



Présentation

- **Société d'ingénierie TCE :**
 - Depuis l'audit jusqu'à la solution clef en main.
- **Notre proposition :**
 - Intégrer, Optimiser, Anticiper, Innover, Maîtriser
- **Nos cœurs de métier :**
 - Le bâtiment et l'optimisation énergétique
 - L'ingénierie des zones classées et confinées
 - Les utilités conventionnelles et de Process
 - L'intégration des outils de production
- **Quelques chiffres :**
 - Société au capital de 110 000 € créée en 2003
 - 30 collaborateurs dont 5 en Tunisie
 - C.A.: 3 M€ HT dont 15% à l'export Maghreb et MENA
 - 3 implantations : Montbonnot (38), Paris (94), et Tunis (Tunisie)

Domaines d'activité

- Industrie Pharmaceutique & Science de la vie



- Recherche et laboratoires



- Aménagement Industriel & Touristique



Modes d'intervention



DE LA DÉFINITION DU BESOIN A LA MISE EN ROUTE
3 MODES D'INTERVENTION, UN INTERLOCUTEUR UNIQUE
 EN CONSTRUCTION ET RÉHABILITATION, POUR ÊTRE AU PLUS PRÈS DE NOS CLIENTS



*PÔLE IDEA : INNOVATION DÉVELOPPEMENT EXPERTISE ET AUDIT

*PÔLE MOE : INGENIERIE ET MAÎTRISE D'OEUVRE

*PÔLE CEM : CONSTRUCTION CLÉ EN MAIN

Compétences

Nos domaines d'intervention



- **Bâtiments**
 - Laboratoires
 - Salles propres
 - Confinement
 - Zone de production
 - Stockages
 - Zones tertiaires
 - Locaux techniques
- **Utilités**
 - HVAC – conditionnement d'air
 - Eaux / Effluents / Déchets
 - Energies / Réseaux de chaleurs
 - Fluides & Gaz Process
 - Fluides pharmaceutiques
 - Environnements spécifiques

Appliquée aux métiers

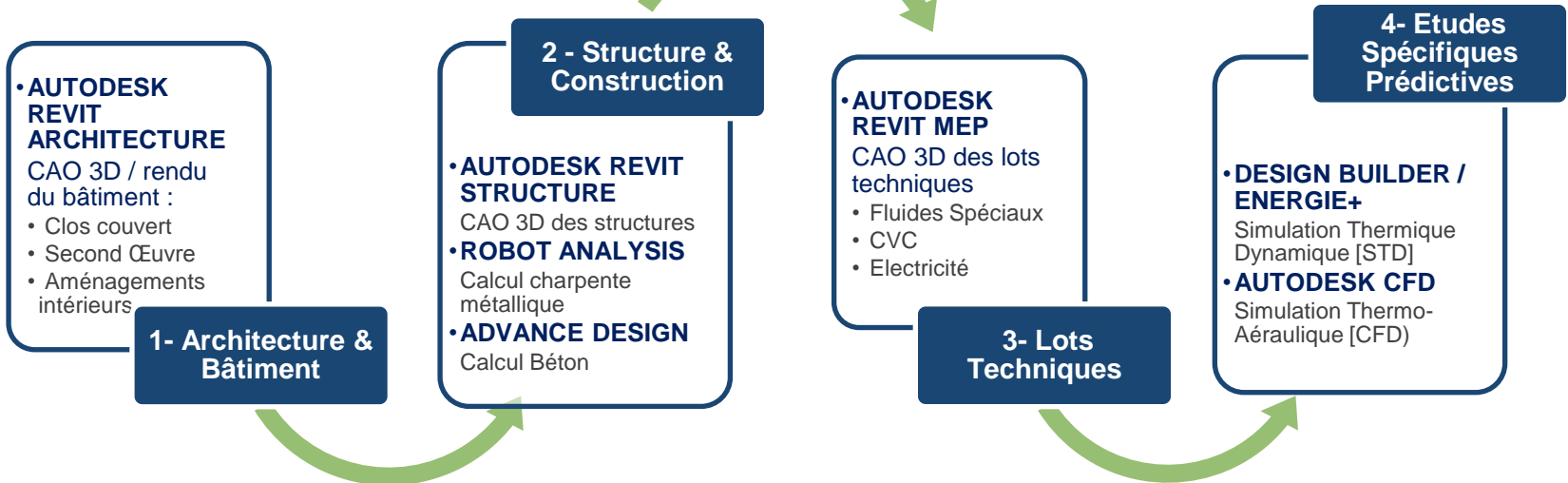
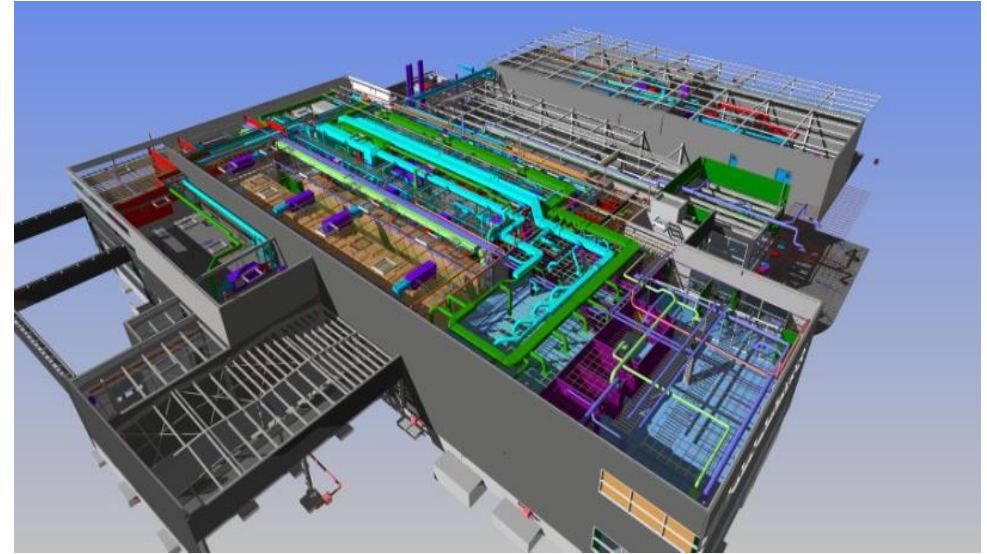
Nos Compétences



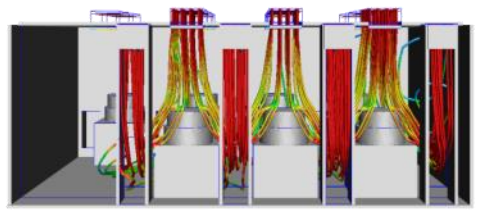
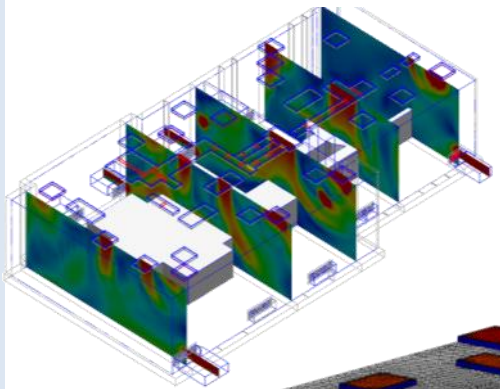
- **Lots Bâtiments**
 - Terrassement / VRD
 - Structure Béton / Métal
 - Second œuvre / matériaux
 - Economie de la construction
- **Lots Techniques**
 - Génie énergétique & climatique
 - Génie électrique
 - Hydraulique & aéraulique spécifiques
 - Régulation & supervision
 - Protection incendie

