

## Construction d'un grand auditorium et d'un parc de stationnement au campus du Moufia.

MO : Université de la Réunion

AMO : SODIAC

### Equipe de MOE :

Olivier Brabant architecte

BET INTEGRALE ( Structure / Fluides / VRD)

BET IMAGEEN ( QE )

LAROCHE-JOUBERT Economiste

Jacques GANDEMER Aéraulique

Roland Roussel Scénographe

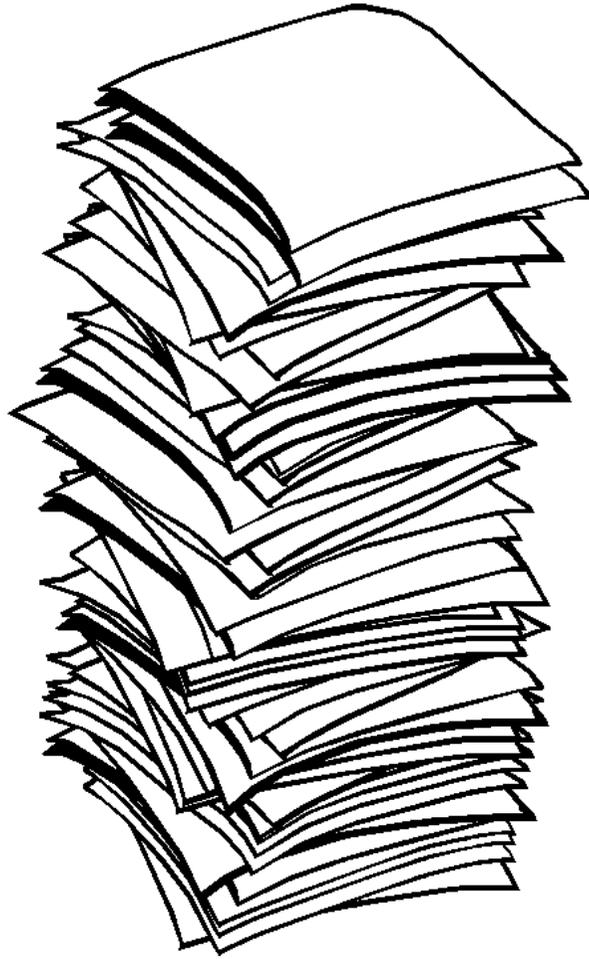


- Auditorium : 500 places
  - > Auditorium Cours magistraux et TP
  - > Salle de Spectacle
  - > Salle de cinéma et de conférence
  
