **7,7 m/s**.



Source: @Westermeerwind

Partenaire de l'industrie éolienne

Liebherr est un solide partenaire pour l'industrie éolienne. Les machines de terrassement Liebherr, les grues offshore et les grues mobiles et sur chenilles sont employées pour la construction de parcs éoliens et l'édification d'éoliennes. Chaque com-

posant Liebherr, comme les entraînements et les moteurs, intervient directement dans les installations et le rôle des machines-outils Liebherr dans la fabrication de produits destinés à l'industrie éolienne prend de plus en plus d'importance.



Machines terrassement et technique de malaxage

Les machines terrassement de Liebherr ont fait leurs preuves dans la construction de parcs éoliens. Les centrales à béton et les camions malaxeurs de Liebherr sont utilisés pour la construction des fondations des éoliennes et pour la construction de tours en béton armé destinées aux installations stationnaires spéciales.

Grues offshore

Liebherr propose également des solutions convaincantes pour l'édification d'éoliennes en mer. Elles satisfont toutes les exigences qui s'y attachent : des unités d'entraînement diesel ou électriques, des grues antidéflagrantes ou des grues de zones protégées ainsi que des grues prévues pour résister à une température ambiante située entre + 40 °C et -50 °C.

Composants

Liebherr est le seul fabricant au monde en mesure de fournir chaque composant séparément mais également le système complet pour le réglage des pales de rotor hydraulique et d'azimut des éoliennes avec des couronnes d'orientation, des mécanismes de rotation, des moteurs électriques et des cylindres hydrauliques.

Machines-outils et technique d'automatisation

Les machines d'engrenage de Liebherr contribuent considérablement à la satisfaction des hautes exigences en termes de qualité des composants à dents dans les éoliennes, par ex. dans les entraînements principaux. La technique d'automatisation de Liebherr assure une productivité élevée dans la fabrication de pales de rotor.

www.liebherr.com