

# Etude de la tenue au vent d'un système de fermeture pour volet battant – l'arrêt Ellipse

Rapport d'essais de tenue au vent en soufflerie climatique


**BOUYER Baptiste** : Ingénieur Recherche et Expertise, Rédacteur

**LUGAND Frédéric** : Technicien chargé d'essais

**LE MEHAUTE Brewal** : Technicien chargé d'essais



Rapport d'étude n° EN-C2A-25-44740-C-V0-TB\_INDUSTRIE-14417-3

Nb pages	Version	Date	Objet	Document validé par
10	0	05/11/2025	Version initiale	
 <p><b>CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT</b> 11 rue Henri Picherit – BP 82341 – 44323 Nantes cedex 3 Tél. : +33 (0)2 40 37 20 00 – Siret 775 688 229 00035 – www.cstb.fr Siège social &gt; 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2 Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229 MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS</p>				<p><b>Stéphane SANQUER</b> Responsable du Pôle Recherche et Expertise Division Vent, Aéraulique et Confort Équipement Industriel et Transports Direction Opérationnelle C2A</p>

## **DONNEES ADMINISTRATIVES**

**Etude réalisée à la demande de la société :** TB INDUSTRIE  
**Suivant la commande N :** CF\_TI01\_22229122\_ CSTB  
**En date de notification de :** 30 juillet 2025  
**Offre N° :** P-00209108\_FR25TB4INA-44740\_14417

**Livrable :**

*A défaut de remarques adressées par le Client dans les 10 jours ouvrés qui suivent la date de réception d'un livrable celui-ci sera considéré comme validé par le Client. Toute demande de modification d'un livrable concernant des éléments non prévus dans le Description Technique du dossier pourra faire l'objet d'un avenant. Les remarques dûment justifiées par rapport à la Description de l'étude et susceptibles de nécessiter une modification du livrable devront être transmises par écrit au CSTB dans le délai susvisé ; le CSTB disposant alors d'un délai de 15 jours ouvrés à compter de la réception des remarques pour répondre.*

*Par défaut cette dernière version du rapport annule et remplace les versions précédentes.*

## **MOT(S) CLE(S) : Volets, Tenue au vent, Précadre, guidage**

Diffusion : Publique

## SOMMAIRE :

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>1. MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS .....</b>	<b>4</b>
1.1 Vent de référence .....	4
1.2 Protocole d'essai .....	6
1.3 Calcul des vitesses de vent .....	7
<b>2. ESSAIS .....</b>	<b>8</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>9</b>

<b>1. MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS .....</b>	<b>4</b>
1.1 VENT DE REFERENCE .....	4
1.2 PROTOCOLE D'ESSAI.....	6
1.3 CALCUL DES VITESSES DE VENT .....	7
<b>2. ESSAIS .....</b>	<b>8</b>

## LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Vitesses moyennes et de pointe du vent par région de vent et par catégorie de terrain à 10m pour une période de retour de 50 ans.....	5
Tableau 2 : Vitesses moyennes et de pointe du vent par région de vent et par catégorie de terrain à 20m pour une période de retour de 50 ans.....	5
Tableau 3: Les catégories de terrain selon l'Eurocode .....	6
Tableau 4 : Vitesse et durées d'épreuves retenues .....	7
Tableau 5 : configuration et résultats d'essais .....	8
Tableau 6 : Hauteur d'installation possible selon la région de vent et la catégorie de terrain pour une vitesse ELU de 209km/h pour une période de retour de 50ans d'après l'Eurocode NF EN 1991-1-4 : 2005 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA: 2008 .....	9
Tableau 7: Hauteur d'installation possible selon la région de vent et la catégorie de terrain pour une vitesse ELU de 209km/h pour une période de retour de 25ans d'après l'Eurocode NF EN 1991-1-4 : 2005 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA : 2008.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Régions de vent définies par l'Eurocode .....	6
Figure 2 : volet 4 vantaux en aluminium dans la configuration partiellement fermée .....	8

## INTRODUCTION

A la demande de la société TB INDUSTRIE, la tenue au vent de l'arrêt Ellipse, un système de maintien de volet battant en position ouverte, a été testée à l'échelle 1 dans la veine aérodynamique de la soufflerie climatique Jules Verne à Nantes.