Ingénierie globale

Maquette Numérique BIM



Design Prédicatif & CFD



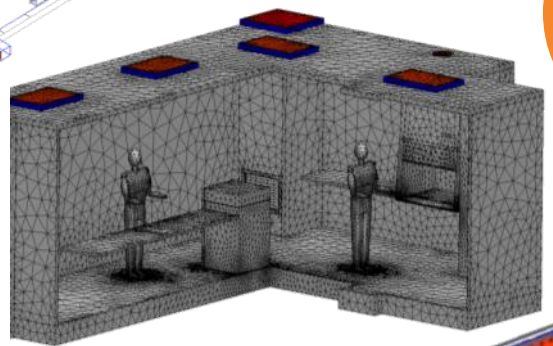
Aspect Process

Notion ENVIRONNEMENT
Conception thermo – aéralique poussée des environnements contrôlés

Aspects Bâtiment

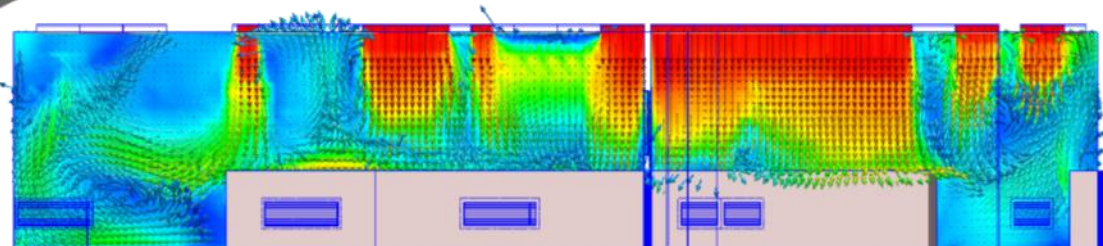
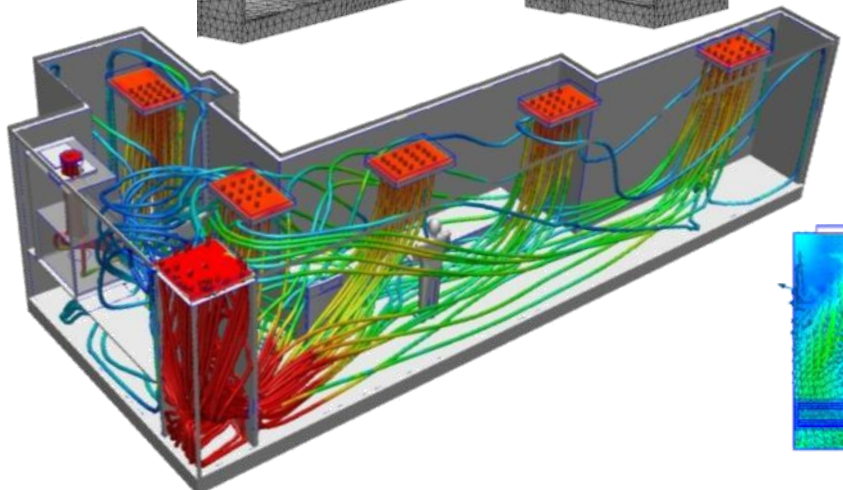
Notion CONFORT
Calculs des flux d'air, vitesses, gradient, température

Notion EXPLOITATION
Régulation prédictive des zones, Delta Pression, sens d'air, etc...



Notion ENERGIE
Calculs des flux thermiques et énergétique, convection, rayonnement

Notion CONFINEMENT
Répartition de la contamination, visualisation des lignes de flux, évacuation de la pollution, etc...



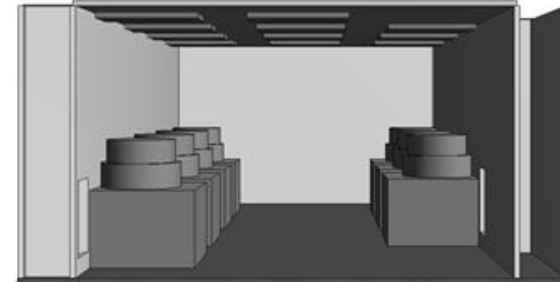
Quelques Exemples et références

[Club Utilisateur CFD]



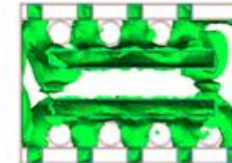
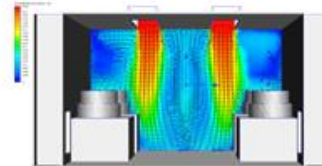
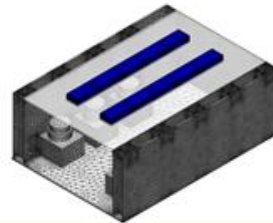
Maître d'ouvrage : ALLERGAN – Pringy (74)
Réf. ER2i : 2012-44
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

Contexte : Création d'une extension de 6700 m² comprenant des salles blanches ISO 6 / ISO 7 / ISO 8 dont une salle consacrée à la dialyse

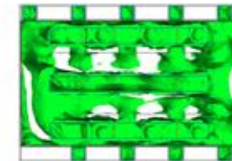
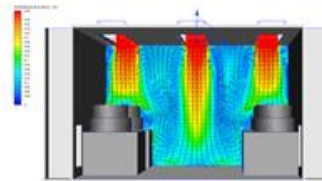
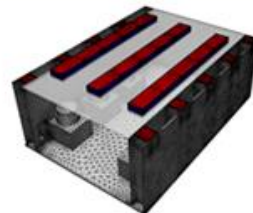


Objectif de la simulation:
Optimiser le confinement sur et autour des cuves de dialyse. Simulation de différentes solutions pour assurer un confinement des cuves optimum → variantes sur le dispatching/nombre/taille des FFUs.

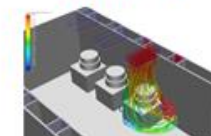
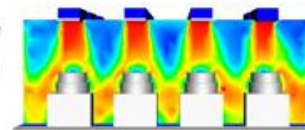
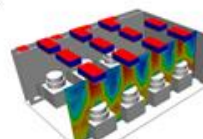
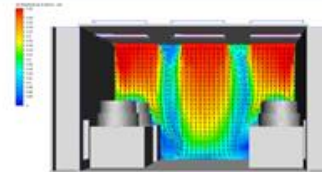
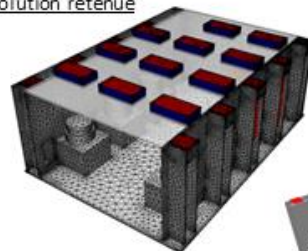
Solution1



Solution2



Solution retenue

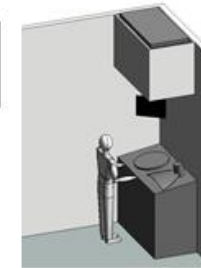
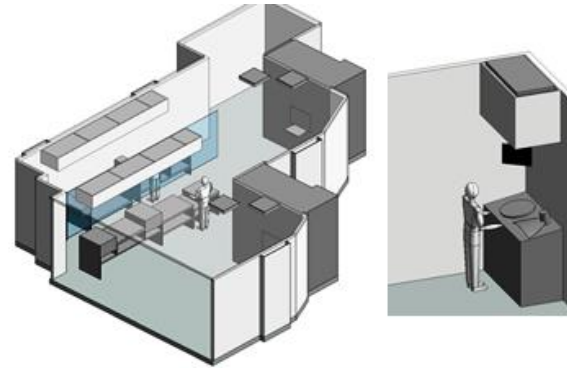


Quelques Exemples et références



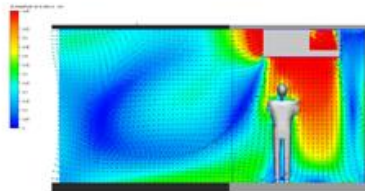
Maître d'ouvrage : BECTON DICKINSON – Pont de Claix (38)
Réf. ER2i : 2012-44
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

Contexte : Salle blanche de classe particulaire C où est réalisé le traitement et l'emballage de stoppers (bouchons en caoutchouc pour seringue).

