



photos Hervé Douris

FICHE D'IDENTITE

Maître d'ouvrage : Université de La Réunion
Conducteur d'opération : SODIAC
Maître d'oeuvre : OBA, Olivier BRABANT architecte
Conception aérodynamique et aéraulique: J.GANDEMER

Site : Campus université du Moufia
Type d'opération : Amphithéâtre et Auditorium
SU : 1500 m²
Parcelle estimée à l'intérieur du campus: 7000 m²
Date de livraison : octobre 2014
Coût des travaux HT: 9.46 M€ y compris parkings

L'OPERATION

Pensé comme un théâtre en plein air, le «Grand amphithéâtre du Moufia» fonctionne entièrement en ventilation naturelle. Avec ses 550 places, il est à la fois un auditorium pour les cours universitaires, les conférences mais il permet également d'écouter des oeuvres musicales ou théâtrales.

Grâce à sa conception bioclimatique innovante, les usagers sont en situation de bien être thermique sans recours à la climatisation.

Soutenu par l'Ademe, il entre dans le cadre des bâtiments à faible impact environnemental de l'Université de la Réunion.



L'architecture est avant tout un acte de résistance,...

L'architecture, pour une société durable, est une formidable occasion de mettre en oeuvre des technologies et des matériaux nouveaux ou oubliés, de s'inscrire dans des enjeux écologiques planétaires et d'explorer en ce début de siècle, une esthétique inédite.

Il faut être attentif à tout ce qui constitue l'acte de construire, le terrain, l'environnement, le paysage, l'existant, le climat, les saisons.

La technologie de la construction ainsi que la conception architecturale ont privilégié depuis des décennies des raisonnements climatiques à forte consommation énergétique. Nous n'en avons plus les moyens, il faut revenir à l'essentiel et travailler avec le climat et non pas contre...

L'architecture de l'énergie n'existe pas, elle est à créer.

Une philosophie, un challenge et une nécessité :

Pas de climatisation dans un équipement public en milieu tropical humide.

O.Brabant



Site avant projet



Insertion du projet

INSERTION DANS LE TERRITOIRE

Inséré dans le tissu urbain de St Denis, il fait partie du campus universitaire lui même relié aux bâtiments du CROUS et au reste de la ville par deux passerelles piétonnes au-dessus du Boulevard Jean Jaurès.

Le campus universitaire du Moufia s'inscrit dans un **périmètre constitué de bâtiments de grande taille** comme l'Hôtel de Région.

L'amphithéâtre ainsi que son parking de 420 places sur 3 niveaux viennent compléter les équipements du campus universitaire du Moufia.

Au niveau géomorphologique, **le terrain dédié à l'amphithéâtre et le parking sont en promontoire sur le rond point** marquant l'entrée du campus.

Une attention particulière a été donnée pour le traitement de ce parking sur rue. En effet, la réussite de son insertion réside aussi bien dans son dessin souple, reproduisant les courbes de niveaux et les «cassés» du terrain que dans la volonté de végétaliser celui-ci avec des **épaisseurs plantées additionnées de plantes grimpantes au-dessus des véhicules stationnés.**



MATÉRIAUX, RESSOURCES ET NUISANCES

Le bois massif a été employé dans la structure : les poteaux, les poutres et la charpente mais aussi le bardage extérieur et les parois de doublage acoustique intérieur.

Très peu «émissif», le bois est un matériau de construction issu de la filière sèche qui permet de ne pas retransmettre de chaleur dans le bâtiment.

Ce matériau biosourcé, le fait d'être économe en énergie dans sa transformation, ses capacités à stocker le CO₂ même après sa coupe et son aspect biodégradable en font un **matériau écologique par excellence.**

Le bois, avec toutes ses variations de teintes naturelles, offre une ambiance agréable et particulièrement chaleureuse à la grande salle. La superstructure, laissée visible joue elle aussi son rôle acoustique avec les panneaux latéraux prévus à cet effet.



