

EN-CAPE 10.243 C – V0

**Etude de tenue au vent du système de
panneaux photovoltaïques de la société
SOLAR COMPOSITES**

Cédric NORMAND

Département Climatologie – Aérodynamique – Pollution – Epuration

Etude de tenue au vent du système de panneaux photovoltaïques de la société SOLAR COMPOSITES

Cédric NORMAND

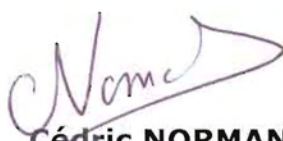
Département Climatologie – Aérodynamique

Pollution – Epuración

*Cette étude a été réalisée
à la demande de la société SOLAR COMPOSITES
suivant la lettre de commande
en date du 1^{er} septembre 2010*

Offre n° 3586

Nantes, le 17 septembre 2010



Cédric NORMAND
Ingénieur Recherche et Consultance
Département CAPE
Climatologie-Aérodynamique-
Pollution-Epuración



Pierre PALIER
Pilote de Département
Climatologie-Aérodynamique-
Pollution-Epuración
Coordinateur et Co-responsable
domaines thématiques
Ambiances, Confort, Sollicitations
Climatiques et Transports

*Mots clés : TENUE AU VENT, TOITURE, SOUFFLERIE CLIMATIQUE, VRAIE
GRANDEUR*

Nbre de pages : 16

Version n° : 0



TABLE DES MATIERES

1. PRINCIPE DES ESSAIS D'ARRACHEMENT AU VENT	1
1.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	2
1.2 DETAIL DE MONTAGE DE LA COUVERTURE.....	3
1.3 CONDITIONS EXPERIMENTALES.....	4
2. REALISATION DES ESSAIS D'ARRACHEMENT AU VENT	7
2.1 INCIDENCE 180 ° (SOUS LE VENT)	7
2.2 INCIDENCE 90 °	7
2.3 INCIDENCE 0 ° (FACE AU VENT).....	8
2.4 INCIDENCE 45° (FACE AU VENT)	8
2.5 INCIDENCE 135 °(SOUS LE VENT)	9
2.6 INCIDENCE 135 °(SOUS LE VENT)	10
3. SYNTHESE	10
ANNEXE 1 : NOTICE D'INSTALLATION DES ELEMENTS SOLAR COMPOSITES.....	11
ANNEXE 2 : LA SOUFFLERIE CLIMATIQUE JULES VERNE.....	15

La société SOLAR COMPOSITES produit et commercialise des panneaux photovoltaïques qui sont intégrés avec différents types de couvertures traditionnelles.

L'objet du présent document est la description des tests, **d'arrachement au vent**, réalisés en vraie grandeur en soufflerie climatique le 2 septembre 2010 sur le système SOLAR COMPOSITES.

1. PRINCIPE DES ESSAIS D'ARRACHEMENT AU VENT

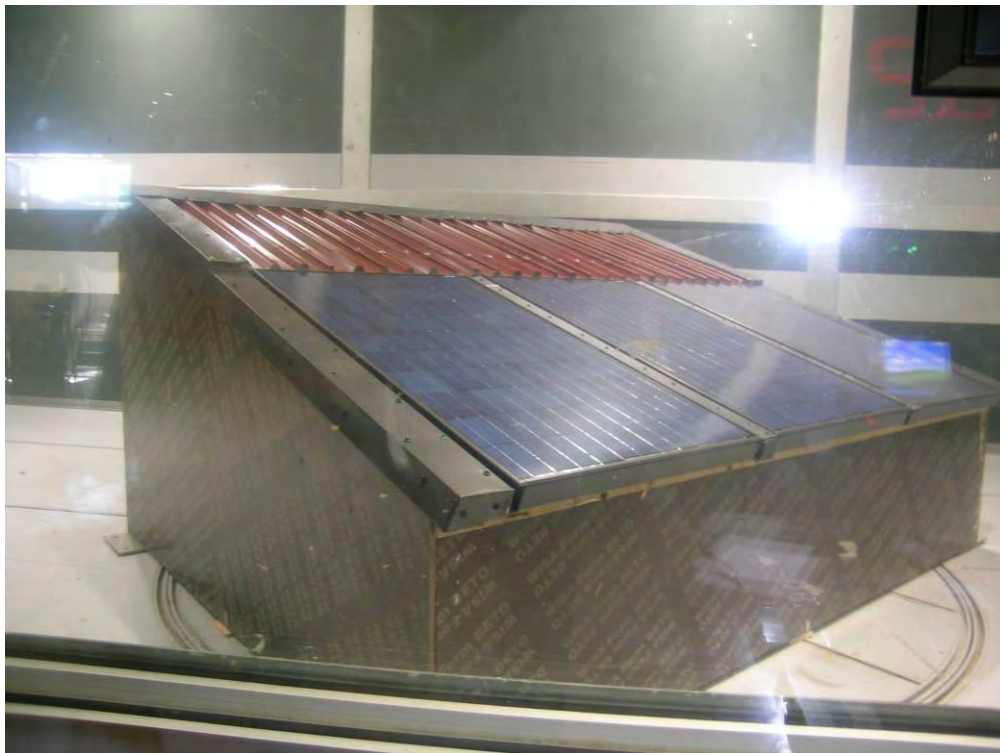


Figure 1 : Maquette vraie grandeur pendant les essais d'étanchéité en soufflerie climatique

1.1 Dispositif expérimental

Le module expérimental de 3,50 m x 2,75 m, support des panneaux photovoltaïques, présente une pente de 25 %. Des contre-lattes sont positionnées sur les pannes pour obtenir une pente de 30 %.

La structure comporte des pannes ayant un entraxe de 1,30 m. Des chevrons sont fixés sur les pannes avec un entraxe de 1,10 m.