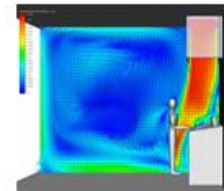
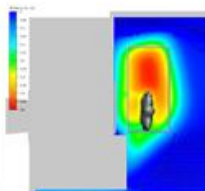


Objectif de la simulation:

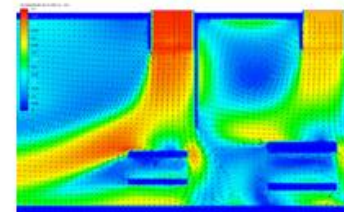
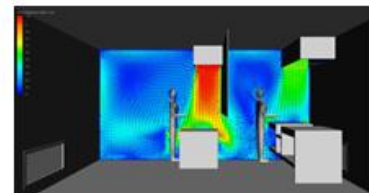
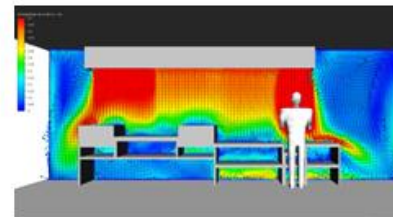
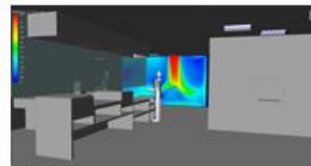
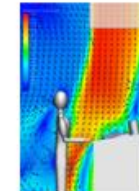
Des contaminants type cellulose ont été détectés sur certains stoppers → Evaluer la protection dynamique existante sur toute la chaîne de traitement des stoppers (chargement/déchargement/packaging)



Zone de chargement des stoppers dans la machine Huber. Présence d'un FFU pour protéger les stoppers: $v_{iso,FFU} = 0,65 \text{ m/s}$



Zone de chargement des stoppers dans la loading station ATEC. La simulation a montré que la présence d'un écran de visualisation sous le filtre agit comme un obstacle au passage de l'air.

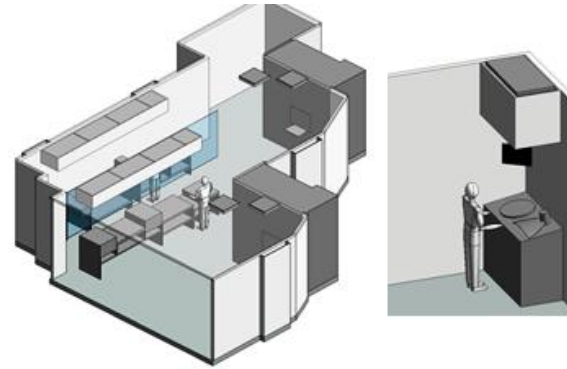


Quelques Exemples et références



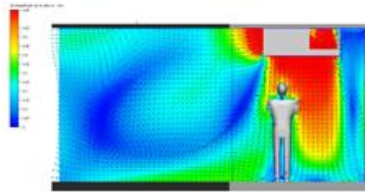
Maître d'ouvrage : BECTON DICKINSON – Pont de Claix (38)
Réf. ER2i : 2012-44
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

Contexte : Salle blanche de classe particulaire C où est réalisé le traitement et l'emballage de stoppers (bouchons en caoutchouc pour seringue).

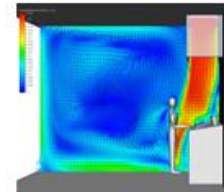
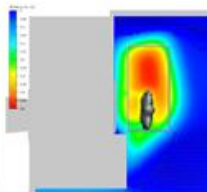


Objectif de la simulation:

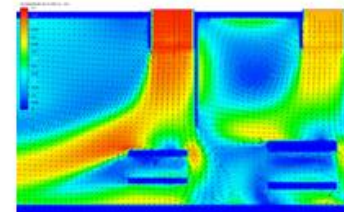
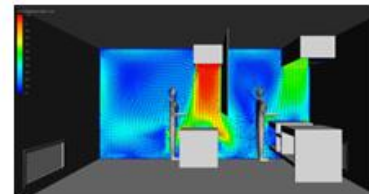
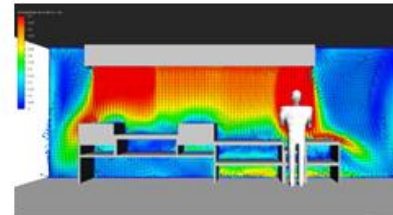
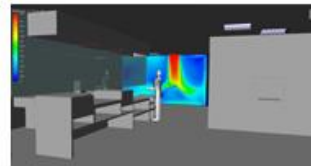
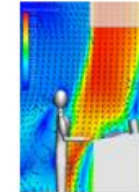
Des contaminants type cellulose ont été détectés sur certains stoppers → Evaluer la protection dynamique existante sur toute la chaîne de traitement des stoppers (chargement/déchargement/packaging)



Zone de chargement des stoppers dans la machine Huber. Présence d'un FFU pour protéger les stoppers: $v_{iso,FFU} = 0,65$ m/s



Zone de chargement des stoppers dans la loading station ATEC. La simulation a montré que la présence d'un écran de visualisation sous le filtre agit comme un obstacle au passage de l'air.



Quelques Exemples et références

RHÔNE

LE DÉPARTEMENT

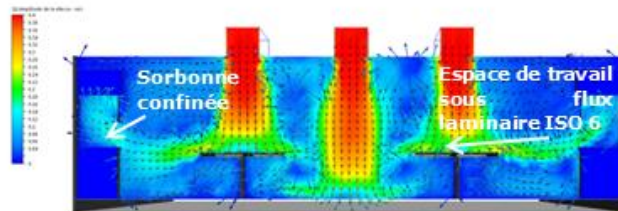
Maître d'ouvrage : Département du Rhône-Lyon (69)
Réf. ER2i : 2014-31
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

Contexte: Concours pour la construction du bâtiment de recherche LR8 sur le site MONOD de l'école normale supérieure de Lyon

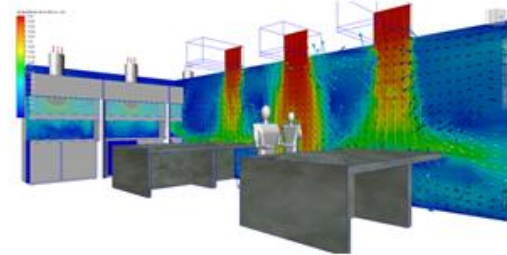


Objectif de la simulation:

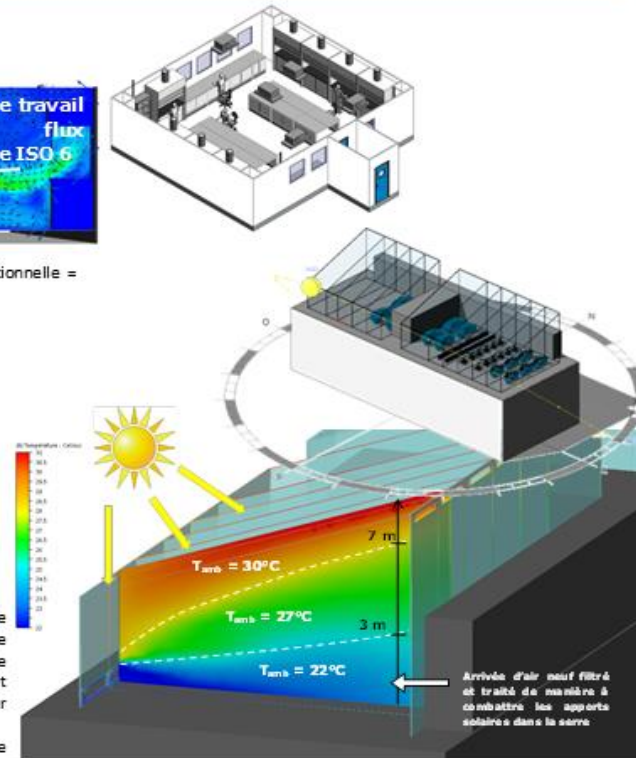
Le programme prévoit la conception de salle blanche ISO6 ainsi que de plusieurs modules de serre confinés S2 en toiture. La simulation permet d'obtenir une visualisation prédictive du comportement de ces environnements intérieurs à fortes contraintes thermo-aérauliques