L'amphithéâtre vu de l'accès piéton Nord

photo Hervé Douris



CONFORT, SANTÉ ET AMBIANCES

Confort thermique :

Une **stratégie fine de conception aérodynamique naturelle** a été développée conjointement par l'agence d'architecture et le bureau d'étude en aérodynamique des fluides. Cette réflexion a pu permettre de relever le défi de ventiler naturellement une salle de grande dimension tout en permettant de la plonger dans la pénombre.

- Limites les apports solaires: La toiture représente 50% des apports de chaleur dus au soleil, l'isolation renforcée de la toiture permet de limiter ces apports de chaleur : avec 10 cm de laine de roche et une lame d'air de 8 cm, seulement **2 % du rayonnement solaire est transmis**. La forme architecturale et les grands débords de toiture permettent de protéger efficacement le bâtiment et les façades des apports de chaleur des rayonnements solaires.

- Le canyon dépressionnaire: Le décollement du vent au faitage crée dans la cavité canyon une forte dépression motrice qui aspire tous les écoulements aérothermiques internes. Cette «pompe» naturelle crée des courants d'irrigation venus des façades et du dessous des gradins en rafraichissant les occupants de l'amphithéâtre.

L'utilisation du béton est très localisée pour les planchers ainsi que pour le mur séparant le hall d'accueil de la grande salle. Un grand soin a été porté à la réalisation de ce mur béton matricé volontairement brut. Les grands tubes d'admission d'air en inox habillent complètement le plafond du hall d'entrée.

Architecture résolument contemporaine, nous pouvons dire ici que matériaux bruts riment avec délicatesse. Le béton est semblable à une dentelle et l'inox à des miroirs.

L'ensemble tubes inox + mur et sol béton est un véritable **éloge du brut**.



photo Hervé Douris

Le hall d'entrée avec les admissions d'air pour les gradins



Vu perspective en phase conception

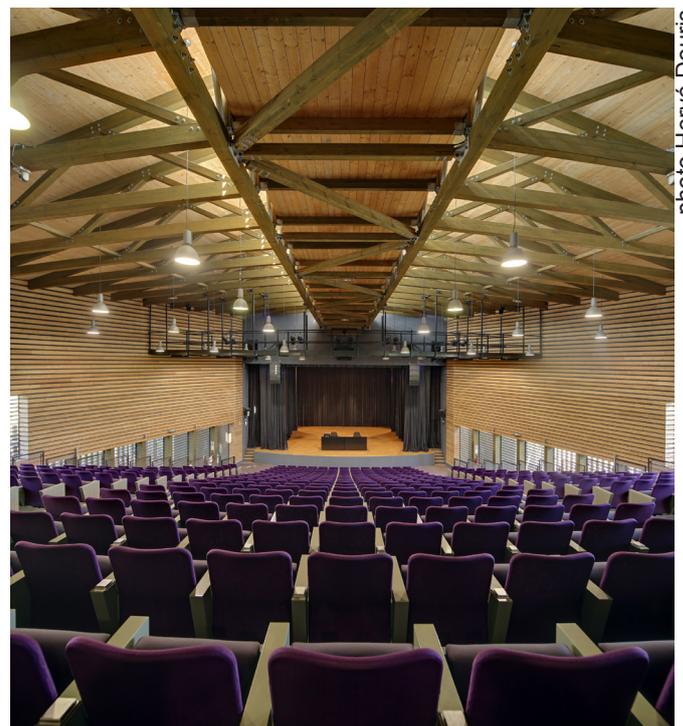
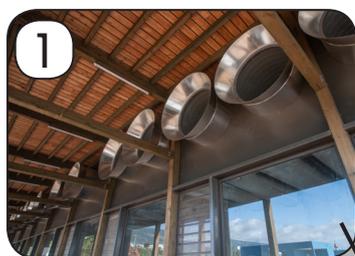


photo Hervé Douris

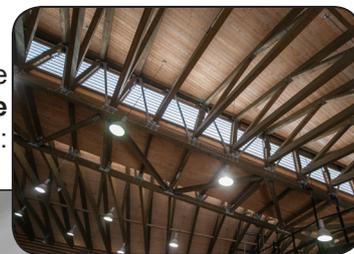
La grande salle avec le canyon dépressionnaire en toiture