Les essais ont été réalisés le 16 septembre 2025 en présence de la société TB INDUSTRIE représentée par MM Nicolas GEORGE et Romain ROGEAT.

### 1. MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS

L'objectif de cette étude est d'étudier la tenue au vent de l'arrêt Ellipse, un système de maintien de volet battant en position ouverte pour des incidences de vent rasantes, entre  $-5^\circ$  et  $5^\circ$ .

L'arrêt Ellipse est en 2 parties, la première montée sur le volet battant, composée d'une tirette actionnant un pêne, et la seconde, une gâche fixée sur la façade.

Le système est monté sur un vantail en aluminium de 2,5m de hauteur et 1m de largeur.



*Figure 1 : système d'arrêt Ellipse monté sur un volet battant*

Les essais ont été menés dans la veine aérodynamique de la soufflerie Jules Verne à Nantes, de largeur 6 mètres et hauteur 5 mètres.

#### 1.1 Vent de référence

La norme en vigueur pour définir les vitesses de vent de référence et les taux de turbulence associés sur un site est l'Eurocode NF EN 1991-1-4 de novembre 2005 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA de mars 2008.

Les vitesses moyennes sur 10 minutes  $V_{moy}$  et de pointe sur trois secondes  $V_{max}$  associées à des périodes de retour de 50 ans, en fonction de la région et de la catégorie de terrain (rugosité du site : cf Tableau 1), ont été calculées à 10 m et 20 m de hauteur, conformément à l'Annexe Nationale de l'Eurocode vent. Les valeurs de vitesse moyenne  $V_{moy}$  et de pointe  $V_{max}$ , exprimées en km/h, pour un vent de période de retour 50 ans, sont données pour les quatre régions de vent dans les Tableau 1 et Tableau 2.

On constate que les vitesses moyennes à 10 et 20 mètres de hauteur, de période de retour 50 ans, restent inférieures à 110 km/h pour l'essentiel des expositions, hors départements d'outre-mer. La majoration de la vitesse ELS à la vitesse ELU est de 1,225.

**Tableau 1 : Vitesses moyennes et de pointe du vent par région de vent et par catégorie de terrain à 10m pour une période de retour de 50 ans**

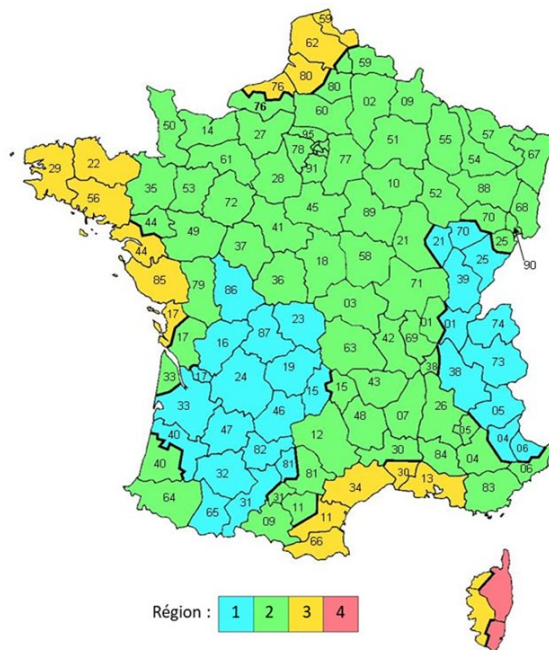
Période de retour : 50 ans		0	II	IIIa	IIIb	IV
hauteur=10m		mer	rase campagne	haies, bocage	bocage dense/ ZI	ville/forêt
Région 1 Vref=22 m/s	$V_{moy}$	97,35	79,73	64,87	52,96	50,26
	$V_{max}$ ELS	134,93	121,30	107,30	94,09	90,02
	$V_{max}$ ELU	<b>165,25</b>	<b>148,57</b>	<b>131,42</b>	<b>115,24</b>	<b>110,25</b>
Région 2 Vref=24 m/s	$V_{moy}$	106,20	86,98	70,76	57,78	54,83
	$V_{max}$ ELS	147,19	132,33	117,05	102,65	98,20
	$V_{max}$ ELU	<b>180,27</b>	<b>162,07</b>	<b>143,36</b>	<b>125,71</b>	<b>120,27</b>
Région 3 Vref=26 m/s	$V_{moy}$	115,05	94,23	76,66	62,59	59,40
	$V_{max}$ ELS	159,46	143,36	126,81	111,20	106,38
	$V_{max}$ ELU	<b>195,30</b>	<b>175,58</b>	<b>155,31</b>	<b>136,19</b>	<b>130,29</b>
Région 4 Vref=28 m/s	$V_{moy}$	123,90	101,47	82,56	67,41	63,97
	$V_{max}$ ELS	171,73	154,39	136,56	119,75	114,57
	$V_{max}$ ELU	<b>210,32</b>	<b>189,08</b>	<b>167,26</b>	<b>146,67</b>	<b>140,32</b>