Visualisation des flux d'air entrants : diffusion laminaire unidirectionnelle = protection et balayage complet des zones sensibles type pailleasse



Serre : un modèle 3D a été conçu afin de calculer les apports de chaleur solaires. Le cahier des charges impose de maintenir une température de 22°C à une hauteur inférieure à 3m. Une centrale d'air fonctionnant en tout air neuf assure le renouvellement d'air et le traitement thermique du module. L'étude CFD a permis d'affiner la conception CVC de la serre (débit et température de soufflage). Etant donné les volumes imposants de la serre, on remarque de manière évidente l'effet de la stratification.



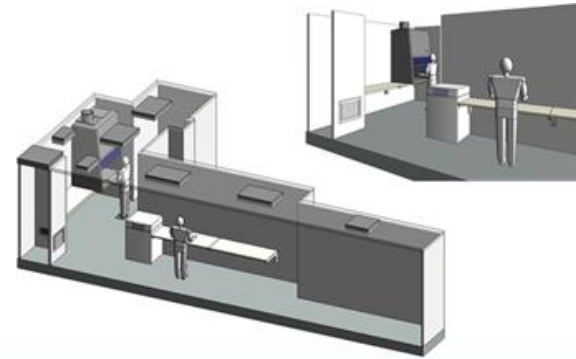
Quelques Exemples et références



ÉTABLISSEMENT FRANÇAIS DU SANG

Maître d'ouvrage : EFS – Saint Ismier (38)
Réf. ER2i : 2013-18
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aérodynamique

Contexte : Création d'un nouveau laboratoire de production de MTI (médicament thérapie innovant) grade B dans l'ambiance et grade A sous PSM.



Objectif de la simulation:

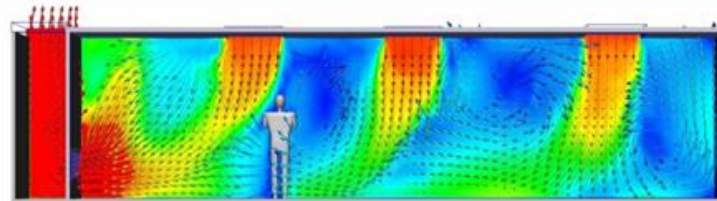
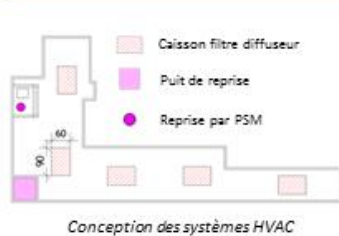
Prévoir la qualité du traitement de l'air dans la zone et effectuer une réelle optimisation de la position/taille/nombre des organes de soufflage/reprise = visualiser par avance les flux d'air, valider l'absence de zones mortes...

Particularités du projet :

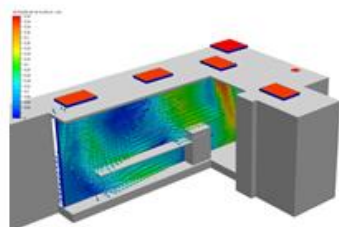
Taux de brassage = 60 vol/h

Modélisation de la salle avec l'ensemble des équipements ayant une influence sur les flux d'air :

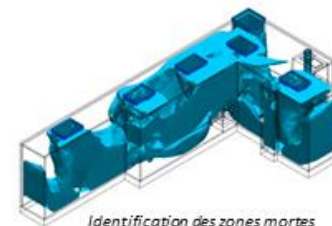
- PSM (fonctionne comme un ventilateur interne)
- incubateur (prise en compte des dégagements thermiques de l'appareil)
- opérateurs et paillasse (= obstacles à l'écoulement)



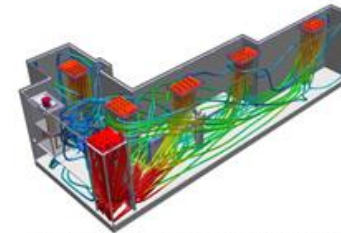
Caractéristiques de l'écoulement de l'air sous les caissons filtres diffuseurs. Vitesse de l'air homogène (0,38 m/s environ) et direction unique rectiligne en sortie de diffuseurs. Par la suite, la dépression créée au niveau du puits de reprise permet à l'air de s'évacuer parfaitement à l'intérieur de celui-ci



Visualisation de l'écoulement de l'air au niveau des paillasse et de l'incubateur: balayage complet de ce zones de travail dites "sensibles"



Identification des zones mortes



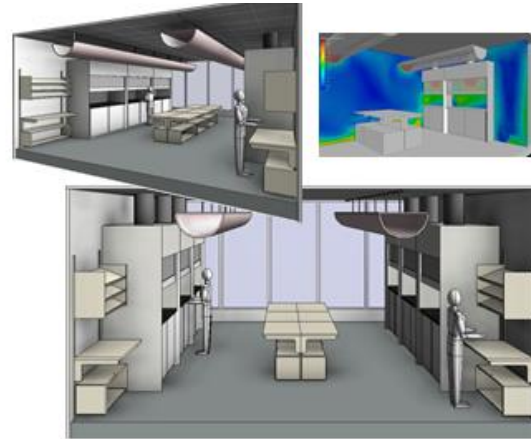
Apparition de tourbillons entre le PSM et le puits de reprise → Préconisation d'une ouverture de 20 cm de haut sur toute la partie basse du puits de reprise

Quelques Exemples et références



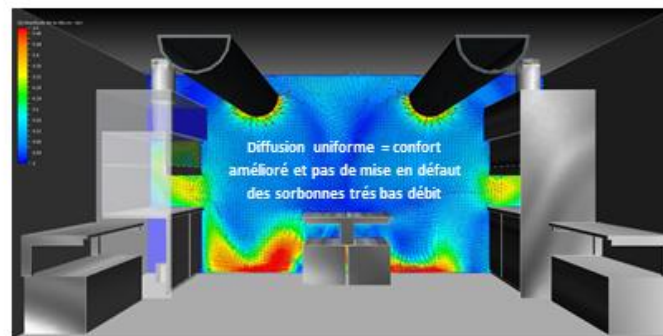
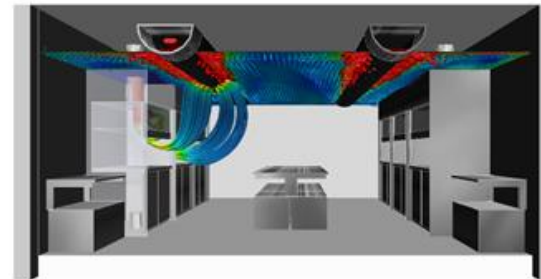
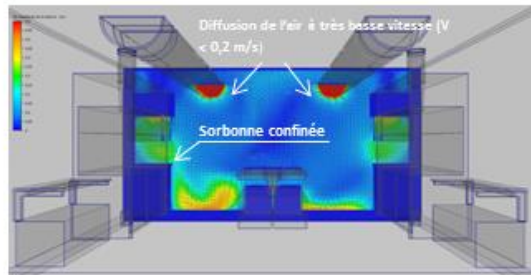
Maître d'ouvrage : UNIVERSITÉ DELYON-Lyon (69)
Réf. ER2i : 2014-09
Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

Contexte: Concours pour la construction d'un bâtiment de laboratoires de chimie-biochimie. La diffusion d'air des laboratoires sans faux plafond se fait par gaines textiles 1/2 rond fixées sous dalle. L'extraction de ces locaux se fait par des grilles et/ou équipements de laboratoires (sorbonnes, etc...).



Objectif de la simulation:

Etudier le système de diffusion de l'air neuf permettant à la fois le bon fonctionnement des sorbonnes (pas de mise en défaut) et la garantie du confort des laborantins → diffusion à basse vitesse de l'air neuf de compensation.



Ces simulations thermo-aéraulique permettent une visualisation prédictive du comportement des environnements intérieurs. Ainsi, les flux d'air, les vitesses, les températures, les gradients, les flux de chaleurs, etc...peuvent être étudiés et affiner afin de réaliser une conception CVC adaptée à chaque ambiance.

Ci-présent, les coupes avec les gradients de vitesses montrent la bonne distribution de l'air dans des plages de vitesse convenable, permettant ainsi de maîtriser les paramètres de confort mais également la non perturbation des flux entrant dans les sorbonnes.

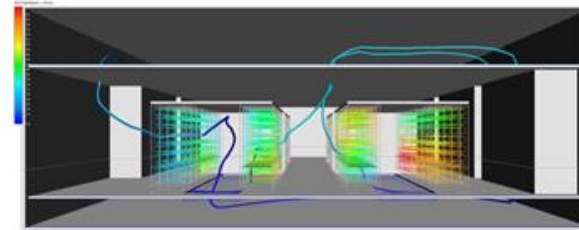
Quelques Exemples et références



Maître d'ouvrage : ST Microelectronics- Grenoble (38)

Type d'analyse : CFD : simulation thermo-aéraulique

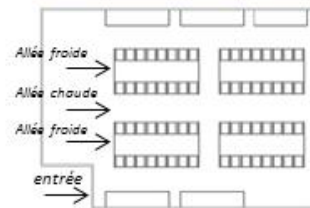
Contexte: Salle Data Center de 300 m² regroupant une partie des serveurs, baies de stockage...du site ST Microelectronics de Grenoble



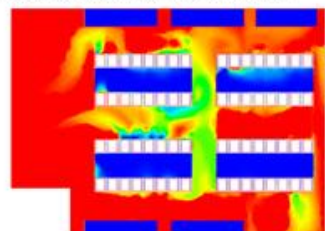
Objectif de la simulation:

Quantifier la montée en température des baies informatiques en fonction de la température de soufflage. Visualiser le principe de fonctionnement actuel du refroidissement des Data Center.

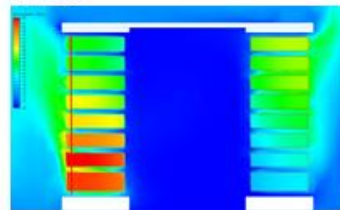
MODELISATION SIMPLIFIEE DE LA SALLE



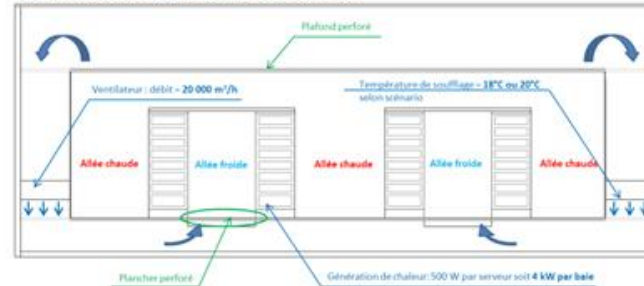
VUE EN PLAN DES GRADIENTS DE TEMPERATURE DANS LES ALLES CHAUDES ET FROIDES



VUE EN COUPE DES TEMPERATURES → ZOOM SUR LES BAIES



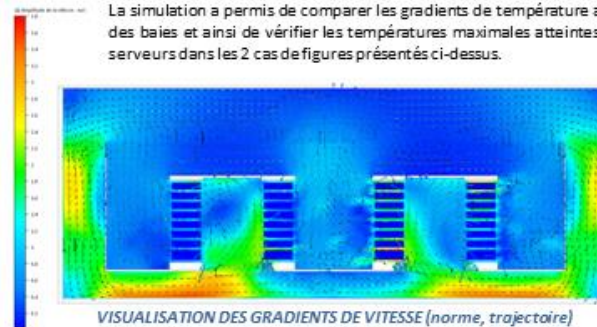
HYPOTHESES CFD / CONDITIONS AUX LIMITES



La salle Data Center est refroidie avec des armoires de climatisation fonctionnant en recyclage d'air. Les baies sont alignées face à face et l'air froid est apporté par le faux plancher en dalle perforée, créant ainsi une allée froide confinée.

Dans un souci d'économie d'énergie, ST souhaite connaître le comportement thermo-aéraulique de son Data Center avec sa régulation actuelle (Température soufflage = 18°C), et de la comparer avec un scénario de régulation optimisé (Température soufflage = 20°C).

La simulation a permis de comparer les gradients de température au niveau des baies et ainsi de vérifier les températures maximales atteintes dans les serveurs dans les 2 cas de figures présentés ci-dessus.

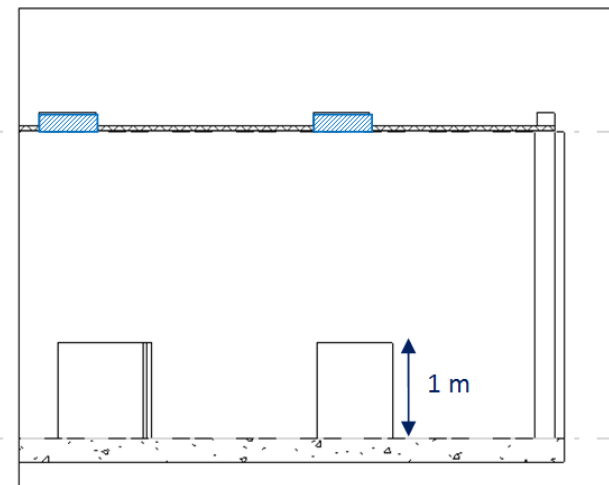
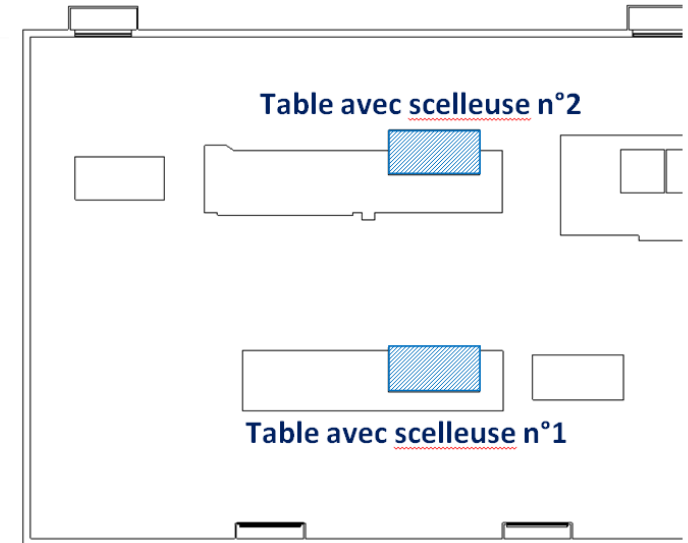
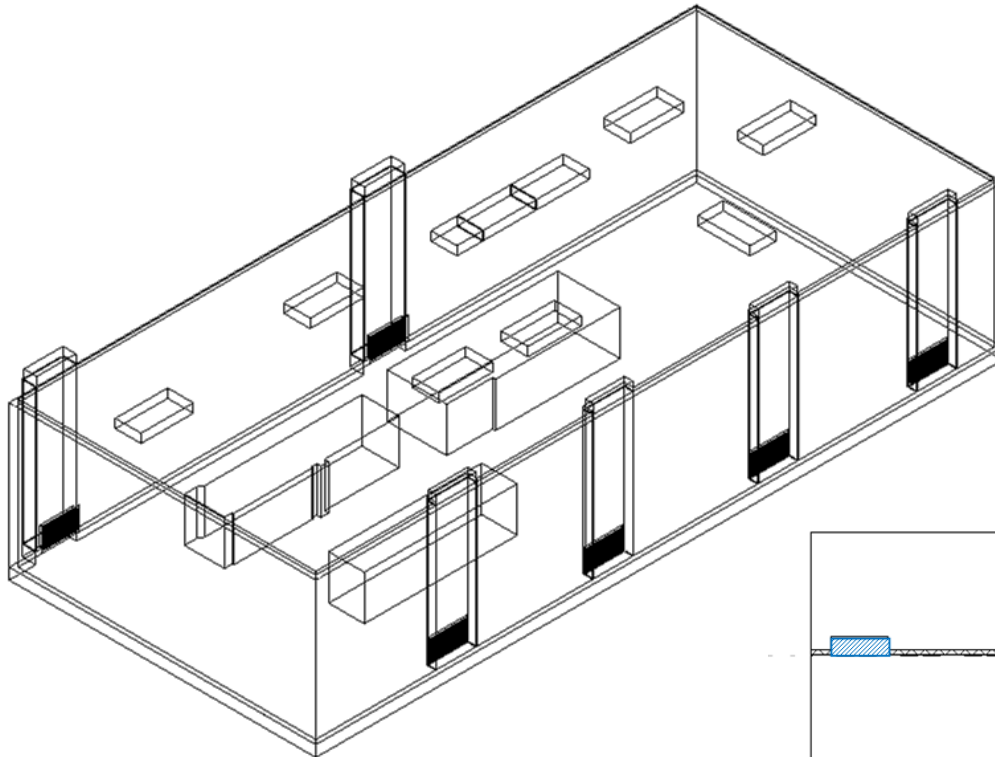