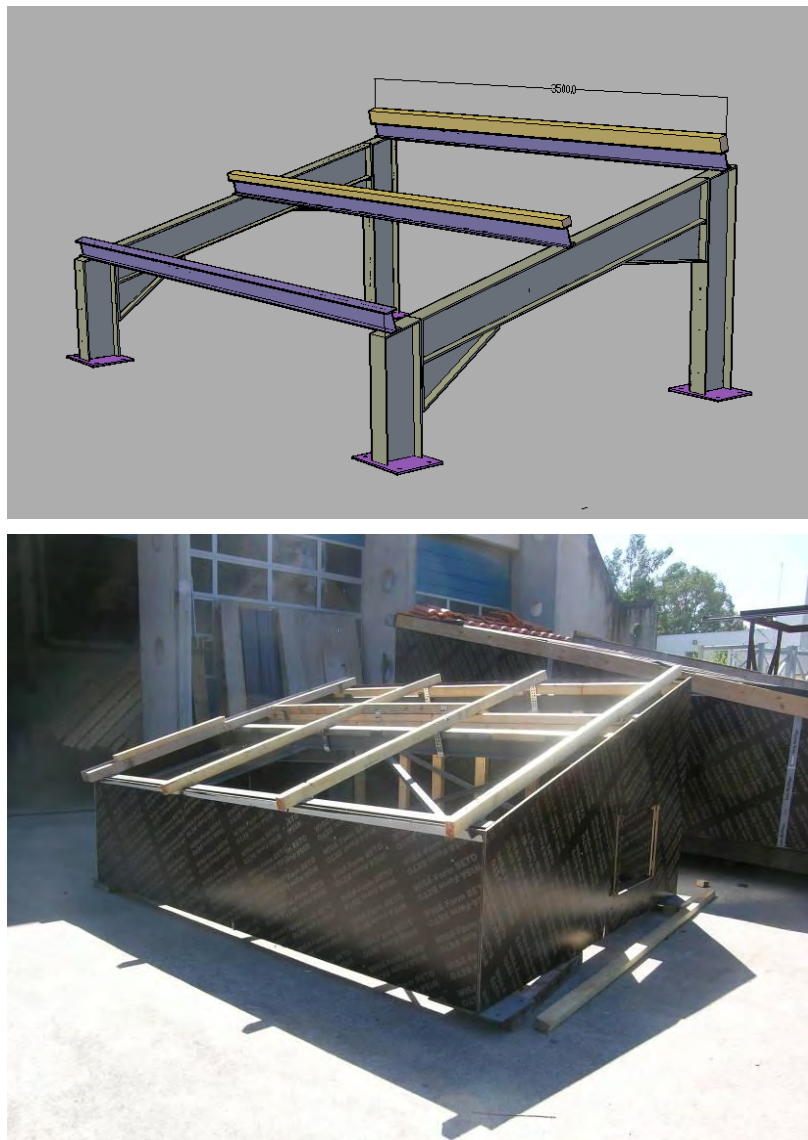


Figure 2 : Module expérimental pour une pente de 30 %

1.2 Détail de montage de la couverture

Les panneaux photovoltaïques SOLAR COMPOSITES sont mis en œuvre sur la partie basse de la toiture, la partie haute est réalisée en bacs acier.

Les éléments SOLAR COMPOSITES sont vissés sur les chevrons. Le principe de mise en œuvre et la fixation des éléments est détaillé en Annexe 1.

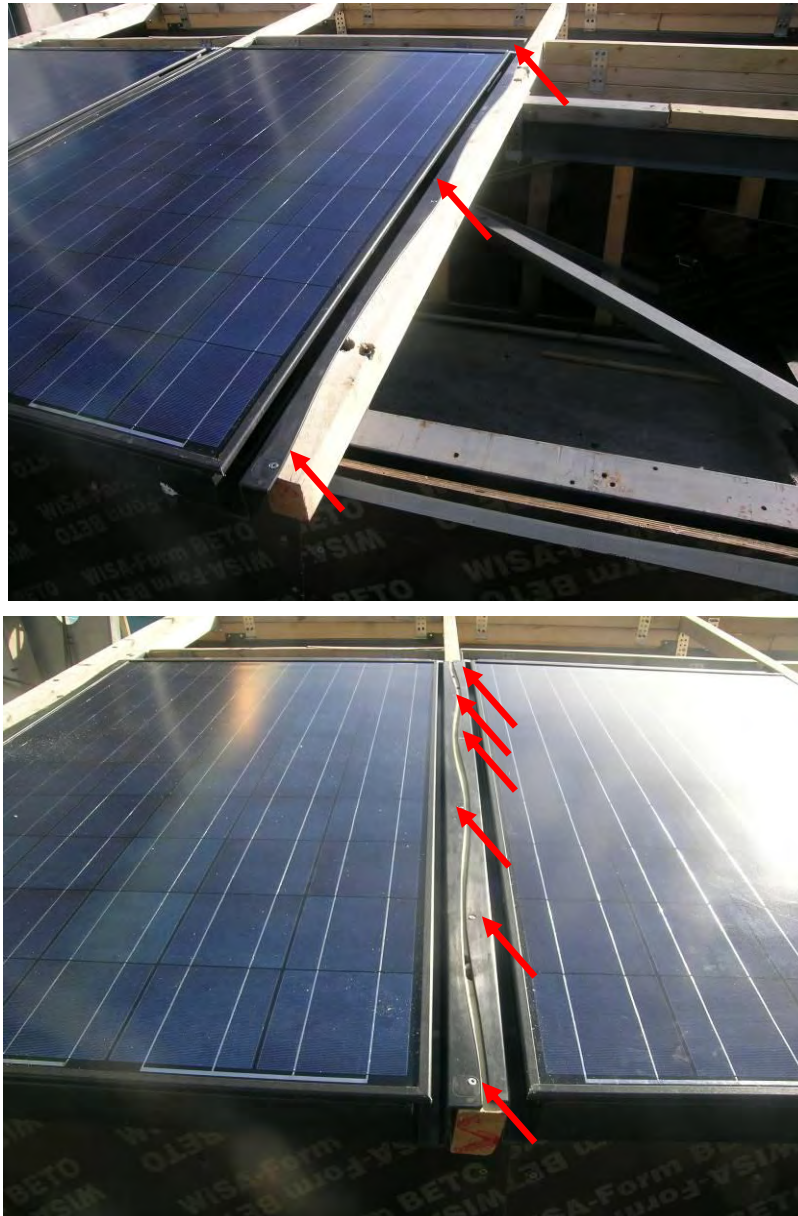


Figure 3 : Position des fixations des modules



Figure 4 : Position des fixations des pareclozes

1.3 Conditions expérimentales

Les conditions de test ont été définies en accord avec la société SOLAR COMPOSITES dans l'offre 3586-O :

- Pente de toiture : 30 %,
- Vitesse maximale de vent recherchée : 66 m/s,
- Essai en configuration bâtiment fermé