- Parking : 450 places

# Site



# Programme



# Le Projet



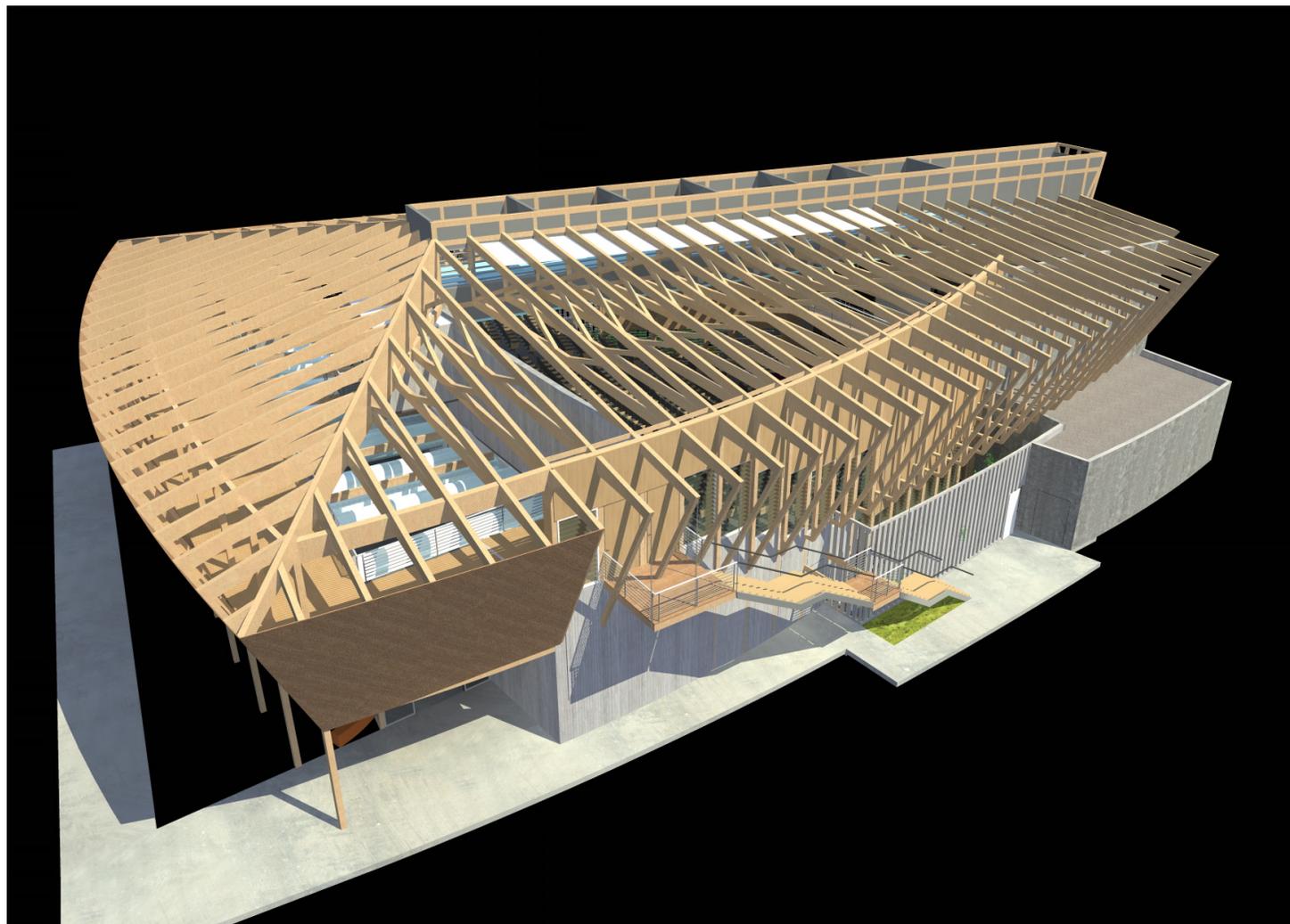
## Vue entrée

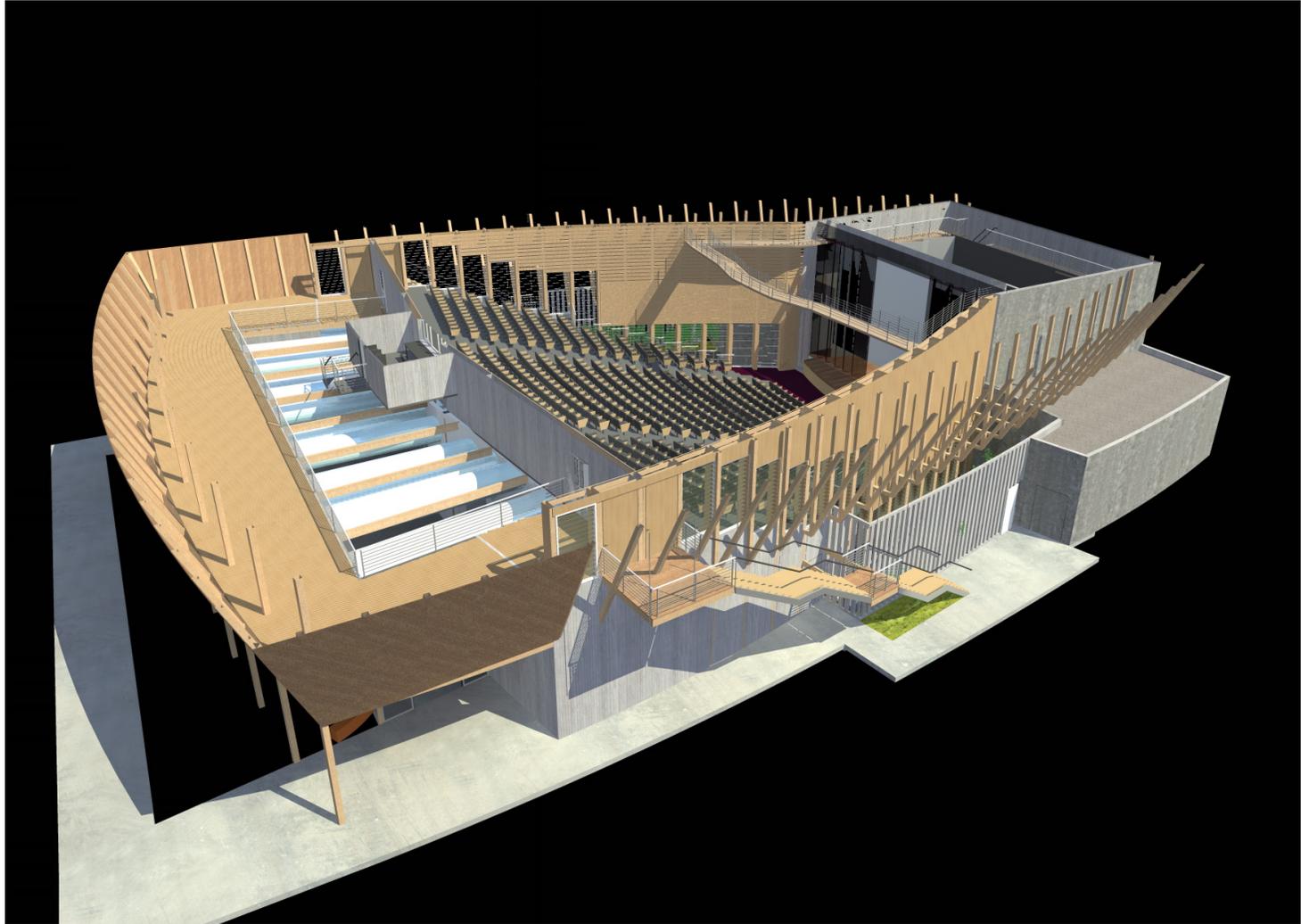


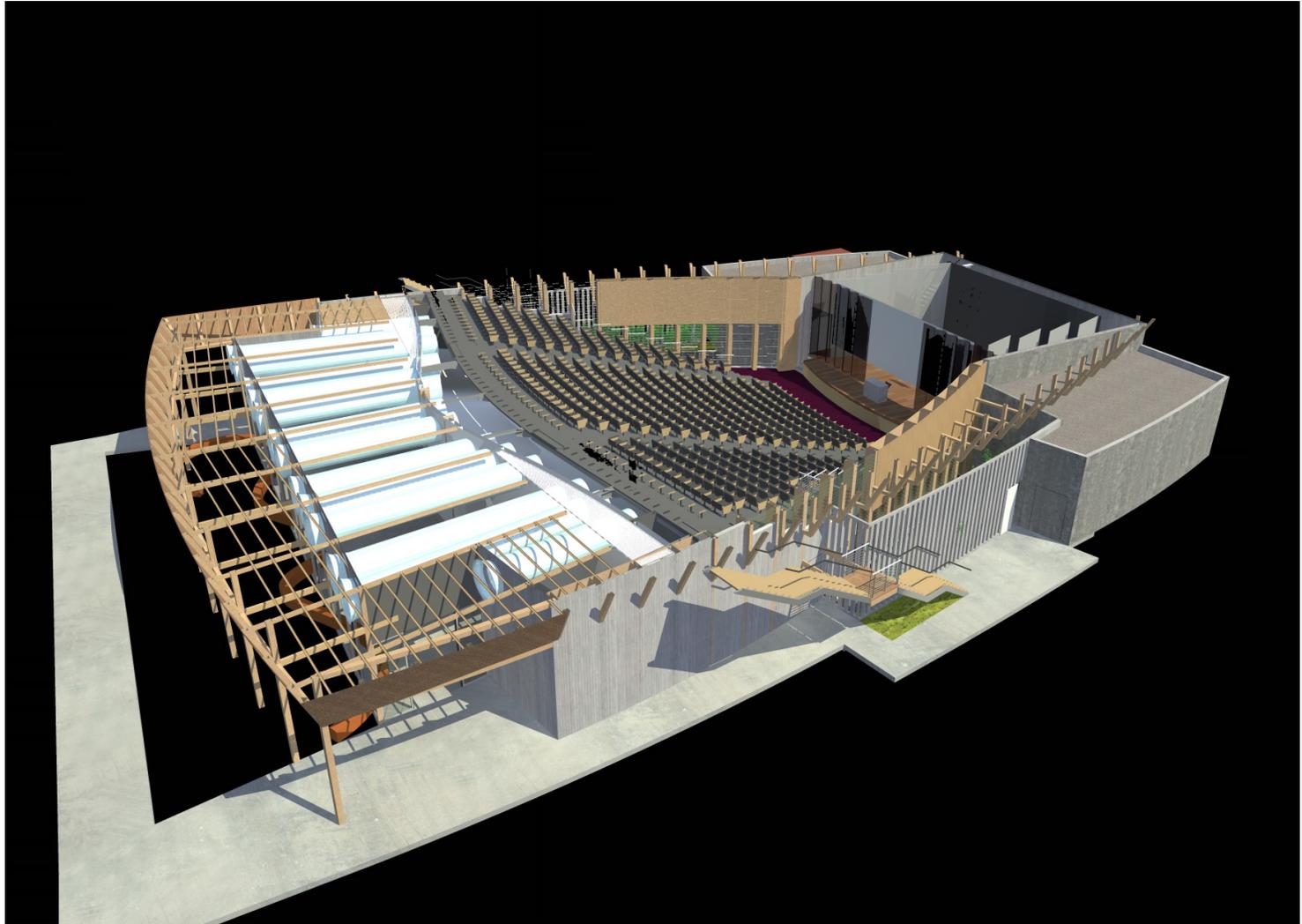
## Vue sur le parc de stationnement



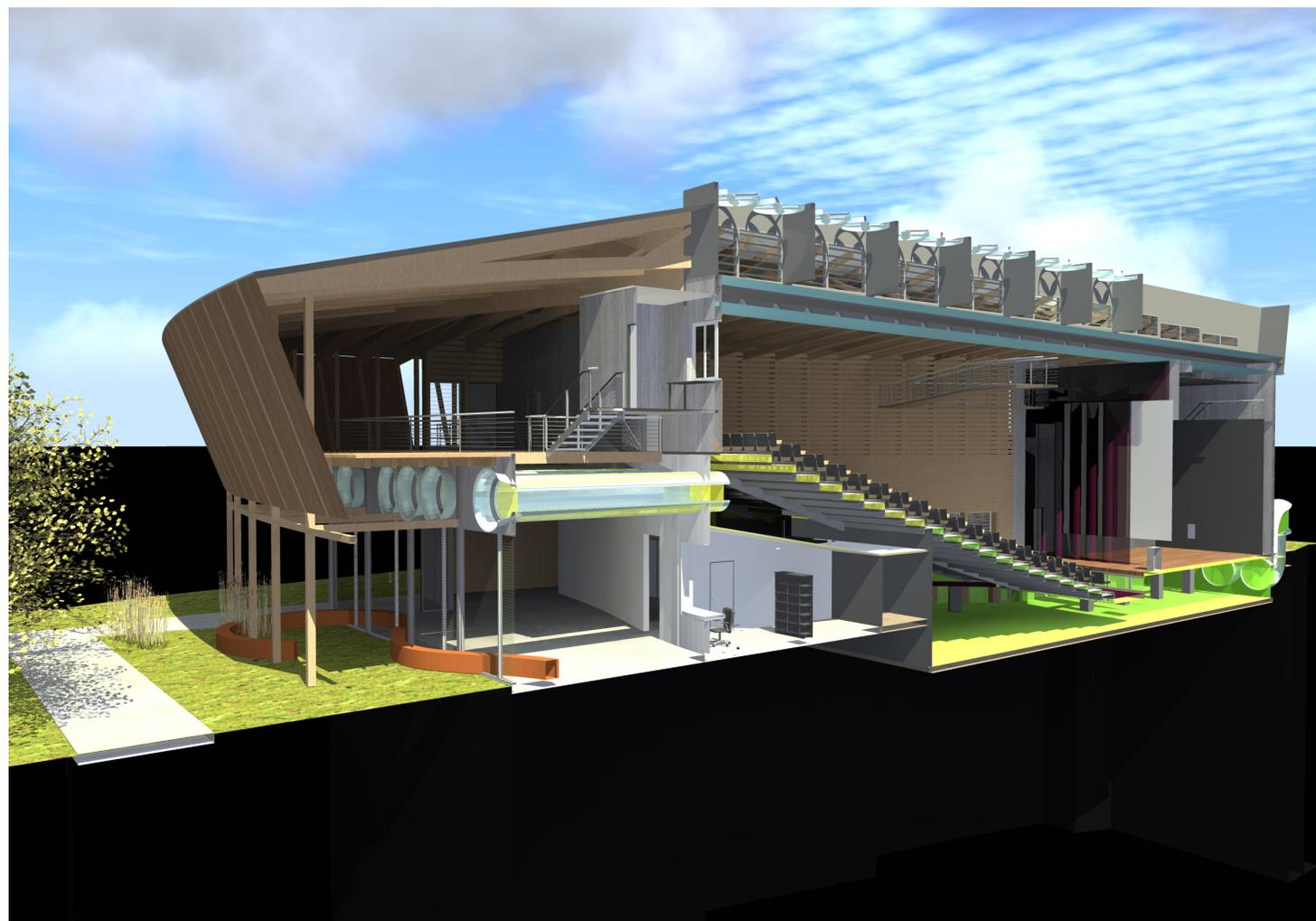
## Charpente



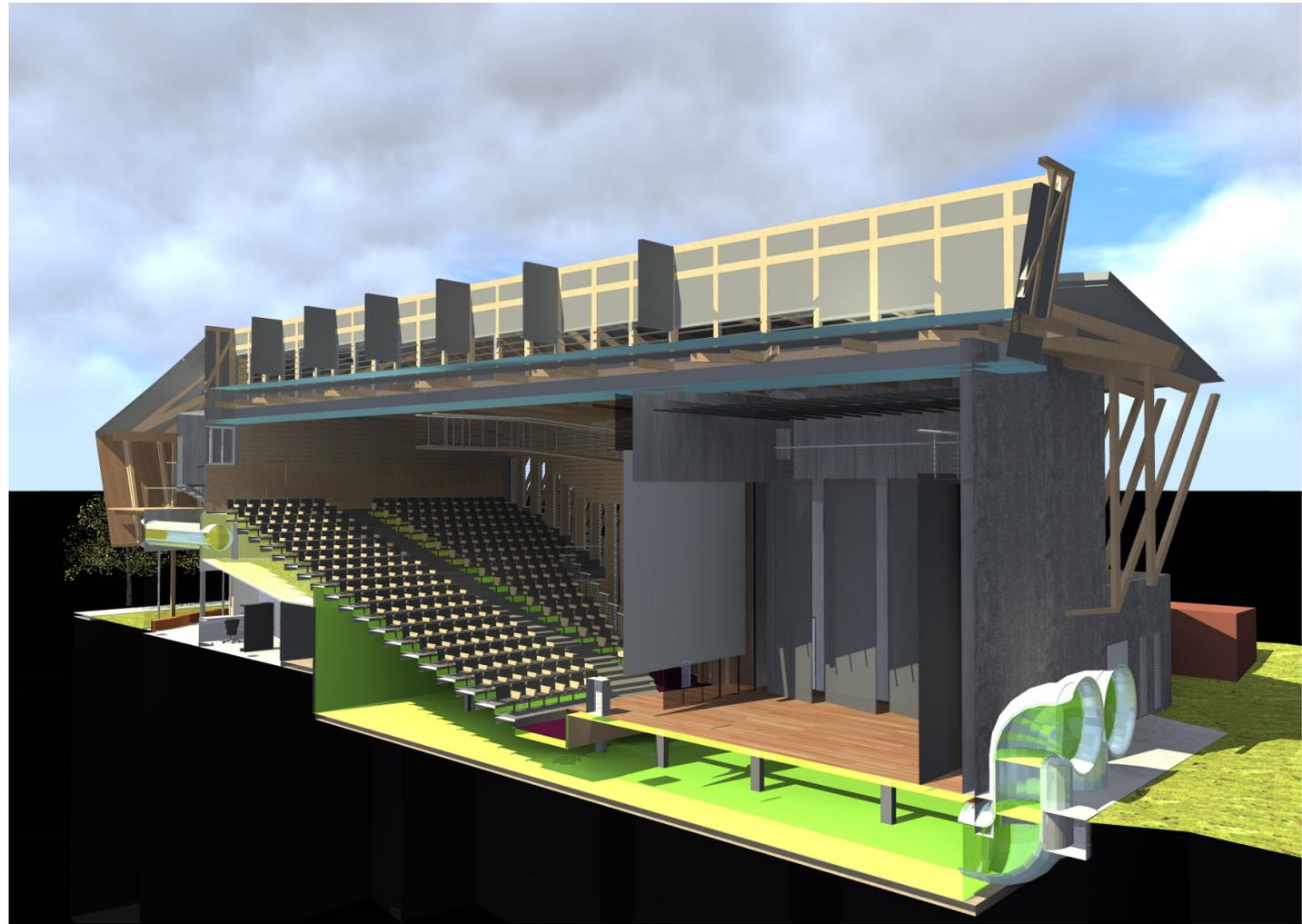




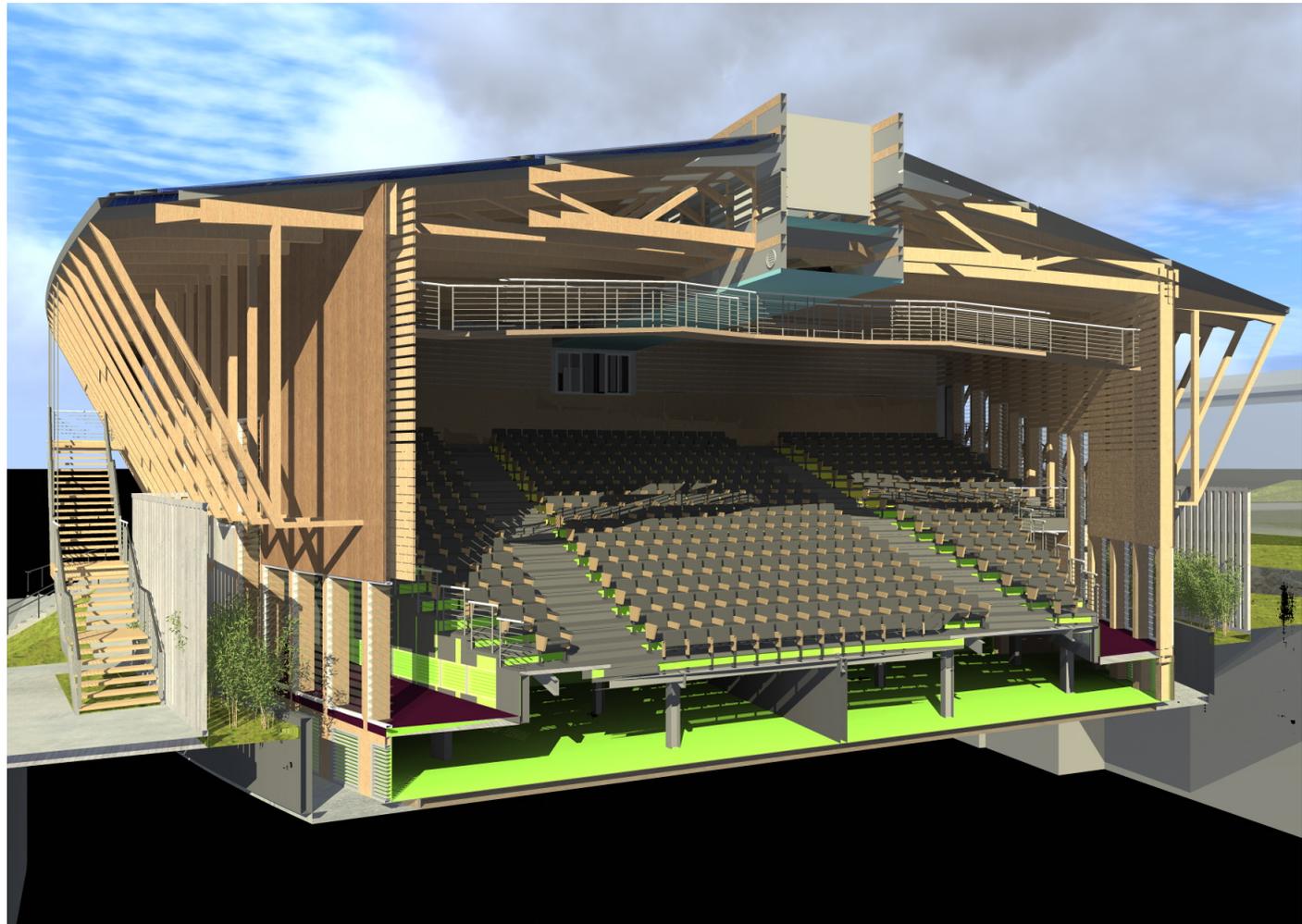
## Coupe Longitudinale

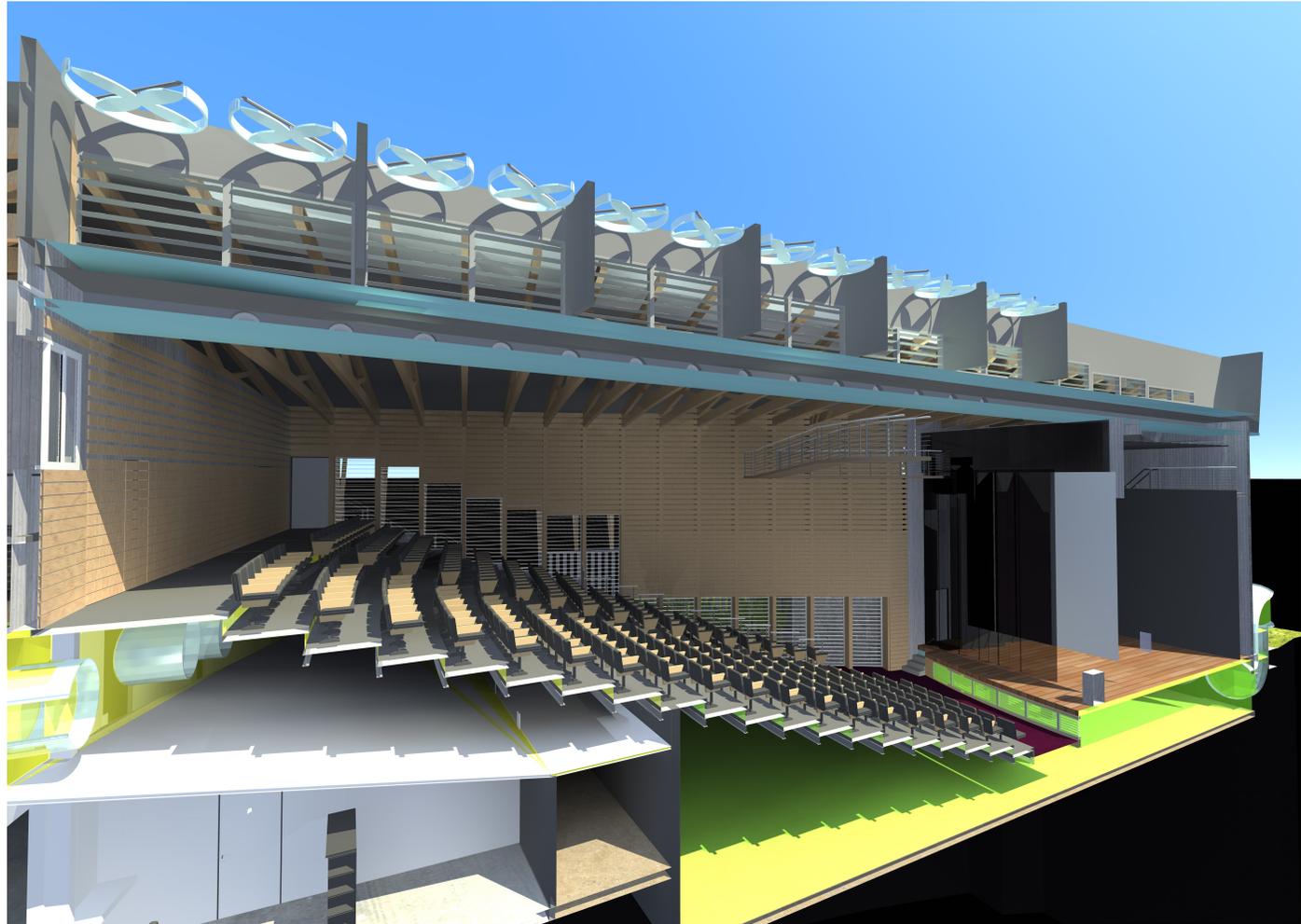


## Coupe Longitudinale



## Coupe Transversale







## La maquette



La maquette au 1/25 ème est une maquette expérimentale, modulable et modifiable en fonction des paramètres de l'étude. Elle reproduit fidèlement la géométrie et l'architecture de l'Auditorium ainsi que toutes les entrées et sorties d'air, avec le jeu du cloisonnement et des caissons étanches ou couloirs de liaisons pneumatiques du système aéraulique interne. De même les ouvertures des contres marches des gradins ont été réalisées.

Pour reproduire le champs de pression effectif induit par les vent sur l'Auditorium ( le champs de pressions est l'élément déterminant dans la création de la ventilation naturelle intérieure) la présence de l'environnement bâti immédiat a été restitué.

Les pertes de charge des systèmes de claustras, ou lames aux ouvertures n'ont pas besoin d'être restituées à cette échelle, sachant que l'on se positionne dans une potentialité maximum du système aérodynamique.

# Expertise aérodynamique - Avant propos

La présente analyse ne constitue pas les conclusions définitives de l'étude aérodynamique sur la ventilation naturelle du grand Auditorium, mais s'inscrit comme un **document d'aide à la décision** après observation des résultats quantitatifs obtenus à partir de la simulation en soufflerie au Laboratoire Eiffel.

Rappelons qu'une **stratégie aérodynamique fine de ventilation naturelle de l'Auditorium** a été développée avec l'Agence d'architecture Olivier Brabant :

- **Puits de faitage**, véritable moteur (pompe) dépressionnaire qui impose l'organisation aéraulique interne de l'auditorium.
- **Ouïes de façades**, réglables, qui génèrent aux niveaux précis des gradins (donc dans les zones d'occupation des étudiants) les courants d'irrigations transversaux.
- Sol sous **gradins perméable**, pour une irrigation vertical en tout points des usagés, avec caissons indépendants alimentés spécifiquement (ouverture en façades, avec gainage ou tunnel de ventilation).
- Organisation des **écoulements « aérodynamique »** internes toujours dans le **même sens** (bas vers haut) que ceux induits par le « **phénomènes thermiques** » (utilisation de la conjugaison des deux effets)

A partir de cette stratégie aérodynamique, le dimensionnement, l'organisation et l'implantation des ouvertures (entrées – sorties) ont été pré définies.