VISUALISATION DES GRADIENTS DE VITESSE (norme, trajectoire)

Exemple détaillé

- **Modélisation**

- La zone comporte un certain nombre de caissons filtres et de points de reprise d'air. Chacune de ces mises sous flux ont été modélisées afin de prendre en compte les flux d'air circulant dans l'ensemble de la zone.



3.20
Niveau 1

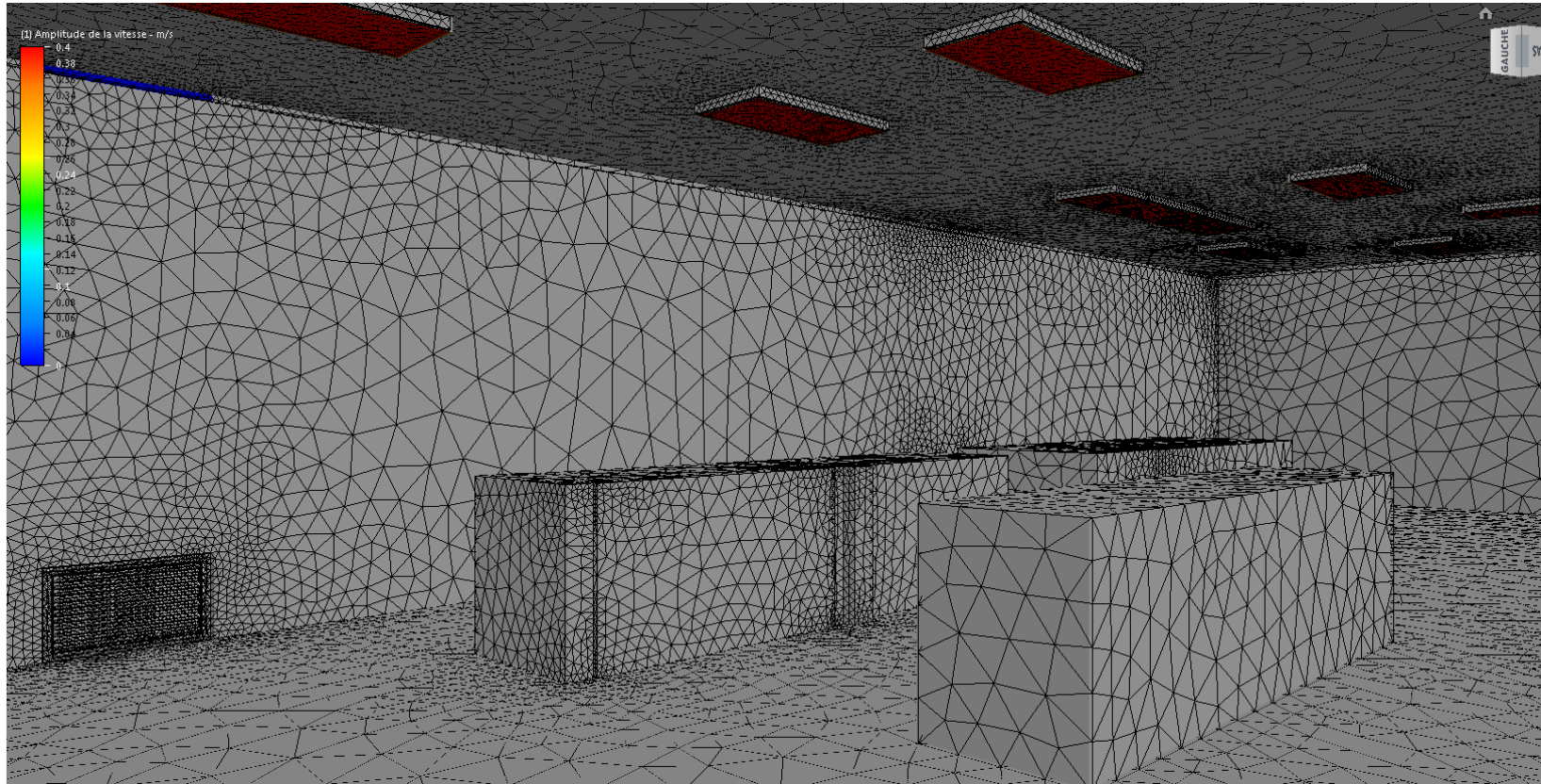
0
Niveau 0

- **Conditions aux limites**

- Inlet : Caisson filtre $V = 0.4\text{m/s}$
- Outlet : Grille de reprise : $P = 0\text{ pa}$

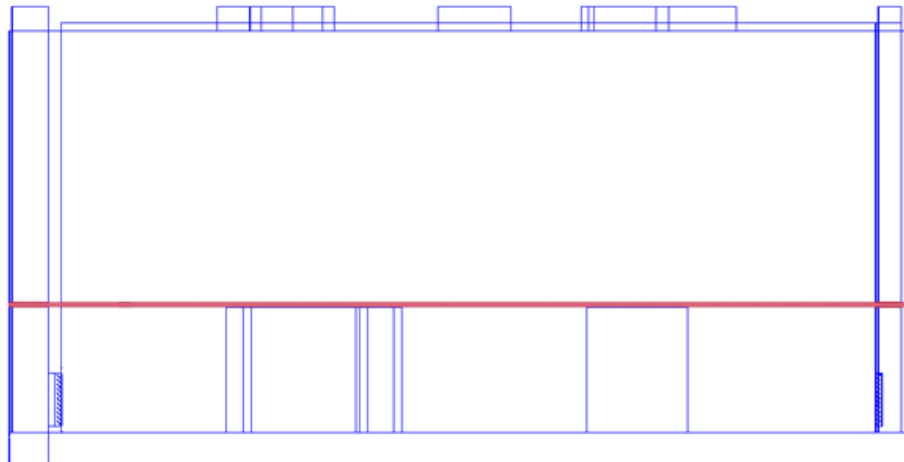
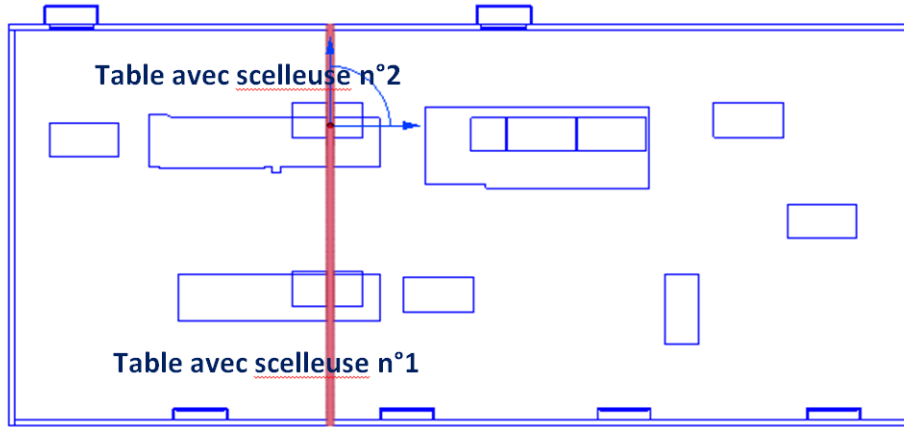
Exemple détaillé

- **Maillage**
- Maillage non structuré de forme tétraédrique
- Maillage raffiné dans les zones à forts gradients tels que les zones de soufflage et de reprise. A contrario, maillage grossier sur des éléments insignifiants tels que les parois de la salle.
- Le nombre d'éléments estimé est de 1 200 000,

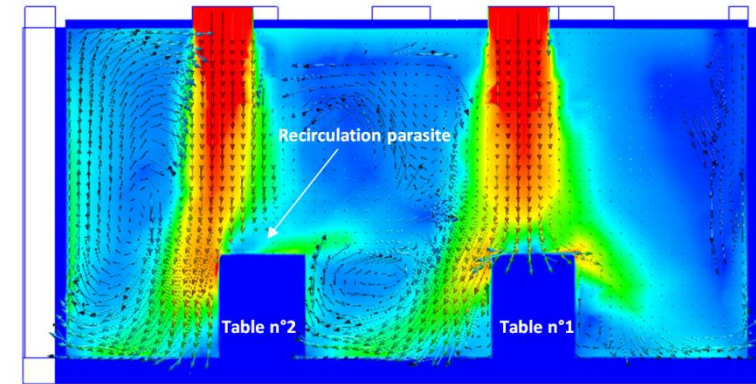
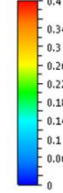


Exemple détaillé

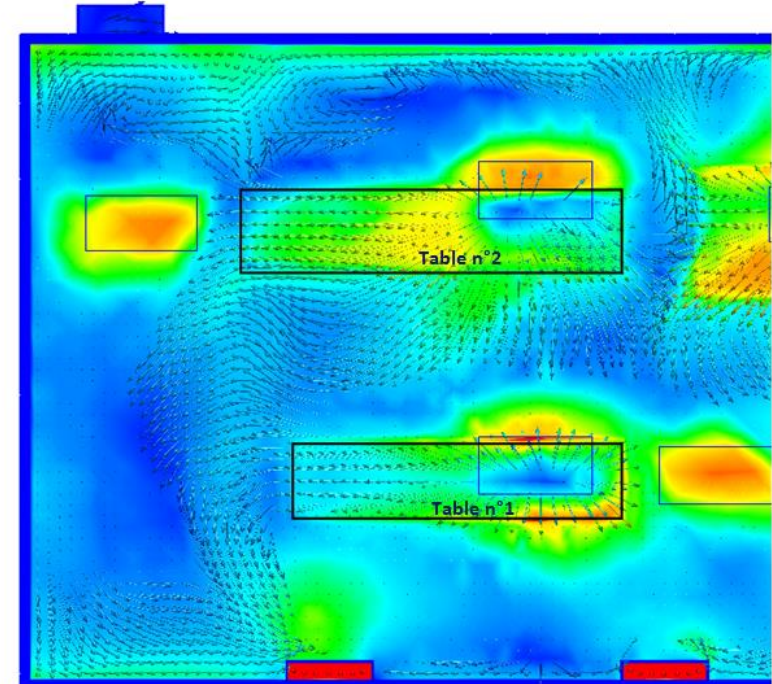
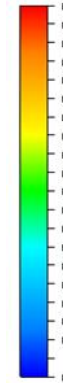
- Résultats / Plan de coupe colorés par vitesse + vecteurs