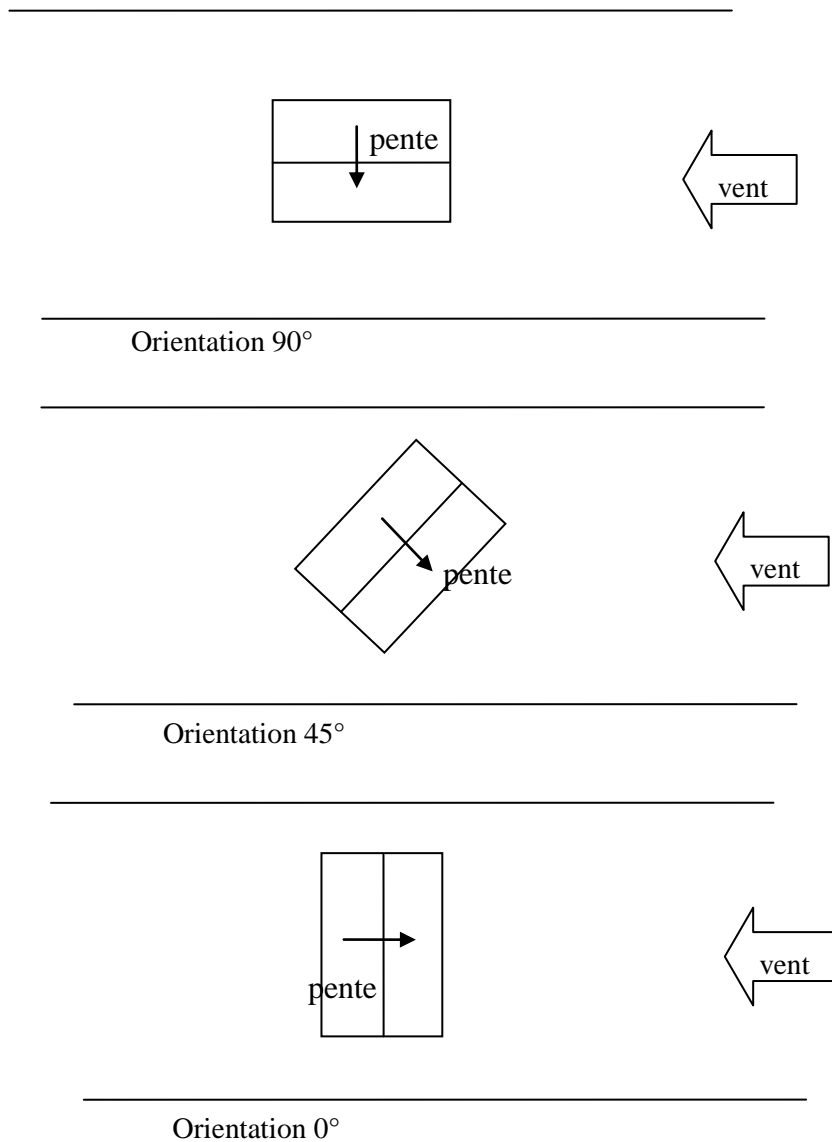
Les modules sont soumis par pallier de 20 km/h à des vitesses de vent croissantes avec maintien de la vitesse pendant quelques minutes.

Les vitesses de vent maximales retenues sont basées sur les vitesses normales et extrêmes de France métropolitaine et si possible cyclonique (selon Eurocode : **vitesse maximale de l'ordre de 66 m/s en Etat Limite Ultime** en bord de mer à 10 m de hauteur).

Note : La tenue mécanique des éléments au vent ne préjuge pas des limites d'emploi validées dans le cadre d'une procédure ultérieure de type Avis Technique qui prend en compte l'ouvrage dans son ensemble (type de bâtiment, durabilité, mise en œuvre,...) en intégrant des coefficients de sécurité adaptés.

La couverture est observée durant les essais depuis le caisson de pilotage de la soufflerie et depuis la veine d'essai en fin de chaque pallier. Le comportement particulier des éléments de couvertures est noté.

Cinq directions de vent sont successivement testées :



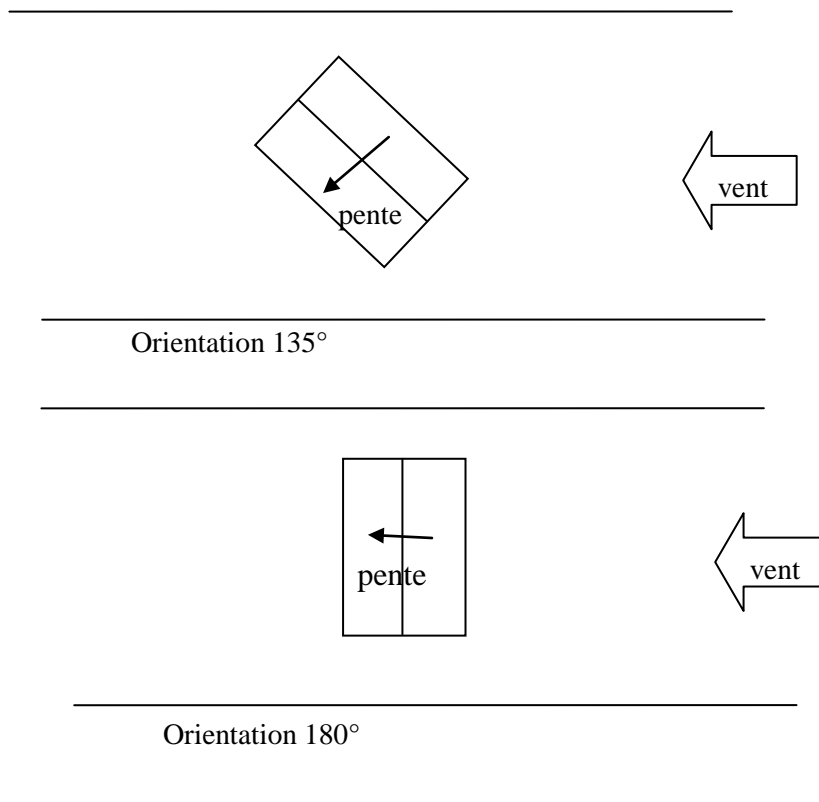


Figure 5 : Définition des orientations du vent et du versant de toiture

2. REALISATION DES ESSAIS D'ARRACHEMENT AU VENT

Une première série d'essai est réalisée (avec les 5 incidences prévues), jusqu'à une vitesse de vent de 180 km/h : aucune défaillance du système n'est constatée.

