

Plate-forme de simulation à différents niveaux de finesse

Journée LAMA – INES

Modélisation et Calcul Scientifique liés aux problèmes du
bâtiment : problèmes, méthodes et enjeux

Laurent MORA

Objectif / Enjeux

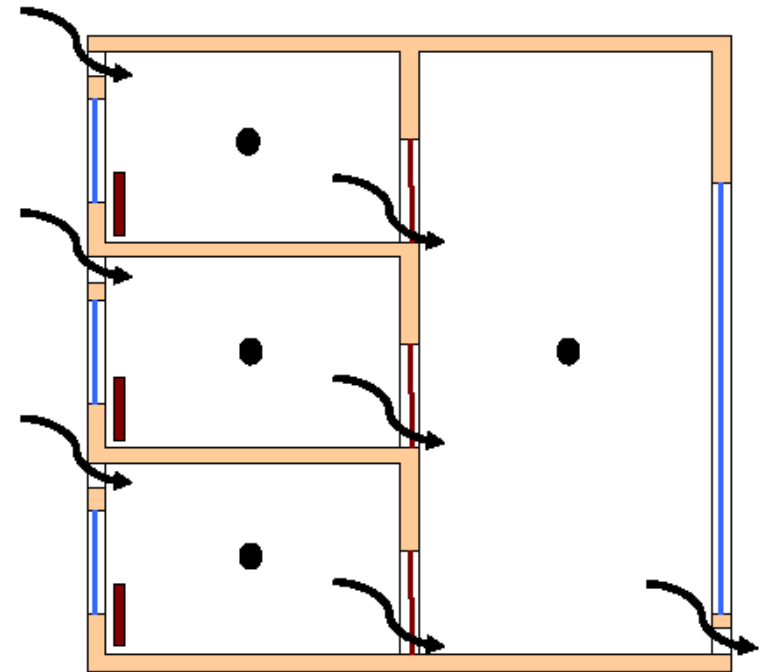
- Prévoir le comportement des bâtiments...
 - Conception innovante :
 - Enveloppes adaptatives
 - Equipements multi-sources/multi-énergies
 - ...
 - Diagnostic énergétique des bâtiments existants

Méthodes classiques

- Différentes échelles pour le bâtiment
 - Méthode macroscopique : nodale
 - Méthode intermédiaire : zonale
 - Méthodes issues de la mécanique des fluides (CFD)
 - Méthodes hybrides (couplages physiques et numériques)

La méthode multizone (nodale)

- Objectifs: apprécier le détail des transferts entre les zones des bâtiments, dimensionnement des systèmes
- Approche:
 - Etude en régime variable
 - Chaque zone du bâtiment supposée uniforme
 - Prise en compte des effets climatiques
 - Caractérisation des systèmes et des lois de contrôle associées