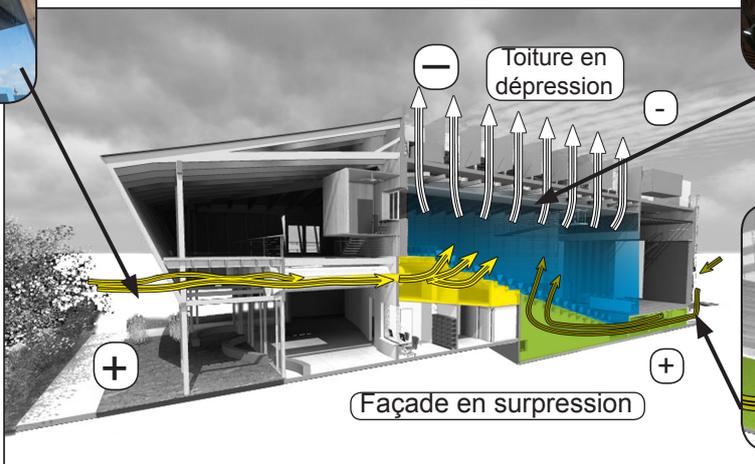
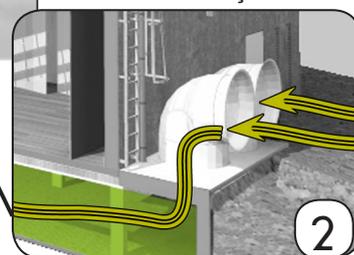
Confort thermique, ventilation :



Entrée d'air façade Est



Entrée d'air façade Ouest



Visible en partie haute et centrale de l'auditorium, le **canyon dépressionnaire** extrait naturellement l'air de la salle:

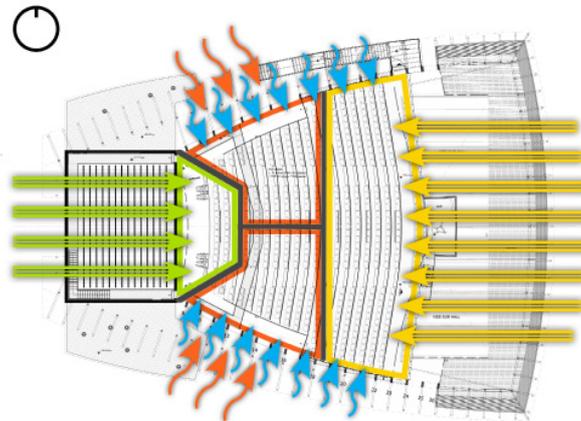
4 entrées d'air différenciées ont été créées pour rendre efficace la ventilation naturelle:

1- Caissons jaune : Grâce aux grands tubes traversant le hall d'accueil, l'air arrive sous les rangs supérieurs pour les ventiler.

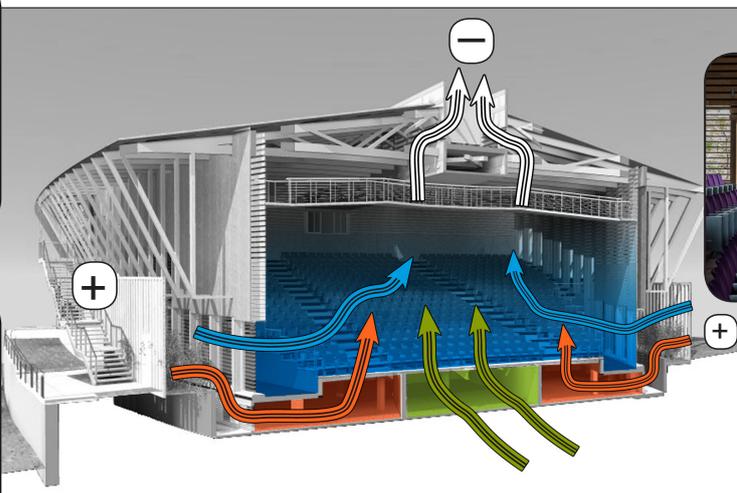
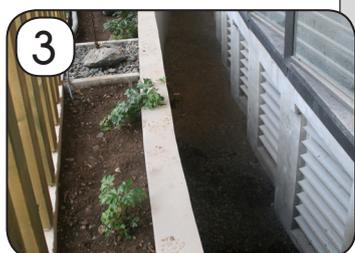
2- Caissons vert : L'air pénètre par la façade arrière et transite sous la scène pour irriguer la partie centrale des rangs inférieurs.