**Tableau 2 : Vitesses moyennes et de pointe du vent par région de vent et par catégorie de terrain à 20m pour une période de retour de 50 ans**

Période de retour : 50 ans		0	II	IIIa	IIIb	IV
hauteur=20m		mer	rase campagne	haies, bocage	bocage dense/ ZI	ville/forêt
Région 1 Vref=22 m/s	$V_{moy}$	106,23	90,16	76,36	65,22	55,60
	$V_{max}$ ELS	144,25	132,59	120,13	108,17	96,23
	$V_{max}$ ELU	<b>176,67</b>	<b>162,39</b>	<b>147,13</b>	<b>132,48</b>	<b>117,86</b>
Région 2 Vref=24 m/s	$V_{moy}$	115,89	98,36	83,30	71,15	60,65
	$V_{max}$ ELS	157,37	144,64	131,05	118,00	104,98
	$V_{max}$ ELU	<b>192,73</b>	<b>177,15</b>	<b>160,50</b>	<b>144,53</b>	<b>128,58</b>
Région 3 Vref=26 m/s	$V_{moy}$	125,54	106,55	90,24	77,08	65,71
	$V_{max}$ ELS	170,48	156,70	141,97	127,84	113,73
	$V_{max}$ ELU	<b>208,79</b>	<b>191,91</b>	<b>173,88</b>	<b>156,57</b>	<b>139,29</b>
Région 4 Vref=28 m/s	$V_{moy}$	135,20	114,75	97,19	83,01	70,76
	$V_{max}$ ELS	183,59	168,75	152,89	137,67	122,48
	$V_{max}$ ELU	<b>224,85</b>	<b>206,68</b>	<b>187,25</b>	<b>168,61</b>	<b>150,00</b>

**Tableau 3: Les catégories de terrain selon l'Eurocode**

Catégories de terrain
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
II – Rase campagne, avec, ou non, quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments,...) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa – Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé
IIIb – Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers
IV – Zones urbaines, dont au moins 15 % de la surface est recouvert de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m



**Figure 2 : Régions de vent définies par l'Eurocode**

## 1.2 Protocole d'essai

La tenue au vent du système est étudiée pour des vents rasants entre  $-5^\circ$  et  $5^\circ$

Le banc d'essai est placé sur la table tournante de la soufflerie pour explorer les différentes incidences de vent. Pour chacune de ces configurations, le corps d'épreuve est soumis à une succession de vent représentatif d'un épisode de vent extrême d'une période de retour de 50ans. Les vitesses et durée d'épreuves retenues pour valider la tenue au vent du précadre pour volets pliants coulissants sont indiquées dans le Tableau 4. Les catégories de terrain validées par région de vent à 10m et 20m de hauteur en cas de succès de l'essai à la vitesse d'épreuve indiquée sont également reportées dans ce tableau.

Afin qu'une épreuve en vitesse moyenne soit validée, le produit testé doit résister (pas de casse, ni d'envol) à la vitesse de vent définie pendant une durée d'au moins trois minutes. Un test de manœuvrabilité est réalisé à l'issue du test. Le produit doit rester manœuvrable pour valider l'essai.

Afin qu'une épreuve en vitesse de pointe ELS soit validée, le produit testé doit résister (pas de casse, ni d'envol) à la vitesse de vent définie pendant une durée d'au moins trois secondes et doit pouvoir être manœuvré à l'issue du test.