(3) Amplitude de la vitesse - m/s



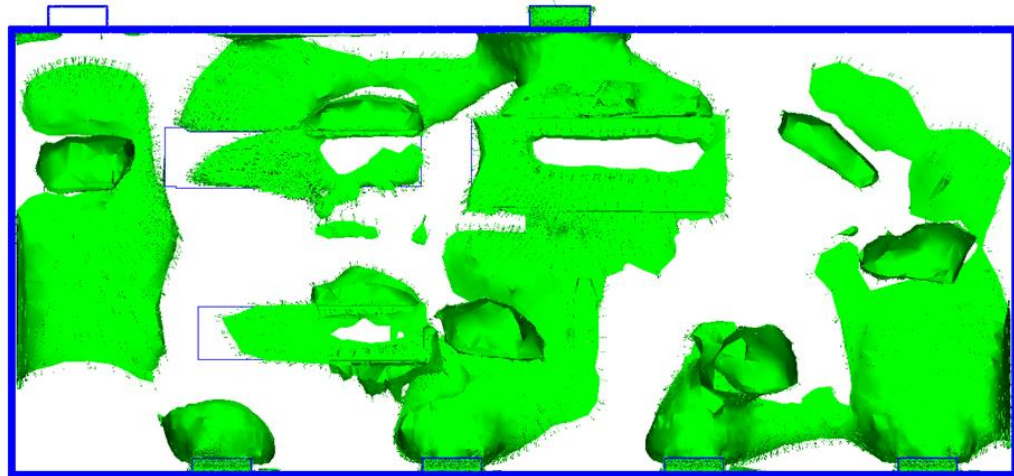
(1) Amplitude de la vitesse - m/s



Exemple détaillé

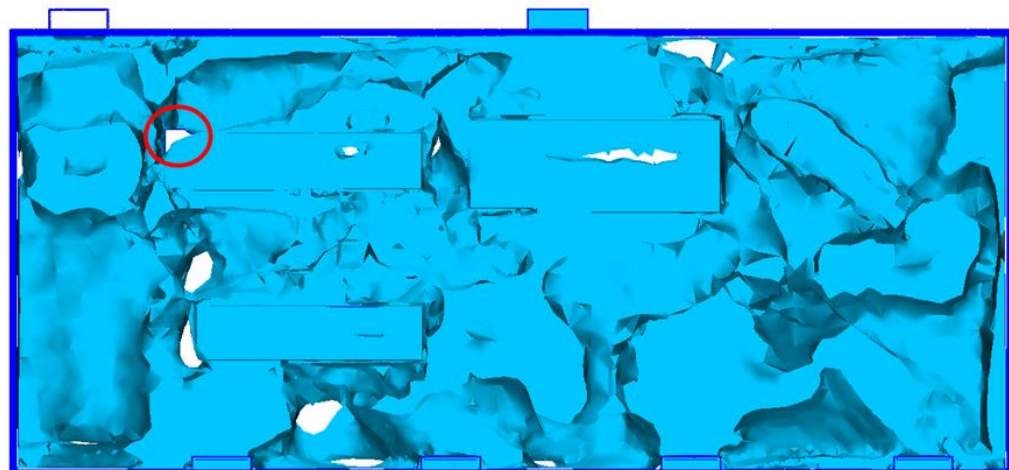
- Résultats / isosurface

a) $V_{air} = 0,2 \text{ m/s}$



En vert, les zones où la vitesse d'air $\geq 0,2 \text{ m/s}$

b) $V_{air} = 0,1 \text{ m/s}$

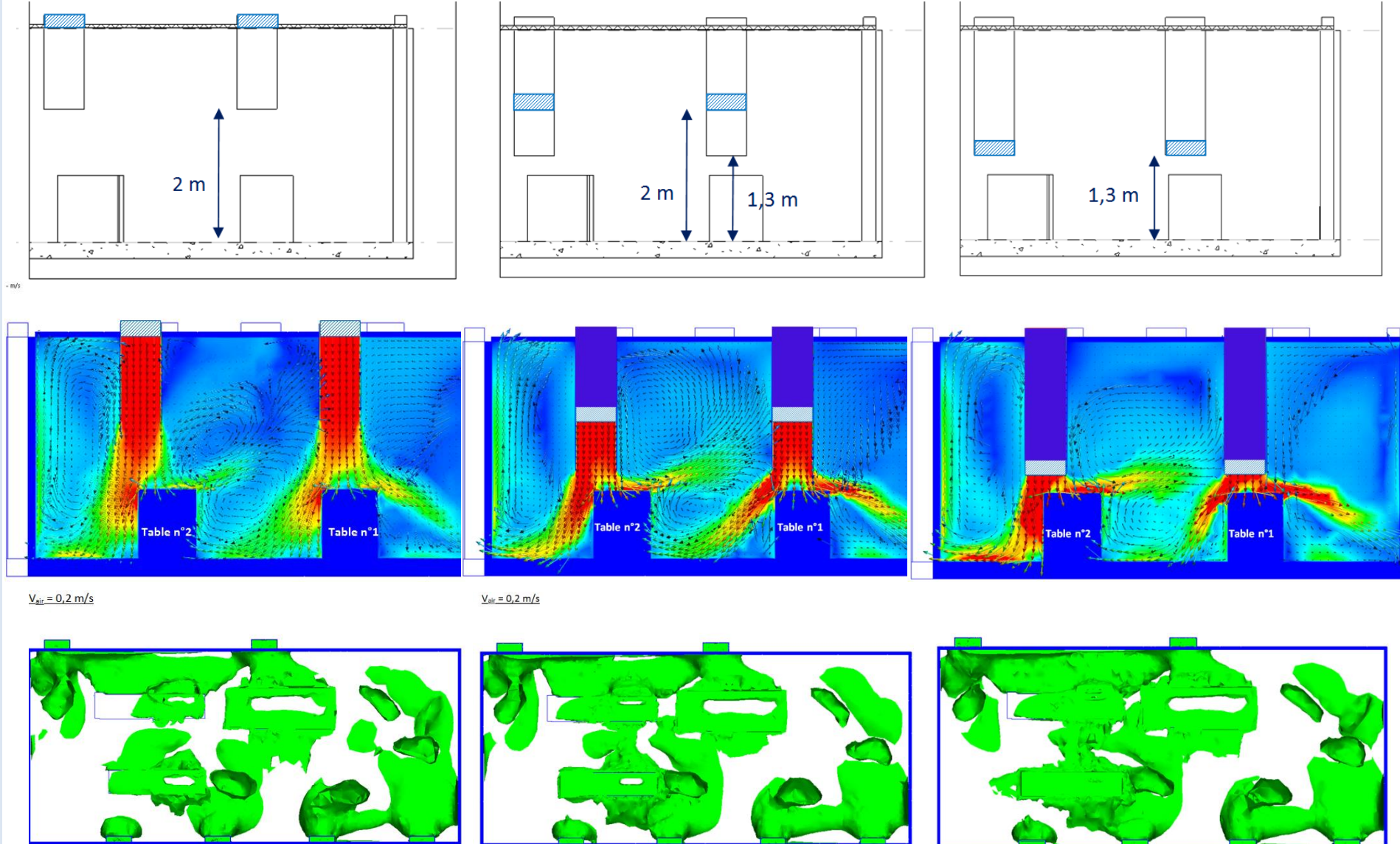


En bleu clair, les zones où la vitesse d'air $\geq 0,1 \text{ m/s}$

Exemple détaillé

- Résultats / Comparatif de solutions

[Club Utilisateur CFD]



Exemple détaillé

Résultats / Synthèse

- Pour résumé, la table n°2 est le poste susceptible d'être l'objet de contamination. Etant donné sa position décentrée par rapport à l'axe de la table, une partie de l'air en recirculation se mélange avec l'air filtré soufflé sous les caissons. Ce mélange peut ainsi provoquer une contamination partielle de l'air qui balaye la surface de la table. La mise en œuvre d'un carter sous filtre permet d'atténuer ce phénomène.

	solution existant: filtre à 3,2 m	solution n°1: filtre à 3,2 m cartérisé jusqu'à 2 m	solution n°2: filtre à 2 m cartérisé jusqu'à 1,3 m	solution n°3: filtre à 1,3 m
flux d'air unidirectionnel et vitesse uniforme sous filtre	-	+	++	+++
qualité de l'air filtré soufflé	+	++	+++	+++
absence de zone morte sur plan de travail	+	+	++	++
V_{\max} sur plan de travail	jusqu'à 0,2 m/s	jusqu'à 0,35 m/s	jusqu'à 0,5 m/s	jusqu'à 0,55 m/s
qualité de l'épuration du plan de travail	+	+	++	+++

Exemple détaillé

- Approche Particulaire et Epuration

Masse

Activer masse

Quantités requises

Densité de particule : 1.78 kg/m3

Rayon de particule : 1.92e-07 meter

Coefficient de restitution : 0.01

Taille du pas de temps (sec.) : 7

Chemin initial :

Définir la vitesse initiale

Amplitude : 0 m/s

Direction (vecteur unitaire) : 0,0,0

Gravité

Activer la gravité pour les particules de masse

Terre (Entrer le vecteur unitaire uniquement)

X : 0 Y : 0 Z : -1

Corrélation avancée

Corrélation de résistance $Cr = 24/Re (a + b Re^c)$

a : 1 b : 0.15 c : 0.687

Erosion

Active/ Mise à jour de l'érosion

Appliquer Fermer

Masse

Activer masse

Quantités requises

Densité de particule : 1300 kg/m3

Rayon de particule : 0,025 millimeter

Coefficient de restitution : 0.01

Taille du pas de temps (sec.) : 100000

Chemin initial :

Définir la vitesse initiale

Amplitude : 0,2 m/s

Direction (vecteur unitaire) : 0,0,0

Gravité

Activer la gravité pour les particules de masse

Terre (Entrer le vecteur unitaire uniquement)

X : 0 Y : 0 Z : -1

Corrélation avancée

Corrélation de résistance $Cr = 24/Re (a + b Re^c)$

a : 1 b : 0.15 c : 0.687

Erosion

Active/ Mise à jour de l'érosion

Appliquer Fermer

3. Contacts

- **ER2i Ingénierie** (www.er2i.eu)
 - **Thomas FAURE**
 - Directeur Pôle IDEA [Innovation Développement Expertise Audit]
 - Email : thomas.faure@er2i.fr / Portable : +33 (0) 7 61 68 60 28
 - **Ruben LALOMIA**
 - Ingénieur d'étude simulation
 - Email : ruben.lalomia@er2i.fr / Téléphone : +33 (0) 4 76 99 20 13