3- Caissons orange : En entrant par des cours anglaises (voir photo ci-dessous), l'air arrive latéralement sous les rangées inférieures pour les ventiler.

4- Jalousies latérales : Largement dimensionnées, elles permettent de générer des courants d'irrigation transversaux et optimisent la ventilation à l'extrémité de chaque rangée.



Principe des caissons



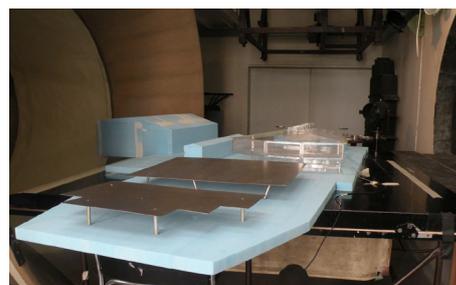
Entrée d'air par la cour anglaise



Les jalousies latérales sont actionnées par les usagers pour un confort sur mesure et un rôle actif de ces derniers



- Essais en soufflerie au laboratoire aérodynamique Eiffel: Comme pour une voiture de compétition, des essais aérodynamiques ont été réalisés en laboratoire afin de replacer le bâtiment en situation réelle pour optimiser les courants de ventilation interne et valider les choix techniques en phase de conception.



Ambiances et Qualité des espaces :

- La **qualité des traitements paysagers** joue sur le confort des espaces: une végétation dense tout autour du bâtiment permet de rafraîchir l'air, créer un micro-climat avant de pénétrer dans le bâtiment.
- L'implantation d'**espèces endémiques** dans l'opération permet de **renforcer la biodiversité locale**.
- Qualité de conception et de réalisation font que les espaces de ce bâtiment sont particulièrement agréables à vivre. Il est à retenir que **seul l'ENSEMBLE des mesures bioclimatiques évoquées permettent d'atteindre un résultat concluant!**



Admissions d'air derrière le jardin en devenir...

Comprendre la ventilation naturelle

Débit d'air:

Pour l'aération d'hygiène, on parle de débit d'air qui peut aller de 0.5 à 1.5 vol/h. Pour l'évacuation de la chaleur, le débit doit être compris entre 5 à 10 vol/h. **Et pour le confort thermique, les plages sont bien plus importantes.** Pour ressentir le mouvement d'air, il faut des taux de renouvellement d'air compris entre 60 à 120 vol/h!

Seule la ventilation naturelle permet d'atteindre ces débits.

Mouvement d'air:

Ici, on recherche moins l'évacuation des surchauffes que la faculté d'un courant d'air à accélérer l'évapotranspiration cutanée. La sensation de fraîcheur commence à être ressentie à partir de 0,5 mètre/seconde.

A partir de 1 m/s, la température ressentie par l'utilisateur est de 4° inférieure à la température de l'air.

La température ressentie (T_{res}°) dépend de :



La TEMPÉRATURE DE L'AIR se mesure.

La TEMPÉRATURE RESSENTIE résulte des échanges thermiques entre le corps humain et son environnement.