Enfin, une épreuve en vitesse de pointe ELU est validée si le produit testé résiste (pas d'envol) à la vitesse de vent définie pendant une durée d'au moins trois secondes. La manœuvrabilité n'est pas requise pour valider un essai en vitesse de pointe ELU.

**Tableau 4 : Vitesse et durées d'épreuves retenues**

Vitesses d'épreuve (km/h) + (durée épreuve)	Régions validées - H=10m	Régions validées - H=20m
<b>110</b> (3 min)	Vmoy : R1, R2, R3(sauf 0), R4(sauf 0) Vmax ELS : R1(IIIa, IIIb, IV), R2(IIIb, IV), R3(IV) Vmax ELU : R1(IV)	Vmoy : R1, R2(sauf 0), R3 (sauf 0), R4 (IIIa, IIIb, IV) Vmax ELS : R1(IIIb, IV), R2(IV) Vmax ELU : -
<b>120,2</b> (3 sec)	Vmax ELS : R2(IIIa), R3(IIIb), R4(IIIb,IV) Vmax ELU : R1(IIIb), R2(IV)	Vmax ELS : R1(IIIa), R2(IIIb), R3(IV) Vmax ELU : R1(IV)
<b>128</b> (3 sec)	Vmax ELS : R1(II), R3(IIIa) Vmax ELU : R2(IIIb)	Vmax ELS : R3(IIIb), R4(IV) Vmax ELU : R2(IV)
<b>137</b> (3 sec)	Vmax ELS : R1(0), R2(II), R4(IIIa) Vmax ELU : R1(IIIa), R3(IIIb,IV)	Vmax ELS : R1(II), R2(IIIa), R4(IIIb) Vmax ELU : R1(IIIb)
<b>145</b> (3 sec)	Vmax ELS : R3(II) Vmax ELU : R2 (IIIa), R4(IV)	Vmax ELS : R1(0), R2(II), R3(IIIa) Vmax ELU : R2(IIIb), R3(IV)
<b>150,1</b> (3 sec)	Vmax ELS : R2(0) Vmax ELU : R1(II), R4(IIIb)	Vmax ELS : - Vmax ELU : R1(IIIa), R4(IV)
<b>156,6</b> (3 sec)	Vmax ELS : R4(II) Vmax ELU : R3 (IIIa)	Vmax ELS : R3(II), R4(IIIa) Vmax ELU : R3(IIIb)
<b>192</b> (3 sec)	Vmax ELS : - Vmax ELU : R1(0), R2(0,II), R3(II), R4(II, IIIa)	Vmax ELS : - Vmax ELU : R1(0,II), R2(II,IIIa), R3(II, IIIa), R4(IIIa, IIIb)
<b>TOTAL</b>	<b>R1, R2, R3(sauf 0) R4 (sauf 0)</b>	<b>R1, R2(sauf 0), R3(sauf 0) R4 (sauf 0 et 2)</b>

### 1.3 Calcul des vitesses de vent

La vitesse de la soufflerie est déduite de la mesure de la pression dynamique réalisée dans la section de mesure au moyen d'un tube de Pitot placé en amont de la maquette dans une zone non impactée par sa présence :

$$V_{amont} = \sqrt{\frac{2 \times P_{dyn,amont}}{\rho}}$$

où V est la vitesse de la soufflerie en m/s et  $\rho$  est la masse volumique de l'air dans la soufflerie. La masse volumique de l'air  $\rho$  dans la soufflerie est calculée en début de chaque essai, à partir de la température, de l'humidité relative et de la pression atmosphérique dans la veine aérodynamique de la soufflerie au moyen d'un thermo hygromètre. La vitesse du vent au niveau de la maquette est ensuite calculée à partir de la vitesse en amont par la conservation du débit :

$$V_{maquette} = V_{amont} * \frac{S_{veine vide}}{S_{veine occupée}} \quad \text{et} \quad P_{dyn,maquette} = \frac{1}{2} \rho V_{maquette}^2$$

Où  $S_{veine occupée} = S_{veine vide} - S_{maquette}$

La surface de la maquette correspond à la surface du banc projetée dans le plan perpendiculaire à l'écoulement. Elle est déterminée à partir des dimensions du banc et de l'incidence du vent  $\theta$ :

$$S_{maquette} = (P \times \text{abs}(\cos(\theta)) + L \times \text{abs}(\sin(\theta))) \times H$$

Avec L la largeur du banc (2m), H sa hauteur (2,5m) et P sa profondeur (0,3m) .