2.1 Incidence 180 ° (sous le vent)

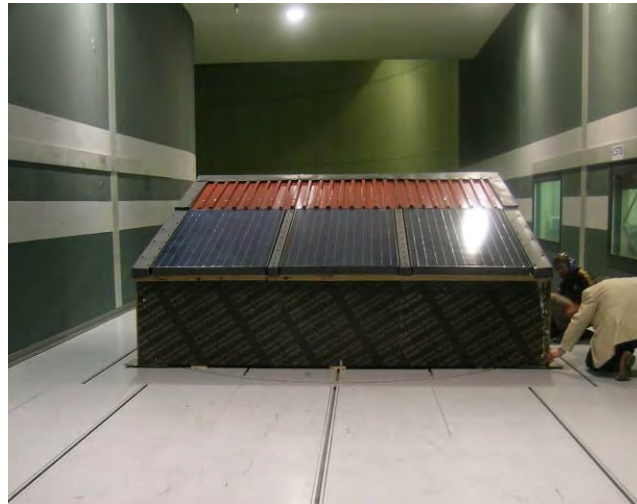


Figure 6 : Module d'essai avec une incidence de 180°

Aucune défaillance du système n'est constatée jusqu'à la vitesse de vent maximale de 210 km/h.

2.2 Incidence 90 °

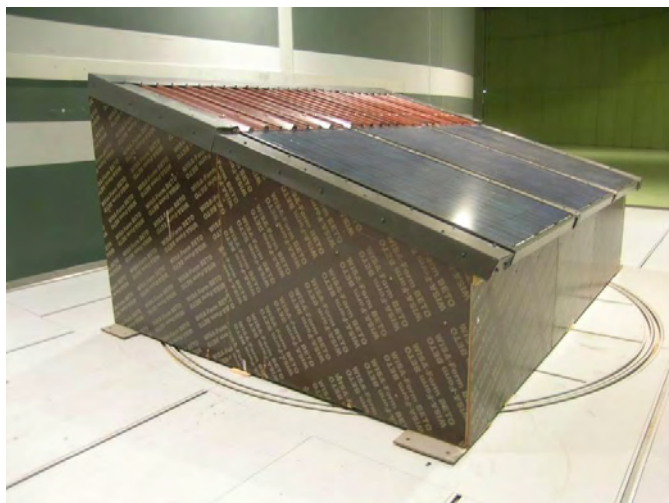


Figure 7 : Module d'essai avec une incidence de 90°

Aucune défaillance du système n'est constatée jusqu'à la vitesse de vent maximale de 210 km/h.

2.3 Incidence 0 ° (face au vent)



Figure 8 : Module d'essai avec une incidence de 0 °

Aucune défaillance du système n'est constatée jusqu'à la vitesse de vent maximale de 210 km/h.

2.4 Incidence 45° (face au vent)

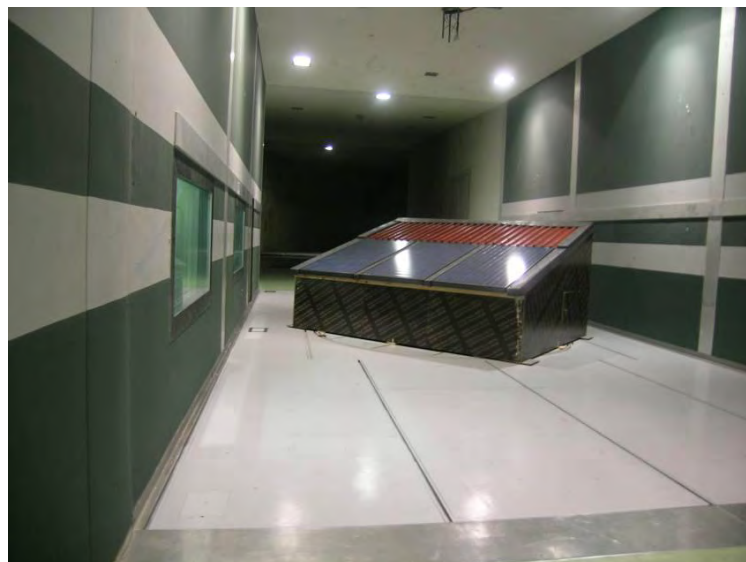


Figure 9 : Module d'essai avec une incidence de 45 °

Aucune défaillance du système n'est constatée jusqu'à la vitesse de vent maximale de 210 km/h.

2.5 Incidence 135 °(sous le vent)

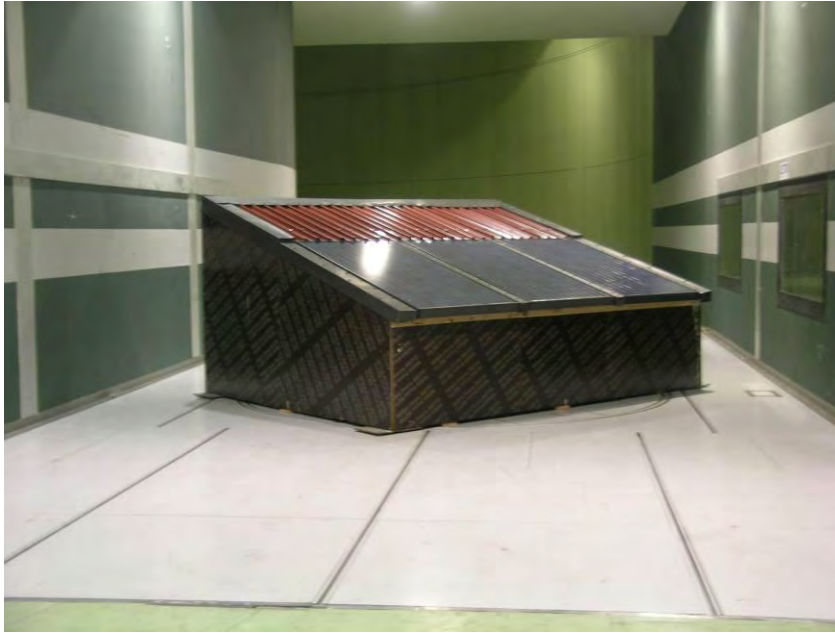


Figure 10 : Vue de la maquette à une incidence de 135 °

Aucune défaillance du système n'est constatée jusqu'à la vitesse de vent maximale de 210 km/h.

2.6 Incidence 135 °(sous le vent)

Compte tenu de ces résultats, un **nouvel essai est réalisé pour l'incidence critique de 135°** observée lors des essais précédents et est poursuivi jusqu'à la rupture.



Figure 11 : Vue de la maquette à une incidence de 135 ° au moment de la rupture

L'essai est mené jusqu'à une vitesse de vent maximale de 230 km/h. L'essai est arrêté à cette vitesse compte tenu du déboîtement d'un élément photovoltaïque.

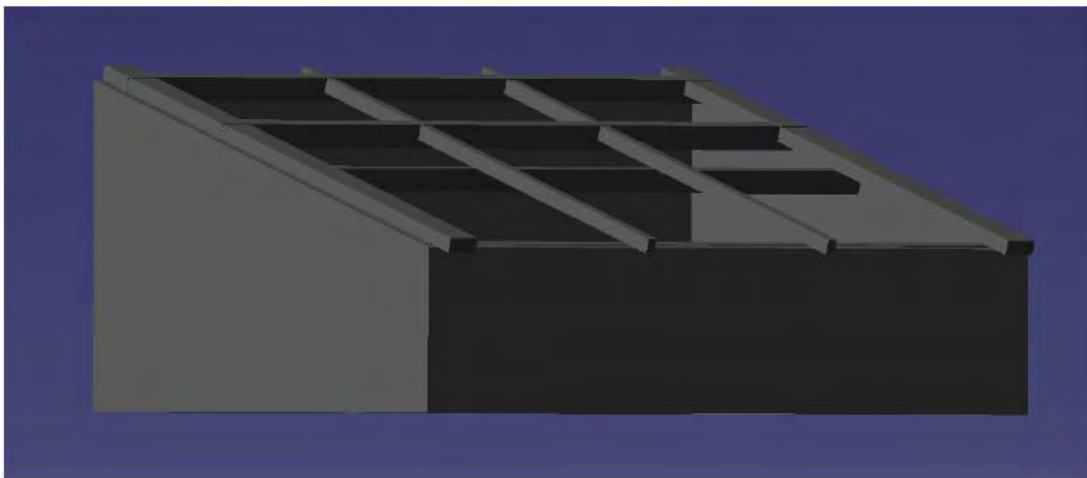
3. SYNTHÈSE

A la condition d'une **mise en œuvre soignée conforme aux règles de l'art et à celle réalisée lors des essais** la résistance à l'arrachement au vent du système SOLAR COMPOSITES est obtenue pour des **vents allant jusqu'à 230 km/h** ⁽¹⁾. A cette vitesse, la ruine a été observée par déboîtement d'un des éléments photovoltaïques (voir figure 11).

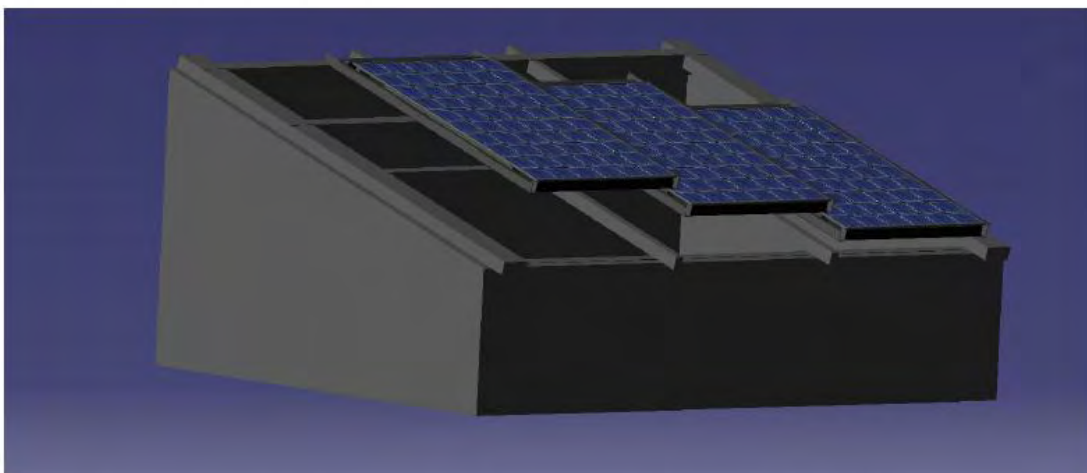
¹ La tenue mécanique des éléments à une vitesse de vent ne préjuge pas des limites d'emploi validées dans le cadre d'une procédure type Avis Technique qui prend en compte **l'ouvrage dans son ensemble (type de bâtiment, durabilité, mise en œuvre,...)** en intégrant des coefficients de sécurité adaptés.

ANNEXE 1 : NOTICE D'INSTALLATION DES ELEMENTS SOLAR COMPOSITES**Notice de montage
Maquette Solar Composites****1ere étape :**

Préparer la toiture en posant les chevrons de section 50 x 75 mm avec un entraxe de 1100 mm sur les pannes.

**2eme étape :**

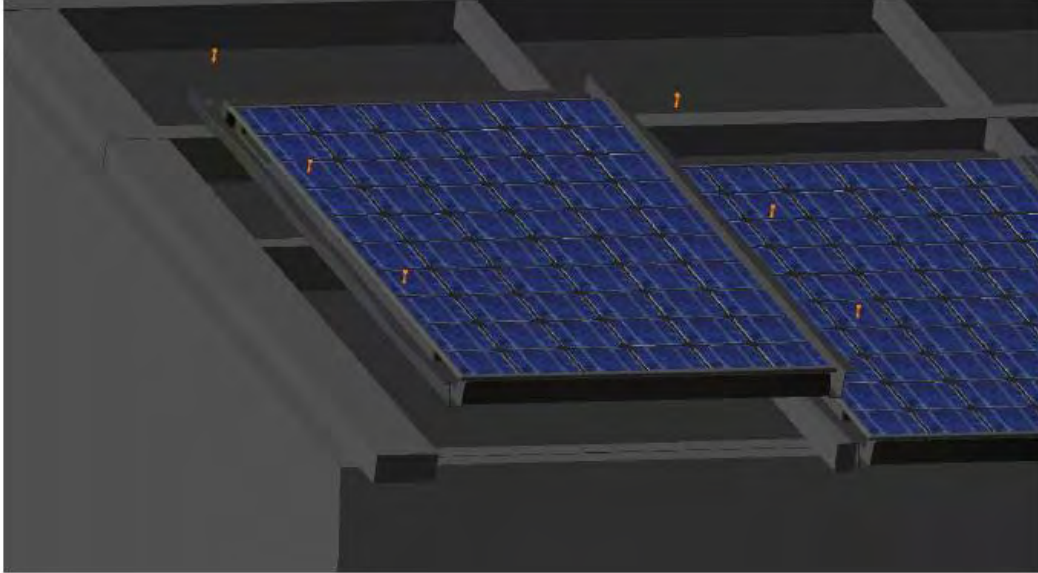
Poser les tuiles photovoltaïques sur les chevrons.



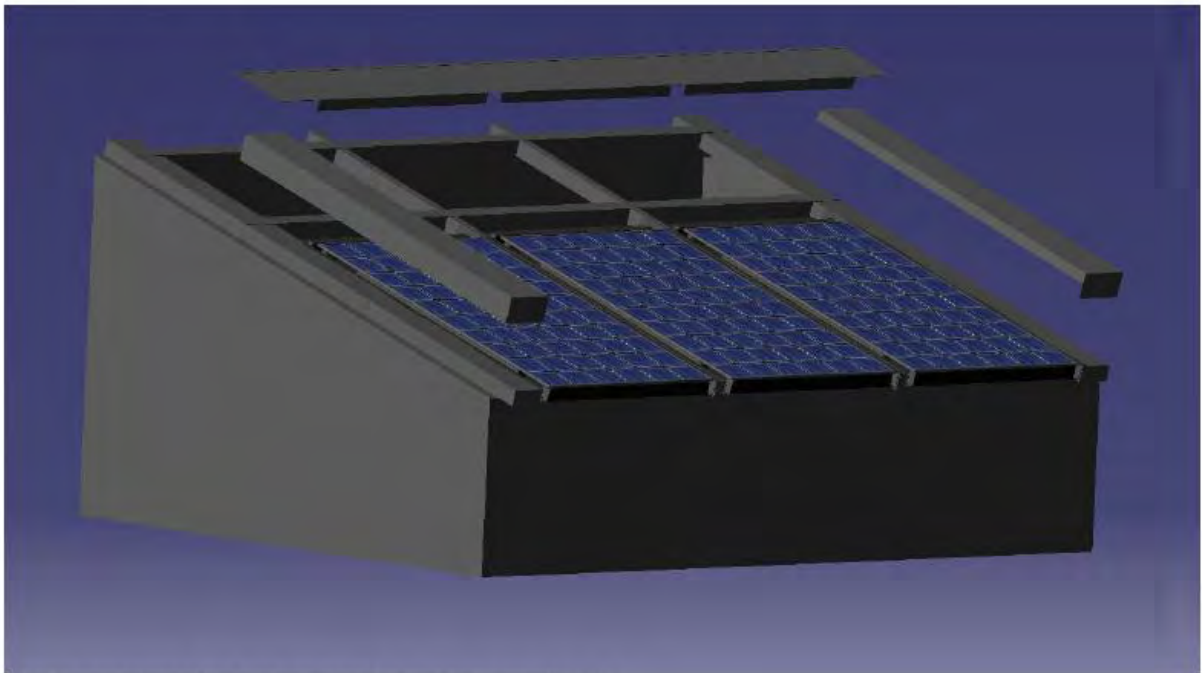
Visser les tuiles à l'aide de 6 vis à bois inox auto-foreuses de diamètre 4,5 mm x 50 mm

Zoom sur la pose d'une tuile Solar-Composites :

Positionner les vis dans les pré trous de chaque coté de la tuile photovoltaïque.

**3eme étape :**

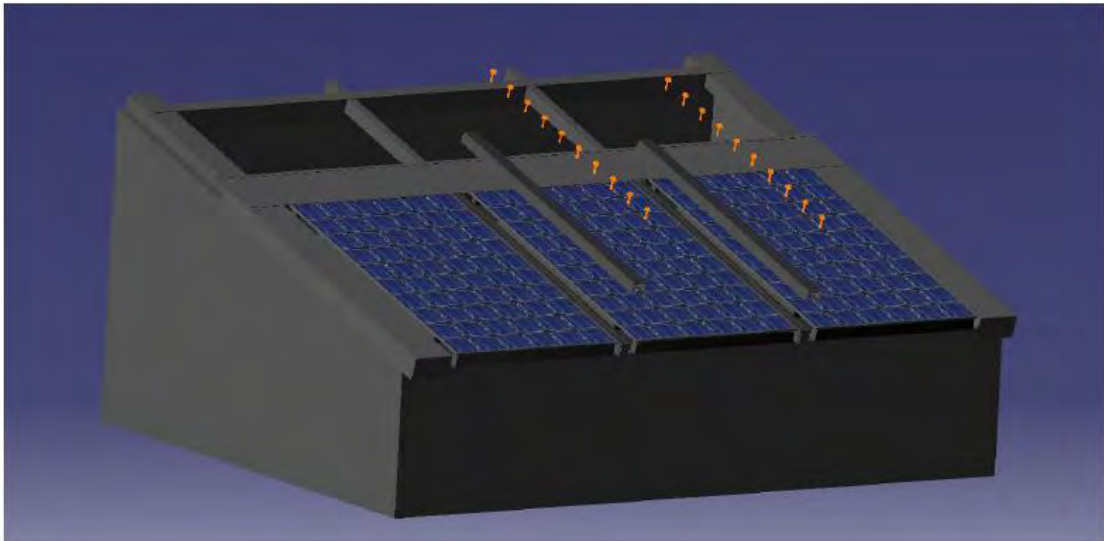
Assembler les abergements.



Pièces en zinc pliées en usine et ajustées sur chantier.

4eme étape :

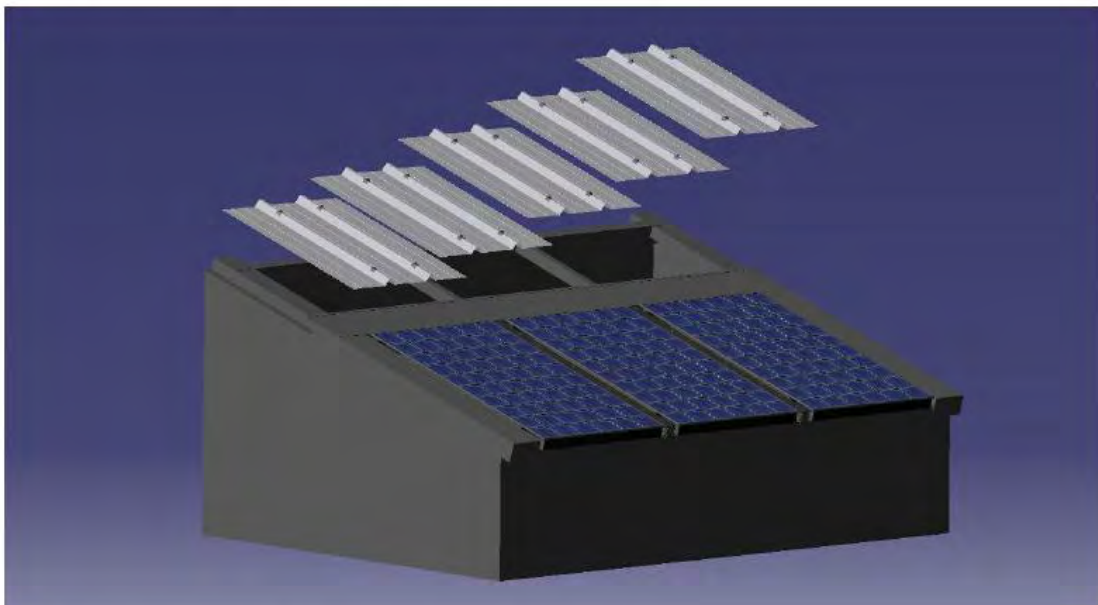
Poser les pareclozes à l'aide des 10 tirefonds à tête hexagonale de diamètre 6,5 mm x 53 mm



PRECONISATION : la fixations des pareclozes est doublée par rapport à la pose traditionnelle.