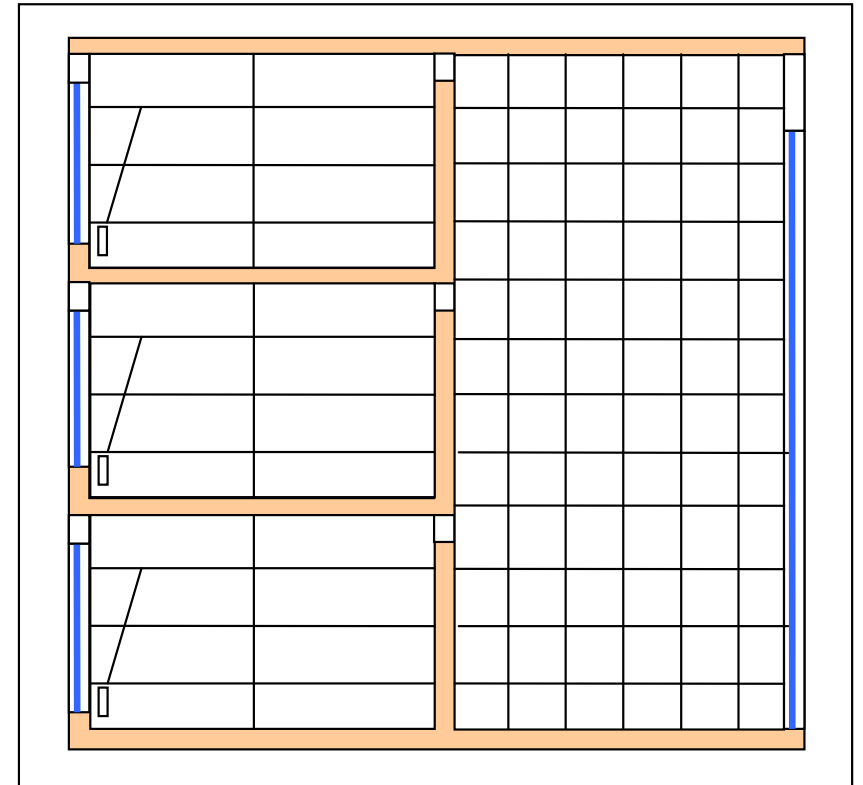


Potentiels de la méthode nodale

- Atouts:
 - Description du comportement de bâtiments comprenant un grand nombre de zones
 - Etudes sur de longues périodes de temps (analyses de consommations)
 - Dimensionnement des systèmes
 - Temps de calcul et ressources modestes (PC)
- Limitations (liées à l'hypothèse d'uniformité) pour:
 - Etude du confort thermique et de la qualité de l'air dans la zone d'occupation
 - Représentation du couplage ambiance/systèmes
 - **Traitement des grands volumes** (ex. atrium)
 - Caractérisation des effets de **sources localisées** de chaleur ou de polluants

La méthode zonale

- Objectifs: Estimer rapidement les détails de l'environnement intérieur
- Approche:
 - Diviser le domaine d'étude en un petit nombre de sous-volumes supposés uniformes (cellules)
 - Caractérisation des systèmes (couplage avec l'ambiance)
 - Traitement particulier des écoulements dominants (jets, panache, couches limites)



Potentiels de la méthode zonale

- Atouts:
 - Couplage systèmes/ambiance
 - Traitement des grands volumes
 - Estimation du confort thermique
 - Temps de calcul et ressources raisonnables pour des analyses sur de longues périodes (PC)
- Limitations:
 - Demande une connaissance *a priori* des écoulements dominants
 - Manque de fiabilité pour les détails de l'écoulement (liée à l'absence de conservation de la quantité de mouvement)
 - Etudes limitées du transport de polluants

Les méthodes de mécanique des fluides numérique (CFD)

- Objectif: Estimer les détails d'un écoulement turbulent
- Approches (Résolution des équations de Navier-Stokes):
 - La simulation directe (DNS) pas d'hypothèse supplémentaire
 - La simulation des grandes échelles tourbillonnaire (LES) modélisation des petites échelles
 - Les équations moyennées en temps (RANS): modélisation de la turbulence ($k-\varepsilon$, RNG, etc.)