Illustrations du chantier



photos Hervé Douris

ÉNERGIE, EAU ET DÉCHETS D'ACTIVITÉ

Economies d'énergie :

- La plus grosse économie d'énergie à faire dans le contexte tropical est d'éviter tout système de climatisation motorisé car la meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas!

Un an de service a prouvé que le bâtiment est vraiment confortable sans climatisation, malgré l'environnement sonore, les obstacles à la ventilation naturelle et l'échauffement de l'air lié à la forte densité urbaine et aux surfaces minérales! Ainsi, il n'y a pas de chauffage, pas de climatisation, pas de VMC.

- Le bâtiment consomme 19 kWh/m².an d'électricité, soit **5 fois moins** d'énergie qu'un auditorium classique, ce qui permet d'éviter l'émission de 137 tonnes de CO₂ par an.

- Le champ d'ombrière photovoltaïque d'une puissance de 145 kWc représente une surface de plus de 1000 m² et produit plus de 7 fois la consommation de l'amphithéâtre, ce qui en fait **le premier amphithéâtre à énergie positive au monde.**

Eau-déchets :

- La construction bois permet de générer peu de déchets, peu d'utilisation d'eau et de nuisances lors du chantier.

- Les sols densément plantés permettent de mieux absorber des quantités d'eau lors des fortes pluies.

POINTS FORTS

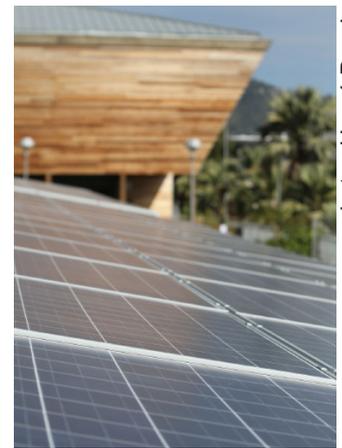
La ventilation naturelle: une intelligence high-tech pour une architecture low-tech:

Les recherches qui ont été faites, aussi bien architecturales que techniques, font de ce projet **une véritable innovation en matière de ventilation naturelle!**

Retour d'expérience : Une évaluation en mode occupée a été menée par le laboratoire PIMENT durant la saison chaude auprès des usagers. Les résultats de l'étude montrent que les usagers sont globalement très satisfaits et que l'amphithéâtre reste confortable plus de 80% du temps d'occupation pendant les fortes chaleurs.



Panneaux photovoltaïques sur le parking



photos Hervé Douris

AMELIORATIONS POSSIBLES

L'objectif de densité végétale pour la création d'îlot de fraîcheur à proximité de l'amphithéâtre et tout autour du parking n'est aujourd'hui pas tout à fait atteint. Le confort thermique et le cadre de vie pourraient être encore améliorés si les plantes étaient plus nombreuses.



FICHE D'IDENTITE DE L'OPERATION

MAITRE D'OUVRAGE: Université de La Réunion

FINANCEURS: ETAT, UE-FEDER, Mairie de St Denis

CONDUCTEUR D'OPERATION: SODIAC

MAITRE D'OEUVRE: Olivier BRABANT - Architecte Mandataire
Laure PONSART - Chargée de l'opération
Roland ROUSSEL - Architecte scénographe

Conception aérodynamique et aéraulique: Jacques GANDEMER CONSEIL
BET Structure/Fluides/VRD: Intégrale Ingénierie
Structure Bois: Bois De Bout - Laurent DEVAUD
BET hq: IMAGEEN
CSPS: Impulsion Ingénierie et Socotec
OPC: CHADRIN

ENTREPRISES

VRD: Austral TP
GO: DLC Construction
Charpente Bois: Fargeot Lamellé Collé / ARBONIS
Electricité CF/CF: STE
Plomberie sanitaires / Traitement de l'air: Bourbon Froid Ocean Indien
Cloisons / Faux Plafonds / Peinture: PPR
Menuiseries Bois: BAMB
Menuiserie aluminium: SIM
Aménagements scéniques / Rideaux: SOUDEM
Mobilier: ABCD



photo Hervé Douris