Le vent établi dans la veine est de vitesse uniforme. Le taux de turbulence est de l'ordre de 2%.

## 2. ESSAIS

Les configurations testées et les résultats de mesures obtenus sont reportés dans le Tableau 5. Le système a résisté à tous les scénarios de vent testé avec des vitesses de vent jusqu'à 209km/h.



Figure 3 : volet 4 vantaux en aluminium dans la configuration partiellement fermée

Tableau 5 : configuration et résultats d'essais

incidence	Durée [s]	vitesse volets [km/h]	Pdyn volets [Pa]
0	180	115.3	622.6
0	3	124.1	720.8
0	3	131.9	814.5
0	3	141.2	933.4
0	3	156.8	1151.2
0	3	174.2	1421.7
0	3	205.1	1969.9
5	180	110.0	567.0
-5	180	117.4	646.1
-5	3	125.0	731.8
-5	3	134.4	845.6
-5	3	144.2	973.6
-5	3	153.1	1098.3
-5	3	158.2	1172.0
-5	3	165.3	1280.4
-5	3	177.6	1476.6
-5	3	209.2	2050.1

## CONCLUSION

**Nom de l'étude ou affaire :** 14417 - Etude de la tenue au vent d'un système de fermeture pour volet battant – l'arrêt Ellipse

Le comportement au vent du système maintien de volet battant en position ouverte, développé par la société TB INDUSTRIE, a été étudié le 16 septembre 2025 dans la veine aérodynamique de la soufflerie climatique Jules Verne.

La vitesse de vent ELU retenue pour ce système est de 209 km/h (pas de casse ni d'envol).

La hauteur d'installation maximale validée du système est déterminée pour chaque région de vent et chaque catégorie de terrain pour des périodes de retour de 50 à partir des vitesses de vent validées selon l'Eurocode NF EN 1991-1-4 de novembre 2005 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA de mars 2008.

Les hauteurs obtenues sont présentées dans le Tableau 6 et dans le Tableau 7 sont valables dans les conditions suivantes :

- en l'absence d'effet de site pouvant entraîner une accélération du vent
- pour un coefficient d'orographie de 1 (terrain plat)

**Tableau 6 : Hauteur d'installation possible selon la région de vent et la catégorie de terrain pour une vitesse ELU de 209km/h pour une période de retour de 50ans d'après l'Eurocode NF EN 1991-1-4 : 2005 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA: 2008**

Période de retour : 50 ans		0	II	IIIa	IIIb	IV
Vmax ELU = 209 km/h		mer	rase campagne	haies, bocage	bocage dense/ ZI	ville/forêt
Région 1	hauteur max	140m	200m	200m	200m	200m
Région 2	hauteur max	50m	90m	150m	200m	200m
Région 3	hauteur max	20m	40m	75m	130m	200m
Région 4	hauteur max	9m	22m	43m	75m	125m

**Fin de Rapport d'étude**



## Le futur en construction

Entreprise publique à caractère industriel et commercial (EPIC), le CSTB est au service de ses clients et de l'intérêt général.

Seul centre de recherche à développer une approche systémique et pluridisciplinaire des enjeux du bâtiment – de l'ouvrage au quartier – il investit les sujets qui font écho aux préoccupations de la société.

Disposant de compétences pointues, il poursuit l'adaptation de ses services, de ses moyens et de son organisation pour accompagner la transformation du secteur auprès de l'ensemble des acteurs. En lien avec l'évolution sociétale et l'attente de « mieux vivre » des citoyens, il porte les enjeux techniques de performance énergétique, environnementale, mais aussi de santé, d'accessibilité et de confort du bâtiment.

[www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

### **CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT**

11 rue Henri Picherit – BP 82341 – 44323 Nantes cedex 3

Tél. : +33 (0)2 40 37 20 00 – Siret 775 688 229 00035 – [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS