

EN-CAPE 09-165-C-V0

**Etude en soufflerie des actions du vent
sur la Canopée des Halles de Paris**

Olivier FLAMAND

Département Climatologie - Aérodynamique - Pollution - Epuration

EN-CAPE 09.165.C – V0

Etude en soufflerie des actions du vent sur la Canopée des Halles de Paris

Olivier FLAMAND

Département Climatologie - Aérodynamique

Pollution - Epuration

*Cette étude a été réalisée
à la demande de la Ville de Paris
suivant le devis CSTB en date du 13/02/2009
Marché n°20091020010007 du 27/04/2009
Offre n° 2918
Nantes, le 16/10/2009*

Olivier FLAMAND
Ingénieur Département CAPE

Gérard GRILLAUD
Pilote de Département CAPE
Co-responsable domaine thématique
Vent/Ouvrages

Mots clés : Soufflerie, maquette, confort, action locale, pression

*Nbre de pages : 61
Version n° : 0*



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
11 RUE HENRI PICHERIT, BP 82341, 44323 NANTES CEDEX 3
Tél : 02.40.37.20.00 Fax : 02.40.37.20.60
Site Web : <http://aerodynamique.cstb.fr>

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. MODELE de vent	2
2.1 VENT SUR LE SITE.....	2
2.2 SIMULATION DU VENT EN SOUFFLERIE	2
3. Caractéristiques dynamiques de la Canopée	5
4. CONDITIONS EXPERIMENTALES.....	5
4.1 LE MODELE A L'ECHELLE 1/200	5
4.2 L'INSTRUMENTATION DU MODELE A L'ECHELLE 1/200 POUR LA MESURE DES EFFORTS	7
4.2.1 Balance dynamométrique.....	8
4.2.2 Efforts déduits de l'intégration des pressions.....	9
4.2.3 Cas de charge particulier	11
4.2.4 Mesures des pressions locales	11
4.3 DIRECTIONS DE VENT TESTEES	14
5. pressions LOCALES externes - RESULTATS ET COMMENTAIRES	15
6. pressions différentielles LOCALES - RESULTATS ET COMMENTAIRES	18
7. CHARGES GLOBALES - RESULTATS ET COMMENTAIRES.....	21
8. CHARGES SEMI-GLOBALES - RESULTATS ET COMMENTAIRES.....	23
9. Conclusion	30

1. INTRODUCTION

Le projet "Canopée" de Patrick Berger et Jacques Anziutti propose pour la rénovation des Halles une vaste couverture fine, élancée et partiellement ouverte aux éléments climatiques qui viendra couvrir le Forum souterrain entre les rue Lescot, Berger et Rambuteau.

Bien qu'inscrit dans l'épaisseur de la rugosité bâtie, ce projet présente des caractéristiques architecturales d'envergure et d'élancement ainsi que de grands espaces publics ouverts sur l'extérieur qui le rendent sensible au vent .

Ces particularités ont conduit à engager des études en soufflerie pour vérifier d'une part le dimensionnement au vent de la couverture des Halles et notamment des ventelles qui la composent, d'autre part assurer dans les espaces ouverts des niveaux de confort piétonnier de qualité. Trois études aérodynamiques et deux maquettes ont été nécessaires pour répondre à ces problématiques :

- Une maquette du bâtiment et de son environnement à l'échelle réduite 1/200 a été utilisée pour la mesure des efforts sur la toiture et du confort dans les espaces piétonniers
- Une maquette à l'échelle du 1/50 a servi à mesurer la stabilité aérodynamique des ventelles.

Le sujet du présent rapport est la mesure des efforts sur les différents éléments de la Canopée par l'intermédiaires de prises de pressions sur la maquette au 1/200^{ème}.



Figure 1 : maquette de la canopée dans son environnement bâti

Etude en soufflerie des actions du vent sur la Canopée des Halles de Paris

2. MODELE DE VENT

2.1 Vent sur le site

En raison de la densité et de l'homogénéité des constructions dans le centre de Paris le vent sur le site a été considéré comme correspondant à une classe IV de l'Eurocode, quelle que soit sa direction.

Les paramètres de ce vent, respectant le référentiel choisi par le bureau d'étude INGEROP[1], l'Eurocode 1 - NF EN 1991 - Actions sur les structures - Partie 1-4 - Actions du Vent et Annexe Nationale, sont les suivants :

Vitesse de référence	$V_b = 24 \text{ m/s}$ <i>86,4 km/h</i>
Vitesse moyenne à 15m de hauteur sur le site en l'absence de bâtiment	$V_m(15)=15.23 \text{ m/s}$ <i>54,8 km/h</i>
Intensité de turbulence sur le site à 15m de hauteur :	$I(15)=31\%$
Z_0	1m
Z_{min}	15m

La vitesse moyenne du vent augmente avec la hauteur suivant une loi logarithmique :

Vitesse de référence en m/s	
à 15 m (hauteur ref INGEROP)	15.23 <i>54,8 km/h</i>
à 33 m	19.7 <i>70,9 km/h</i>
à 50m	22.0 <i>79,2 km/h</i>

2.2 Simulation du vent en soufflerie

Le vent est un phénomène fluctuant. Sa vitesse varie en module et en direction au cours du temps. Elle peut s'écrire à l'instant t :

$$V(t) = \bar{V} + u'(t)$$

où $\bar{V}$ est la valeur moyenne de la vitesse sur la période d'observation T et $u'(t)$ la fluctuation longitudinale de la vitesse autour de la valeur moyenne. Ainsi, la turbulence est caractérisée par l'écart type σ de la fluctuation $u'(t)$ sur la période T :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u'^2(t) dt}$$

L'intensité de turbulence longitudinale est reliée à l'écart type par :

$$I = \frac{\sigma}{\bar{V}}$$

La vitesse moyenne $\bar{V}$ varie avec la hauteur z . La rugosité du sol est caractérisée par le paramètre de rugosité z_0 et la topographie du site, suivant les règles de l'Eurocode 1. Cette approche est utilisée aussi pour caractériser le vent à la même échelle dimensionnelle que la maquette, le 1/200.

En soufflerie le vent est simulé au moyen de rugosités et de générateurs de tourbillons placés en amont du modèle et de son environnement (figure 2).

En l'absence de la maquette d'environnement représentant la Canopée et les rues adjacentes la nature turbulente du vent reproduit en soufflerie a été mesurée avec un anémomètre à fil chaud (figure 3) la valeur moyenne étant confirmée par un tube de Pitot.



Figure 2 : simulation en soufflerie de la couche limite terrestre à l'aide de rugosités calibrées placées en amont de la zone de mesure.

Etude en soufflerie des actions du vent sur la Canopée des Halles de Paris



Figure 3 : anémomètre à fil chaud et tube de Pitot utilisés pour la mesure de la turbulence du vent à échelle réduite en soufflerie.

La comparaison des profils de vitesse moyenne et d'intensité de turbulence issus de l'Annexe Nationale de l'Eurocode avec ceux de la simulation soufflerie est donnée figure 4. Les profils de l'Annexe Nationale sont établis conformément à la catégorie de terrain IV, « zones urbaines dont au moins 15% de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 mètres - forêts », de hauteur de rugosité 1 mètre.

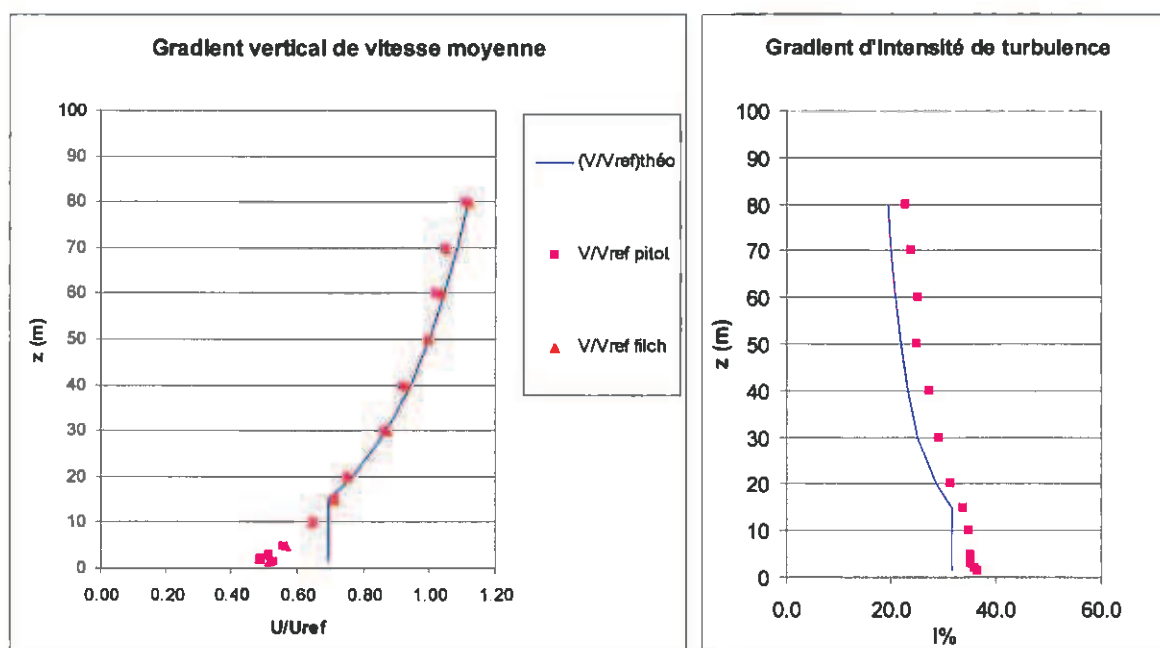


Figure 4 : caractéristiques du flux turbulent simulé en soufflerie

La comparaison des profils d'intensité de turbulence montre que les valeurs issues des mesures en soufflerie sont légèrement plus élevées que celles de l'Annexe Nationale. Les pressions locales fluctuantes mesurées en soufflerie seront donc un peu surévaluées par rapport à celles de la théorie. Le gradient de vitesse moyenne en revanche est très proche de celui proposé par l'Eurocode 1. On notera que pour des altitudes inférieures à $Z_{\min}=15\text{m}$ le gradient de vitesse mesuré en soufflerie continue la courbe logarithmique, ainsi qu'une véritable couche limite, plutôt que de suivre le modèle Eurocode qui considère une vitesse figée à la valeur de celle mesurée à 15m. La simulation du vent réalisée en soufflerie est donc tout à fait satisfaisante et représentative des conditions réelles de vent à proximité du sol.

3. CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES DE LA CANOPEE

Parmi les modes propres calculés par le B.E. structure et caractérisés dans le rapport technique HAL_APD_B05_NoticeStructureCanopée.pdf un seul a été considéré comme suffisamment global pour être potentiellement excitable par le vent. Il s'agit du deuxième mode qui correspond à un mouvement vertical d'ensemble des ventelles. Tous les autres modes à l'exception de celui-ci ont des déformées modales trop localisées pour que les structures turbulentes du vent dont la dimension moyenne est de plusieurs dizaines de mètres puisse les exciter.

Sa fréquence propre est 0.771 Hz. L'amortissement structurel associé est donné, en conformité avec l'Eurocode, comme un décrétement logarithmique de 0.020, soit un amortissement rapporté au critique de 0.32%.

4. CONDITIONS EXPERIMENTALES

4.1 Le modèle à l'échelle 1/200

L'environnement bâti a été représenté dans un rayon de 400m autour des Halles. Cette maquette dite « d'environnement » a été réalisée en blocs de mousse polystyrène usinés sur machine à commande numérique, peints et collés sur un support en bois contreplaqué (figure 5) en suivant les données numériques fournies au préalable [2]. Comme dans les fichiers numériques, seules les façades donnant sur les Halles et l'église Saint Eustache étaient détaillées, les autres bâtiments ont été représentés comme des extrusions du plan masse sans que les détails de façade ni de toitures soient reproduits.

La végétation a été représentée sous forme d'arbres de haute tige ou de buissons au sol, à base d'éléments de maquettisme en « chenillette » (figure 6). L'implantation des différents végétaux sur la maquette a été basée sur un plan numérique des jardins [3] et les différentes vues d'architectes fournies [4]. Tous les essais reportés dans le présent rapport ont été réalisés en présence de cette végétation, correspondant à la configuration Eté de l'étude de confort.

La présence de cette végétation peut influencer sur les efforts dus au vent, dans la mesure où la Canopée n'est pas à une hauteur très éloignée de la cime des arbres dont elle représente une continuité architecturale. Cependant cette influence sera moins importante que celle des bâtiments environnants, plus hauts et opaques à l'air.

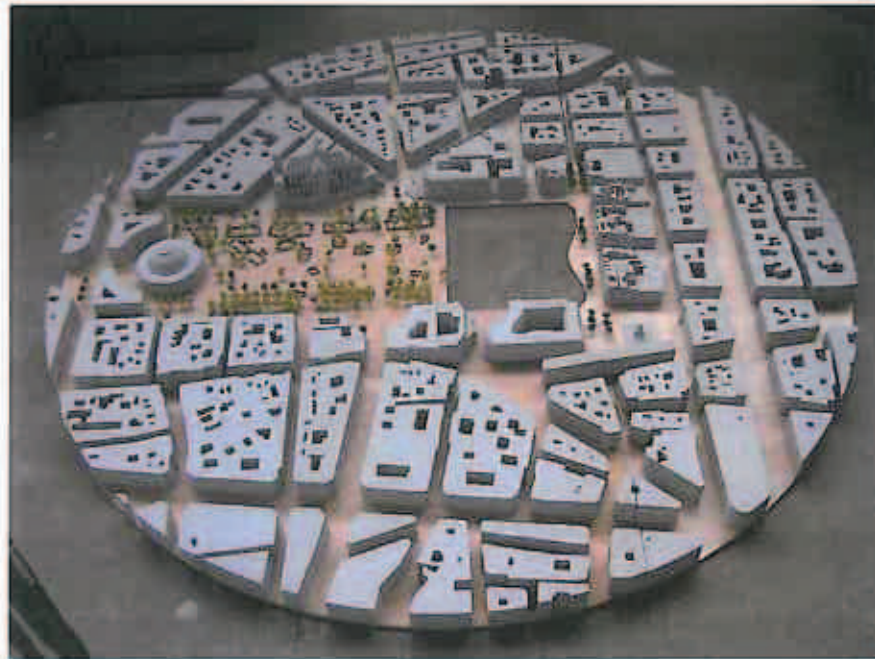


Figure 5 : maquette de l'environnement bâti à l'échelle du 1/200



Figure 6 : représentation de la végétation à l'échelle du 1/200

Les Halles et leur Canopée ont été réalisées sous la forme d'un modèle rigide percé de 502 prises de pression pariétales obtenu par la technique du frittage de poudre. Cette technique permet la reproduction fidèle des formes courbes tout en assurant une rugosité de surface nécessaire à la bonne reproduction des phénomènes aérodynamiques.

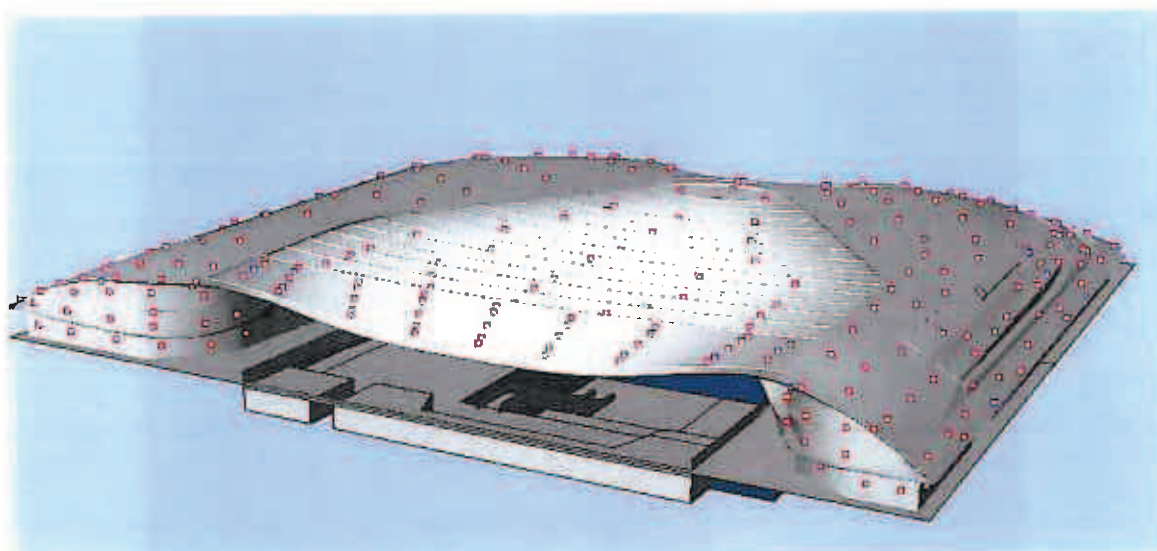


Figure 7 : modèle du bâtiment des Halles et sa Canopée avec indication de l'emplacement des prises de pression pariétales



Figure 8 : Modèle du bâtiment obtenu par frittage de poudre

4.2 L'instrumentation du modèle à l'échelle 1/200 pour la mesure des efforts

La maquette est équipée d'une double instrumentation : une balance dynamométrique et des prises de pressions pariétales permettent la détermination des efforts engendrés par le vent. La balance ne fournissant que des efforts d'ensemble sur la maquette du bâtiment, ses indications sont utilisées principalement pour valider le processus d'intégration des pressions locales. Les pressions mesurées en 502 points sont utilisées pour leur part autant pour exprimer les pressions agissant localement sur les parois du bâtiment que pour les efforts d'ensemble sur des parties du bâtiment, après un processus d'intégration spatiale.

4.2.1 Balance dynamométrique

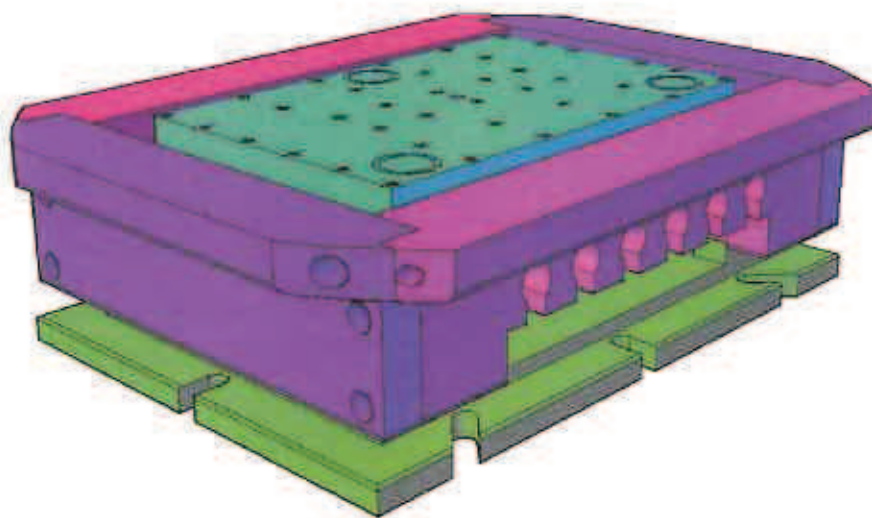


Figure 9 : Balance dynamométrique 6 composantes

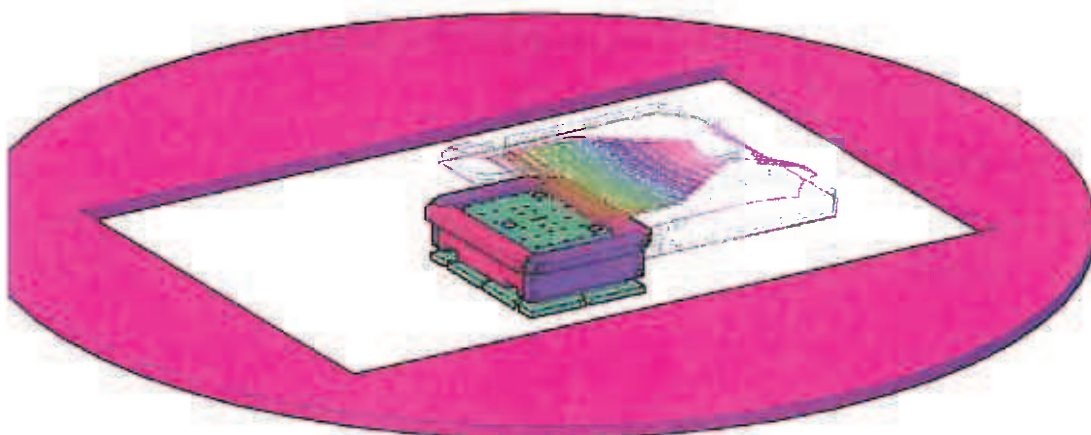


Figure 10 : assemblage de la maquette du bâtiment sur la balance

La balance dynamométrique permet la mesure des efforts appliqués sur son plateau supérieur. Ce plateau est suspendu par l'intermédiaire de six capteurs d'efforts découplés par

rapport au socle de la balance qui est fixé rigidement à un support situé sous la veine d'essais.

La maquette du bâtiment a été positionnée sur la balance de telle sorte que l'axe de celle-ci coïncide avec le repère d'efforts retenu par le bureau d'études structure. Le repère résultant de l'intégration des pressions est le même, l'axe X est orienté du jardin vers l'intérieur du bâtiment.

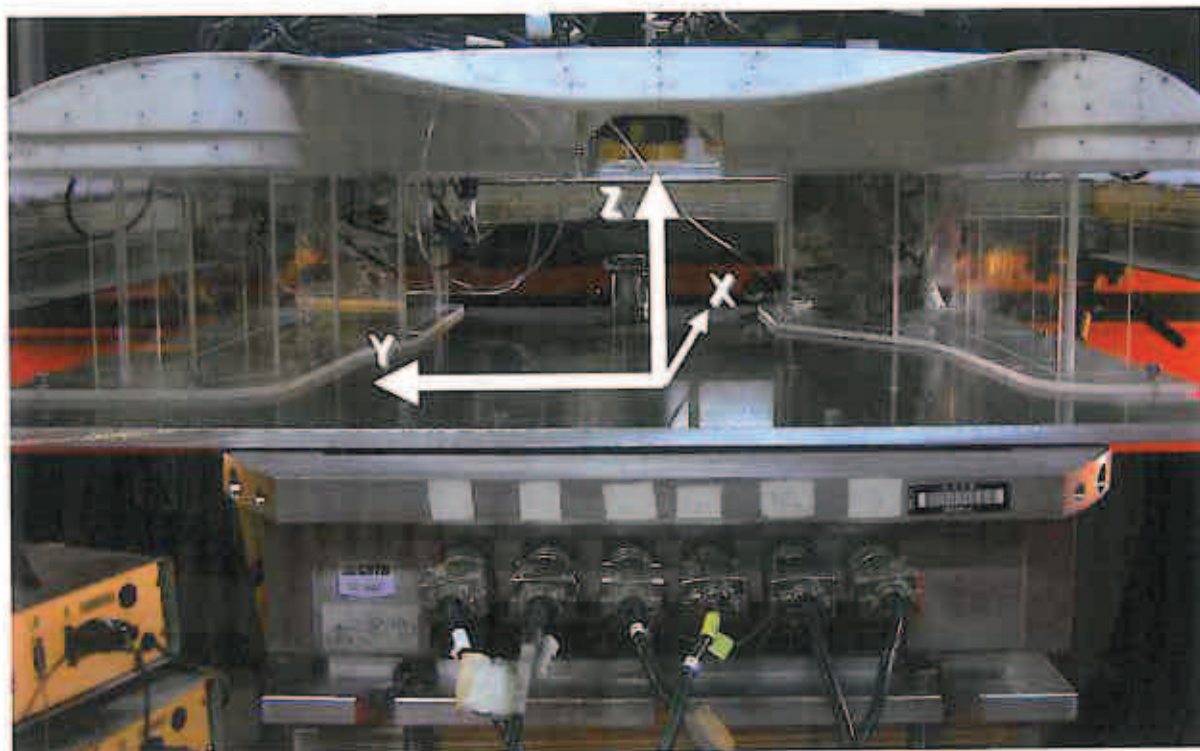


Figure 11 : repère des forces sur la balance dynamométrique

4.2.2 Efforts déduits de l'intégration des pressions

Les efforts exercés par le vent sur un bâtiment peuvent être décomposés en trois parties (cf. Figure 12) : sa valeur moyenne (au cours du temps), une partie fluctuante et une partie résonnante.

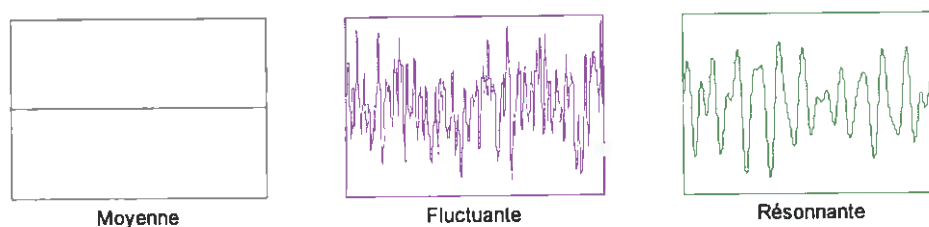


Figure 12 : Décomposition d'un effort en trois parties.

- La valeur moyenne est liée à la valeur moyenne du vent, à la forme du bâtiment, et à l'environnement proche (effet de masque, flux de contournement accéléré,...)

- La composante fluctuante est liée aux fluctuations du vent, à la forme du bâtiment, à l'environnement proche (les zones de sillage augmentent la turbulence), et à la corrélation du vent sur le bâtiment (rapport entre la taille des « bouffées de vent » et celle du bâtiment)
- La partie résonnante est liée à la composante fluctuante (et donc au vent, au bâtiment, à l'environnement et à la corrélation), et aux propriétés dynamiques du bâtiment (modes propres). En effet, la réponse dynamique du bâtiment ou d'une de ses parties (qui vibre sous l'action de la composante fluctuante) induit une majoration des efforts globaux par l'intermédiaire des forces d'inertie. Compte tenu du fort élanement des ventelles, cette partie résonnante peut devenir importante par rapport aux actions moyennes et fluctuantes.

Le montage expérimental simule entièrement le vent (composante moyenne, turbulence, échelles de turbulence), l'environnement proche (présence des bâtiments proches), et la géométrie de la Canopée. Par contre, la maquette étant rigide, les modes propres des ventelles ne sont pas modélisés. La partie résonnante peut alors être obtenue par calcul.

4.2.2.1 Intégration spatiale

A chaque pas de temps, l'intégration spatiale des champs de pression sur la surface de la Canopée permet de calculer les efforts dans les trois directions du repère. On obtient à partir des valeurs mesurées en soufflerie les historiques des efforts globaux (moyens+fluctuants) :

$$F_x^{q.s}(t) = \sum_{i=1}^{502} -p_i(t) \cdot S_i^x$$

$$F_y^{q.s}(t) = \sum_{i=1}^{502} -p_i(t) \cdot S_i^y$$

$$F_z^{q.s}(t) = \sum_{i=1}^{502} -p_i(t) \cdot S_i^z$$

la surface S_i affectée à chaque prise de pression i étant projetée sur chacun des axes x , y et z en S_i^x , S_i^y et S_i^z .

4.2.2.2 Charges semi-globales

L'un des intérêts de la méthode de l'intégration des prises de pression est de pouvoir calculer des charges semi-globales. En n'intégrant que sur une portion de la structure, les efforts appliqués sur celle-ci uniquement peuvent être déterminés. Ainsi, en ne sélectionnant que les ventelles les plus longues, les efforts exercés par le vent sur ces sous-ensembles sont évalués. Dans ce cas, et comme précédemment, les parties moyennes, fluctuante et résonnante sont prises en compte. Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs statistiques, moyenne, écart type, maximum centré et minimum centré.

Les sous ensembles retenus pour l'analyse sont chacune des ventelle n°14 à n°0 prise individuellement ainsi que la somme des 14 ventelles.

Le repère des efforts utilisé pour les efforts semi-globaux comme pour les efforts globaux est identique à celui utilisé par INGEROP.

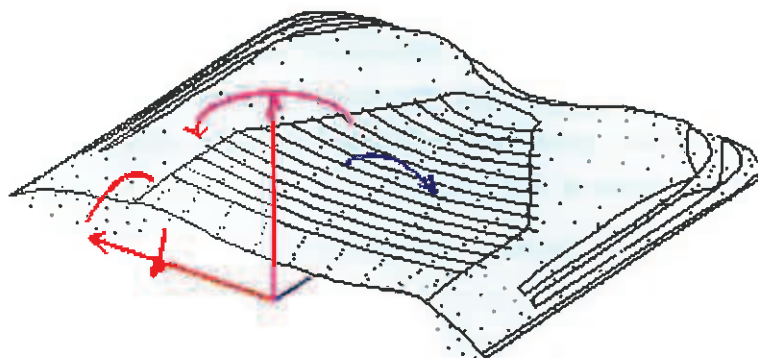


Figure 13 : repère des efforts utilisé pour l'intégration des pressions

4.2.3 Cas de charge particulier

A la demande d'INGEROP un calcul particulier a été réalisé qui correspond à une combinaison linéaire antisymétrique des charges d'ensemble sur la toiture.

Pour réaliser ce calcul particulier une matrice de combinaison linéaire a été réalisée et appliquée à l'ensemble des pressions mesurées. Les efforts sont exprimés en N, dans le même repère que pour les efforts d'ensemble.



Figure 14 : principe du cas de charge antisymétrique

4.2.4 Mesures des pressions locales

4.2.4.1 Implantation des prises pariétales

L'implantation des 502 prises de pression pariétales a été réalisée de manière à mailler finement la toiture dans les parties où les accélérations de l'air sont susceptibles de créer les gradients les plus importants. Les ventelles et les débords de toiture ont été équipés de prises de pression en face supérieure et inférieure de manière à exprimer les pressions instantanées sous forme de différentiel de pression.

La numérotation des prises de pression est donnée sous forme graphique en Annexe 1.

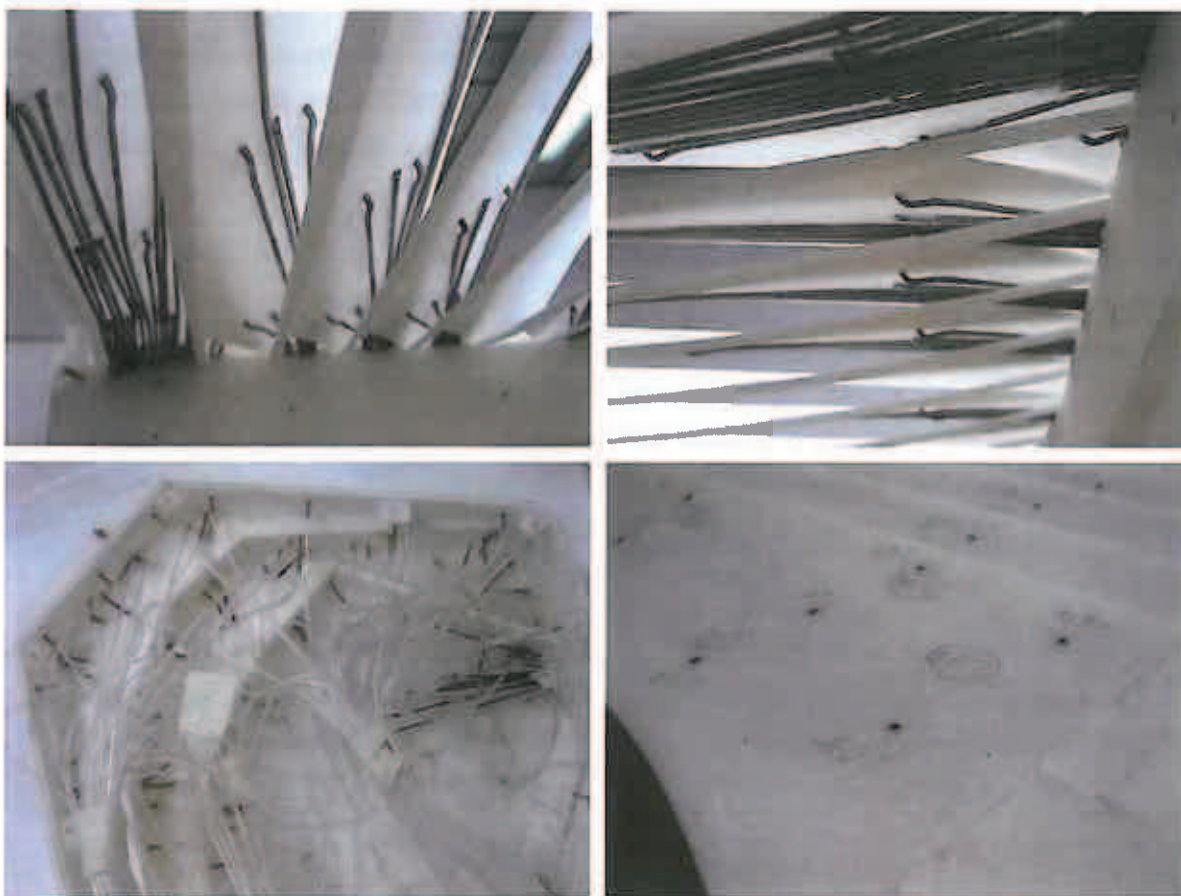


Figure 15 : prises de pression pariétales à la surface du modèle du bâtiment et de la Canopée

4.2.4.2 Les techniques de mesure de pression

L'écoulement vent est turbulent. Par conséquent, les champs de pression établis sur les structures sont des fonctions aléatoires de l'espace et du temps que l'on mesure par acquisitions de données rapides et synchrones au droit des prises de pression pariétales connectées à des capteurs à haute sensibilité.

La pression régnant au droit d'une prise de pression est amenée sur la face externe du capteur différentiel associé par l'intermédiaire de tuyaux pneumatiques. La face interne des capteurs est connectée à la pression statique de la veine d'essai, captée par la prise de pression statique du tube de Pitot de référence. La longueur des tubes est optimisée de façon à ne pas

modifier dynamiquement le signal de pression dans la gamme de fréquence allant du continu à 100 Hertz et à filtrer les fréquences supérieures. Cette gamme est suffisante pour représenter les fréquences de fluctuations du vent vraie grandeur, compte tenu du rapport de similitude.

Le CSTB utilise un système de mesure permettant l'acquisition de 512 voies de mesure synchrones.

4.2.4.3 Méthode de calcul des charges vraie grandeur

La vitesse du vent en soufflerie n'est pas la même que celle correspondant en vraie grandeur au vent cinquanténal. Aussi la transformation des résultats de mesure obtenus à échelle réduite en résultats à la vraie grandeur présentés dans ce rapport suit des lois physiques rigoureuses.

Les pressions mesurées en soufflerie en tout point de la maquette sont tout d'abord rapportées à une référence commune, la pression dynamique moyenne mesurée par un tube de Pitôt à une altitude de référence. Dans cette série d'essais le point de référence était situé à 250mm d'altitude, soit 50m en vraie grandeur. Ces coefficients de pression adimensionnels sont ensuite multipliés par la pression dynamique moyenne vraie grandeur correspondant au vent cinquanténal à l'altitude de référence. Ici à l'altitude 50m, le vent de référence prend la valeur moyenne $\bar{U}_{50ref} = 22.0 m/s$, d'où une pression dynamique moyenne $\bar{Q}_{50ref} = 296.5 Pa$.

Pour les points situés sur la toiture ou les parois d'un bâtiment dont on ne connaît pas la pression interne (celle-ci dépend de multiples paramètres dont la ventilation forcée) on ne considère que la pression mesurée sur la paroi externe. Cette pression est

$$(P_i(t))_j = \frac{p_{ext,j}(t)}{q_{ref}} \cdot \bar{Q}_{50ref}$$

Pour les points situés sur une ventelle ou un débord de toiture, tous éléments de construction sur lesquels s'appliquent simultanément une pression sur la face externe (extrados) et sur la face interne (intrados), on peut exprimer les résultats sous forme de différence nette de pression :

$$(P_i(t))_j = \frac{p_{ext,j}(t) - p_{int,j}(t)}{q_{ref}} \cdot \bar{Q}_{50ref}$$

Les pressions mesurées sont des fonctions aléatoires du temps que l'on caractérise par leur valeurs moyenne et les pointes maximum et minimum :

- la valeur moyenne : $(\bar{P}_i)_j = \frac{moy(p_{ext,j}(t) - p_{int,j}(t))}{q_{ref}} \cdot \bar{Q}_{50ref}$

- la valeur de pointe maximale :
$$(\hat{p}_i)_j = \frac{\max(p_{ext,i}(t) - p_{int,i}(t))}{\bar{q}_{ref}} \cdot \bar{Q}_{50ref}$$
- la valeur de pointe minimale :
$$(\tilde{p}_i)_j = \frac{\min(p_{ext,i}(t) - p_{int,i}(t))}{\bar{q}_{ref}} \cdot \bar{Q}_{50ref}$$

Le standard météorologique associe les valeurs moyennes, maximums et minimums à la durée de 10 minutes vraie grandeur. Dans la soufflerie, la durée de l'acquisition correspond à une durée d'environ 2 heures 23 minutes vraie grandeur. L'échantillon est découpé en sous-échantillons de 10 minutes (14 échantillons) pour lesquels les valeurs maximums et minimums sont calculées. Puis ces 14 valeurs maximums et minimums sont moyennées de façon à fournir un maximum et minimum centré, associé à la durée de 10 minutes.

Les conventions de signe sont les suivantes :

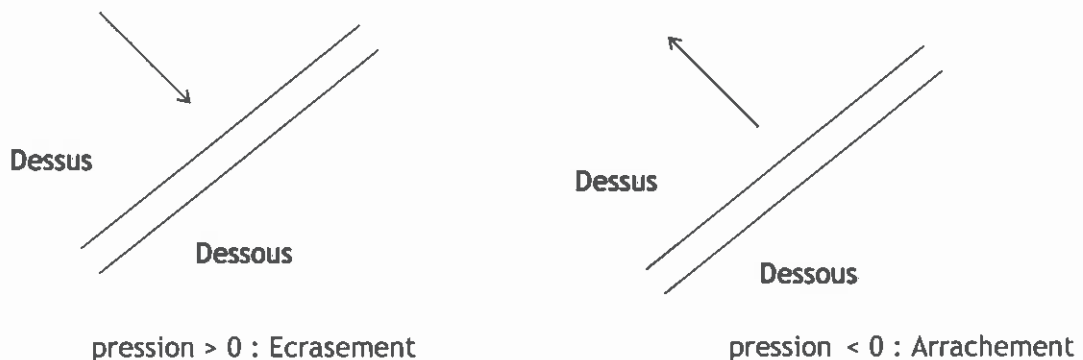


Figure 16 : convention de signe pour les pressions appliquées sur une paroi

4.3 Directions de vent testées

La scrutation en direction de vent est réalisée par pas réguliers de 10 degrés avec des pas intermédiaires de 5° pour quelques directions particulières conditionnant des efforts importants en quelques éléments de la structure. Les directions de vent ont été indexées sur le repère d'efforts utilisé par INGEROP et non pas sur un repère géographique. Un vent de direction 0 degré est un vent soufflant dans la direction des Y négatifs. Un vent de direction 90 degrés est un vent soufflant dans la direction des X négatifs comme indiqué figure 15.

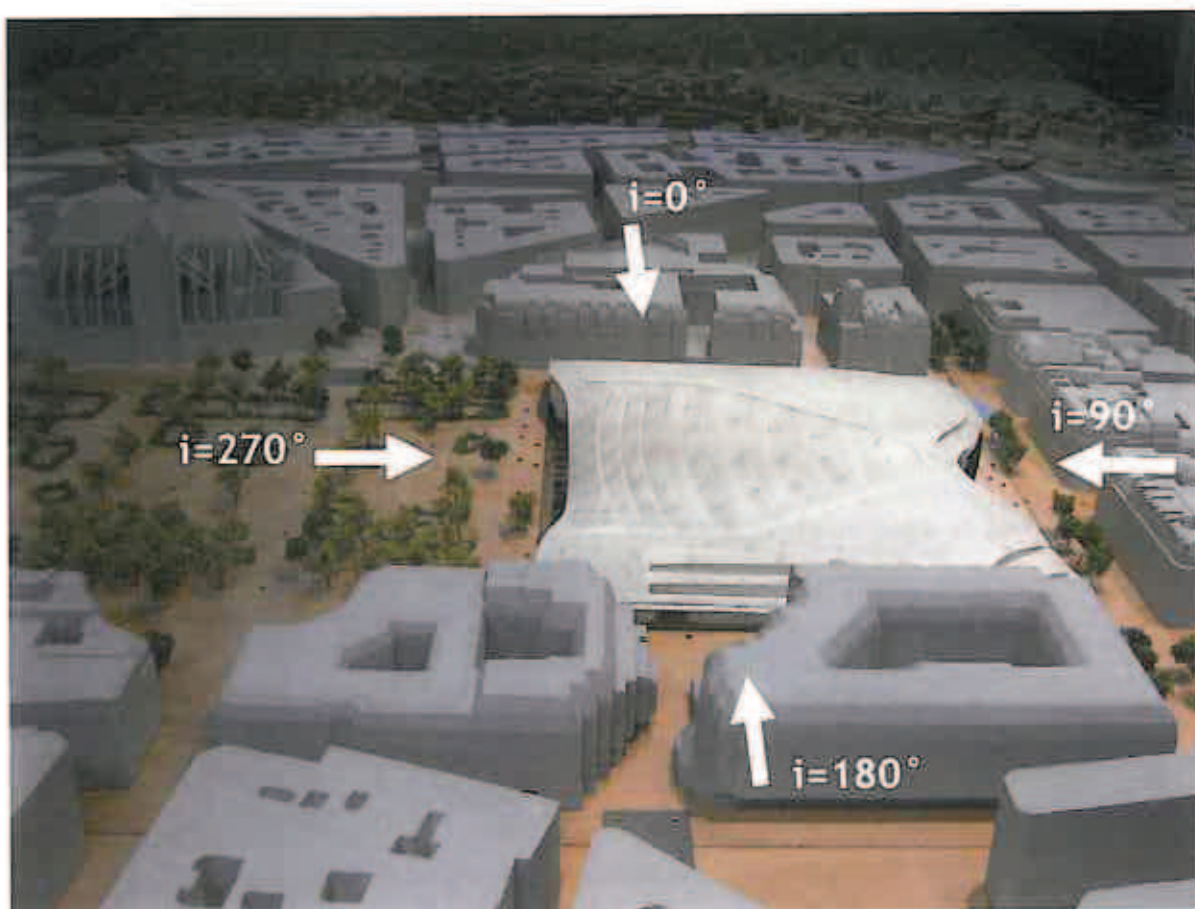


Figure 17 : directions du vent

5. PRESSIONS LOCALES EXTERNES – RESULTATS ET COMMENTAIRES

Les pressions appliquées localement sur la structure prennent des valeurs variables dans le temps et fonction de la direction du vent incident. Aussi la présentation des résultats est elle faite de manière à mettre en avant les valeurs extrêmes de ces pressions locales.

La variable temps est condensée en retenant pour une mesure à une incidence particulière les valeurs maximale et minimale centrées de la pression sur l'échantillon correspondant à une durée supérieure à 2H en vraie grandeur.

La variable direction du vent incident est elle aussi condensée en ne retenant que les valeurs les plus fortes (respectivement les plus faibles) rencontrées au cours des mesures pour toutes les directions de vent testées. Les valeurs ainsi obtenues sont appelées maximales (respectivement minimales) Toutes Incidences Confondues.

Elles sont présentées sous forme graphique figures 18 et 19, sous forme de tableaux en annexe 2.

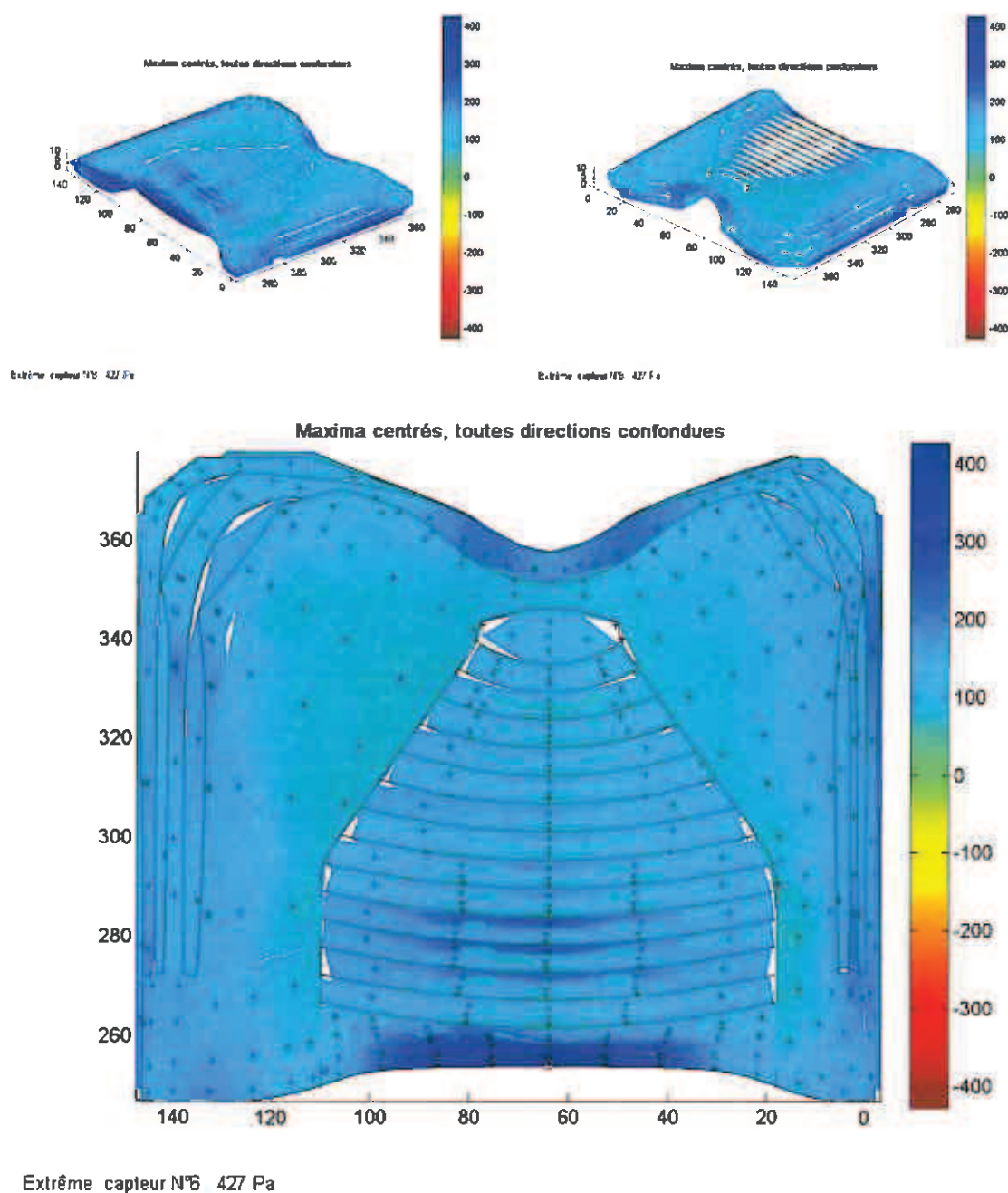


Figure 18 : Pressions locales (face externe) valeurs maximales centrées toutes incidences confondues

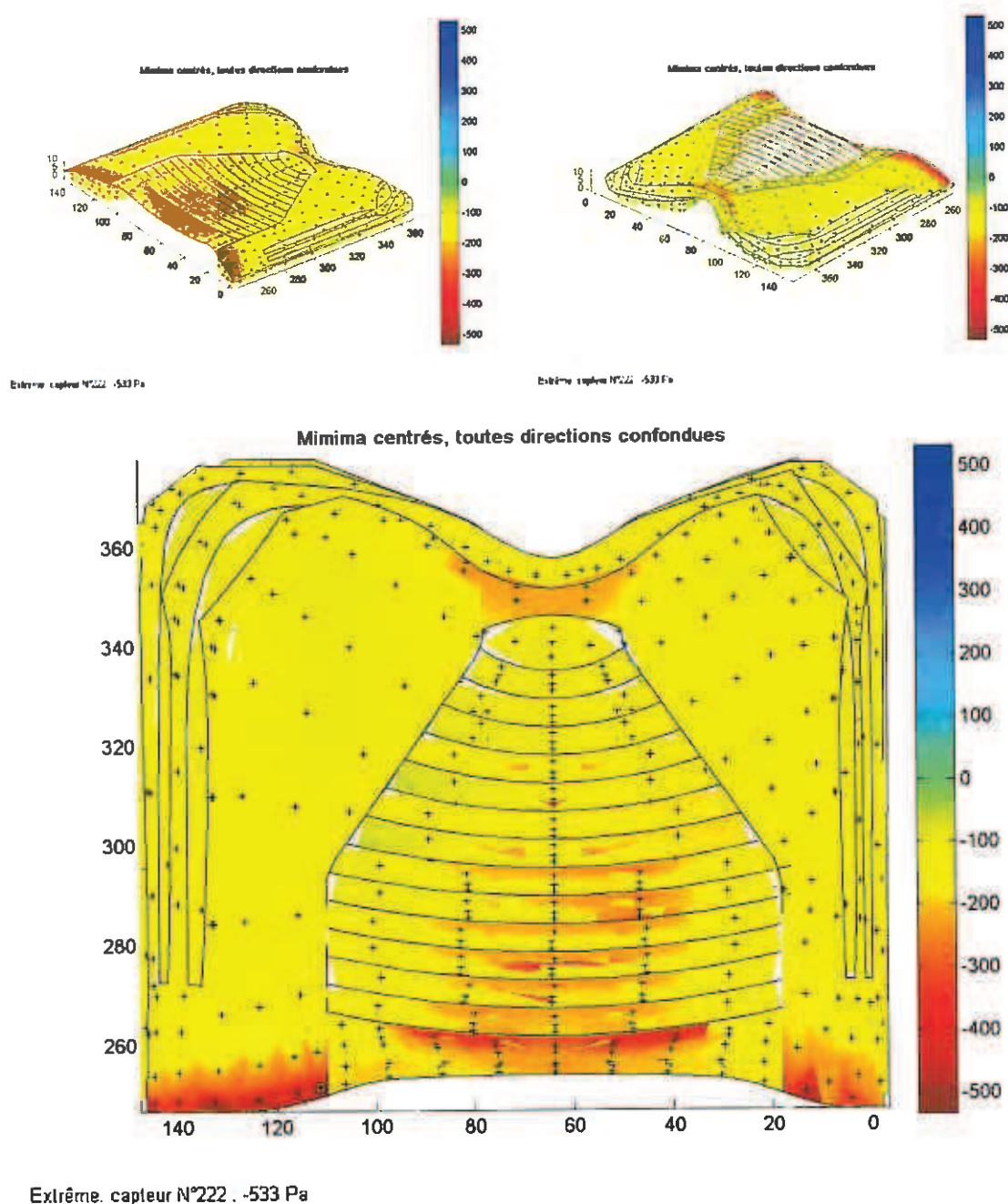


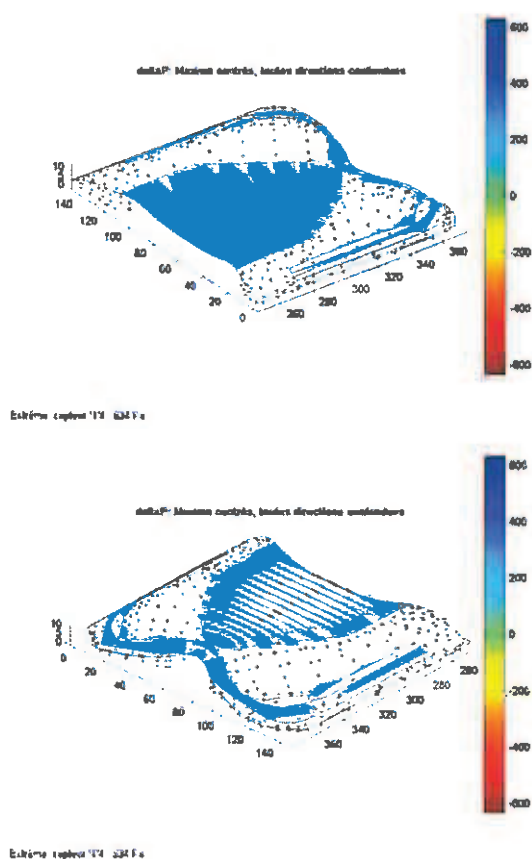
Figure 19 : Pressions locales (face externe) valeurs minimales centrées toutes incidences confondues

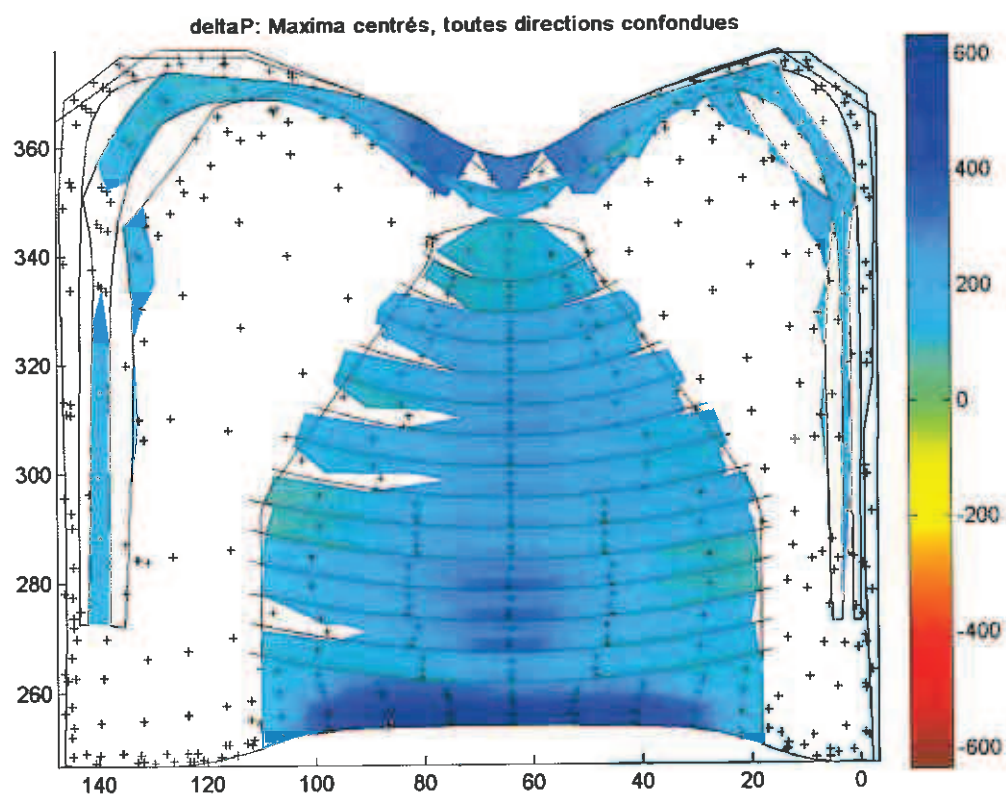
Ces représentations colorées permettent de situer immédiatement les parties de la Canopée soumises aux pressions locales les plus importantes, à savoir la ventelle n°14 et les rives de toiture des bâtiments coté Baltard. Les dépressions créées par le décollement de l'air sur les arêtes du bâtiment induisent des charges locales de l'ordre de -533Pa.

Pour les pressions positives, la partie basse de la ventelle n°14 est très sollicitée ainsi que les murs verticaux des bâtiments, notamment du coté Baltard. Ces pressions « d'écrasement » sont de l'ordre de 420Pa.

6. PRESSIONS DIFFÉRENTIELLES LOCALES – RESULTATS ET COMMENTAIRES

Les pressions différentielles peuvent être calculées uniquement sur les ventelles et sur les débords de toitures. Elles sont présentées graphiquement figures 20 et 21, sous forme de tableaux en annexe 3.





Extrême capteur N°4 634 Pa

Figure 20 : Pressions différentielles valeurs maximales centrées toutes incidences confondues

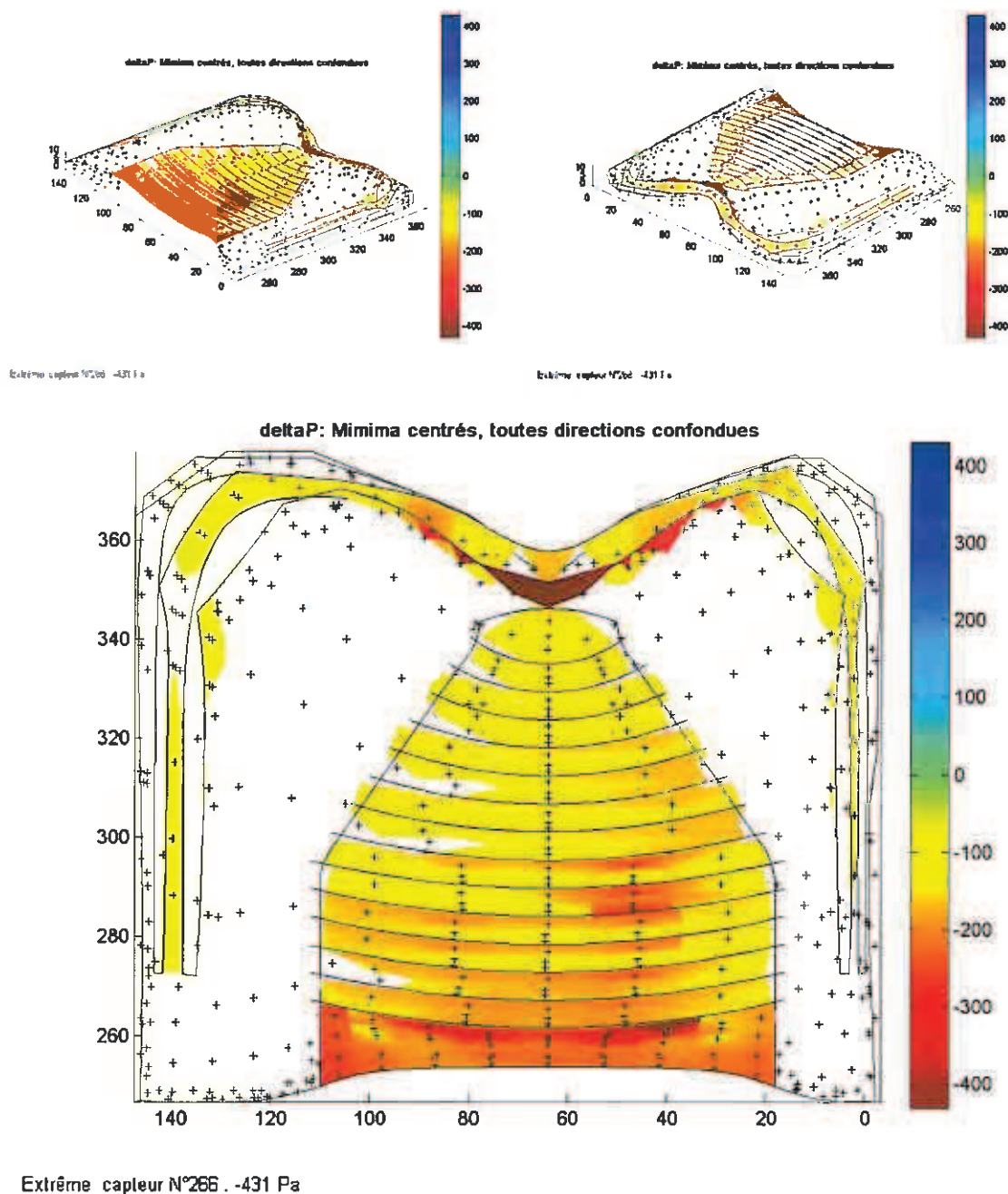


Figure 21 : Pressions différentielles valeurs minimales centrées toutes incidences confondues

La représentation graphique montre que les ventelles, notamment la plus longue, sont sujettes à des différentiels de pression plus importants que les débords de toiture. En outre les débords de toit coté Lescot sont très fortement sollicités.

7. CHARGES GLOBALES – RESULTATS ET COMMENTAIRES

Le calcul d'intégration des forces sur l'ensemble des bâtiments et de la Canopée donne des efforts variables avec le temps dont les valeurs statistiques, valeur moyenne, valeur maxi et valeur mini, sont données en fonction de la direction du vent sous forme graphique figures 22, 23 et 24. Ces résultats sont aussi donnés sous forme de tableau en annexe 4.

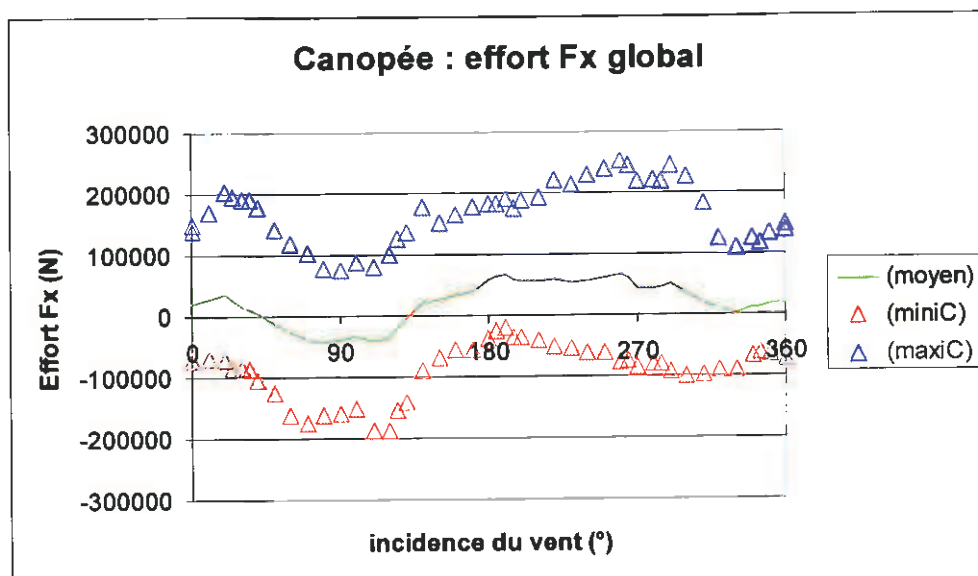


Figure 22 : Effort global direction x sur les bâtiments et la Canopée

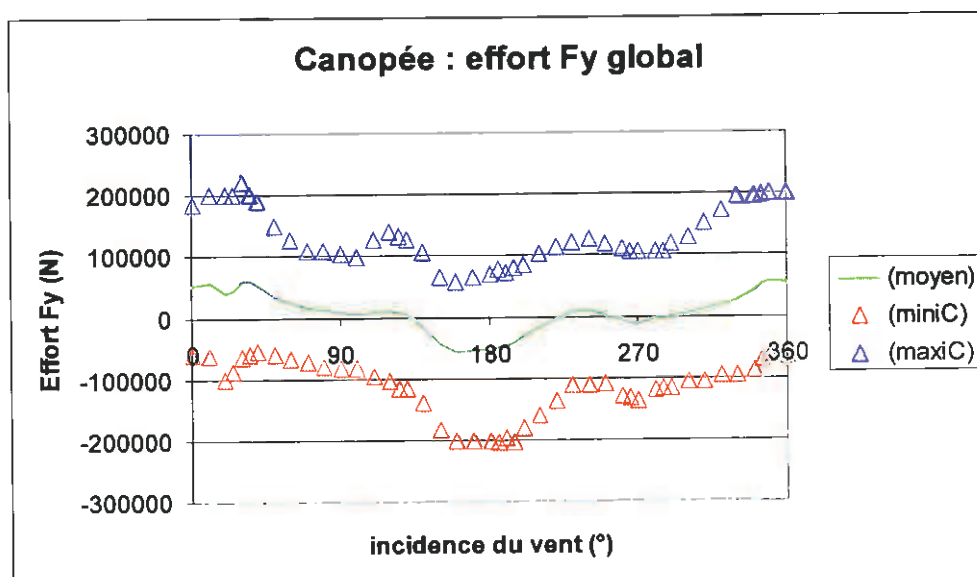


Figure 23 : Effort global direction y sur les bâtiments et la Canopée

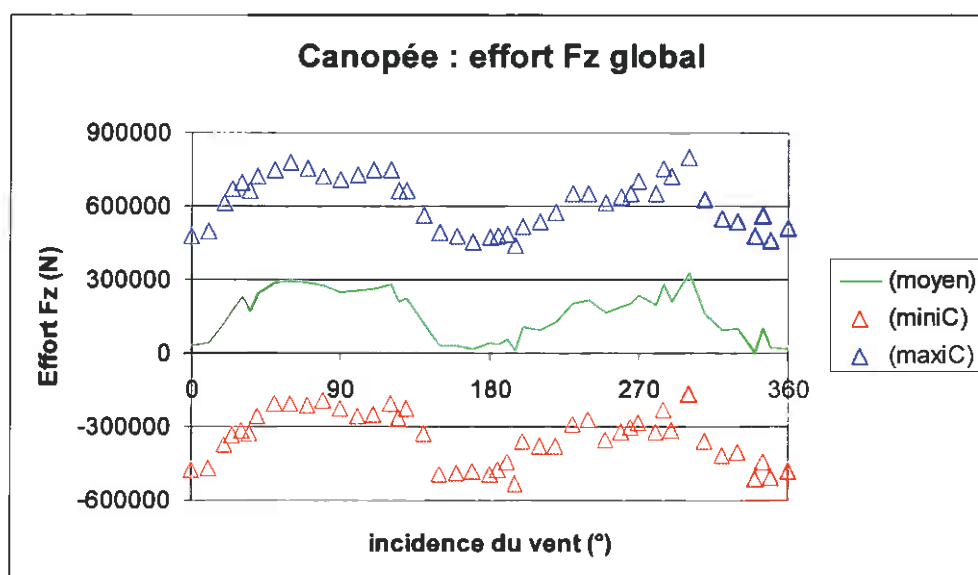


Figure 24 : Effort global direction z sur les bâtiments et la Canopée

L'effort F_y montre un comportement pour le moins surprenant : contrairement à ce qu'on pourrait attendre il est orienté dans la direction inverse du vent lorsque celui-ci vient du quadrant voisin de 0° ou à l'inverse du quadrant 180° .

Pour mieux expliquer ce comportement tout à fait inhabituel, on imagine difficilement une structure qui serait « aspirée » par le vent, les cartographies de pression moyenne ont été tracées pour quelques incidences particulières du vent.

Les figures 25 et 26 présentent ainsi, sous deux angles de vue différents, le champ de pression moyen agissant sur les bâtiments aux incidences 0° et 180° . Il apparaît que les immeubles entourant les Halles créent un effet de protection tel que la face au vent se retrouve dans une zone fortement dépressionnaire alors que la face sous le vent est située, du fait d'un effet de blocage des façades des immeubles proches, dans une zone en surpression.

L'ensemble des bâtiments des Halles sont donc soumis à un champ aérodynamique très fortement influencé par l'environnement, qui produit des efforts inattendus.

De la même manière l'effort F_x n'est pas nul pour un vent de direction 180° , les cartographies de pression montrant qu'une pression positive forte agit alors sur les parois verticales du bâtiment Rambuteau du côté de la porte Baltard. Il faut supposer que la direction du vent au niveau des Halles est fortement modifiée par la présence du jardin coté est. A contrario pour la direction 0° le même phénomène n'est pas observé, sans doute du fait de la présence de l'église Saint Eustache qui agit comme un masque.

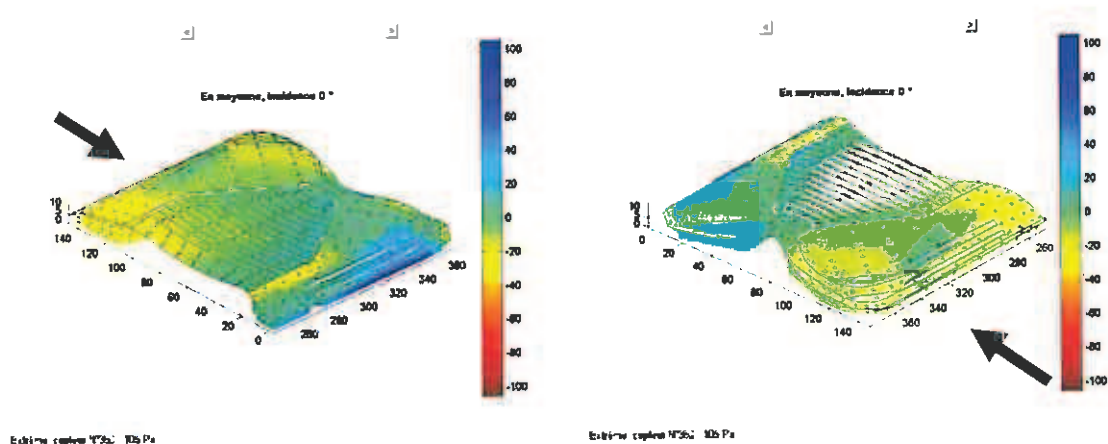


Figure 25 : champ de pressions moyennes pour la direction de vent 0°

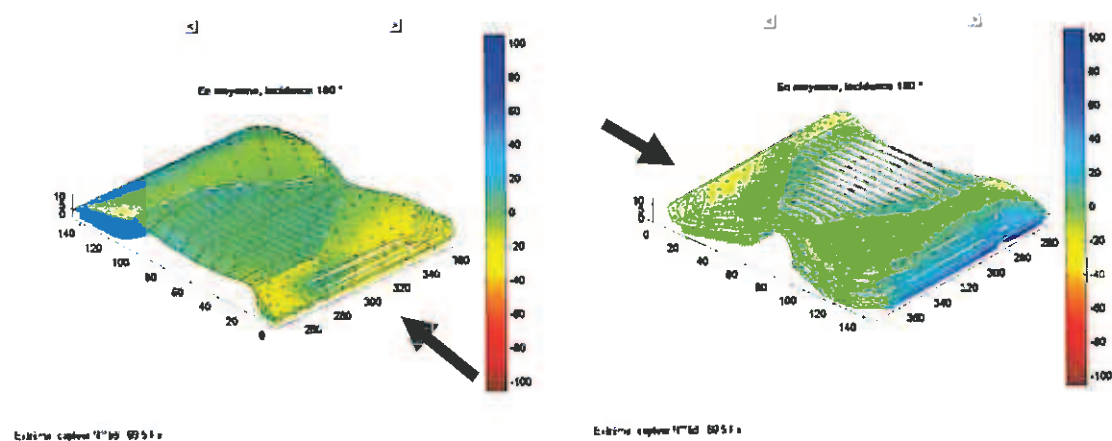


Figure 26 : champ de pressions moyennes pour la direction de vent 180°

8. CHARGES SEMI-GLOBALES – RESULTATS ET COMMENTAIRES

L'intégration des pressions sur des sous ensembles de la Canopée permet d'exprimer les efforts individuels sur des parties structurellement indépendantes.

Par exemple pour les ventelles prises individuellement on voit une différence de comportement très marqué entre la ventelle 14 (figure 27) et les autres ventelles longues (figures 28 à 32) qui bénéficient d'une protection vis-à-vis des vents venant des directions voisines de 270° pour l'effort F_x .

Comme on pouvait s'y attendre les efforts F_y sur les ventelles sont globalement faibles. Les efforts F_z sont du même ordre de grandeur que les efforts F_x .

Pour les ventelles plus courtes la direction 90° semble être prédominante pour l'effort F_x .

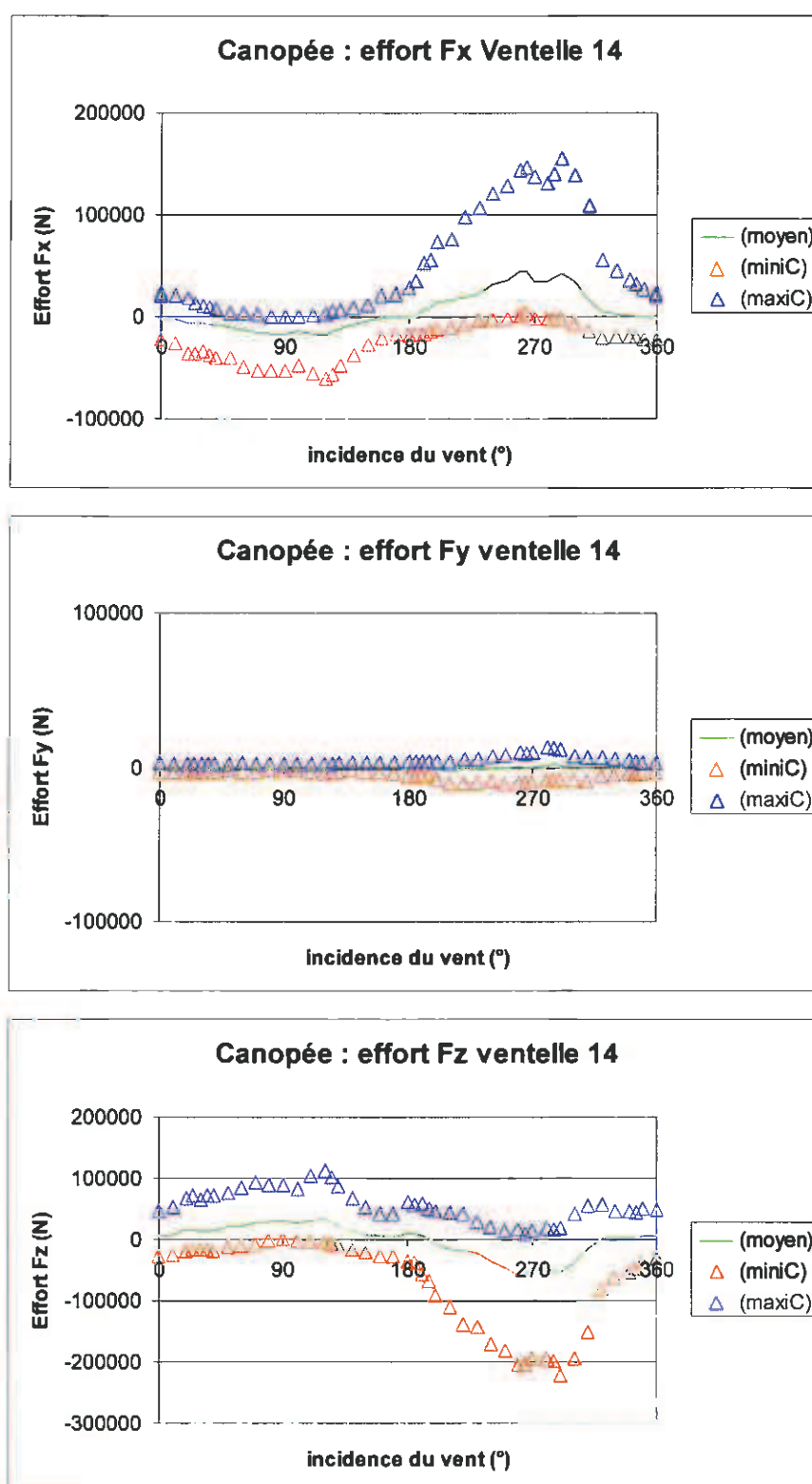


Figure 27 : Efforts semi-globaux sur la ventelle n° 14

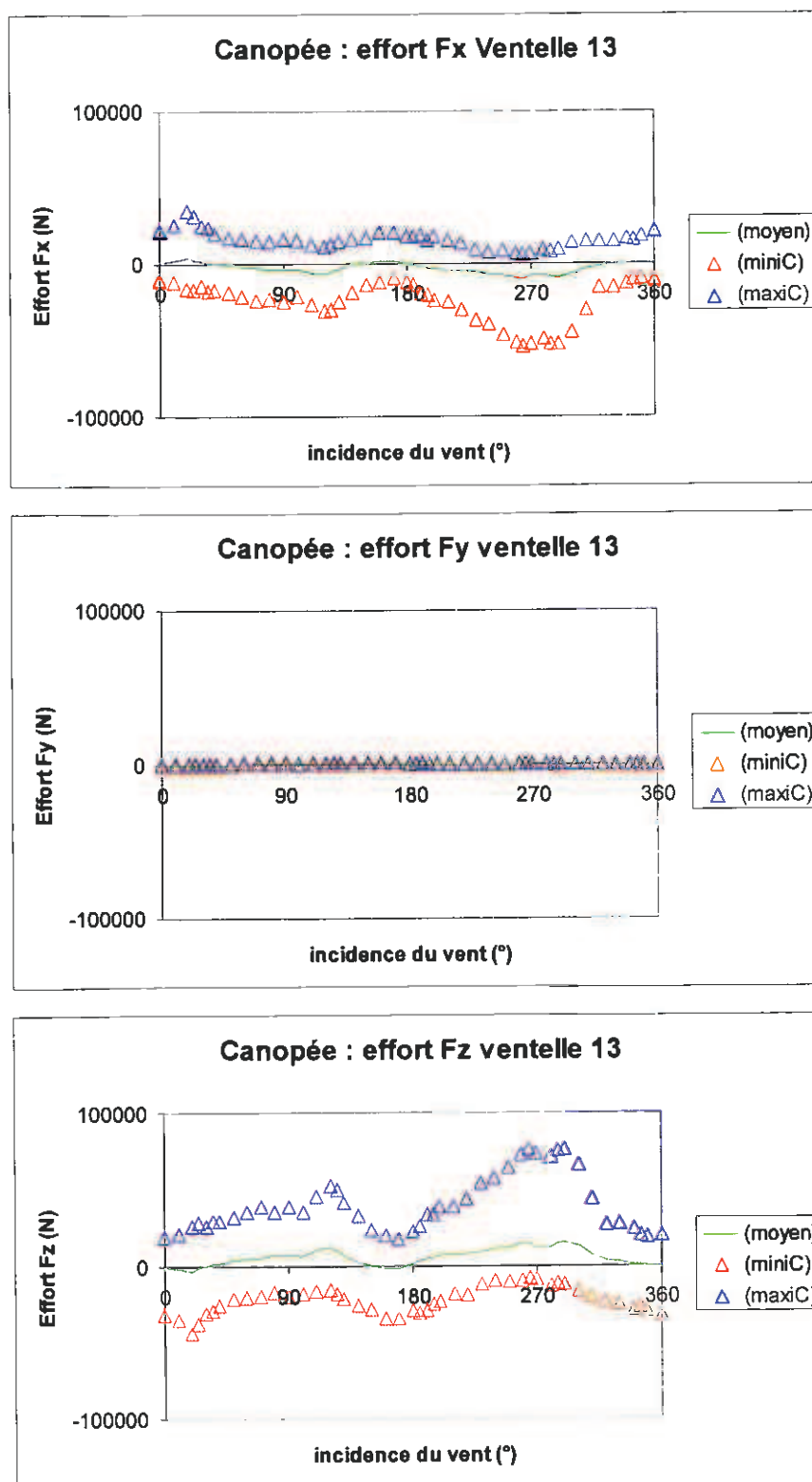


Figure 28 : Efforts semi-globaux sur la ventelle n° 13

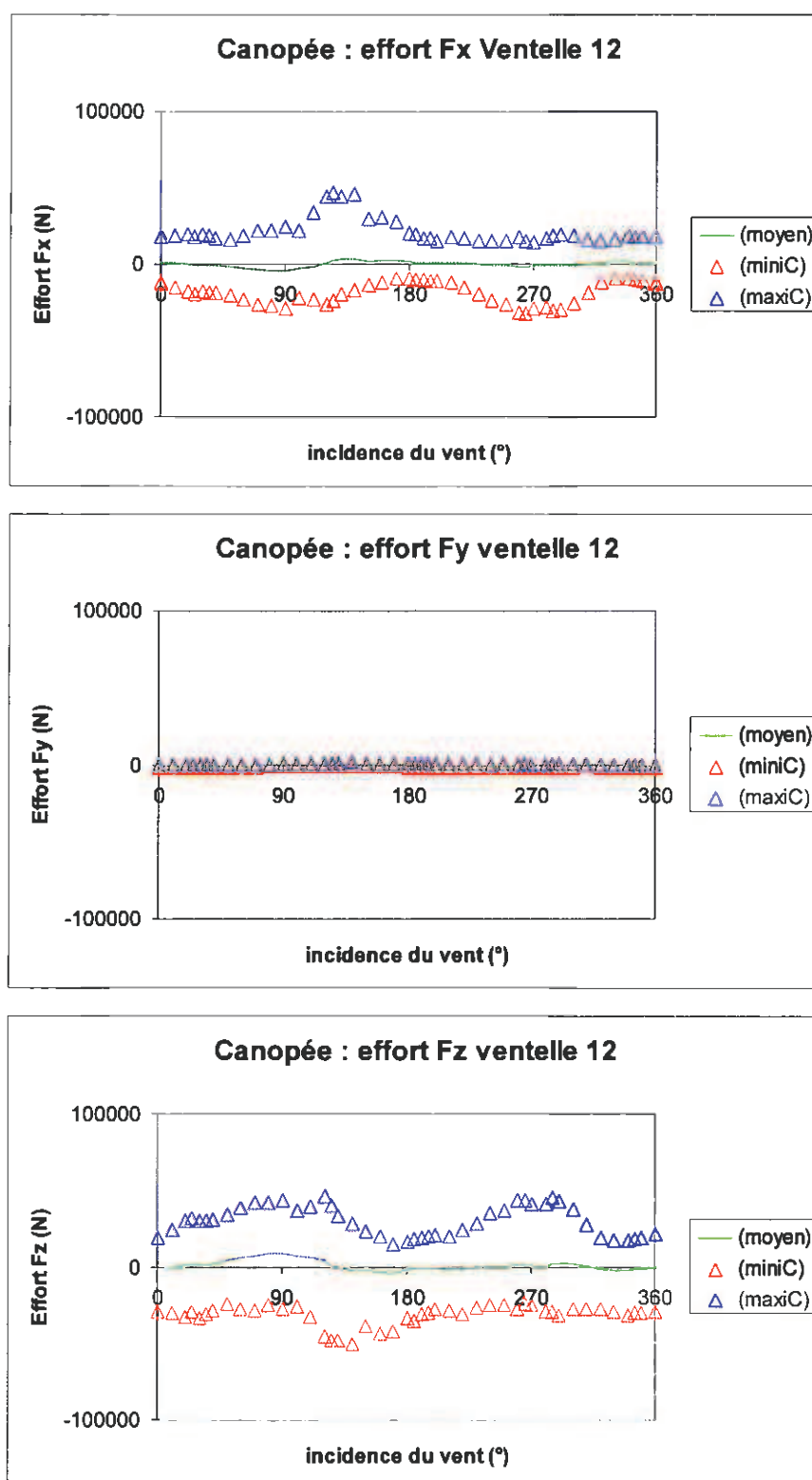
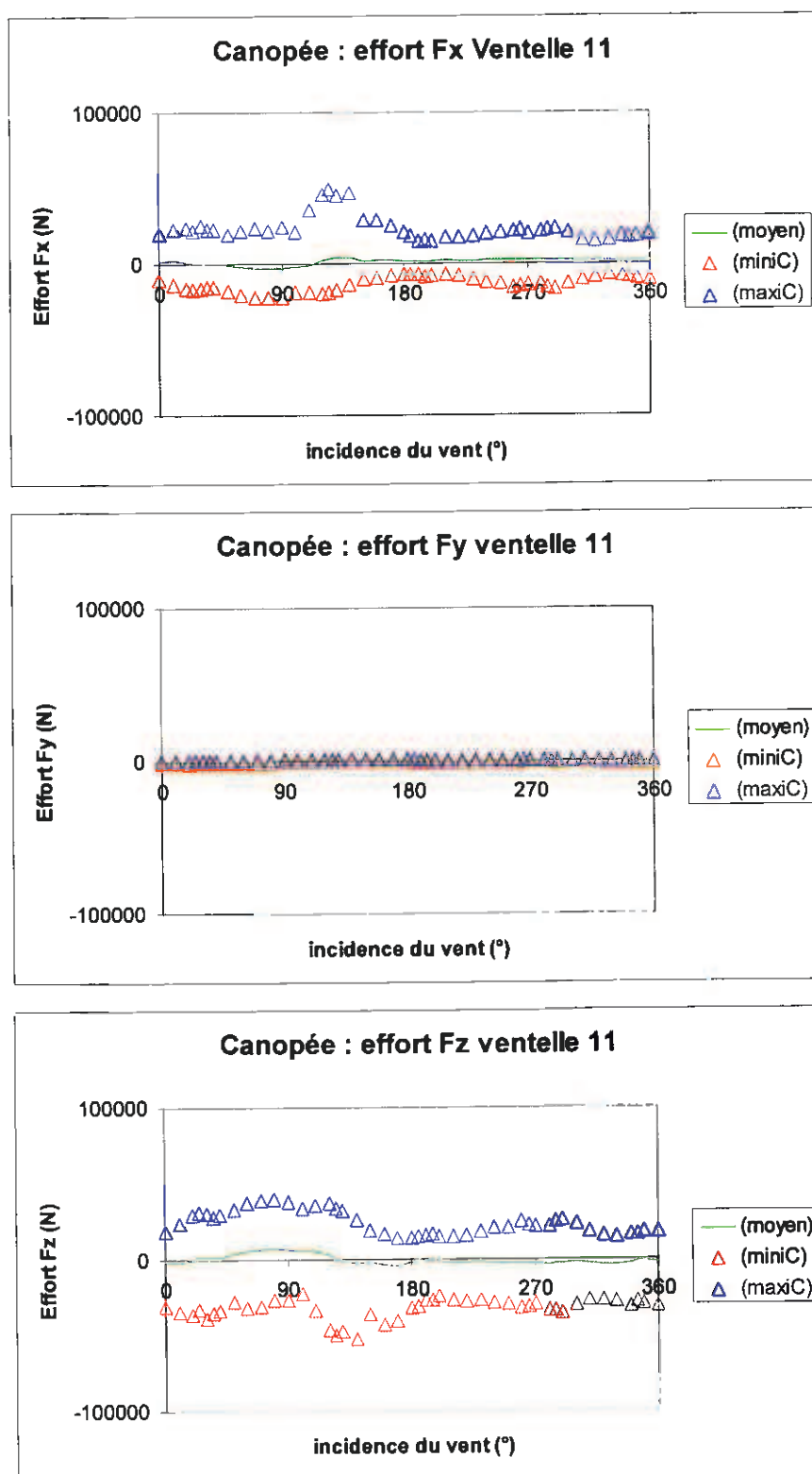


Figure 29 : Efforts semi-globaux sur la ventelle n° 12



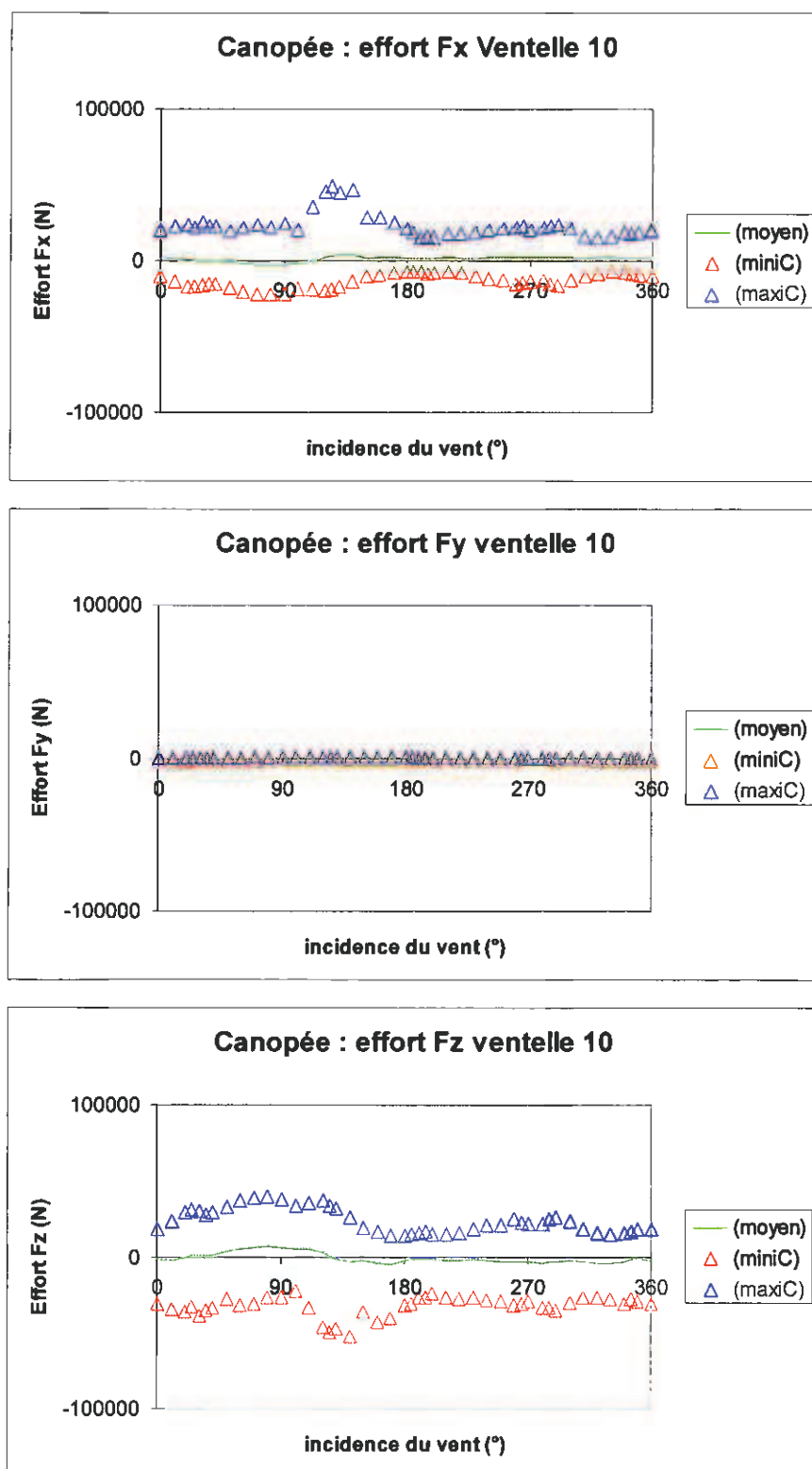


Figure 31 : Efforts semi-globaux sur la ventelle n° 10

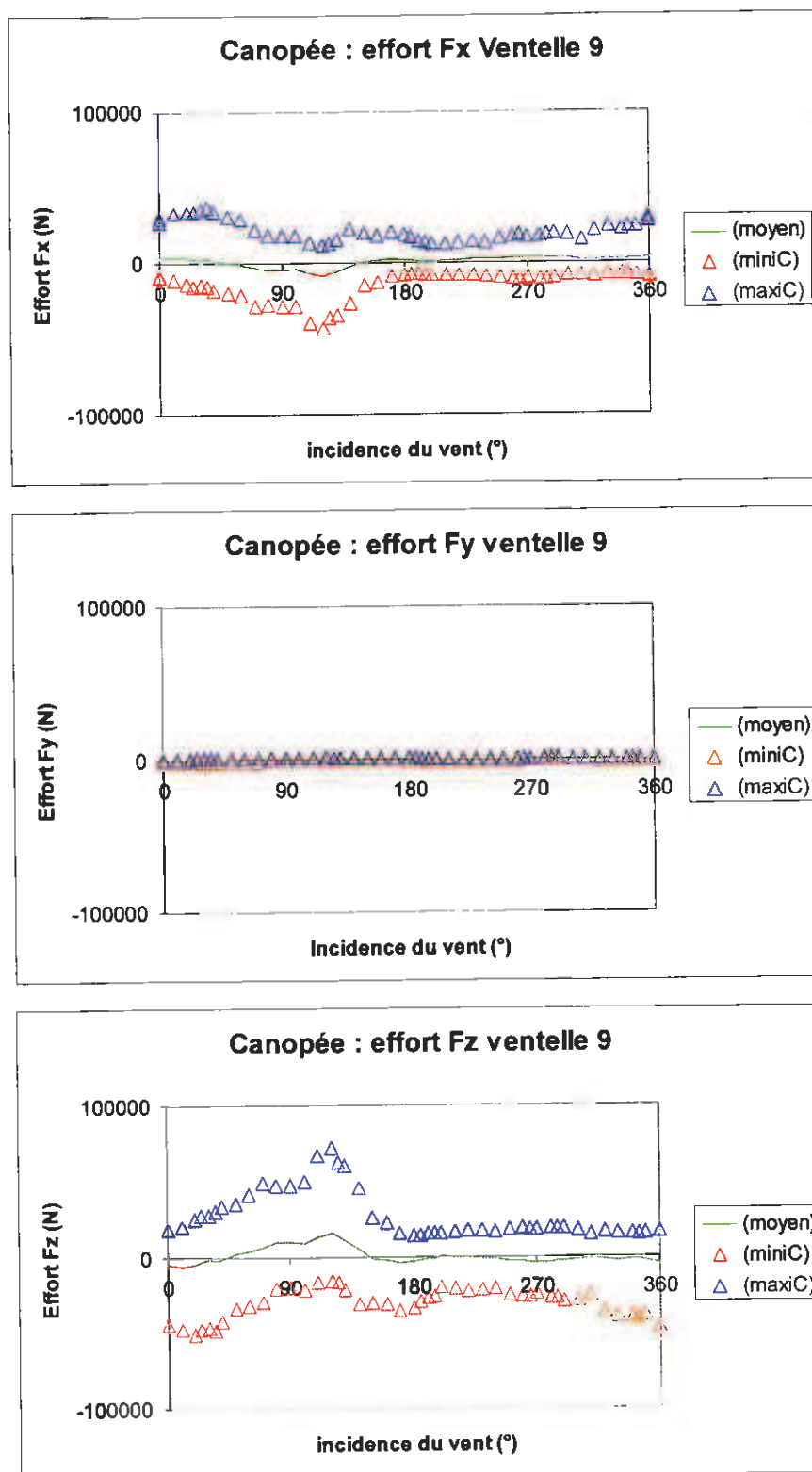


Figure 32 : Efforts semi-globaux sur la ventelle n°9

9. CONCLUSION

Les efforts engendrés par le vent turbulent sur les bâtiments et la Canopée des Halles ont été mesurés sur une maquette à l'échelle réduite du 1/200 en soufflerie à couche limite atmosphérique.

Les résultats ont été présentés sous forme de pressions locales et d'efforts globaux sur les éléments de la structure, pour un vent de référence de période de retour 50 ans.

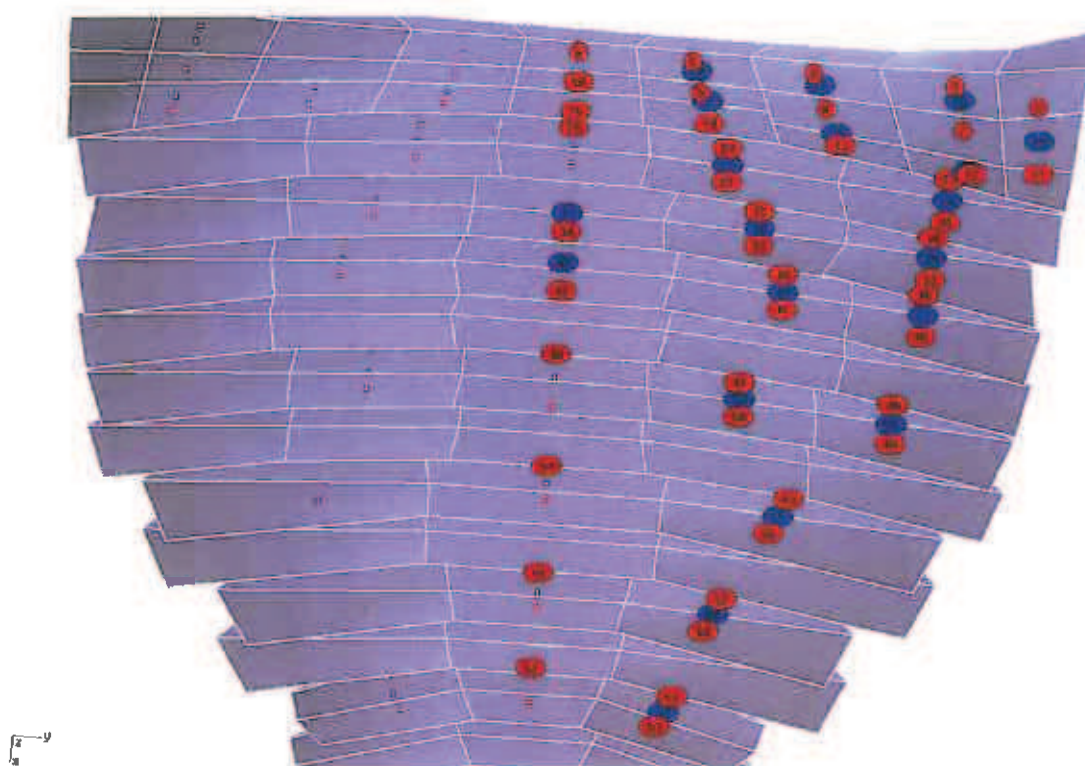
La ventelle la plus longue, numérotée 14, est nettement plus sollicitée que les ventelles courantes qui se protègent mutuellement. Les efforts horizontaux sont du même ordre de grandeur que les efforts verticaux.

REFERENCES

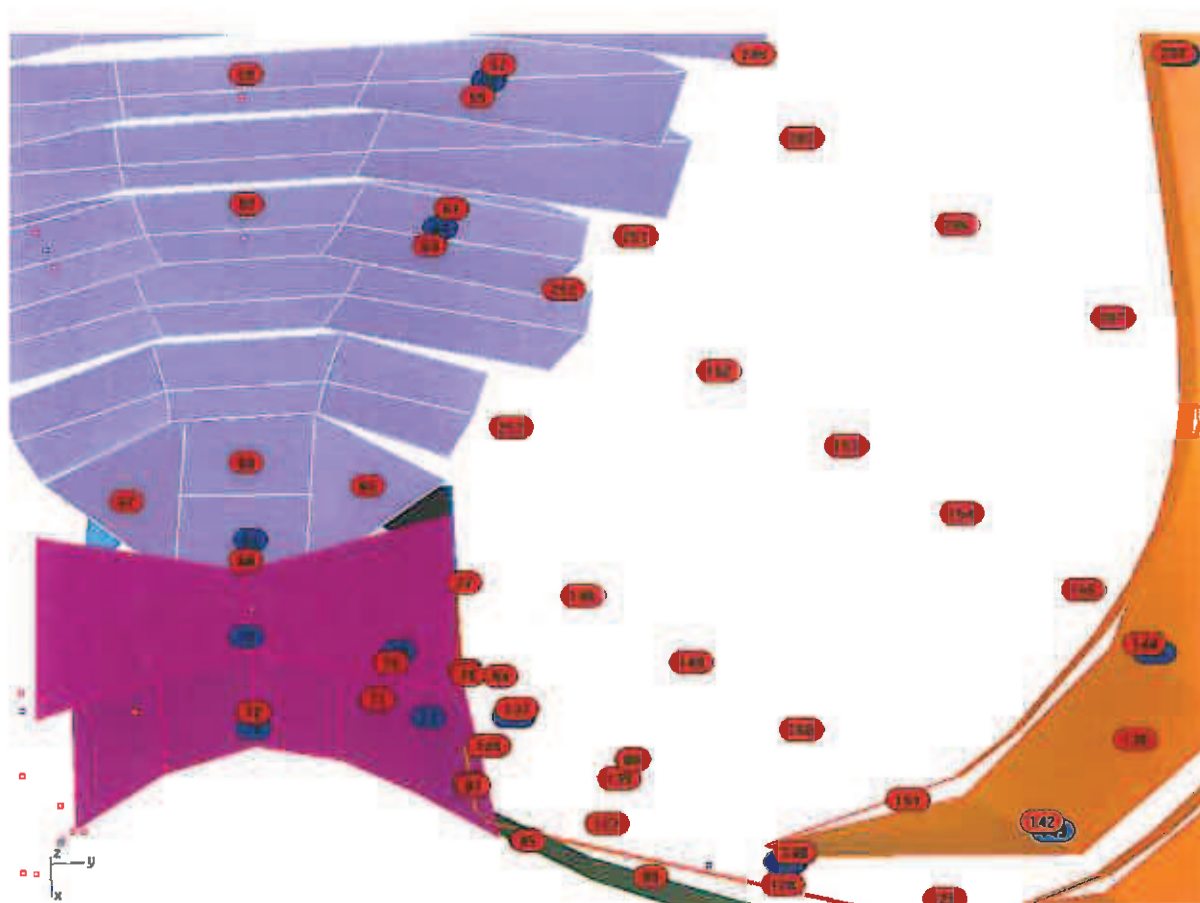
- [1] note de calcul d'INGEROP pour l'avant projet détaillé, sous forme d'un fichier HAL_APD_B05_NoticeStructureCanopée.pdf
- [2] fichier numérique du quartier des Halles « POL_DIA_site simplifié 3D_090505.dwg »
- [3] fichier numérique décrivant la répartition des végétaux « 2009-05-19_SEURA_LES HALLES_plan jardin.dwg »
- [4] différentes vues d'architecte du projet au niveau des usagers « HAL_APD_500_Documents Complémentaires.pdf »

ANNEXES

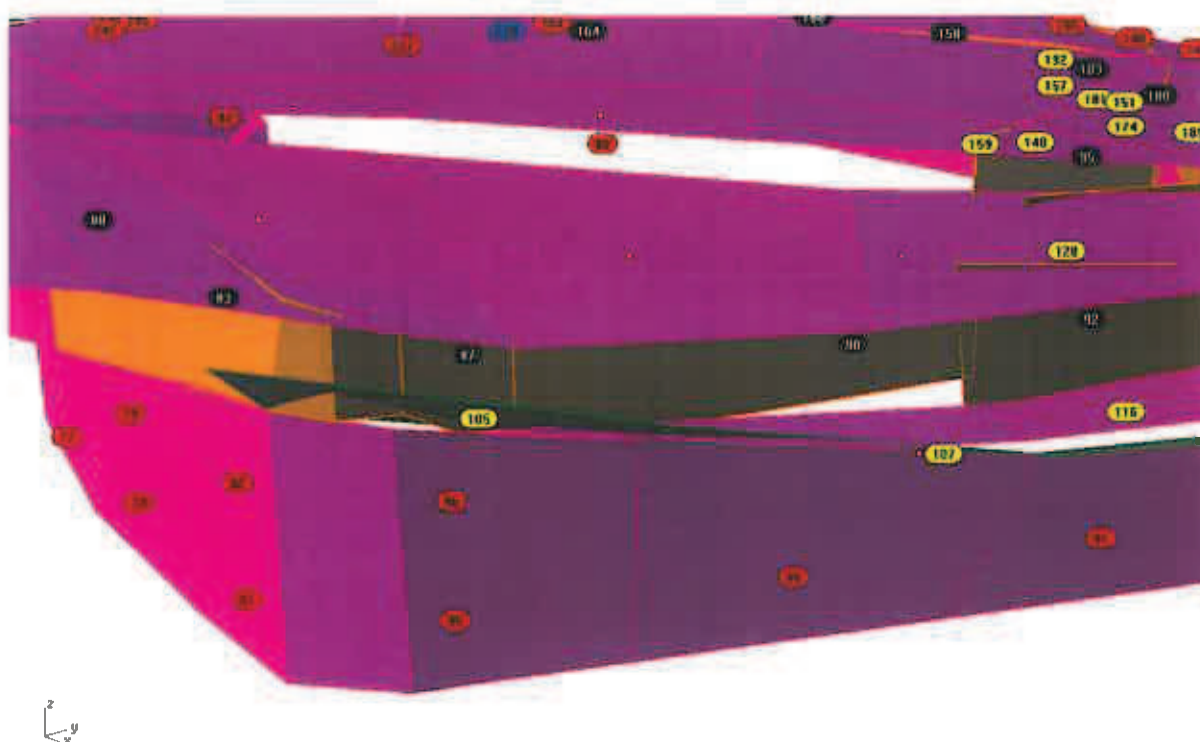
Annexe 1 : plans de la numérotation des prises de pression



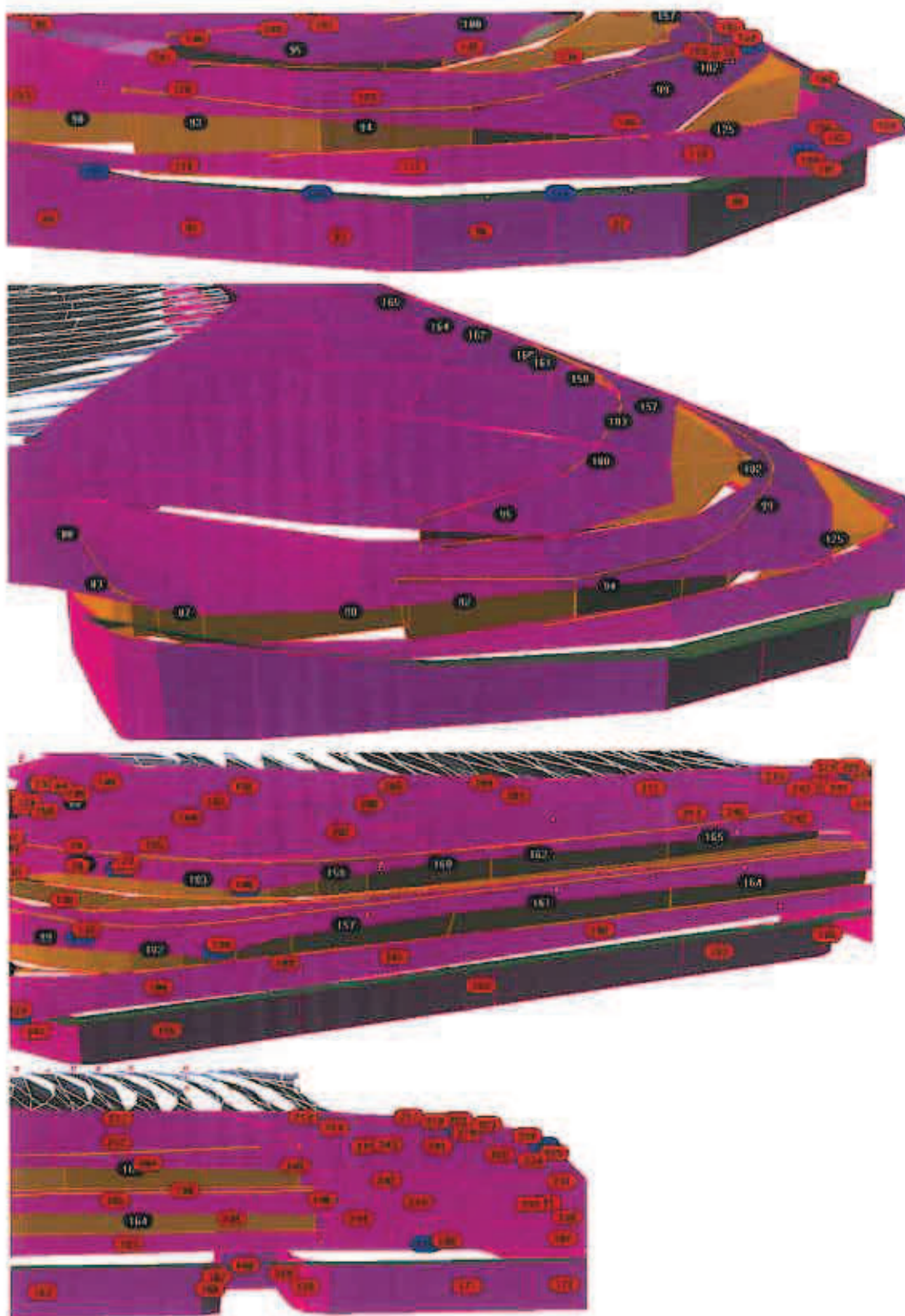
Prises N° 1 à 63 : ventelles



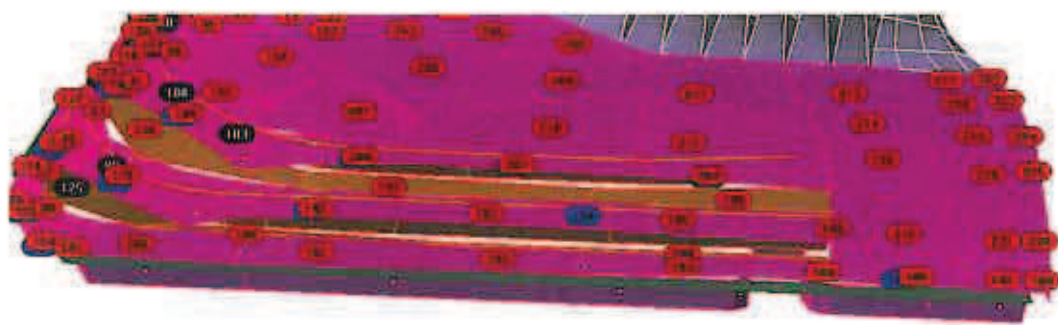
Prises n° 61 à 74 : entrée coté Lescot



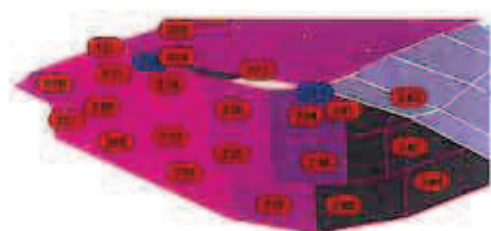
Façades coté est, porte Lescot coté nord



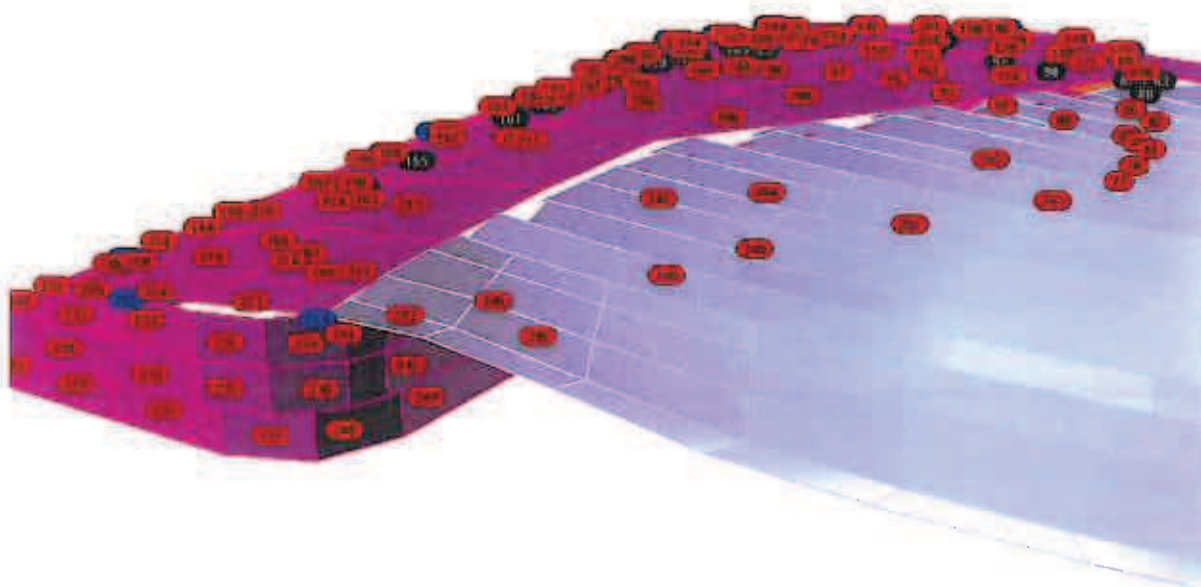
Prises 85 à 179 : Bâtiment nord



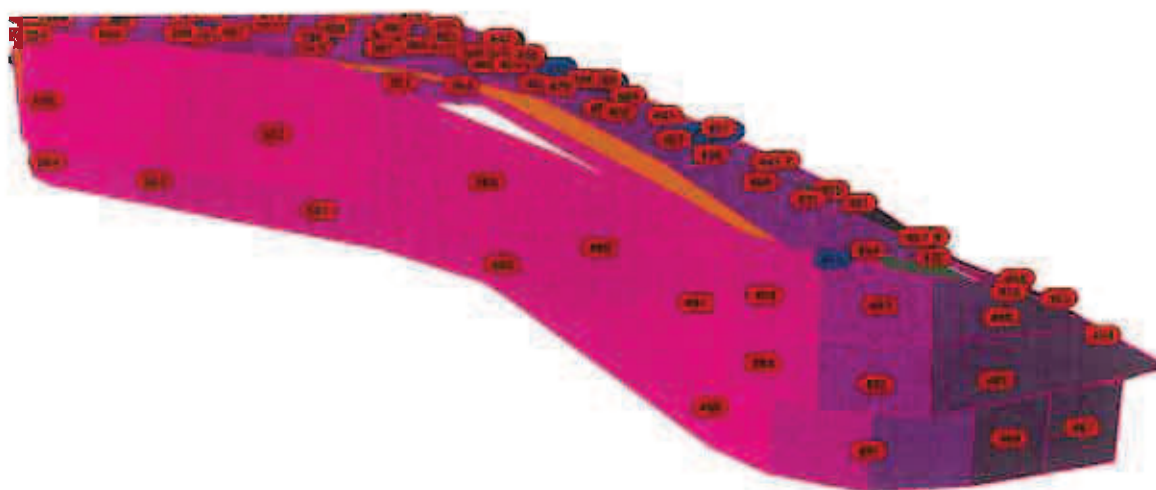
Côté rue Rambuteau



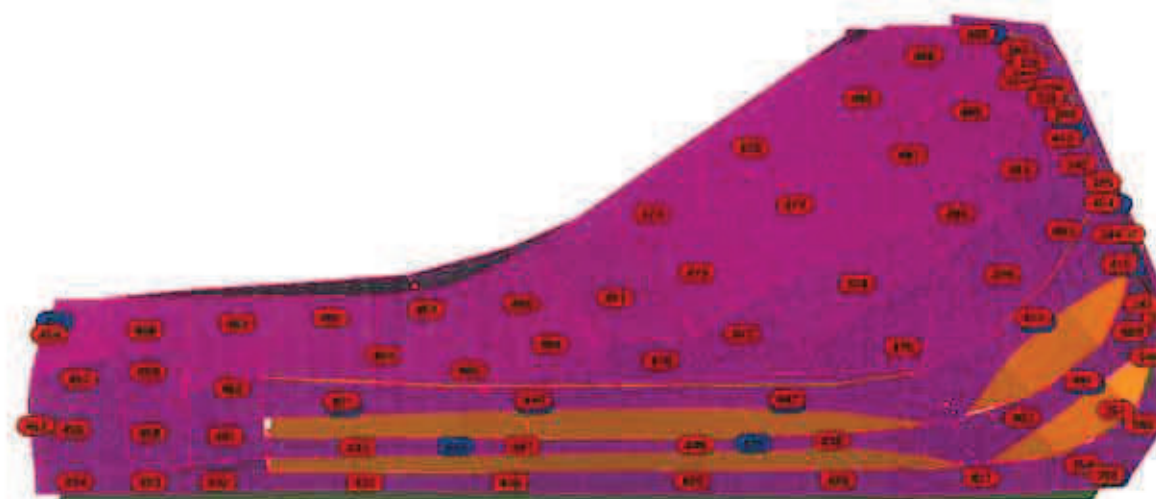
Porte Baltard côté nord



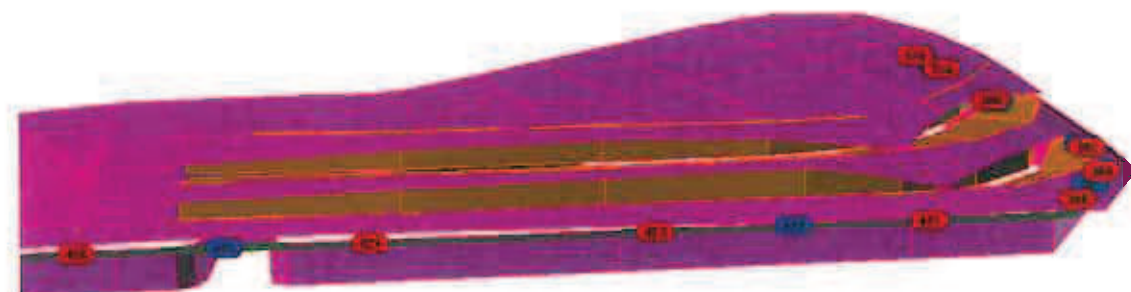
Porte Baltard Nord, vue de dessus



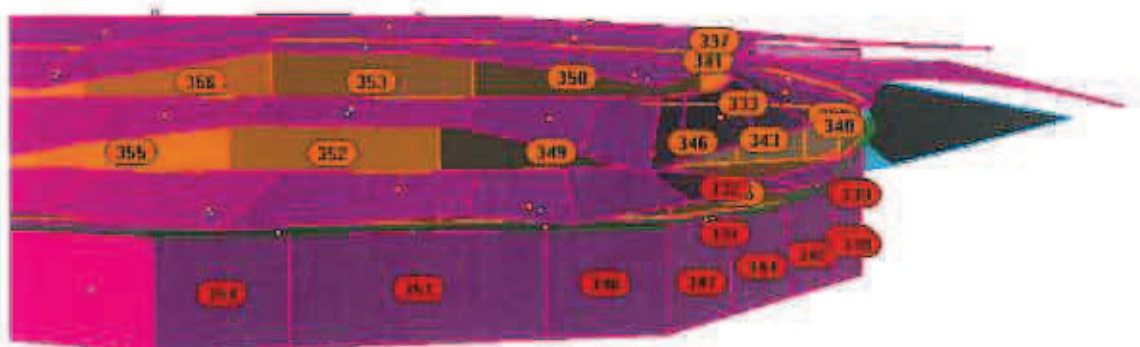
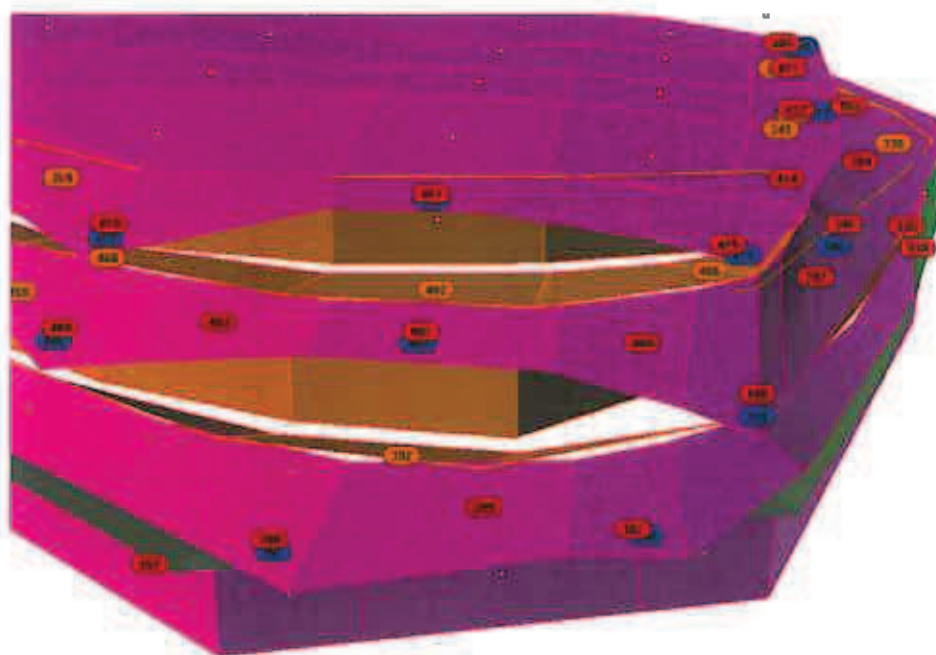
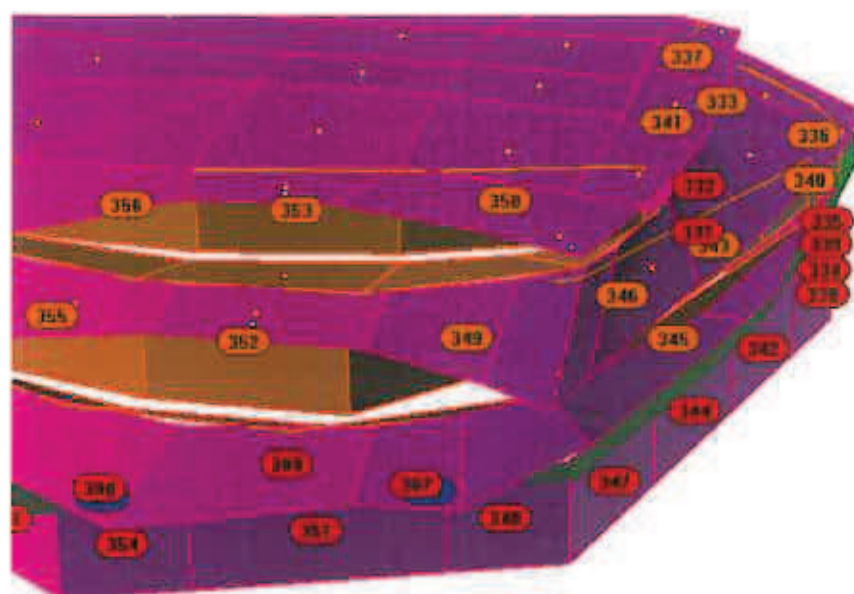
Porte Baltard, à l'intérieur, coté sud.



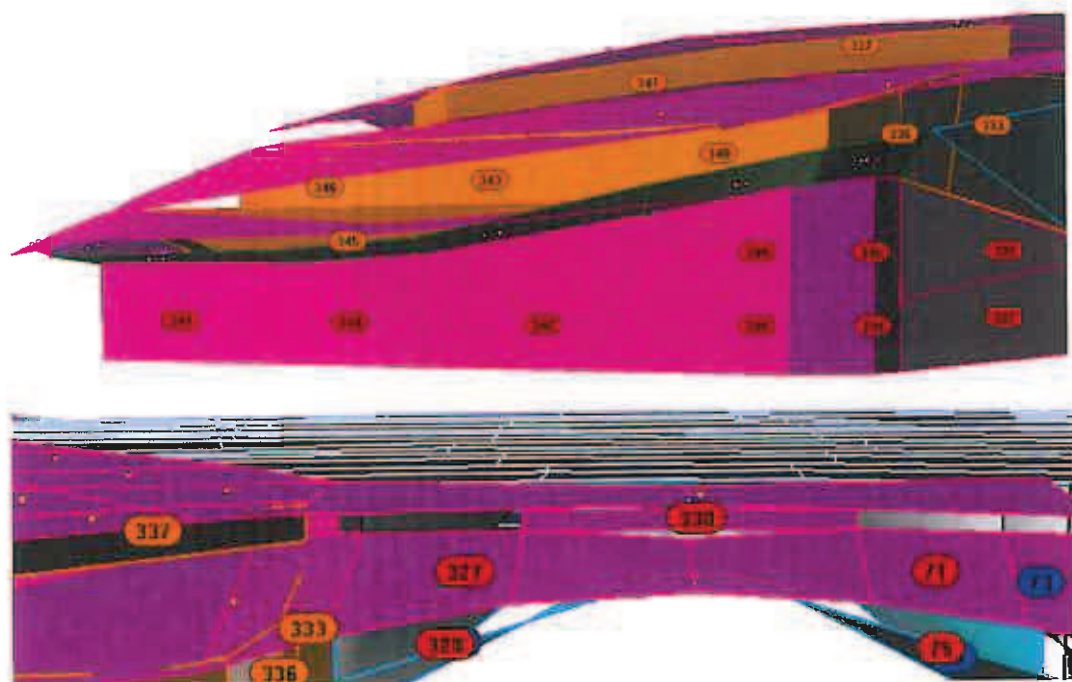
Toiture coté rue Berger



Façade coté rue Berger



Façade et toiture coin est rue Berger



Porte Lescot coté sud

ANNEXE 2 : PRESSIONS LOCALES EXTERNES

num	X	Y	Z	MaxiC TIC	Incidence du maxi	MiniC TIC	Incidence du mini
16	255.37	98.24	11.75	134	195	-277	280
17	255.50	87.30	10.19	101	125	-380	290
18	255.43	75.76	9.21	98	90	-316	300
19	258.21	106.83	13.26	226	190	-95	270
20	260.18	87.99	12.61	95	195	-253	285
21	259.39	75.86	12.34	88	140	-216	300
22	261.31	99.08	13.09	125	195	-152	260
28	266.68	100.12	12.77	123	140	-76	230
29	264.04	80.40	11.28	80	125	-164	290
35	271.13	97.92	11.89	139	140	-121	190
36	269.64	81.92	11.37	83	125	-128	110
45	269.25	64.53	10.91	71	20	-378	125
43	276.82	97.34	12.03	145	140	-155	190
43	282.17	97.34	11.92	145	140	-155	190
44	275.50	82.85	11.31	87	125	-122	140
44	280.85	82.85	11.20	87	125	-122	140
45	280.34	64.57	10.74	71	20	-378	125
45	274.99	64.57	10.86	71	20	-378	125
51	288.10	96.60	12.23	143	140	-87	240
51	293.57	96.60	12.20	143	140	-87	240
52	286.73	81.36	11.31	88	195	-160	140
52	292.20	81.36	11.28	88	195	-160	140
56	299.09	87.98	11.88	93	195	-139	240
56	304.25	87.98	11.85	93	195	-139	240
60	310.45	82.71	12.17	88	195	-122	250
60	315.85	82.71	12.20	88	195	-122	250
64	321.66	77.04	12.58	75	195	-149	150
64	327.04	77.04	12.58	75	195	-149	150
68	311.08	145.70	5.80	176	150	-112	345
70	351.67	56.99	14.03	248	90	-171	60
70	351.77	71.00	13.96	248	90	-171	60
73	356.52	74.40	11.58	79	90	-103	160
74	354.37	66.98	11.97	91	80	-168	100
74	354.99	57.93	11.90	91	80	-168	100
76	352.19	70.53	9.48	78	90	-64	160
106	369.02	91.37	5.69	206	280	-86	30
106	364.73	81.82	7.30	206	280	-86	30
108	373.78	104.20	4.74	344	280	-82	80
110	376.64	116.11	4.60	219	280	-79	20
112	376.64	124.50	4.60	194	260	-76	20
113	373.55	133.07	4.60	116	250	-110	290
115	367.36	141.82	4.60	102	250	-180	170
119	375.38	135.58	5.31	99	250	-101	290
121	371.97	140.29	5.56	107	250	-141	160
123	368.97	144.04	5.39	101	250	-150	160
131	369.13	127.72	8.33	98	10	-95	25
131	372.05	119.99	7.90	98	10	-95	25
133	361.40	134.56	8.67	83	80	-91	30

135	352.76	139.10	8.44	87	160		-193	345
135	346.06	140.03	8.59	87	160		-193	345
138	356.82	81.08	13.73	247	100		-145	70
138	361.69	87.78	13.38	247	100		-145	70
141	367.15	106.71	11.84	96	280		-129	120
141	365.49	94.34	12.78	96	280		-129	120
143	362.83	115.83	11.98	96	10		-118	340
143	365.85	117.51	11.21	96	10		-118	340
145	353.94	124.54	12.14	159	25		-120	350
147	345.69	131.03	11.90	86	330		-171	20
147	340.34	132.57	11.76	86	330		-171	20
173	349.02	146.20	4.60	242	170		-126	330
175	313.28	146.20	4.60	273	150		-161	20
177	278.15	146.20	4.60	240	195		-101	300
179	256.26	146.20	4.60	220	170		-106	300
185	262.31	145.57	5.91	193	195		-149	230
191	334.75	139.76	8.96	122	160		-110	300
194	299.62	139.86	8.98	133	150		-187	345
199	330.57	132.56	11.90	208	340		-138	25
201	309.98	132.70	11.92	96	25		-216	340
203	284.32	132.75	11.83	110	150		-180	345
254	248.61	114.55	12.74	323	220		-382	270
254	250.40	111.81	12.42	323	220		-382	270
255	247.64	120.66	12.41	350	270		-211	320
255	247.05	129.70	11.25	350	270		-211	320
268	255.37	29.71	11.76	141	20		-282	300
269	255.50	40.66	10.20	110	20		-302	300
270	255.43	52.21	9.21	113	90		-300	300
271	255.39	63.97	8.98	80	90		-299	300
272	258.34	21.05	13.17	190	20		-82	230
273	260.20	40.04	12.61	111	25		-206	300
274	259.39	52.14	12.33	91	25		-199	300
275	259.12	63.99	12.28	91	125		-201	300
276	261.33	28.95	13.09	156	20		-129	70
282	265.35	31.75	11.94	163	20		-83	60
283	263.93	48.54	11.20	88	25		-150	300
284	263.51	64.00	10.81	73	125		-277	20
290	271.12	30.60	12.16	160	20		-109	300
291	269.69	46.26	11.35	93	20		-121	40
297	276.81	30.12	12.17	158	20		-135	310
297	282.18	30.11	12.07	158	20		-135	310
298	275.47	45.72	11.31	85	20		-182	30
298	280.80	45.73	11.19	85	20		-182	30
304	288.10	31.40	12.23	111	10		-117	300
304	293.57	31.40	12.20	111	10		-117	300
305	286.73	46.64	11.31	77	20		-143	30
305	292.20	46.64	11.28	77	20		-143	30
306	286.30	64.00	10.88	76	195		-288	60
306	291.77	64.00	10.85	76	195		-288	60
310	304.39	40.10	11.79	101	25		-143	300
310	299.23	40.10	11.82	101	25		-143	300
311	297.83	64.00	11.23	76	195		-290	40
311	302.99	64.00	11.21	76	195		-290	40
315	310.38	45.53	12.17	80	20		-129	345

315	315.78	45.53	12.20	80	20	-129	345
316	309.08	64.00	11.66	74	195	-283	20
316	314.49	64.00	11.69	74	195	-283	20
320	327.04	50.96	12.58	73	280	-110	345
320	321.66	50.96	12.58	73	280	-110	345
321	325.85	64.00	12.36	74	90	-161	20
321	320.47	64.00	12.36	74	90	-161	20
325	332.21	64.00	12.99	77	280	-95	230
325	334.15	53.32	13.32	77	280	-95	230
325	340.66	63.87	13.07	77	280	-95	230
325	340.00	56.32	13.22	77	280	-95	230
325	340.81	71.46	13.22	77	280	-95	230
325	334.15	74.68	13.32	77	280	-95	230
329	351.99	57.60	9.52	99	220	-66	0
376	362.70	49.92	7.95	207	0	-130	60
378	365.49	45.54	7.20	193	330	-105	25
380	368.61	37.70	5.84	180	330	-108	90
380	371.51	29.85	4.84	180	330	-108	90
382	374.53	20.85	4.63	232	250	-101	120
384	373.38	10.69	4.60	194	160	-84	310
386	367.31	2.10	4.60	168	140	-203	10
388	375.21	9.11	5.37	149	150	-118	230
391	368.72	1.81	5.33	134	125	-166	30
396	369.52	30.34	8.82	129	340	-101	25
399	370.05	15.54	8.71	95	160	-114	330
399	371.84	21.62	8.37	95	160	-114	330
402	363.83	9.83	9.31	123	125	-122	160
405	343.72	2.46	9.16	117	25	-186	140
405	355.20	4.71	8.99	117	25	-186	140
410	357.45	45.16	13.84	169	70	-95	110
413	364.19	35.19	12.82	194	60	-119	260
416	364.51	22.12	11.77	89	340	-119	220
418	357.18	15.42	12.34	193	125	-129	60
420	350.67	9.89	11.85	111	25	-219	150
420	341.22	6.87	11.69	111	25	-219	150
421	349.94	-2.20	4.60	313	360	-86	150
423	321.27	-2.20	4.60	351	350	-74	220
424	292.45	-2.20	4.60	141	360	-84	180
426	263.48	-2.20	4.60	171	20	-99	130
439	324.75	2.40	9.58	174	350	-202	210
442	292.42	2.22	9.30	116	200	-161	160
448	328.87	6.96	12.18	150	350	-175	200
450	309.93	6.89	12.31	122	210	-170	170
452	285.05	6.95	12.19	188	170	-127	300
455	248.89	13.79	12.23	287	310	-388	220
75	352.19	70.53	9.58	88	80	-80	160
80	351.34	77.67	9.03	83	90	-62	160
83	359.01	78.06	9.08	205	160	-109	100
83	363.02	78.80	8.81	205	160	-109	100
84	355.19	81.86	13.21	282	100	-105	60
87	364.46	82.16	8.00	160	100	-117	30
87	363.84	80.04	8.55	160	100	-117	30
88	362.51	92.01	12.43	202	110	-93	330
90	366.66	89.77	7.77	107	280	-106	30

92	369.96	101.27	7.00	136	280	-103	30
94	370.62	118.59	6.76	118	280	-105	30
94	371.53	111.33	6.72	118	280	-105	30
95	364.51	104.67	10.74	103	360	-90	30
99	362.59	131.24	7.12	137	10	-92	30
99	365.70	127.64	7.15	137	10	-92	30
99	368.45	123.52	7.02	137	10	-92	30
100	361.31	113.44	10.73	212	10	-96	30
100	356.70	118.91	10.82	212	10	-96	30
102	350.01	137.44	6.97	90	195	-100	345
102	354.80	136.23	6.96	90	195	-100	345
102	359.00	134.16	7.02	90	195	-100	345
103	351.66	123.78	10.86	159	330	-92	30
103	347.91	126.47	10.80	159	330	-92	30
103	343.75	128.59	10.75	159	330	-92	30
125	361.64	136.97	5.82	96	10	-89	25
125	370.13	128.67	5.82	96	10	-89	25
125	372.75	116.07	6.28	96	10	-89	25
136	347.40	130.97	9.43	151	10	-110	300
136	361.54	121.56	9.42	151	10	-110	300
136	366.45	107.15	9.68	151	10	-110	300
157	333.62	138.27	7.14	210	330	-99	300
157	344.75	138.01	7.04	210	330	-99	300
158	339.15	130.08	10.70	244	340	-102	300
158	334.11	130.95	10.66	244	340	-102	300
160	324.47	131.37	10.63	222	20	-97	300
161	312.29	138.45	7.18	142	150	-119	300
162	306.36	131.55	10.60	130	20	-103	300
164	286.00	138.42	7.17	142	195	-140	300
165	283.83	130.65	10.72	112	150	-107	300
189	337.66	140.96	5.82	114	160	-99	60
190	296.29	141.63	5.82	136	195	-147	300
197	319.89	134.90	9.43	170	340	-106	300
198	287.17	134.91	9.43	114	150	-126	330
328	351.99	57.60	9.62	101	280	-109	60
333	351.92	50.32	9.11	109	220	-71	0
336	358.71	50.15	9.29	200	360	-151	60
336	362.14	49.43	9.11	200	360	-151	60
337	355.77	45.01	13.16	275	60	-96	110
340	364.23	46.63	8.55	202	60	-123	60
340	365.47	41.92	8.31	202	60	-123	60
341	362.83	35.03	12.17	261	60	-94	260
343	367.17	34.88	8.00	148	340	-94	60
345	369.04	31.28	5.78	125	340	-122	270
346	369.29	26.13	8.02	127	260	-89	25
349	367.94	17.20	7.59	126	160	-92	230
350	363.20	25.21	10.70	170	150	-84	60
352	361.68	10.05	7.01	196	125	-81	150
353	356.66	17.15	10.80	274	125	-99	60
355	353.19	6.06	7.01	127	110	-100	140
356	349.15	11.77	10.73	220	120	-116	220
358	343.25	4.12	7.01	176	10	-114	140
359	339.86	8.91	10.71	137	350	-112	150
361	327.25	3.66	7.01	194	10	-124	210

362	325.73	8.21	10.82	155	350	-98	210
364	305.92	3.66	7.01	138	220	-102	190
365	306.01	8.21	10.92	166	230	-107	160
367	283.94	3.94	7.01	183	170	-120	300
368	283.94	8.71	10.98	233	170	-109	300
392	370.53	13.71	5.82	116	160	-114	110
392	364.02	6.30	5.82	116	160	-114	110
406	366.93	26.60	9.55	130	160	-97	220
406	365.22	19.75	9.43	130	160	-97	220
407	359.67	13.27	9.43	155	125	-110	50
408	349.21	7.98	9.43	118	25	-120	150
435	353.04	2.60	5.82	108	10	-91	140
436	321.04	1.20	5.82	141	360	-124	210
437	284.22	1.18	5.88	178	170	-114	300
444	334.44	5.36	9.42	149	350	-109	210
445	313.87	4.89	9.40	144	350	-98	180
446	287.37	5.20	9.37	152	185	-120	320
2	252.10	106.23	12.80	137	280	-189	300
2	255.48	106.23	13.11	137	280	-189	300
3	253.42	97.46	11.36	239	280	-197	320
3	256.20	97.39	11.96	239	280	-197	320
4	254.00	86.65	9.46	336	285	-169	90
4	256.18	86.34	10.60	336	285	-169	90
5	254.14	75.35	8.28	362	290	-180	90
6	254.16	63.97	8.03	427	290	-230	80
6	255.93	64.00	9.63	427	290	-230	80
7	259.97	98.52	12.86	178	280	-140	320
8	259.21	87.57	12.20	274	280	-207	90
9	256.01	74.86	9.80	315	290	-224	90
9	258.16	75.50	11.47	315	290	-224	90
10	257.98	64.00	11.37	300	265	-231	120
11	259.93	106.68	13.58	110	320	-148	300
11	263.99	107.05	13.88	110	320	-148	300
12	263.12	99.42	13.60	107	320	-151	110
13	261.71	88.56	13.48	159	285	-398	80
14	260.25	76.10	13.09	241	290	-369	80
15	259.94	63.99	13.06	157	265	-280	110
23	263.39	97.25	11.65	126	170	-103	240
24	262.59	80.36	10.34	96	125	-212	290
25	262.25	64.00	9.67	76	125	-176	300
26	267.85	99.68	13.48	140	320	-135	190
27	266.17	80.10	12.92	116	190	-248	290
30	269.02	98.15	11.44	142	140	-116	190
31	268.35	82.40	10.52	101	125	-153	290
32	273.45	98.95	13.35	167	280	-141	125
33	271.88	81.22	13.01	212	290	-213	90
34	271.39	63.97	12.91	229	290	-229	90
38	280.05	97.72	11.53	142	140	-122	230
38	274.70	97.72	11.64	142	140	-122	230
39	279.41	83.23	10.30	103	140	-131	290
39	274.06	83.23	10.41	103	140	-131	290
40	284.78	100.50	13.36	170	280	-143	110
40	279.42	100.50	13.47	170	280	-143	110
41	283.04	82.80	12.83	242	280	-216	80

41	277.69	82.80	12.94	242	280		-216	80
42	282.36	64.00	12.61	265	265		-223	90
42	277.01	64.00	12.72	265	265		-223	90
46	291.48	96.99	11.81	139	140		-81	25
46	286.01	96.99	11.84	139	140		-81	25
47	290.79	81.22	10.39	105	125		-127	100
47	288.92	81.55	12.95	105	125		-127	100
47	285.31	81.22	10.42	105	125		-127	100
48	290.48	64.00	9.80	84	90		-124	70
48	285.01	64.00	9.83	84	90		-124	70
49	296.02	99.03	13.46	119	310		-110	110
49	290.55	99.03	13.49	119	310		-110	110
50	294.39	81.55	12.93	127	310		-211	100
53	302.11	88.61	11.32	107	140		-84	100
53	296.95	88.61	11.35	107	140		-84	100
53	301.37	89.21	13.28	107	140		-84	100
54	301.66	64.00	10.29	84	290		-111	70
54	296.49	64.00	10.31	84	290		-111	70
55	306.54	89.21	13.26	164	320		-149	110
57	313.73	83.48	11.78	117	195		-84	110
57	308.32	83.48	11.75	117	195		-84	110
57	312.68	83.97	13.41	117	195		-84	110
58	313.23	64.00	10.98	88	195		-109	60
58	307.83	64.00	10.95	88	195		-109	60
59	318.09	83.97	13.44	146	310		-144	110
61	321.42	80.05	12.73	111	195		-87	300
61	319.08	80.65	12.12	111	195		-87	300
61	324.45	80.65	12.12	111	195		-87	300
61	326.80	80.05	12.73	111	195		-87	300
62	319.09	64.00	11.79	79	195		-107	300
62	324.47	64.00	11.79	79	195		-107	300
63	324.47	78.46	13.57	127	310		-105	100
63	329.84	78.46	13.57	127	310		-105	100
65	335.81	74.13	13.72	111	195		-117	300
65	332.80	75.27	13.20	111	195		-117	300
65	340.81	71.46	13.32	111	195		-117	300
71	357.10	76.88	11.62	218	90		-131	60
71	355.04	72.46	12.02	218	90		-131	60
72	354.02	60.90	12.13	182	90		-135	60
72	353.97	66.99	12.14	182	90		-135	60
77	343.28	78.63	2.57	71	280		-76	230
78	352.84	77.90	1.59	114	160		-66	330
79	353.36	77.88	4.79	137	160		-54	330
80	342.98	77.45	8.50	83	90		-62	160
81	359.69	78.04	1.81	189	160		-127	270
82	359.84	78.02	5.42	247	160		-146	270
85	363.24	79.36	1.83	167	110		-85	25
85	365.37	83.32	1.67	167	110		-85	25
86	363.23	79.31	5.48	174	100		-117	270
86	365.36	83.31	5.01	174	100		-117	270
89	368.08	90.99	2.72	164	280		-81	30
91	371.22	99.87	2.29	275	280		-88	30
93	374.05	107.87	2.25	283	280		-77	20
96	375.44	115.95	2.25	259	280		-77	20

97	375.44	124.20	2.25	222	260		-76	20
98	372.49	132.49	2.25	154	260		-82	300
101	366.60	140.83	2.25	104	90		-105	160
105	364.73	81.82	7.40	154	110		-133	30
107	369.02	91.37	5.79	97	200		-108	270
109	373.78	104.20	4.84	127	270		-123	280
111	376.64	120.31	4.70	163	70		-105	30
114	370.46	137.45	4.70	108	250		-114	160
116	372.83	103.77	6.11	97	280		-107	300
116	368.88	91.16	6.17	97	280		-107	300
117	375.30	116.27	6.28	133	260		-101	30
118	375.08	126.63	6.14	118	260		-146	330
120	374.08	134.39	6.13	92	260		-131	30
122	371.20	138.77	6.20	88	250		-119	20
124	364.27	143.70	6.12	91	200		-132	10
124	367.88	142.45	6.10	91	200		-132	10
126	359.98	81.26	11.06	212	100		-106	30
127	364.41	88.30	10.46	180	110		-180	280
128	368.59	99.09	9.88	105	280		-125	330
129	370.63	114.28	9.03	119	70		-134	340
130	368.55	126.84	8.79	111	260		-125	330
132	360.80	133.63	9.08	104	330		-109	345
134	345.34	139.21	9.00	114	330		-119	20
134	352.03	138.09	8.91	114	330		-119	20
137	355.18	81.71	13.97	92	80		-249	90
139	360.33	88.99	13.68	135	110		-161	170
140	365.47	97.93	12.79	114	125		-120	150
142	362.83	115.83	12.08	139	80		-120	30
142	365.67	117.46	11.36	139	80		-120	30
144	353.94	124.54	12.24	112	20		-116	360
146	345.53	130.83	12.05	146	330		-137	10
146	339.88	131.95	12.00	146	330		-137	10
148	341.96	79.06	14.39	81	110		-121	300
148	346.01	85.74	14.32	81	110		-121	300
149	352.51	95.52	14.19	84	100		-110	300
150	358.65	104.16	13.43	99	70		-112	30
151	366.85	107.68	12.00	110	70		-118	30
151	362.19	109.52	12.72	110	70		-118	30
152	332.12	93.79	14.48	77	320		-115	300
153	340.04	105.01	14.48	85	320		-108	30
154	346.17	113.71	14.07	77	320		-107	30
155	350.83	120.20	13.20	96	80		-111	300
156	353.68	145.00	2.25	278	170		-83	330
159	312.91	145.00	2.25	236	160		-96	345
159	333.73	145.00	2.25	236	160		-96	345
163	292.97	145.00	2.25	230	195		-94	300
166	282.96	144.62	2.25	270	195		-103	300
167	281.63	139.51	2.25	303	195		-98	300
168	278.28	134.79	2.25	308	195		-99	300
169	275.33	138.57	2.25	304	195		-98	300
170	274.93	143.29	2.25	288	195		-105	300
170	273.61	144.62	2.25	288	195		-105	300
171	266.58	145.00	2.25	249	170		-107	300
171	257.61	145.00	2.25	249	170		-107	300

172	251.87	145.00	2.25	208	190	-138	320
174	338.77	146.20	4.70	189	330	-175	60
176	295.71	146.20	4.70	168	195	-115	240
178	263.57	146.20	4.70	193	195	-140	230
180	352.81	144.53	6.18	153	170	-122	340
181	333.77	145.01	6.20	156	340	-136	60
182	310.89	144.89	6.29	176	150	-131	20
183	290.17	144.73	6.38	169	195	-136	300
184	272.00	144.53	6.60	189	195	-132	300
184	277.49	144.76	6.41	189	195	-132	300
186	262.68	144.27	6.74	183	190	-153	210
187	253.77	144.65	6.50	163	190	-165	230
188	248.42	144.73	6.28	161	190	-414	240
192	334.21	139.24	9.26	213	340	-112	25
193	315.02	139.41	9.31	137	150	-128	300
195	288.28	139.61	9.20	131	150	-141	345
196	269.80	138.54	9.59	153	195	-145	300
196	269.80	143.95	6.93	153	195	-145	300
200	330.19	132.00	12.13	195	340	-138	25
202	309.92	132.51	12.07	149	0	-122	330
204	284.33	132.54	12.00	133	10	-132	345
205	318.44	102.15	14.47	80	125	-117	300
206	326.85	113.68	14.39	81	330	-107	30
207	332.82	124.30	13.44	111	340	-126	30
208	306.75	105.19	14.46	78	125	-122	300
209	307.93	115.98	14.40	84	340	-117	300
210	310.11	126.68	13.34	148	345	-114	40
211	286.08	115.62	14.38	77	340	-127	300
212	284.80	126.18	13.44	138	20	-124	330
213	269.91	115.23	14.28	88	310	-156	300
214	267.68	123.56	13.81	112	320	-149	300
215	266.19	131.04	12.18	134	320	-143	300
216	262.62	139.07	9.31	165	190	-147	300
217	258.45	111.85	13.90	95	280	-166	210
218	257.57	116.61	13.88	98	310	-163	300
219	255.87	123.47	13.34	128	320	-175	300
220	254.84	131.77	11.69	169	320	-176	230
221	254.44	139.58	8.96	156	190	-175	230
222	251.27	111.40	13.44	157	280	-533	240
223	250.38	115.90	13.41	127	280	-455	230
224	248.86	123.60	12.81	136	320	-471	230
225	248.50	132.30	11.23	196	320	-503	240
226	248.62	139.88	8.65	169	320	-351	250
227	249.00	142.32	2.25	218	265	-125	320
228	247.14	140.47	6.39	209	265	-186	320
229	249.00	135.63	2.25	180	190	-139	320
230	247.40	131.72	6.38	205	280	-141	320
231	247.27	132.77	9.56	346	270	-223	320
232	249.00	127.59	2.25	249	270	-115	330
232	249.00	121.87	2.25	249	270	-115	330
233	247.40	123.22	6.50	255	270	-127	320
234	247.45	126.30	10.08	375	270	-214	320
234	247.40	122.48	10.25	375	270	-214	320
235	248.12	117.46	6.50	262	210	-155	330

236	248.12	117.46	10.25	333	280		-204	330
237	250.36	116.75	2.25	288	210		-151	270
238	250.80	112.71	6.50	307	230		-171	270
238	254.25	110.07	6.50	307	230		-171	270
239	250.80	112.71	10.25	359	220		-185	330
240	255.04	111.80	2.25	305	220		-170	270
241	254.79	109.98	10.39	383	190		-289	270
242	260.61	109.02	6.50	282	190		-153	270
243	261.31	108.90	10.48	246	190		-164	280
244	264.30	109.88	2.25	244	195		-81	270
245	268.76	108.27	8.66	180	140		-69	270
245	274.50	107.82	8.74	180	140		-69	270
245	280.08	107.46	8.74	180	140		-69	270
246	279.71	108.89	2.25	180	140		-41	285
247	285.66	107.10	8.76	184	140		-54	270
247	291.19	106.52	8.78	184	140		-54	270
247	296.67	105.12	8.79	184	140		-54	270
248	295.93	106.17	2.25	160	140		-26	30
249	307.02	100.92	2.24	129	140		-29	300
250	302.50	102.27	8.80	130	140		-47	300
250	308.36	98.44	8.82	130	140		-47	300
250	313.92	94.51	8.82	130	140		-47	300
251	319.61	91.96	2.22	91	140		-40	170
252	324.96	86.61	8.85	87	140		-52	300
252	330.43	82.76	8.86	87	140		-52	300
252	335.93	79.11	8.85	87	140		-52	300
252	319.46	90.60	8.83	87	140		-52	300
253	332.82	82.75	2.24	76	265		-46	140
257	252.10	21.76	12.80	123	250		-175	320
257	255.86	21.77	13.15	123	250		-175	320
258	253.42	30.49	11.37	178	260		-181	320
258	256.20	30.61	11.96	178	260		-181	320
259	254.00	41.31	9.47	309	265		-194	80
259	256.18	41.66	10.60	309	265		-194	80
260	254.14	52.61	8.28	349	265		-201	70
260	256.01	53.14	9.80	349	265		-201	70
261	259.34	29.66	12.71	147	250		-132	290
262	258.70	40.63	11.94	232	250		-224	70
263	258.16	52.50	11.47	284	265		-272	120
264	259.82	21.39	13.56	117	20		-124	125
264	263.59	20.92	13.75	117	20		-124	125
265	262.51	28.79	13.45	103	20		-164	120
266	261.20	39.63	13.22	139	220		-438	110
267	260.25	51.89	13.08	149	250		-378	120
277	263.29	31.37	11.52	165	20		-136	110
278	262.57	48.19	10.26	109	20		-201	300
279	267.93	29.09	13.33	126	220		-137	290
280	266.11	48.30	12.91	131	210		-233	120
281	265.49	64.00	12.75	113	190		-205	90
285	268.95	30.71	11.71	167	20		-115	300
286	268.34	46.16	10.48	112	20		-149	70
287	268.08	64.56	9.94	80	125		-155	300
288	273.51	28.72	13.37	140	250		-132	60
289	271.95	46.40	13.03	224	290		-238	70

292	280.04	29.72	11.67	168	20	-115	300
292	274.69	29.72	11.78	168	20	-115	300
293	279.38	45.34	10.30	117	20	-141	60
293	274.03	45.34	10.41	117	20	-141	60
294	279.04	64.57	9.65	82	125	-116	70
294	273.69	64.57	9.76	82	125	-116	70
295	284.80	27.51	13.37	122	20	-148	70
295	279.45	27.51	13.48	122	20	-148	70
296	283.02	45.21	12.82	187	290	-213	70
296	277.67	45.21	12.93	187	290	-213	70
299	291.48	31.01	11.81	137	10	-100	110
300	290.79	46.78	10.39	100	35	-150	70
301	296.02	28.97	13.46	121	360	-141	60
301	286.01	31.01	11.84	121	360	-141	60
301	290.55	28.97	13.49	121	360	-141	60
302	294.39	46.45	12.93	139	290	-262	110
302	285.31	46.78	10.42	139	290	-262	110
302	288.92	46.45	12.95	139	290	-262	110
303	293.79	64.00	12.73	200	290	-224	70
303	288.32	64.00	12.76	200	290	-224	70
307	302.18	39.43	11.34	107	25	-112	60
308	306.61	38.83	13.17	124	230	-185	60
308	301.45	38.83	13.20	124	230	-185	60
308	297.01	39.43	11.37	124	230	-185	60
309	305.05	64.00	12.86	170	285	-184	70
309	299.89	64.00	12.88	170	285	-184	70
312	313.73	44.52	11.78	107	25	-98	25
313	318.02	44.27	13.44	115	195	-157	60
313	308.32	44.52	11.75	115	195	-157	60
313	312.61	44.27	13.41	115	195	-157	60
314	316.62	64.00	13.14	148	320	-171	70
314	311.22	64.00	13.11	148	320	-171	70
317	319.08	47.35	12.12	90	20	-96	310
317	326.80	47.95	12.73	90	20	-96	310
317	324.45	47.35	12.12	90	20	-96	310
318	324.47	49.54	13.57	110	195	-140	60
318	321.42	47.95	12.73	110	195	-140	60
318	329.84	49.54	13.57	110	195	-140	60
319	322.34	64.00	13.26	141	320	-128	70
319	327.72	64.00	13.26	141	320	-128	70
322	332.80	52.73	13.20	110	320	-135	300
322	335.81	53.87	13.72	110	320	-135	300
322	340.00	56.32	13.32	110	320	-135	300
323	337.69	64.03	12.88	119	340	-101	300
323	330.99	64.00	12.72	119	340	-101	300
324	334.07	64.00	13.57	116	320	-134	60
324	343.62	63.72	13.47	116	320	-134	60
326	349.04	57.00	14.22	92	170	-223	90
326	349.07	71.00	14.18	92	170	-223	90
327	355.41	54.83	11.95	213	70	-123	110
330	349.18	64.00	13.32	263	90	-191	60
331	351.50	50.10	1.83	89	330	-61	30
332	351.96	50.10	4.92	110	360	-58	345
334	361.36	49.96	1.63	214	330	-81	160

334	363.25	48.64	1.82	214	330	-81	160
335	361.38	49.95	5.35	213	0	-101	60
335	363.24	48.66	5.47	213	0	-101	60
338	365.37	44.67	1.67	198	60	-78	125
339	365.37	44.66	5.00	193	330	-76	25
342	367.89	37.52	2.75	183	330	-67	30
344	371.01	28.69	2.33	184	250	-73	25
347	374.08	20.02	2.25	240	250	-98	110
348	374.07	13.74	2.25	185	150	-119	310
351	369.60	7.42	2.25	236	160	-113	10
354	365.14	1.11	2.25	188	125	-238	10
357	355.98	-1.00	2.25	247	360	-163	150
360	332.95	-1.00	2.25	366	10	-71	140
363	300.81	-1.00	2.25	221	350	-89	180
366	283.08	-0.62	2.25	132	20	-105	300
369	281.73	4.73	2.25	144	125	-73	160
370	278.38	9.68	2.25	146	20	-72	160
371	275.43	5.67	2.25	146	125	-74	160
372	273.68	-0.62	2.25	252	10	-85	160
372	275.03	0.71	2.25	252	10	-85	160
373	269.74	-1.00	2.25	178	125	-91	160
374	260.83	-1.00	2.25	174	20	-105	125
375	251.95	-1.00	2.25	202	20	-145	300
388	362.70	49.92	8.05	149	150	-118	230
379	365.49	45.54	7.30	217	60	-109	25
381	368.61	37.70	5.94	148	0	-115	270
381	371.51	29.85	4.94	148	0	-115	270
383	374.53	20.85	4.73	132	250	-129	270
385	370.35	6.39	4.70	197	150	-126	10
387	369.22	35.82	6.13	157	160	-133	200
387	373.09	23.47	6.09	157	160	-133	200
387	375.13	13.21	6.15	157	160	-133	200
387	373.92	8.72	6.11	157	160	-133	200
389	370.18	3.85	6.11	127	125	-159	10
390	363.00	-0.10	6.11	147	110	-130	160
393	357.24	49.94	11.55	232	60	-111	110
394	362.08	42.06	10.64	218	60	-144	260
395	367.67	33.02	9.66	144	35	-143	260
397	370.34	25.82	9.00	114	35	-148	160
398	371.66	17.60	8.61	106	250	-132	100
398	372.09	20.23	8.50	106	250	-132	100
400	369.13	14.51	9.11	127	160	-108	90
401	363.83	9.83	9.41	138	150	-126	70
403	357.12	5.48	9.26	133	125	-117	60
404	346.95	2.44	9.08	178	10	-109	140
404	352.07	3.12	8.90	178	10	-109	140
409	354.47	47.83	14.11	105	35	-225	80
411	357.87	42.90	13.99	114	60	-185	360
412	362.16	36.76	13.44	131	50	-163	0
414	365.93	29.90	12.36	123	35	-160	360
415	367.09	23.12	11.48	132	140	-161	110
417	357.15	15.66	12.48	127	160	-131	110
417	362.34	19.99	12.20	127	160	-131	110
419	341.05	7.17	11.90	142	360	-130	160

419	350.67	9.89	11.95	142	360		-130	160
422	335.60	-2.20	4.70	251	10		-127	345
425	277.97	-2.20	4.70	189	160		-159	300
427	351.55	-1.22	6.17	214	10		-117	150
428	337.97	-1.52	6.17	230	10		-100	210
429	319.54	-1.43	6.25	182	360		-94	230
430	299.23	-1.30	6.34	142	220		-138	345
431	282.12	-1.19	6.39	174	170		-162	300
432	268.50	-1.15	6.39	205	150		-168	330
432	267.57	0.30	7.58	205	150		-168	330
433	260.07	-1.18	6.37	178	125		-170	330
434	251.62	-1.43	6.16	166	25		-191	320
438	332.12	2.43	9.78	175	10		-116	60
438	340.52	2.55	9.61	175	10		-116	60
440	319.59	2.26	9.67	158	350		-123	70
441	304.44	2.20	9.53	127	210		-114	320
443	284.65	2.19	9.36	209	170		-133	330
447	328.80	7.46	12.46	149	350		-127	320
449	310.05	7.08	12.48	154	185		-125	160
451	285.05	6.95	12.29	169	170		-131	130
453	248.38	4.14	9.33	154	250		-371	310
454	250.27	13.36	12.82	144	250		-487	300
456	253.16	2.83	8.55	138	20		-223	320
457	251.71	8.70	11.62	118	250		-219	310
458	260.52	4.24	9.68	177	130		-144	340
459	262.36	9.40	12.41	97	250		-167	300
460	258.68	15.22	13.52	89	250		-181	330
461	268.43	2.86	9.56	209	160		-124	330
462	268.51	6.77	11.87	119	170		-142	125
463	269.49	13.30	13.59	75	250		-181	20
464	286.23	12.24	13.52	90	195		-138	150
465	279.80	13.41	13.78	70	210		-164	20
466	292.29	11.94	13.35	116	180		-125	160
467	290.50	17.66	14.12	65	25		-158	350
468	305.74	11.75	13.60	104	185		-127	320
469	300.18	17.31	13.95	78	25		-127	320
470	315.86	10.84	13.65	158	210		-124	140
471	310.77	19.81	14.36	95	195		-121	320
472	326.28	12.55	13.80	139	210		-119	160
473	320.61	20.58	14.53	99	195		-111	320
474	316.66	29.15	14.52	88	195		-119	290
475	348.56	15.28	13.20	145	140		-119	310
475	339.68	13.26	13.43	145	140		-119	310
476	337.84	19.86	14.37	101	210		-117	310
477	333.00	26.75	14.60	92	195		-126	310
478	328.52	35.80	14.48	91	35		-123	310
479	353.80	21.12	13.54	106	160		-114	310
480	349.48	27.24	14.41	86	60		-115	310
481	345.45	32.99	14.50	97	35		-119	310
482	340.44	41.92	14.43	92	35		-114	300
483	360.74	26.65	13.10	109	60		-116	80
484	356.94	32.55	14.02	107	60		-115	110
485	352.91	38.28	14.26	100	35		-120	300
486	348.77	45.86	14.29	90	35		-129	300

487	249.00	1.20	2.25	248	270		-146	10
488	249.00	5.59	2.25	211	270		-77	270
489	247.56	5.67	6.73	176	310		-126	345
490	247.66	8.29	9.86	214	260		-110	345
491	249.58	10.36	2.25	230	310		-133	270
491	252.10	14.69	2.25	230	310		-133	270
492	249.13	13.57	6.50	225	310		-135	270
493	249.27	13.61	10.19	297	310		-176	270
494	252.73	17.18	6.50	224	340		-147	270
495	252.81	17.12	10.49	240	340		-191	260
496	256.20	17.09	2.25	198	20		-67	300
496	266.07	18.24	2.25	198	20		-67	300
497	259.87	18.89	8.64	184	20		-115	270
498	270.48	19.72	8.55	217	20		-60	300
499	298.74	22.68	2.25	171	10		-32	30
499	291.04	19.96	2.25	171	10		-32	30
499	281.48	19.23	2.25	171	10		-32	30
500	282.34	20.58	8.43	182	10		-51	300
500	294.07	22.46	8.45	182	10		-51	300
501	311.17	29.83	2.25	91	290		-44	20
502	320.36	37.12	9.18	88	290		-83	20
502	314.75	33.16	9.18	88	290		-83	20
502	309.20	29.23	9.19	88	290		-83	20
502	303.11	25.59	8.93	88	290		-83	20
503	324.76	39.44	2.25	77	280		-45	30
504	340.08	49.37	2.25	100	220		-48	0
504	334.76	46.51	2.25	100	220		-48	0
505	342.98	50.55	8.48	83	290		-67	345
505	336.73	48.58	9.18	83	290		-67	345
505	331.57	45.05	9.18	83	290		-67	345
505	325.94	41.06	9.18	83	290		-67	345

ANNEXE 3 : PRESSIONS DIFFERENTIELLES LOCALES

prise ext	prise int	X	Y	Z	MaxiC TIC	Incidence du maxi	MiniC TIC	Incidence du mini
451	452	285.05	6.95	12.29	143	160	-101	180
449	450	310.05	7.08	12.48	143	110	-135	230
447	448	328.80	7.46	12.46	174	140	-81	70
419	420	341.05	7.17	11.90	233	140	-79	160
419	420	350.67	9.89	11.95	233	140	-79	160
417	418	357.15	15.66	12.48	129	150	-178	125
438	405	340.52	2.55	9.61	224	350	-102	340
404	405	346.95	2.44	9.08	181	10	-74	320
438	439	332.12	2.43	9.78	142	345	-135	60
440	439	319.59	2.26	9.67	192	210	-146	345
441	442	304.44	2.20	9.53	174	340	-91	345
443	442	284.65	2.19	9.36	296	170	-144	230
417	416	362.34	19.99	12.20	142	160	-136	180
415	416	367.09	23.12	11.48	138	140	-160	110
15	275	259.94	63.99	13.06	276	290	-250	120
10	275	257.98	64.00	11.37	433	290	-193	120
6	271	255.93	64.00	9.63	603	300	-229	90
6	271	254.16	63.97	8.03	603	300	-229	90
260	270	254.14	52.61	8.28	550	300	-225	90
260	270	256.01	53.14	9.80	550	300	-225	90
263	274	258.16	52.50	11.47	419	265	-256	120
267	274	260.25	51.89	13.08	268	265	-372	120
259	269	254.00	41.31	9.47	534	265	-210	80
259	269	256.18	41.66	10.60	534	265	-210	80
262	273	258.70	40.63	11.94	360	265	-185	80
266	273	261.20	39.63	13.22	250	265	-431	110
258	268	253.42	30.49	11.37	378	300	-215	320
258	268	256.20	30.61	11.96	378	300	-215	320
261	276	259.34	29.66	12.71	160	250	-124	25
265	276	262.51	28.79	13.45	116	40	-153	20
257	272	252.10	21.76	12.80	144	250	-234	310
257	272	255.86	21.77	13.15	144	250	-234	310
264	272	259.82	21.39	13.56	125	230	-191	290
264	272	263.59	20.92	13.75	125	230	-191	290
5	18	254.14	75.35	8.28	594	290	-203	90
9	18	256.01	74.86	9.80	548	290	-238	90
9	21	258.16	75.50	11.47	461	290	-222	70
14	21	260.25	76.10	13.09	348	290	-352	70
13	20	261.71	88.56	13.48	312	280	-393	80
8	20	259.21	87.57	12.20	449	285	-190	90
4	17	256.18	86.34	10.60	634	290	-182	90
4	17	254.00	86.65	9.46	634	290	-182	90
12	22	263.12	99.42	13.60	153	280	-157	125
7	22	259.97	98.52	12.86	240	280	-132	120
3	16	256.20	97.39	11.96	463	280	-225	210
3	16	253.42	97.46	11.36	463	280	-225	210
11	19	263.99	107.05	13.88	131	280	-253	220

11	19	259.93	106.68	13.58	131	280	-253	220
2	19	255.48	106.23	13.11	170	280	-269	220
2	19	252.10	106.23	12.80	170	280	-269	220
279	282	267.93	29.09	13.33	134	40	-155	20
277	282	263.29	31.37	11.52	89	345	-116	300
280	283	266.11	48.30	12.91	163	300	-217	265
278	283	262.57	48.19	10.26	129	20	-184	290
281	284	265.49	64.00	12.75	235	25	-186	120
25	284	262.25	64.00	9.67	259	20	-170	290
27	29	266.17	80.10	12.92	130	190	-200	265
24	29	262.59	80.36	10.34	110	140	-178	265
26	28	267.85	99.68	13.48	121	160	-164	125
23	28	263.39	97.25	11.65	104	185	-97	260
285	290	268.95	30.71	11.71	108	30	-89	20
288	290	273.51	28.72	13.37	141	250	-139	20
292	297	274.69	29.72	11.78	80	340	-86	20
295	297	279.45	27.51	13.48	91	250	-150	70
292	297	280.04	29.72	11.67	80	340	-86	20
295	297	284.80	27.51	13.37	91	250	-150	70
301	304	286.01	31.01	11.84	145	20	-131	70
301	304	290.55	28.97	13.49	145	20	-131	70
286	291	268.34	46.16	10.48	124	20	-149	290
301	304	296.02	28.97	13.46	145	20	-131	70
299	304	291.48	31.01	11.81	138	40	-78	110
308	310	297.01	39.43	11.37	121	290	-164	120
308	310	301.45	38.83	13.20	121	290	-164	120
307	310	302.18	39.43	11.34	113	290	-86	60
308	310	306.61	38.83	13.17	121	290	-164	120
313	315	308.32	44.52	11.75	179	350	-163	70
313	315	312.61	44.27	13.41	179	350	-163	70
312	315	313.73	44.52	11.78	149	350	-91	70
313	315	318.02	44.27	13.44	179	350	-163	70
317	320	319.08	47.35	12.12	130	345	-108	280
318	320	321.42	47.95	12.73	163	345	-142	60
318	320	324.47	49.54	13.57	163	345	-142	60
317	320	326.80	47.95	12.73	130	345	-108	280
318	320	329.84	49.54	13.57	163	345	-142	60
322	325	332.80	52.73	13.20	114	230	-131	310
322	325	335.81	53.87	13.72	114	230	-131	310
324	325	343.62	63.72	13.47	103	230	-154	90
323	325	337.69	64.03	12.88	108	330	-100	280
324	325	334.07	64.00	13.57	103	230	-154	90
323	325	330.99	64.00	12.72	108	330	-100	280
319	321	327.72	64.00	13.26	161	20	-142	70
62	321	324.47	64.00	11.79	155	20	-119	290
319	321	322.34	64.00	13.26	161	20	-142	70
62	321	319.09	64.00	11.79	155	20	-119	290
314	316	316.62	64.00	13.14	248	20	-154	70
58	316	313.23	64.00	10.98	279	25	-99	60
58	316	307.83	64.00	10.95	279	25	-99	60
65	325	332.80	75.27	13.20	106	180	-128	280
65	325	335.81	74.13	13.72	106	180	-128	280
63	64	329.84	78.46	13.57	183	150	-116	70
61	64	326.80	80.05	12.73	192	150	-91	280

61	64	324.45	80.65	12.12	192	150	-91	280
63	64	324.47	78.46	13.57	183	150	-116	70
61	64	321.42	80.05	12.73	192	150	-91	280
61	64	319.08	80.65	12.12	192	150	-91	280
59	60	318.09	83.97	13.44	123	320	-151	90
57	60	313.73	83.48	11.78	94	180	-78	70
57	60	312.68	83.97	13.41	94	180	-78	70
57	60	308.32	83.48	11.75	94	180	-78	70
65	325	340.81	71.46	13.32	106	180	-128	280
322	325	340.00	56.32	13.32	114	230	-131	310
317	320	324.45	47.35	12.12	130	345	-108	280
314	316	311.22	64.00	13.11	248	20	-154	70
309	311	305.05	64.00	12.86	245	30	-150	70
54	311	301.66	64.00	10.29	272	30	-78	70
309	311	299.89	64.00	12.88	245	30	-150	70
54	311	296.49	64.00	10.31	272	30	-78	70
303	306	293.79	64.00	12.73	205	40	-165	110
48	306	290.48	64.00	9.80	275	60	-74	90
303	306	288.32	64.00	12.76	205	40	-165	110
48	306	285.01	64.00	9.83	275	60	-74	90
42	45	282.36	64.00	12.61	299	125	-169	90
294	45	279.04	64.57	9.65	390	125	-102	290
42	45	277.01	64.00	12.72	299	125	-169	90
294	45	273.69	64.57	9.76	390	125	-102	290
50	52	294.39	81.55	12.93	154	140	-187	70
47	52	290.79	81.22	10.39	183	140	-98	90
53	56	296.95	88.61	11.35	116	150	-73	125
53	56	301.37	89.21	13.28	116	150	-73	125
55	56	306.54	89.21	13.26	148	320	-155	70
53	56	302.11	88.61	11.32	116	150	-73	125
49	51	296.02	99.03	13.46	91	170	-145	125
46	51	291.48	96.99	11.81	80	170	-87	125
47	52	288.92	81.55	12.95	183	140	-98	90
47	52	285.31	81.22	10.42	183	140	-98	90
41	44	283.04	82.80	12.83	249	280	-199	70
39	44	279.41	83.23	10.30	157	140	-114	290
49	51	290.55	99.03	13.49	91	170	-145	125
46	51	286.01	96.99	11.84	80	170	-87	125
40	43	284.78	100.50	13.36	169	280	-167	125
38	43	280.05	97.72	11.53	115	190	-131	125
40	43	279.42	100.50	13.47	169	280	-167	125
38	43	274.70	97.72	11.64	115	190	-131	125
32	35	273.45	98.95	13.35	172	280	-167	125
30	35	269.02	98.15	11.44	118	185	-97	120
41	44	277.69	82.80	12.94	249	280	-199	70
39	44	274.06	83.23	10.41	157	140	-114	290
33	36	271.88	81.22	13.01	249	290	-186	90
31	36	268.35	82.40	10.52	131	140	-143	265
34	45	271.39	63.97	12.91	320	125	-187	90
287	45	268.08	64.56	9.94	388	125	-159	290
302	305	294.39	46.45	12.93	139	330	-267	120
300	305	290.79	46.78	10.39	144	30	-107	80
302	305	288.92	46.45	12.95	139	330	-267	120
302	305	285.31	46.78	10.42	139	330	-267	120

296	298	283.02	45.21	12.82	177	290	-214	120
293	298	279.38	45.34	10.30	192	30	-94	300
296	298	277.67	45.21	12.93	177	290	-214	120
293	298	274.03	45.34	10.41	192	30	-94	300
289	291	271.95	46.40	13.03	210	300	-242	120
404	405	352.07	3.12	8.90	181	10	-74	320
403	405	357.12	5.48	9.26	247	140	-102	70
401	402	363.83	9.83	9.41	177	125	-98	110
400	399	369.13	14.51	9.11	122	160	-139	110
398	399	371.66	17.60	8.61	128	250	-163	110
398	399	372.09	20.23	8.50	128	250	-163	110
397	396	370.34	25.82	9.00	126	30	-115	240
395	396	367.67	33.02	9.66	146	35	-160	260
414	413	365.93	29.90	12.36	138	150	-277	0
412	413	362.16	36.76	13.44	128	70	-289	360
411	410	357.87	42.90	13.99	90	30	-288	360
409	410	354.47	47.83	14.11	62	100	-347	70
394	396	362.08	42.06	10.64	236	60	-170	260
393	74	357.24	49.94	11.55	307	70	-132	100
327	74	355.41	54.83	11.95	322	80	-141	110
72	74	354.02	60.90	12.13	304	90	-163	60
72	74	353.97	66.99	12.14	304	90	-163	60
71	74	355.04	72.46	12.02	344	100	-148	60
71	74	357.10	76.88	11.62	344	100	-148	60
126	74	359.98	81.26	11.06	327	100	-124	70
127	74	364.41	88.30	10.46	233	100	-210	280
128	92	368.59	99.09	9.88	130	40	-126	280
129	94	370.63	114.28	9.03	107	60	-129	280
130	131	368.55	126.84	8.79	110	90	-146	330
132	133	360.80	133.63	9.08	106	330	-70	10
134	135	352.03	138.09	8.91	205	330	-70	10
192	191	334.21	139.24	9.26	214	340	-83	25
200	199	330.19	132.00	12.13	145	345	-138	10
146	147	339.88	131.95	12.00	185	340	-92	10
146	147	345.53	130.83	12.05	185	340	-92	10
144	145	353.94	124.54	12.24	126	340	-136	10
142	143	362.83	115.83	12.08	175	80	-78	120
151	143	366.85	107.68	12.00	146	70	-98	100
140	141	365.47	97.93	12.79	178	125	-109	170
139	138	360.33	88.99	13.68	131	110	-303	90
137	138	355.18	81.71	13.97	123	70	-411	90
326	330	349.07	71.00	14.18	137	60	-429	90
326	330	349.04	57.00	14.22	137	60	-429	90
202	201	309.92	132.51	12.07	196	340	-90	25
193	194	315.02	139.41	9.31	216	340	-80	170
195	194	288.28	139.61	9.20	133	20	-74	160
204	203	284.33	132.54	12.00	180	20	-80	20

ANNEXE 4 : CHARGES GLOBALES

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	19627	26130	35068	24848	14718	10557	5845	-13844	-26082	-38968	-43480
	(min/C)	-72415	-88014	-70785	-83405	-84158	-88092	-104337	-128718	-161701	-174890	-182783
	(max/C)	139310	168545	203256	194531	190822	190003	175888	141382	117741	102322	78267
Fy (N)	(moyen)	53071	56712	40190	45533	59415	60157	52681	34514	25649	16750	13390
	(min/C)	59324	-83154	-100059	-88112	-64007	-59878	-55450	-59981	-67550	-72174	-79588
	(max/C)	133914	200881	199604	201652	220148	199388	190750	149635	127347	108394	109890
Fz (N)	(moyen)	28805	42348	129982	179029	230253	174422	242818	285002	291751	289983	275334
	(min/C)	-471416	-485957	-373238	-331484	-310281	-325457	-255280	-204240	-201844	-210313	-191897
	(max/C)	481170	500672	811075	888130	898357	889801	721355	747557	778182	754450	718247

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-38245	-33155	-40192	-35016	-19408	-6109	19792	25661	32373	38289
	(min/C)	-159853	-151070	-187414	-186469	-154129	-142015	-90838	-69270	-56603	-55632
	(max/C)	74535	87291	79521	99498	125093	136544	177355	151079	165206	178043
Fy (N)	(moyen)	8401	7296	7682	10971	8868	5692	-13115	-45036	-57350	-54961
	(min/C)	-83525	-83681	-96915	-102344	-115929	-116542	-140126	-181458	-199356	-199197
	(max/C)	104240	97500	125790	140024	131804	125175	105507	64635	56305	64814
Fz (N)	(moyen)	246138	254090	261350	281562	211559	226360	123691	31996	33938	20237
	(min/C)	-221171	-258494	-248705	-205255	-258853	-223236	-322554	-489826	-482616	-478102
	(max/C)	709318	726496	744573	746516	665816	662475	564250	488418	481380	451532

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	265
Fx (N)	(moyen)	58049	64704	68438	59195	55883	58358	57819	54998	56431	60493	68197	60843
	(min/C)	-37327	-24833	-18795	-35442	-35382	-41271	-50283	-55092	-61005	-80774	-77502	-75254
	(max/C)	182354	182699	190127	175168	187883	191488	220236	214037	228239	238329	251872	243037
Fy (N)	(moyen)	-53237	-50267	-47751	-42018	-31194	-17017	-4435	8264	11175	4991	-2652	-7853
	(min/C)	-201155	-201896	-194086	-201925	-180874	-180257	-138358	-111200	-110768	-109403	-128672	-131952
	(max/C)	70639	78043	72067	80190	86111	103278	114280	122032	125145	117888	111331	105641
Fz (N)	(moyen)	42935	37298	58195	12459	105483	97584	129058	204814	218242	164494	192803	201588
	(min/C)	-489676	-475187	-442381	-532429	-360388	-375807	-377597	-288697	-287964	-348104	-317439	-301541
	(max/C)	472047	478342	485011	438840	518440	534126	578601	649919	852982	812749	838300	851017

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	360
Fx (N)	(moyen)	42601	44112	45481	50398	35431	20870	9701	2125	13143	13550	17844	20352
	(min/C)	-85192	-80170	-80625	-92611	-100154	-97497	-90718	-80701	-87914	-82608	-82839	-71748
	(max/C)	218058	220422	216835	242701	226125	182789	125198	110370	125960	118598	132862	149341
Fy (N)	(moyen)	-11219	-3508	-2618	1100	5748	11222	19827	28814	42485	52697	58655	55852
	(min/C)	-136752	-118808	-115218	-117189	-106590	-108042	-98018	-96831	-87158	-70007	-83857	-65177
	(max/C)	107049	108318	107113	118676	128959	150881	171891	194657	195887	197351	200931	200321
Fz (N)	(moyen)	235378	198525	280882	213048	324734	181424	98059	103287	5839	98826	23536	22081
	(min/C)	280841	-319724	-231747	-312948	-189035	-354718	-411889	-399223	-511373	-441270	-504024	-480903
	(max/C)	700985	651489	753087	718623	797004	824195	550697	538072	479539	581489	458220	511298

ANNEXE 5 : CHARGES SEMI-GLOBALES

VENTELLE 14

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	-1389	-2995	-5863	-8880	-6805	-7163	-7971	-10368	-12227	-14949	-18477
	(miniC)	-21824	-26048	-35342	-38248	-32880	-37525	-39259	-40053	-48825	-52951	-53193
	(maxiC)	21011	19896	17675	12259	8840	9208	7565	4484	4172	2104	444
Fy (N)	(moyen)	-257	-268	-130	-189	-258	-302	-330	-224	-167	-197	-144
	(miniC)	-3938	-2644	-2526	-2860	-2677	-2788	-2819	-2550	-2655	-2838	-2519
	(maxiC)	2799	2457	2283	2399	2388	2399	2349	2284	2632	2247	2038
Fz (N)	(moyen)	8055	9128	18790	17604	15171	14754	15470	20277	23200	27169	30598
	(miniC)	-28509	-25557	-18218	-17107	-17824	-17874	-18444	-12587	-10488	-7958	-1398
	(maxiC)	48495	52600	69005	71318	65508	71332	73228	78308	85981	93421	89858

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-16792	-14671	-16068	-17448	-14300	-11256	-7552	-4290	-1191	253
	(miniC)	-52918	-47081	-54991	-60699	-56698	-47683	-36876	-27268	-20885	-17162
	(maxiC)	287	587	768	2033	5089	6549	8788	11750	20905	21812
Fy (N)	(moyen)	-42	38	-57	-158	-56	98	333	261	200	24
	(miniC)	-2279	-2046	-2966	-3643	-3281	-2830	-2517	-2589	-2628	-3792
	(maxiC)	2227	2146	2140	2354	2478	2731	2725	2573	3010	3036
Fz (N)	(moyen)	31079	27588	31938	34517	28998	23574	15941	9482	5768	5260
	(miniC)	217	-2128	-2915	-3881	-6067	-9481	-16229	-20530	-28499	-28408
	(maxiC)	89284	82701	103789	112519	102895	88015	68082	53414	43005	43108

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260
Fx (N)	(moyen)	29	1494	8285	8789	14202	17178	19168	23449	32038	35935	45314
	(miniC)	-17768	-18708	-18334	-14511	-11990	-10112	-7182	-4123	-2327	-1182	952
	(maxiC)	27657	34838	51887	55411	73570	79838	97104	108025	120789	128692	143193
Fy (N)	(moyen)	-371	-487	-478	-699	-1113	-2147	-1893	-1131	-830	-701	44
	(miniC)	-5403	-5135	-5735	-5489	-7138	-8584	-8850	-9517	-8928	-10587	-9909
	(maxiC)	3889	3954	3982	3708	3531	3829	5443	5881	7145	8483	9889
Fz (N)	(moyen)	9930	10979	5812	2007	-8248	-14273	-17813	-23127	-37204	-48395	-59379
	(miniC)	-35895	-38221	-50983	-68173	-91894	-111118	-137808	-142433	-170170	-181905	-203485
	(maxiC)	61741	58118	58834	51750	48737	45583	41499	30821	21117	15918	17582

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350
Fx (N)	(moyen)	35041	35002	38551	41776	34189	16828	5579	2277	1804	538	-172
	(miniC)	-728	-1385	-848	-991	-8043	-14155	-20663	-18783	-19828	-18988	-21357
	(maxiC)	138857	130814	138708	155501	138843	109301	55823	44824	35345	31887	27513
Fy (N)	(moyen)	30	1874	1748	1402	113	-80	428	482	152	-38	-187
	(miniC)	9713	-8490	-8428	-8202	-8498	-8991	-5292	-4874	-4231	-4452	-3817
	(maxiC)	9928	13129	12657	11780	7150	6084	8249	5720	4727	4032	3338
Fz (N)	(moyen)	-48444	-48385	-51099	-52727	-39270	-14078	1838	3585	4228	5277	5888
	(miniC)	-194183	-195871	-187512	-220858	-183842	-151301	-81220	-61534	-52608	-48842	-38225
	(maxiC)	14420	18771	15982	18340	41584	55898	57963	45851	47728	44875	50539

VENTELLE 13

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	1259	2308	4817	2959	1419	118	-252	-1154	-2022	-2789	-3184
	(miniC)	-10582	-11818	-15833	-17342	-14891	-17981	-17082	-18991	-21280	-23818	-22729
	(maxiC)	21441	25560	34955	31375	24438	24097	20038	17385	18078	15028	14639
Fy (N)	(moyen)	-175	-299	-435	-346	-203	-182	-125	-85	-13	44	54
	(miniC)	-1007	-1227	-1538	-1317	-1080	-1073	-1026	-871	-818	-801	-717
	(maxiC)	380	285	301	347	514	579	590	824	911	903	825
Fz (N)	(moyen)	-918	-2345	-3787	-1584	-182	1237	1895	3631	4940	5888	6832
	(miniC)	-31878	-35193	-44015	-37681	-31084	-28768	-26142	-21556	-20608	-20321	-17300
	(maxiC)	18780	21108	28334	26582	25838	28358	28281	31849	34934	38805	35611

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-3219	-3060	-5597	-6815	-5259	-3488	-419	499	1662	1574
	(miniC)	-24617	-20986	-26619	-30681	-29975	-25189	-18805	-13772	-11809	-9718
	(maxiC)	16577	15259	13102	11054	12511	14360	16296	17473	20907	20646
Fy (N)	(moyen)	65	83	79	122	158	209	249	146	181	144
	(miniC)	-639	-557	-640	-650	-569	-474	-345	-394	-341	-364
	(maxiC)	896	848	967	1000	1035	1046	1140	875	1046	991
Fz (N)	(moyen)	7072	6701	10781	12747	9951	7210	1913	-12	-2031	-2126
	(miniC)	-19596	-18456	-16745	-15715	-17922	-21381	-28301	-28127	-34582	-34259
	(maxiC)	38749	35383	45265	52254	49761	41245	32481	23067	19940	17130

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	265
Fx (N)	(moyen)	82	-989	-1650	-2492	-3608	-3908	-4411	-5360	-6958	-7309	-9728	-9859
	(miniC)	-11657	-13403	-19300	-20579	-23971	-24377	-29551	-30765	-39561	-45928	-50908	-53717
	(maxiC)	18047	18130	18828	15287	17558	15195	13262	9772	7938	8343	7254	6319
Fy (N)	(moyen)	49	-8	-28	-80	-51	-55	-77	-70	-53	-59	-34	-10
	(miniC)	-505	-568	-678	-682	-663	-680	-808	-728	-703	-727	-716	-757
	(maxiC)	818	808	877	740	831	845	711	718	554	628	690	688
Fz (N)	(moyen)	898	2934	4461	5553	7588	7813	7816	9278	11318	11379	14810	15199
	(miniC)	-28955	-31135	-29219	-25054	-23248	-18883	-18843	-12147	-9825	-10968	-9943	-7869
	(maxiC)	22807	25971	33278	33982	39091	38848	44141	54030	57210	64808	72361	75857

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	360
Fx (N)	(moyen)	-7498	-7277	-8428	-9113	-6877	-3355	-1363	-257	415	611	878	1024
	(miniC)	-51775	-48803	-51998	-51901	-44504	-29557	-15893	-15213	-12554	-10190	-9687	-10913
	(maxiC)	6482	9344	8844	10419	14270	15041	15852	15019	17231	18220	18472	21928
Fy (N)	(moyen)	22	13	28	2	67	62	3	-5	-60	-82	-112	-173
	(miniC)	711	-702	-785	-859	-797	-893	-859	-880	-1009	-910	-1020	-1043
	(maxiC)	719	711	753	815	835	821	828	659	509	542	454	472
Fz (N)	(moyen)	11873	11874	14074	15209	12509	8591	3400	1802	584	545	-240	-527
	(miniC)	-9282	-13023	-11599	-12540	-18768	-20434	-23771	-24887	-29393	-26947	-29361	-32058
	(maxiC)	73583	70715	74958	78188	85575	43553	28752	27307	23990	19861	19329	19862

VENTELLE 12

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	980	845	-100	-654	-812	-803	-900	-1900	-2814	-3802	-4309
	(miniC)	-11943	-15310	-18271	-19820	-18027	-18855	-18994	-20723	-23008	-26825	-27504
	(maxiC)	18345	18722	18968	17828	19689	19111	17520	16348	18767	22175	21859
Fy (N)	(moyen)	-217	-348	-437	-358	-274	-219	-233	-152	-87	-23	29
	(miniC)	-1178	-1378	-1620	-1391	-1272	-1280	-1238	-1034	-1005	-961	-786
	(maxiC)	443	338	355	411	424	492	488	550	685	789	726
Fz (N)	(moyen)	-888	-820	1365	2122	2293	1853	2317	4486	8117	7312	8929
	(miniC)	-28934	-29310	-31588	-28195	-32583	-29961	-27751	-23355	-26421	-27873	-24529
	(maxiC)	18284	24573	30183	32152	30274	28883	30873	34051	38481	42184	41723

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-3999	-2989	-1873	1008	2768	3474	3777	1416	2635	2680
	(miniC)	-29098	-22540	-23473	-26680	-24048	-19733	-16690	-13786	-12178	-9675
	(maxiC)	25154	22537	34098	44861	47343	44841	46507	30159	30745	28019
Fy (N)	(moyen)	79	58	83	195	287	334	455	205	185	193
	(miniC)	-656	-662	-685	-677	-582	-514	-413	-573	-622	-585
	(maxiC)	935	882	955	1324	1594	1583	1943	1386	1335	1423
Fz (N)	(moyen)	8596	6847	6703	4371	1371	15	-1867	-977	-3330	-3577
	(miniC)	-27091	-24686	-31795	-44734	-46965	-46960	-49543	-37663	-43155	-41514
	(maxiC)	44220	37097	39269	46134	40742	33592	28828	23118	19618	15026

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	265
Fx (N)	(moyen)	1368	845	926	493	821	1188	714	111	-522	-458	-1587	-1718
	(miniC)	-9201	-9982	-10048	-11380	-11452	-11851	-15055	-18430	-23928	-26125	-31217	-32412
	(maxiC)	20678	20031	16900	17411	15052	17807	18808	15883	15721	15143	17758	15200
Fy (N)	(moyen)	98	16	-23	-12	-56	-55	-148	-190	-200	-174	-127	-81
	(miniC)	-885	-1135	-1100	-1078	-1102	-1098	-1209	-1181	-1131	-1158	-1024	-983
	(maxiC)	1243	1048	1021	1095	1007	1131	893	856	757	857	815	859
Fz (N)	(moyen)	-1522	-740	-765	-161	-295	-1142	-908	100	784	33	1795	2195
	(miniC)	-32404	-34265	-30234	-29268	-26857	-27992	-29928	-25916	-23992	-24874	-26938	-23213
	(maxiC)	16768	18417	19082	19962	20782	20263	24101	28480	35740	37184	44085	44200

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	360
Fx (N)	(moyen)	-1073	-848	-1220	-1205	-699	301	909	1874	1400	1135	900	690
	(miniC)	-29058	-28332	-30718	-30008	-25870	-18711	-11801	-9874	-8519	-10077	-11157	-12730
	(maxiC)	14818	17153	18453	20055	18578	18218	15545	16569	19078	17897	17872	18200
Fy (N)	(moyen)	-34	14	-15	-9	28	129	98	5	-45	-107	-138	-210
	(miniC)	-870	-828	-881	-1127	-918	-898	-852	-871	-873	-1020	-1134	-1205
	(maxiC)	818	824	880	845	891	917	806	893	844	593	538	531
Fz (N)	(moyen)	1511	782	2112	2040	2278	123	-1279	-2533	-1757	-918	-968	-802
	(miniC)	-23951	-28718	-28871	-30747	-27031	-26648	-26828	-31379	-28938	-29805	-29815	-28615
	(maxiC)	40855	41458	45265	43388	38258	27251	19377	17140	17280	18023	19027	21533

VENTELLE 11

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	1680	2153	995	233	52	88	-14	-1204	-2071	-2263	-2610
	(miniC)	-10107	13831	-16663	-17141	-16184	-15584	-15603	-17889	-20525	-21881	-22534
	(maxiC)	20073	23004	23818	22508	25383	23385	22909	19681	22472	24313	22637
Fy (N)	(moyen)	232	385	-440	-349	-281	-240	-269	-167	-124	-100	36
	(miniC)	-1419	-1642	-1820	-1815	-1853	-1619	-1587	-1284	-1329	-1314	-1101
	(maxiC)	485	432	435	535	539	560	573	597	732	859	772
Fz (N)	(moyen)	-1670	2390	-42	1170	1631	1156	1598	3913	5529	6150	7112
	(miniC)	-30916	-34472	-36460	-32978	-38799	-35461	-33048	-27501	-31881	-31129	-26547
	(maxiC)	18528	23382	29000	31000	30067	27852	29466	32783	37301	39048	39777

Etude en soufflerie des actions du vent sur la Canopée des Halles de Paris

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-2293	-1624	-856	2389	3611	4176	4507	1953	2824	2878
	(min/C)	-22629	-18885	-19132	-20026	-18481	-16936	-13688	-10662	-9708	-7851
	(max/C)	24804	20958	36124	46447	49335	44918	47214	29263	29322	26042
Fy (N)	(moyen)	45	89	70	108	174	224	373	207	160	157
	(min/C)	-801	-655	-730	-768	-707	-642	-466	-534	-563	-567
	(max/C)	1010	935	927	1174	1280	1385	1630	1310	1262	1234
Fz (N)	(moyen)	6624	5558	5688	2697	380	-891	-3154	-1980	-3907	-4335
	(min/C)	-26610	-22785	-33636	-46558	-49781	-47509	-51969	-35872	-43089	-40583
	(max/C)	37690	33995	35543	36679	33529	31582	25950	19338	16921	13716

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	265
Fx (N)	(moyen)	1733	1297	1431	1376	1898	2181	2084	2105	2385	2867	2850	2888
	(min/C)	-7003	-7150	-7111	-8309	-7498	-8958	-8019	-10524	-12232	-13106	-15805	-14584
	(max/C)	21134	18388	14975	16230	15443	17818	18184	19117	20654	21472	22378	22777
Fy (N)	(moyen)	31	-82	-110	-134	-165	-187	-243	-252	-238	-204	-141	-88
	(min/C)	-788	-914	-981	-948	-967	-946	-998	-955	-968	-905	-920	-810
	(max/C)	1094	898	848	833	728	698	559	419	383	450	543	647
Fz (N)	(moyen)	-2321	-1803	-1574	-1588	-1404	-2071	-1894	-1620	-1893	-3094	-3281	-3303
	(min/C)	-32338	-31324	-26798	-27026	-24478	-28538	-27554	-26418	-26411	-26982	-31826	-31228
	(max/C)	14001	14845	15340	16935	15248	15283	15704	18501	20844	20550	24707	22558

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	360
Fx (N)	(moyen)	2605	2694	2550	2719	2275	2109	2317	2883	2097	1485	1482	1613
	(min/C)	-13442	-13197	-15277	-16146	-12982	-10224	-8818	-7098	-8100	-8881	-9059	-10576
	(max/C)	20320	21868	23063	24303	21458	16238	15697	18333	19089	17884	18758	20538
Fy (N)	(moyen)	-49	29	25	26	54	128	98	34	-25	-89	-123	-231
	(min/C)	-749	-787	-748	-948	-713	-758	-888	-699	-1058	-1031	-1271	-1481
	(max/C)	650	768	758	826	849	881	818	778	897	838	597	623
Fz (N)	(moyen)	-2958	-3591	-2651	-3002	-1871	-2884	-3878	-3844	-2891	-1117	-1448	-1742
	(min/C)	-29412	-33818	-33417	-35185	-29947	-28655	-28584	-27525	-31080	-27430	-29001	-31432
	(max/C)	22002	21448	25244	28337	23519	17982	15842	14989	16177	16785	18700	18687

VENTELLE 10

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	1885	2128	988	212	-69	72	-33	-1218	-2083	-2278	-2623
	(min/C)	-10118	-13840	-16689	-17147	-18184	-15587	-15614	-17881	-20540	-21895	-22548
	(max/C)	19990	22888	23897	22385	25247	23282	22784	18580	22378	24223	22586
Fy (N)	(moyen)	-236	-391	-447	-353	-283	-243	-272	-168	-124	-100	-38
	(min/C)	-1438	-1883	-1840	-1831	-1885	-1634	-1800	-1294	-1337	-1319	-1108
	(max/C)	488	435	435	537	541	561	578	600	735	865	774
Fz (N)	(moyen)	-1851	-2357	-8	1197	1855	1178	1814	3933	5547	8171	7130
	(min/C)	-30810	-34313	-36303	-32811	-38912	-35282	-33885	-27389	-31751	-31010	-28471
	(max/C)	18538	23372	29004	31004	30074	27857	29480	32794	37322	39081	39792

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-2303	-1632	-863	2383	3606	4171	4504	1952	2823	2879
	(min/C)	-22646	-18897	-19134	-20029	-18482	-16941	-13690	-10661	-9706	-7845
	(max/C)	24778	20939	36115	46435	49329	44911	47199	29255	29309	26035
Fy (N)	(moyen)	44	90	71	109	175	227	376	209	162	158
	(min/C)	-803	-656	-732	-770	-709	-643	-468	-533	-562	-569
	(max/C)	1012	937	932	1178	1284	1393	1638	1318	1269	1239
Fz (N)	(moyen)	6639	5571	5698	2704	386	-884	-3149	-1976	-3904	-4335
	(min/C)	-26573	-22749	-33621	-46544	-49780	-47500	-51955	-35858	-43073	-40576
	(max/C)	37717	34009	35551	36680	33533	31585	25961	19336	16920	13709

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	265
Fx (N)	(moyen)	1735	1299	1433	1379	1700	2184	2068	2108	2386	2891	2884	2874
	(min/C)	-7000	-7148	-7106	-8308	-7493	-8954	-8018	-10528	-12228	-13097	-15790	-14587
	(max/C)	21128	18388	14971	16227	15443	17821	18187	19118	20658	21480	22387	22788
Fy (N)	(moyen)	31	-83	-111	-136	-165	-187	-243	-250	-238	-202	-138	-84
	(min/C)	-791	-918	-984	-953	-969	-949	-997	-958	-969	-908	-920	-808
	(max/C)	1098	900	849	837	731	701	561	422	387	455	549	653
Fz (N)	(moyen)	-2323	-1807	-1578	-1804	-1407	-2075	-1897	-1619	-1893	-3098	-3288	-3310
	(min/C)	-32331	-31314	-26798	-27027	-24479	-28542	-27558	-26417	-26418	-28004	-31831	-31243
	(max/C)	13997	14841	15330	16931	15245	15279	15701	18508	20843	20551	24891	22539

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	360
Fx (N)	(moyen)	2610	2702	2558	2730	2283	2118	2323	2884	2096	1480	1474	1588
	(min/C)	-13424	-13184	-15264	-16127	-12978	-10207	-8814	-7083	-8092	-8855	-9057	-10579
	(max/C)	20337	21910	23090	24332	21478	16242	15691	18314	19081	17853	18700	20451
Fy (N)	(moyen)	-44	34	31	33	62	131	99	38	-24	-87	-124	-235
	(min/C)	-748	-788	-743	-948	-709	-757	-891	-908	-1088	-1039	-1287	-1510
	(max/C)	657	777	783	835	859	874	825	788	708	643	804	829
Fz (N)	(moyen)	-2960	-3598	-2859	-3814	-1877	-2873	-3888	-3845	-2890	-1109	-1438	-1724
	(min/C)	-29433	-33848	-33455	-35230	-29967	-28652	-28588	-27509	-31042	-27390	-28943	-31315
	(max/C)	21989	21437	25237	28325	23513	17978	15838	14984	16185	16788	18697	18689

VENTELLE 9

	Direction vent	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Fx (N)	(moyen)	3455	4440	3947	2707	2002	2160	1816	308	-518	-2326	-3881
	(miniC)	-9544	-11153	-13668	-15322	-14572	-15685	-17888	-19415	-21231	-28180	-27274
	(maxiC)	26980	33559	34055	34404	34935	36531	34163	30573	28652	22200	17954
Fy (N)	(moyen)	-184	-215	-192	-151	-128	-110	-105	-24	7	53	130
	(miniC)	-1280	-1313	-1380	-1278	-1298	-1221	-1109	-868	-934	-908	-768
	(maxiC)	675	709	847	885	888	1043	1096	1061	1240	1152	1339
Fz (N)	(moyen)	-4887	-6082	-4872	-2789	-1658	-1884	-1086	2320	3771	6837	9529
	(miniC)	-43454	-47456	-50398	-47194	-48684	-48259	-41708	-33700	-31639	-26397	-20927
	(maxiC)	18221	20374	25359	27293	27828	30602	33487	35515	40988	48829	46830

	Direction vent	90	100	110	120	125	130	140	150	160	170
Fx (N)	(moyen)	-3896	-3704	-6661	-8184	-6538	-4877	-1583	1231	1579	2395
	(miniC)	-27935	-28211	-39168	-42378	-36194	-34483	-26682	-14707	-12881	-8798
	(maxiC)	17557	18155	13706	12067	12411	15609	22176	19853	18187	20266
Fy (N)	(moyen)	199	255	347	408	368	349	387	208	99	73
	(miniC)	-623	-482	-461	-379	-468	-465	-436	-558	-605	-617
	(maxiC)	1349	1322	1571	1738	1694	1682	1655	1405	1083	1093
Fz (N)	(moyen)	9434	8822	13284	15869	12980	10231	4425	-1132	-2269	-4208
	(miniC)	-19718	-21767	-16849	-15947	-16881	-21592	-30844	-30218	-31403	-35492
	(maxiC)	47328	49632	66671	71574	62845	59611	45920	26336	22722	16006

	Direction vent	180	185	190	195	200	210	220	230	240	250	260	285
Fx (N)	(moyen)	1961	1428	1144	1103	968	1501	1813	2152	2392	2819	3231	3392
	(miniC)	-7331	-6731	-6593	-7571	-7589	-7548	-8002	-7761	-8558	-9806	-10694	-10278
	(maxiC)	19122	16831	14382	13939	12589	12878	13700	14455	13532	15067	18061	18755
Fy (N)	(moyen)	2	-54	-98	-122	-135	-156	-189	-150	-125	-90	-9	15
	(miniC)	-727	-768	-848	-941	-903	-977	-993	-954	-1015	-1093	-881	-784
	(maxiC)	947	898	728	833	665	609	555	477	486	527	628	863
Fz (N)	(moyen)	-3287	-1858	-911	-946	107	-485	-698	-1239	-1819	-2934	-3332	-3478
	(miniC)	33517	-29591	-26388	-25794	-20388	-20866	-22819	-21811	-20569	-25303	-25987	-25845
	(maxiC)	14206	14256	15881	15800	15589	18856	17868	17340	18729	18259	18726	18580

	Direction vent	270	280	285	290	300	310	320	330	340	345	350	380
Fx (N)	(moyen)	3427	3598	3388	3440	3032	1825	1658	2374	2005	2199	2619	3803
	(miniC)	-9224	-10242	-10125	-9755	-7988	-7805	-8297	-7021	-7263	-6921	-7813	-8965
	(maxiC)	17300	17959	18574	18725	19099	15511	21502	24095	21968	23708	23827	30188
Fy (N)	(moyen)	35	131	143	133	112	133	89	23	-31	-83	-112	-173
	(miniC)	-775	-747	-715	-831	-758	-781	-1103	-1174	-1223	-1150	-1232	-1375
	(maxiC)	682	873	888	922	804	785	800	773	745	747	758	688
Fz (N)	(moyen)	-3650	-4207	-3284	-3340	-2378	-1402	-1822	-2809	-2353	-2265	-3269	-5082
	(miniC)	-24524	-26816	-26932	-29319	-28385	-25079	-38283	-38777	-38850	-40048	-38324	-47262
	(maxiC)	17953	19020	19396	19449	17805	15252	18211	15407	18088	14988	18170	18923