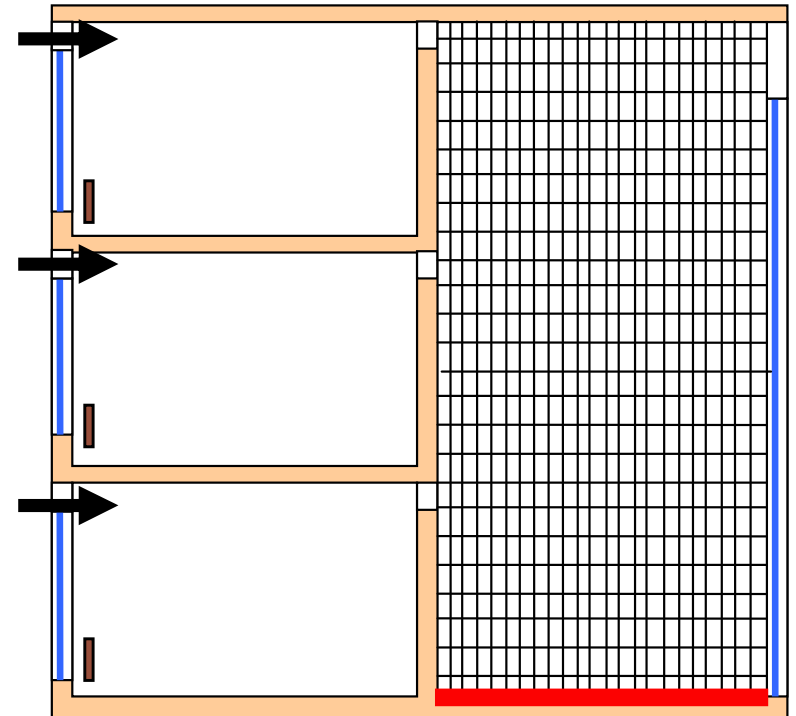
(Cécile Dobrzynsk)

Potentiels des méthodes CFD

- Atouts:
 - Fiabilité relative des prédictions de l'environnement intérieur y compris pour des géométries complexes
 - Ne nécessitent pas de connaissance *a priori* des écoulements dominants
 - Très adaptés à l'étude du transport de polluants
- Limitations:
 - Validité des modèles de turbulence
 - Mise en œuvre complexe des modèles
 - Ressources et temps de calcul importants (PC en série, stations de travail)

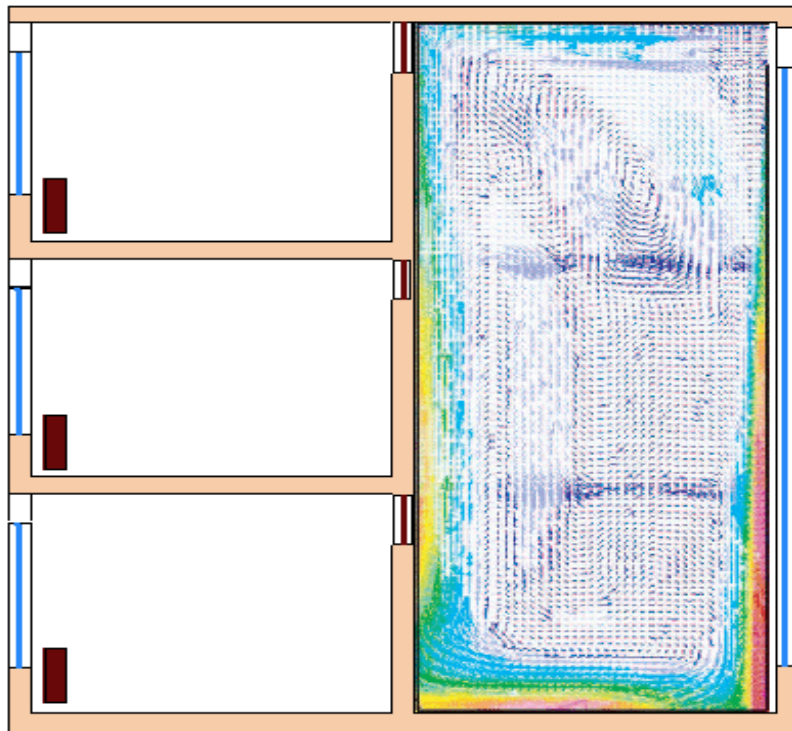
Méthodes hybrides

- Couplages physiques et numériques entre méthodes
 - ⇒ Evaluer les détails dans une zone
 - ⇒ Impact des détails sur le comportement global
- Exemples:
 - {nodal+RANS $k-\varepsilon$ }
 - {Nodal+Zonal}