5eme étape :

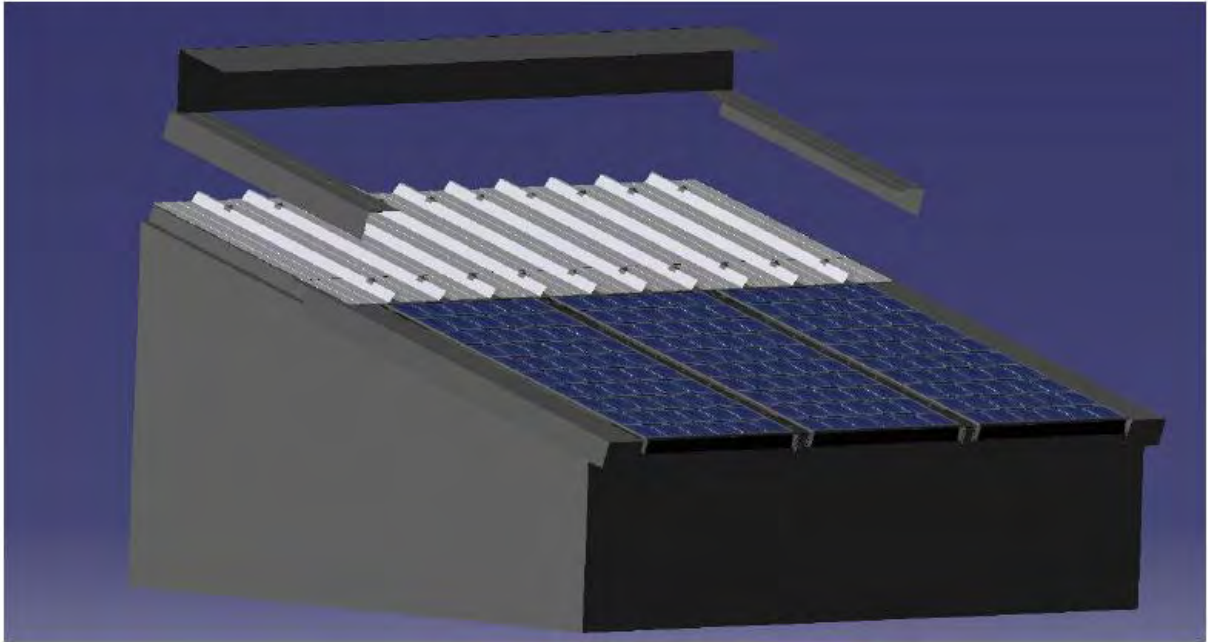
Poser les bacs aciers pour couvrir le reste de la toiture.



Les fixations sont placées sur chaque onde sur deux rangées.

6eme étape :

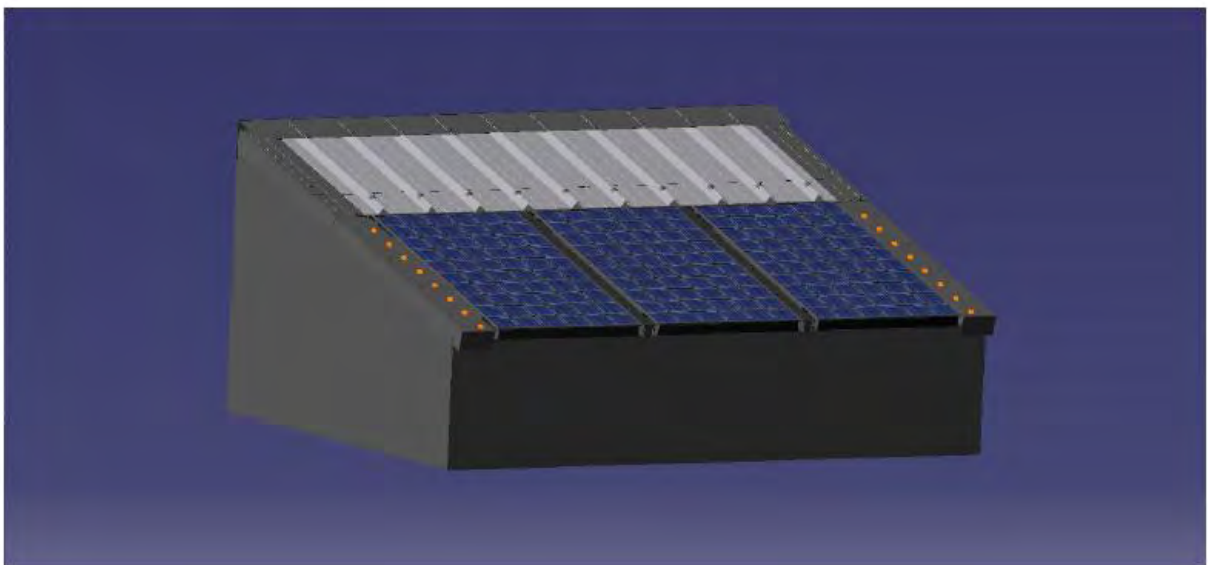
Poser les abergements latéraux et en faitière



Visser les pièces en zinc sur les ondes des bacs aciers

Finir la toiture par le vissage des abergements latéraux et faitière à l'aide de tirefonds à tête hexagonale de diamètre 6,5 mm x 53 mm

PRECONISATION: Mettre 8 tirefonds sur les abergements latéraux en raccord avec les tuiles