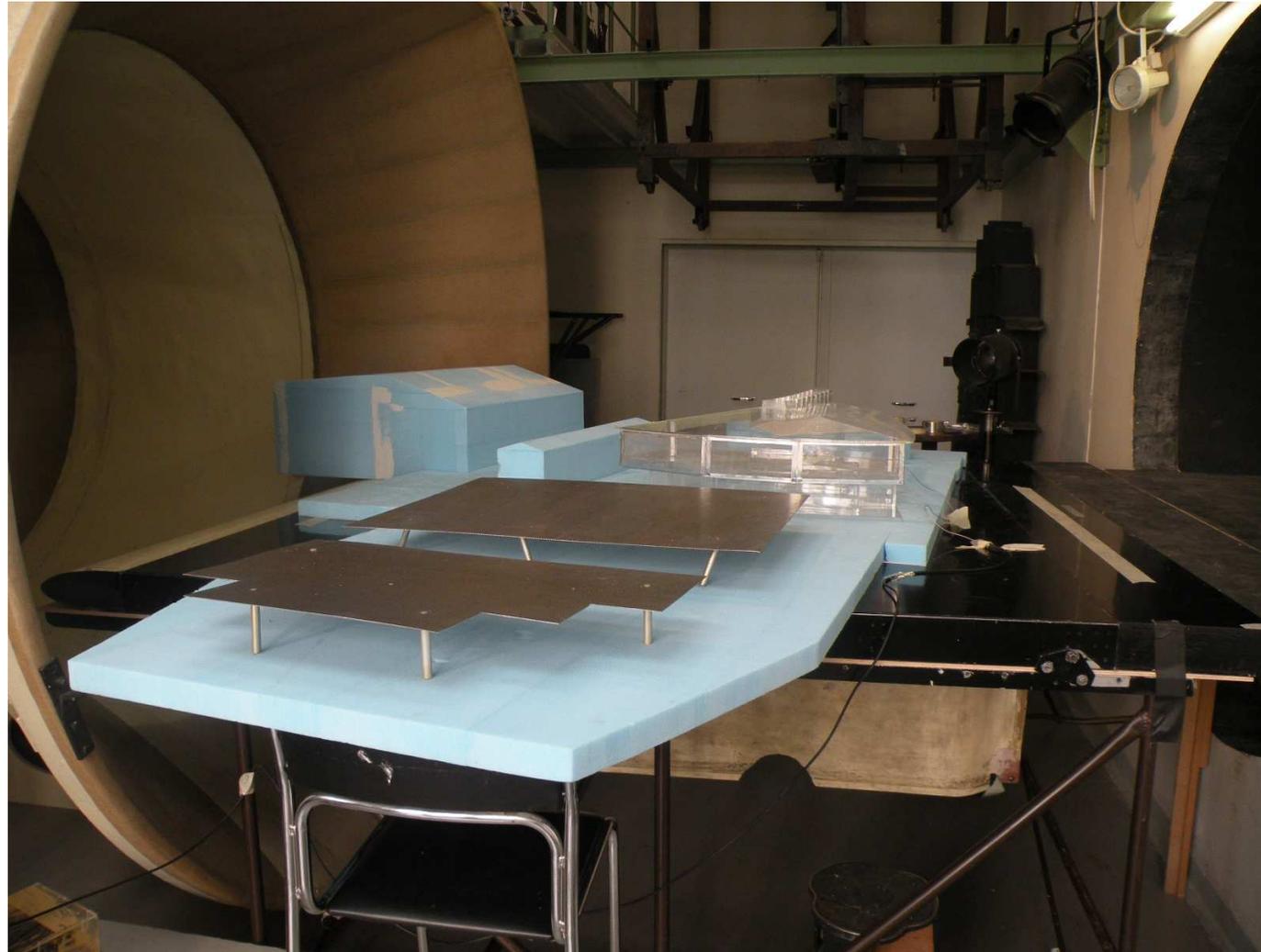
**L'objectif vis-à-vis du confort des occupants est de développer en toutes circonstances des courants d'irrigation et de balayage tridimensionnels (axes vertical et horizontal, et brassage turbulent associée) dans une gamme de vitesses allant de 0.5 m/s à 1.5 m/s ( moyenne de l'ordre de 1m/s), afin d'obtenir une réduction de la température ressentie de – 4 °c ( voir plus ) .**



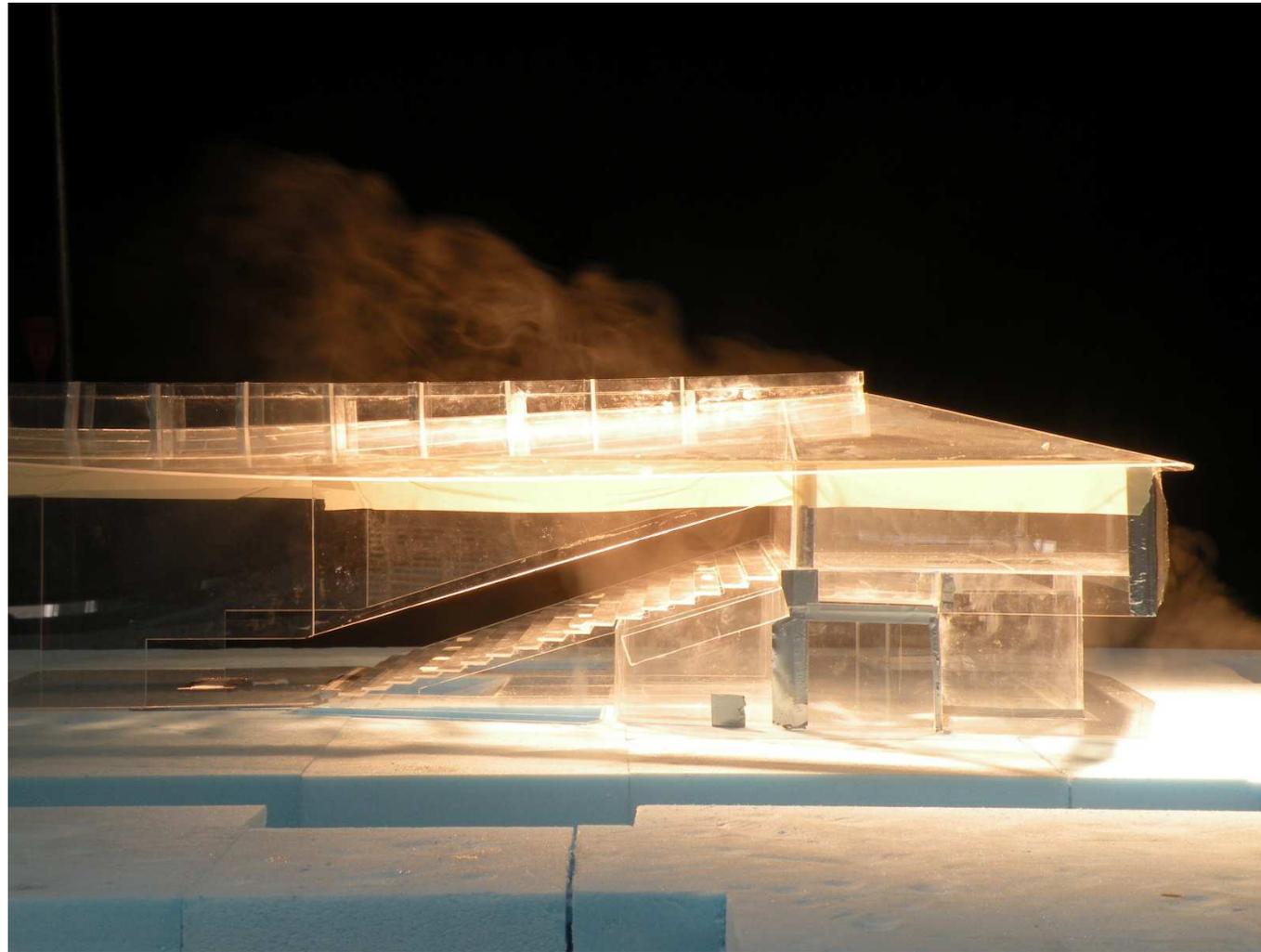
## Maquette d'étude en soufflerie



## Maquette d'étude en soufflerie



## Maquette d'étude en soufflerie



# L'organisation des écoulements internes

Par visualisation, et pour les trois directions de vents retenues, chaque circuit d'irrigation pré défini a été vérifié :

écoulement de ventilation venue des ouïes de façades S et N, et balayant les gradins sur  $\frac{1}{4}$  de l'espace avant de remonter vers le puits.



écoulements d'alimentation des différents caissons indépendants sous gradins : Caisson JAUNE haut-façade E (mi hauteur) / Caisson ORANGE haut latéral S et Caisson ORANGE haut latéral N-façade S et N / Caisson VERT bas-façades par caniveau S et N ainsi que par tunnel enterré façade E.

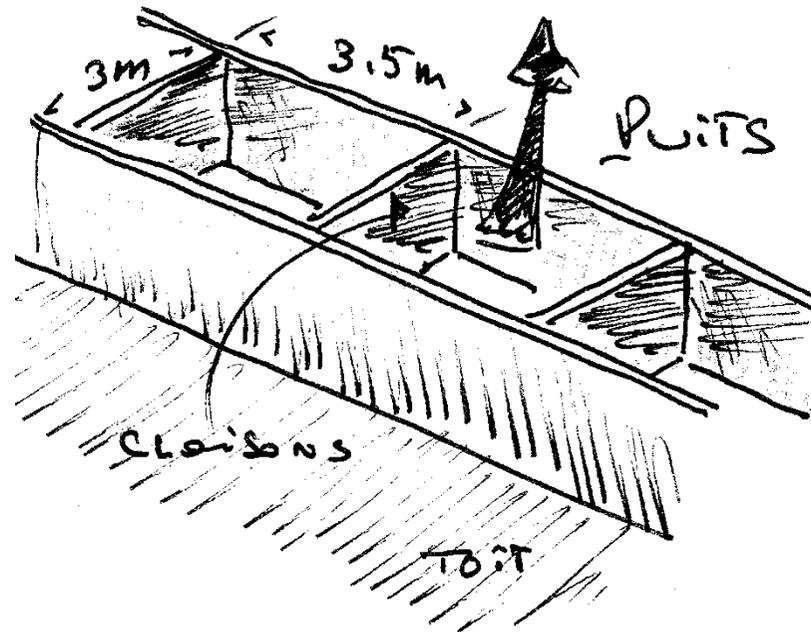
écoulements sortant de dessous des gradins (pour chaque caisson) et s'élevant vers le puits.

écoulement de la scène vers le puits.

**Les observations valident les schémas généraux d'irrigations souhaitées, avec une bonne homogénéité, l'absence de zone d'accumulations (thermiques), sans phénomène de refoulements et avec des sens de transite cumulatifs entre les effets aérodynamique et les effets thermique**

**Le puits** : Des joues entre toise tous les 3.5 m (environ) dans la largeur du puits.

Si des lames ou aubes verticales (dans la partie intérieure) sont nécessaires latéralement (pour le noir , ou la pluie), elles seront aérodynamique ment aussi virtuelles que possible . Ne pas oublier que c'est Le Puits, qui est l'élément fondamental du scénario de ventilation !



# Les caissons sous gradins

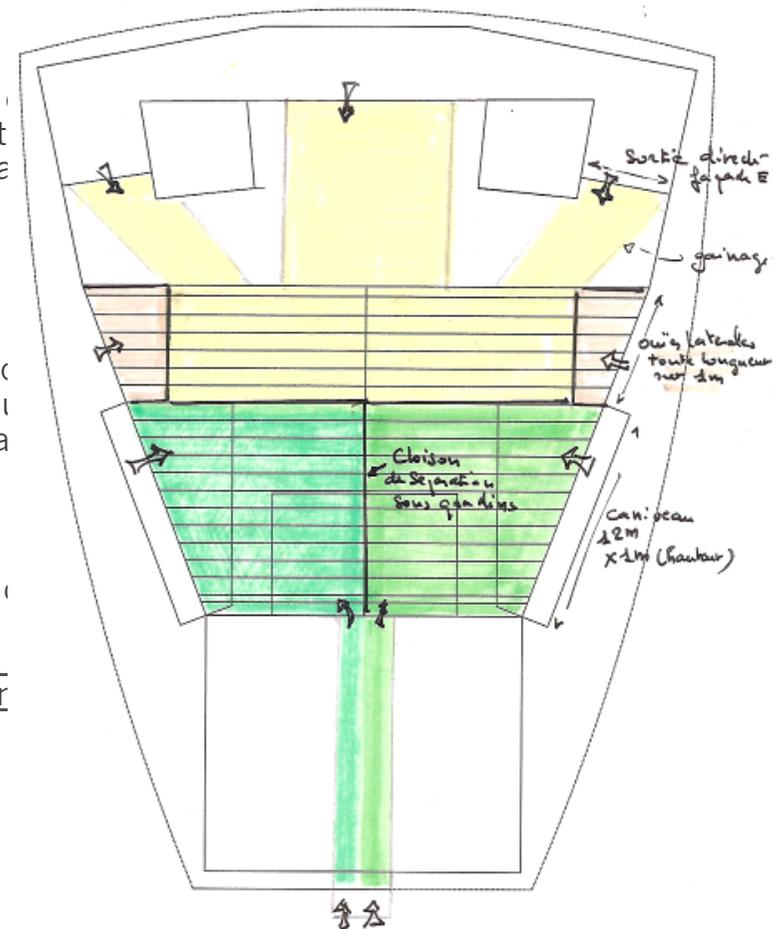
Caisson Jaune : Conduire les deux alimentations latérales directement (gaines propres) jusqu'au droit de la façade Est ( au lieu de les faire déboucher dans la salle d'accueil) .



Caissons Oranges : Faire que les ouïes au droit des caissons, et en façades Sud et Nord passent 1 m ( au lieu de 0.5 m) de hauteur sur toute la longueur des caissons.

Caisson Vert : Le séparer en deux par une cloison centrale, du haut (cloisonnement caisson Jaune jusqu'à l'arrivée du tunnel à air venu de la façade Ouest ( 6 m<sup>2</sup>) .

Faire en sorte que les alimentations latérales ( caniveaux Sud et Nord) soient l'équivalent de 6 m<sup>2</sup> ( 1m x 12 m par exemple) . Point particulièrement important et sensible pour ventilation en pied de gradins de l'auditorium



### **Les ouvertures réglables :**

Les ouïes alimentant tous les caissons ( par le biais ou pas de gaines , caniveaux ou tunnel) doivent pouvoir être fermées ( alerte cyclonique par exemple ), mais aussi ouvertes totalement avec un minimum de « présence » aérodynamique ( occultation géométrique du passage de l'air , perte de charge minimum, etc.) lié aux aubes . A l'ouverture, une position intermédiaire pourrait être un plus (zéro, 2/3 ,3/3).

Les persiennes latérales façades Sud et Nord le long des gradins doivent être continument réglable (ou quelques positions intermédiaires (zéro, 1/4 1/2 3/4 4/4) et en deux panneaux indépendamment réglables (le haut et le bas, de chacun 1,25 m par exemple).

Remarque : Ces panneaux persiennes doivent être conduits au maximum dans la partie basse des gradins jusqu'à la scène. Cette zone « s'essoufflerait » autrement un peu (en ventilation naturelle) pour les vents E-ESE.



### **Les contres marches :**

Dans la simulation, à l'épaisseur des matériaux ( maquettes) les contres marches étaient totalement ouvertes .Il faudra respecter une perméabilité maximum, même si lors de la validation en vraie grandeur , certaines contre marches verront leur transparence réduite ( sur les bords peut être et si c'est nécessaire seulement ).

Les sièges

Les dossiers des sièges gradin devront avoir des trous ou perméabilités suffisants pour bénéficier de la ventilation tridimensionnelle de l'espace gradin .Ce point est d'autant plus important que les étudiants sont assis et nombreux.

### **La grille de soufflage (sous le bureau du conférencier) :**

Centré, et devant la scène, à cheval sur le tunnel venu de la façade Ouest, la grille de soufflage (environ 1m<sup>2</sup> utile) doit être réglable ( zéro à son maximum ).

# Les vitesses des écoulements de ventilation au niveau des gradins

La quantification anémométrique des vitesses et intensités de turbulence locales ( au niveau d'un mètre au dessus des sièges des gradins ) renvoie au rapport spécifique du laboratoire Eiffel . Cependant en ordre de grandeur on peut donner les tendances suivantes :

Le champs de vitesses :

**Vents E ESE** : Il n'existe pas de zone où le coefficient de vitesse local n'est pas supérieur à 0.2 fois la vitesse de référence ( voir § 2.2 ) , et par conséquent où la **vitesse moyenne d'irrigation** n'est pas **égale ou supérieure à 1m/s** .

Remarque : Pour la moitié haut des gradins les valeurs sont plus fortes que pour la moitié basse (qui respecte cependant la condition minimale énoncée ci-dessus) .

**Vent de N ou S** : Quelque soit la zone les vitesses locales sont égales ou supérieures à 0.4 la vitesse de référence , ce qui assure encore **une vitesse moyenne d'irrigation égale ou supérieur à 0.8 m/s** .

Remarque : La moitié latéral « au vent » de l'auditorium est toujours largement plus irriguée (vitesse de l'ordre de 1.6 m /s).

Les taux de brassage (turbulence) :

Quelque soit le type de vent les intensités locales de turbulence sont de l'ordre de **30 %** (et plus), ce qui correspond à un taux de brassage significatif pour de bons échanges thermiques.

Remarque : Par exemple que si localement la vitesse moyenne est de 1m/s et que l'intensité de turbulence est de 30 %, cela veut dire que le vent varie continument de 0.7 à 1.3 m/s.



# L'écoulement d'air dans le puits

Pour les vents **E-ESE** la vitesse de débit vertical dans le puits vaut un minimum de **0.3 fois la vitesse de référence** ( 1.5 à 1.7 m/s ) , **0.6** ( soit 1.2 à 1.5 m/s ) pour le vent de **Sud** et **0.8** ( soit 1.6 à 2 m/s ) pour le vent de **Nord** .



Dans ces conditions de débit, la validité d'une bonne ventilation à été faite,

Aussi en **approche conservative des performances d'une bonne ventilation** , les jours de panne de vent ,ou dans des conditions particulière ou une accélération des flux d'air est souhaitée ( effet booster , les jours ou il y aurait par exemple 500 étudiants ,etc. ) nous proposons d'**implanter des brasseurs d'air intégrés dans le puits, assurant un débit réglable de zéro à 5 m/s maximum**

# Synthèse

Avec l'ensemble des données qualitatives et quantitatives actuelles et après l'analyse aérodynamique qui en a été faite, on peut conclure que l'objectif est atteint (§1) et qu'en toute « objectivité scientifique » **le challenge d'une ventilation naturelle efficace pour l'Auditorium est réussi** .



Cette validation suppose cependant que la modélisation physique (maquette aéraulique) soit respectée (dimensions et implantation des ouvertures notamment par exemple) et que les **modifications ou évolutions issus de l'approche quantitative soient respectées (voir § 3.2)**.

Ne jamais oublier que la réussite du projet suppose une **cohérence du système aéraulique dans sa globalité** (mal résoudre une partie du système peut compromettre « l'équilibre » générale du système aéraulique et aérodynamique) . De même, dans cette chaîne interactive, **le détail doit être bien traité**, et dans l'esprit aéraulique promu (le traitement des ouvertures ou les ouvrants avec leurs grilles, leurs aubes / le traitement des sièges / etc.),

Nous ne pouvons cependant que conseiller de **mettre en place, dans le puits, des ventilateurs** ( type brasseur d'air : bon débit –passe pression ) permettant de booster si nécessaire la ventilation et de palier au « pannes » de vent ( voir § 3.4 ).

Même si la prévision sur model est significative, il faudra prévoir un **période suffisante d'observation, en situation réelle**, afin de « d'identifier » les éventuelles problèmes de **« réglage aéraulique »** , et afin « **d'optimiser** » et « **de piloter** » efficacement le dispositif du système de ventilation de l'Auditorium ( sans oublier la ventilation nocturne associé au jeu de l'inertie, par exemple ).