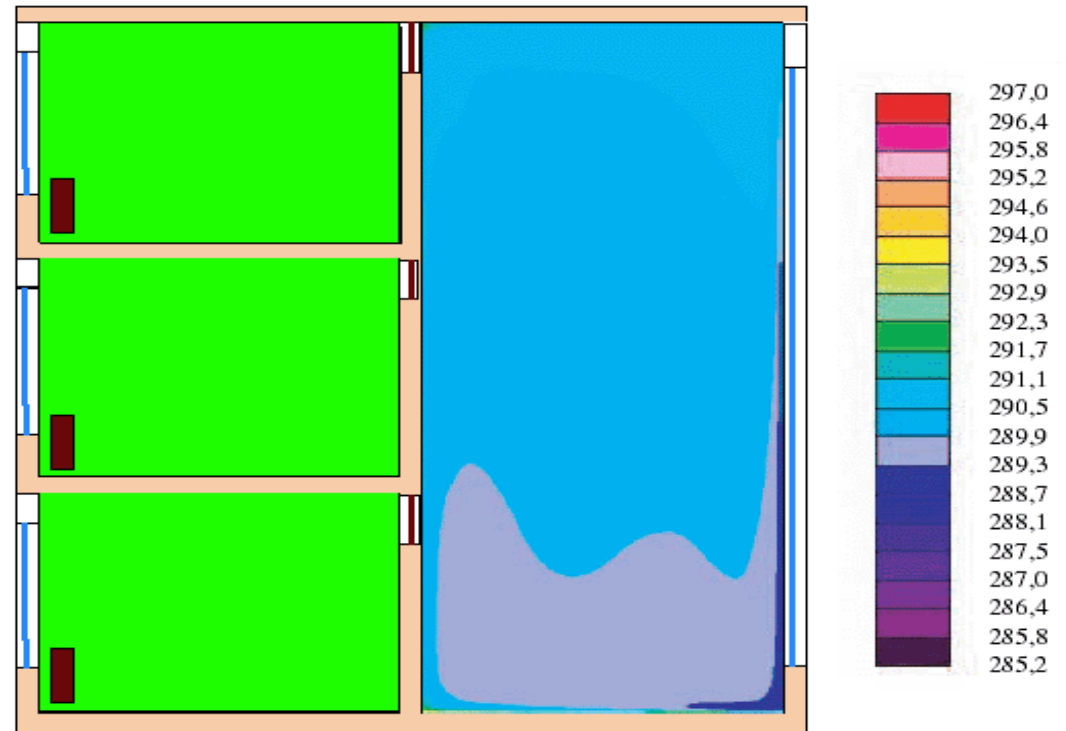


Ex. résultats {Nodal+RANS k- ϵ }

Structure de l'écoulement

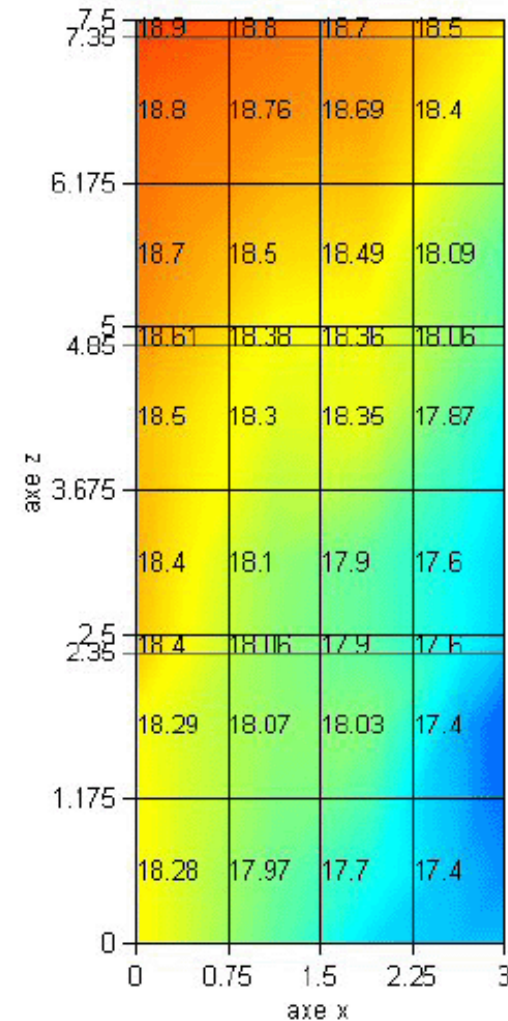
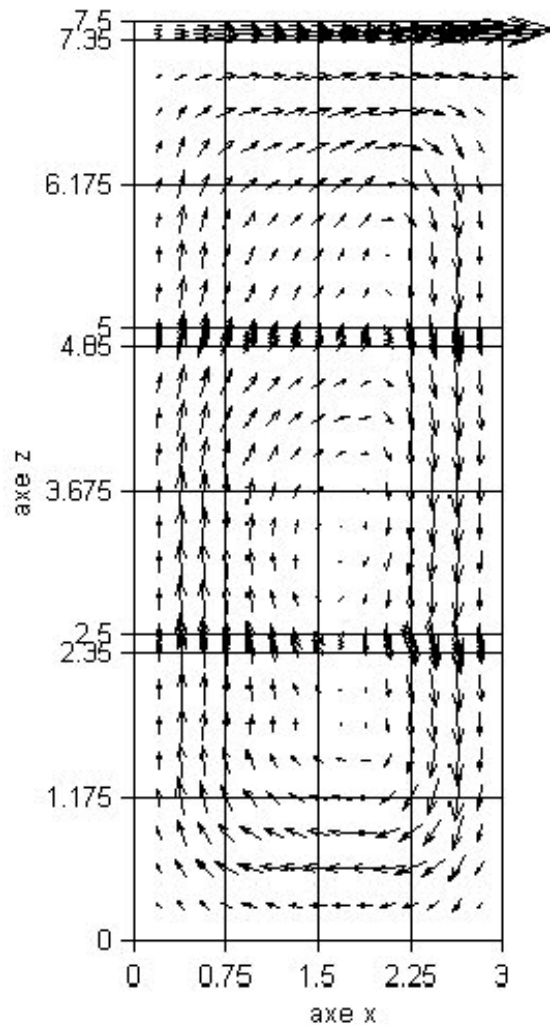