ANNEXE 2 : LA SOUFFLERIE CLIMATIQUE JULES VERNE

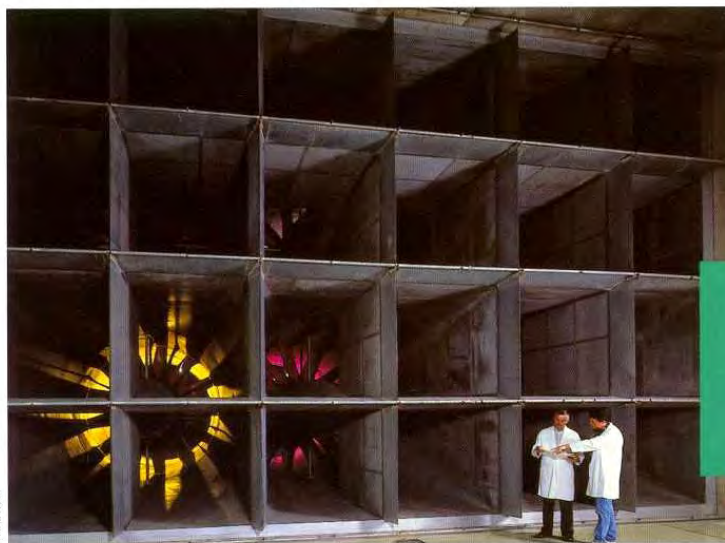
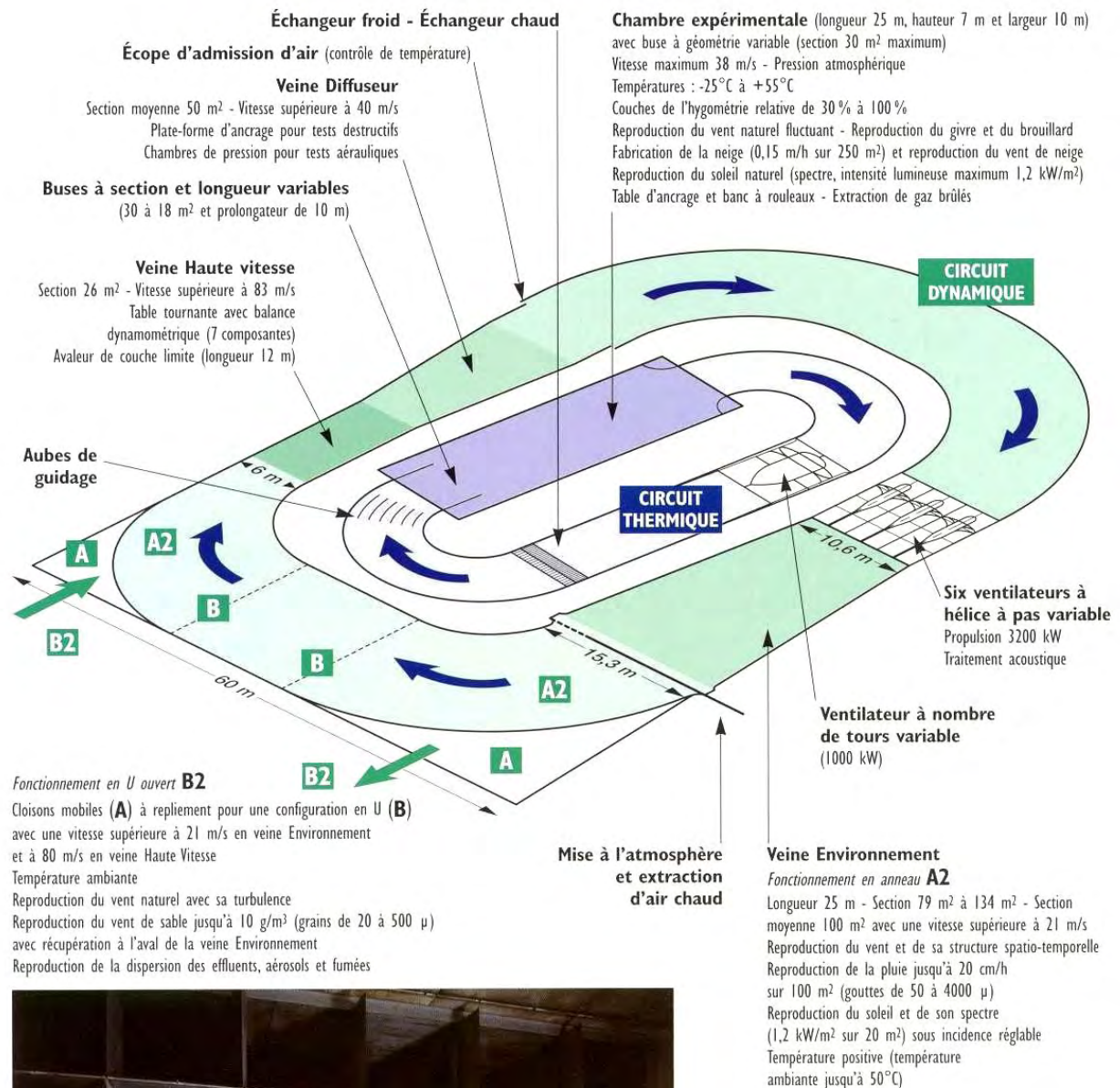
La soufflerie climatique Jules Verne a été conçue pour étudier à l'échelle de la vraie grandeur, les effets combinés du vent et des autres paramètres climatiques (pluie, sable, soleil, température, brouillard, neige...) sur des éléments de construction, des véhicules ou du matériel de transport, ou sur tout système soumis à des conditions climatiques de type extrême. Les ambiances climatiques qui peuvent être reproduites permettent en outre de réaliser diverses études sur les interactions entre l'homme et son environnement climatique.

La figure suivante présente les principales caractéristiques de la soufflerie. Deux anneaux indépendants ont été réalisés :

- Le circuit dynamique comporte trois veines d'essais. L'équipement de ce circuit permet de reproduire la structure spatio-temporelle du vent, la pluie et les vents de sable jusqu'à 90 km/h en veine environnement. La veine haute vitesse est équipée d'une balance dynamométrique qui autorise la mesure des coefficients aérodynamiques de véhicules automobiles jusqu'à 280 km/h.
- Le circuit thermique permet de reproduire un très large éventail de paramètres climatiques combinés à un écoulement d'air pouvant atteindre 140 km/h. La température ambiante et l'hygrométrie y sont contrôlées. Divers types de précipitations sont reproduits : la pluie, le brouillard, la neige. Le système à l'étude peut également être soumis à un flux radiatif intense provenant du simulateur solaire.

Par ailleurs la veine d'essai dispose d'équipements spécifiques aux études de véhicules automobiles (banc à rouleaux, système extracteur de gaz d'échappement).

Descriptif de la soufflerie climatique



Les six ventilateurs reproduisent la structure spatio-temporelle du vent en vraie grandeur