

## Certificat n° P-00154354\_PA24CPX60C-31507\_13978

Sujet : Expertise des essais en soufflerie sur des panneaux photovoltaïques

Date : 18 octobre 2024

Référence : EN-C2A 24.31507 C - V0

De : CSTB et Aérodynamique Eiffel

Pour : PanelClaw et groupe ENSTALL

Ce certificat contient 4 pages

**Stéphane SANQUER**

*Responsable du Pôle Recherche et Expertise*

*Division Vent, Aéraulique et Confort*

*Direction Opérationnelle C2A*

*Climatologie-Aérodynamique-Aéraulique pour les ouvrages et transports*

Le présent certificat est basé sur les conclusions du rapport EN-C2A 24.31507 C - V0 du CSTB [9] et concerne :

- L'expertise de la représentativité des essais en soufflerie, menés par PEUTZ BV, permettant la caractérisation des charges aérodynamiques exercées sur les panneaux photovoltaïques installés avec les systèmes WAVE Dual et WAVE Single (Figure 1) sur toiture plate.
- L'expertise de la validité des hypothèses utilisée pour l'outil de calcul PanelClaw Europe, groupe ENSTALL, qui permet d'évaluer le lestage nécessaire pour éviter tout levage, glissement ou renversement des système WAVE Dual et WAVE Single (installés sur toiture plate) sous l'action du vent.

Les résultats des essais en soufflerie menés par PEUTZ BV sont résumés dans les rapports W 15389-29E-RA-001 daté du 23 avril 2024 (Version Sud) [2] et W 15389-17-RA-002 daté du 23 avril 2024 (Version Est/Ouest) [1]. La *Figure 2* montre l'échelle des maquettes dans la soufflerie.



Figure 1 : WAVE Dual et WAVE Single

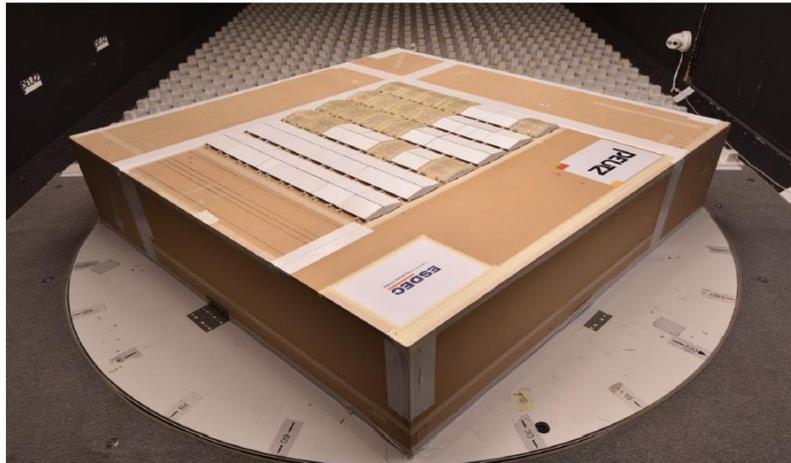


Figure 2 : maquettes dans la soufflerie de Peutz BV

Sur la base des essais de soulèvement mécanique effectués par ENSTALL (Figure 3), le degré d'interconnexion des systèmes a été déterminé et utilisé par PEUTZ BV en combinaison avec les résultats issus des essais en soufflerie. Ces données ont été intégrées dans l'outil de calcul de lestage de PanelClaw Europe



*Figure 3 : tests de soulèvement effectués par ENSTALL*

Sur la base des éléments fournis par le groupe ENSTALL et PanelClaw Europe, l'expertise du CSTB conduit aux conclusions suivantes :

- L'hypothèse de détermination de la charge de vent est basée sur l'Eurocode EN 1991 1-4 en adaptant les équations du CUR-103.
- La simulation de couche limite, en termes de vitesse et de turbulence, est adaptée aux besoins de cette étude. Les échelles intégrales de turbulence sont plus petites que la valeur recommandée par l'Eurocode. Cela pourrait conduire à sous-estimer les forces maximales exercées sur un groupe de panneaux si les charges de vent sont calculées en intégrant spatialement les mesures de pressions instantanées sur plusieurs panneaux composant une partie du groupe pour obtenir la charge maximale globale sur le groupe.
- L'échelle réduite choisie pour le modèle permet la représentativité de l'écoulement en interaction avec le champ du panneau.
- L'instrumentation est adaptée à la mesure de l'évolution temporelle de la pression et à capturer les pressions maximales agissant sur les modèles.
- L'analyse des valeurs extrêmes s'est avérée correcte.
- Des essais en soufflerie ont été réalisés sur des toitures plates sans pente (0°).

Les résultats de la soufflerie sont exploités pour développer un outil de calcul permettant d'évaluer le lestage nécessaire pour éviter levage, glissement ou renversement du système sous l'action du vent. Le rapport d'Enstall [3] fournit quelques détails sur la méthodologie implémentée dans ce calculateur pour évaluer le lestage. D'après les informations fournies dans le rapport d'Enstall [3], l'hypothèse et la méthodologie pour mettre en œuvre le calculateur semblent être correctes.

Les résultats de l'outil de calcul du lestage nécessaire pour assurer la stabilité des modules photovoltaïques sous les actions du vent et la construction de la base de données permettant la charge due au vent des panneaux photovoltaïques, qui est utilisée pour développer ce calculateur, n'a pas fait partie de l'expertise.

REFERENCES:

[1] *Wind tunnel study into wind loading Esdec FlatFix Wave. Report number W 15389-17-RA002 d.d. April 23rd, 2024*

[2] *Wind tunnel study into wind loading Esdec FlatFix Wave South". Report number W 15389-29E-RA-001 d.d. April 23rd, 2024*

[3] *Wind tunnel data processing of Wave in the online calculator tool". Report #RR24004 Revision #01*

[4] *Eurocode NF EN 1991-1-4 (2005)*

[5] *French National Annex NF EN 1991-1-4/NA (2008)*

[6] *Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, CUR-Aanbeveling 103: Windtunnelonderzoek voor de bepaling van ontwerp-windbelastingen op (hoge) gebouwen en onderdelen ervan, 2005 (Dutch CUR- Recommendation C103 'Wind tunnel studies of wind loads on (high rise) buildings*

[7] *NEN 7250:2014 and 2021, Solar-energy systems – integration in roofs and façades – building aspects*

[8] *NEN 6702 (TGB): 2001: Technical principles for building structures – TGB 1990 – Loadings and deformations*

[9] *EN-C2A 24.31507 C - V0 - Expertise of the wind-tunnel tests over photovoltaic panels (23/09/2024)*