Champ de température

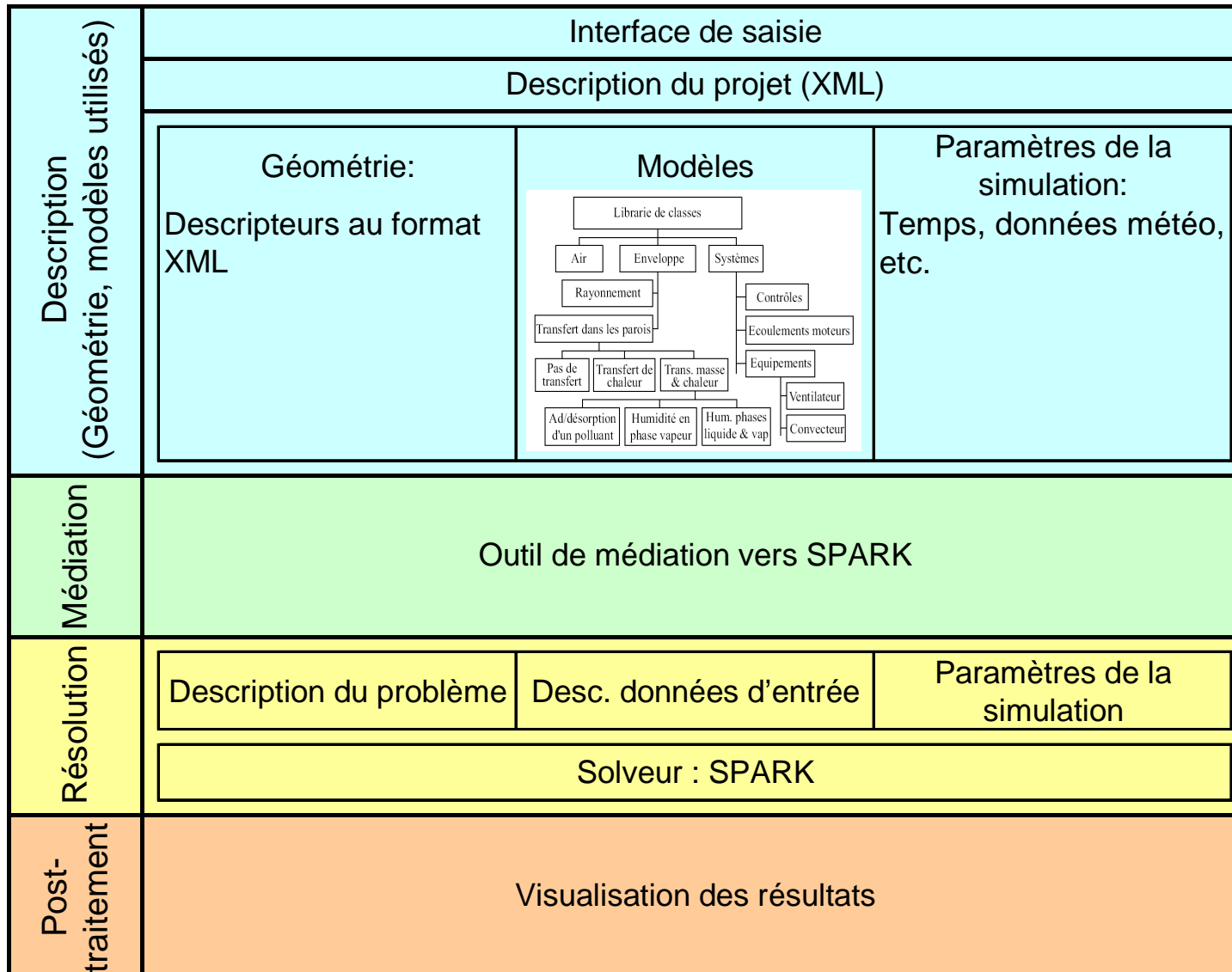


Ex. résultats {Nodal+Zonal}

Structure de l'écoulement et contour de température dans l'atrium



Architecture de SimSPARK



Conclusions partielles

- Des méthodes « opérationnelles » répondant à des objectifs différents de prévision du comportement des bâtiments...
- Mais questions sur :
 - La précision et la cohérence des modèles
 - La robustesse des solveurs disponibles
 - L'incertitude associée aux résultats (contexte basses consommations)
- Et manque d'outils orientés vers le diagnostic et l'optimisation dans la conception

A l'échelle du composant : Vers des modèles parcimonieux et précis

- **Dégradation physique des modèles:**

- Analyse dimensionnelle (découplages, termes significatifs ...)
 - Analyse des dépendances fonctionnelles des coefficients de transfert (simplifications)
 - Linéarisation (quand ?)
 - Limites d'utilisation (objectifs modélisation et précision requise)
- ⇒ Évaluation sur des cas test (ex.: transferts couplés dans une paroi, parois à changement de phase, ...)
- ⇒ Établissement de procédures automatisées (?)

Des méthodes de résolution robustes

- Un modèle de composant à son caractère :
 - Constante de temps
 - Non linéarité
 - Sensibilité, etc.
- ⇒ Décomposition d'un bâtiment en sous-problèmes :
 - Réduction
 - Méthode de résolution
 - Intégration (pas de temps)
 - Ressources mémoire et CPU (parallélisation)
 - ...

Vers une autre exploitation des modèles

- Le diagnostic énergétique
 - Assimilation de données, Incertitudes, Modèle réduit, Identification, ...
- La conception
 - Incertitudes, Sensibilité, Optimisation sous contrainte, ...
- Des problématiques importantes :
 - ⇒ Propagation d'incertitudes
 - ⇒ Analyse de sensibilité
 - ⇒ Optimisation sous contraintes