

# 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

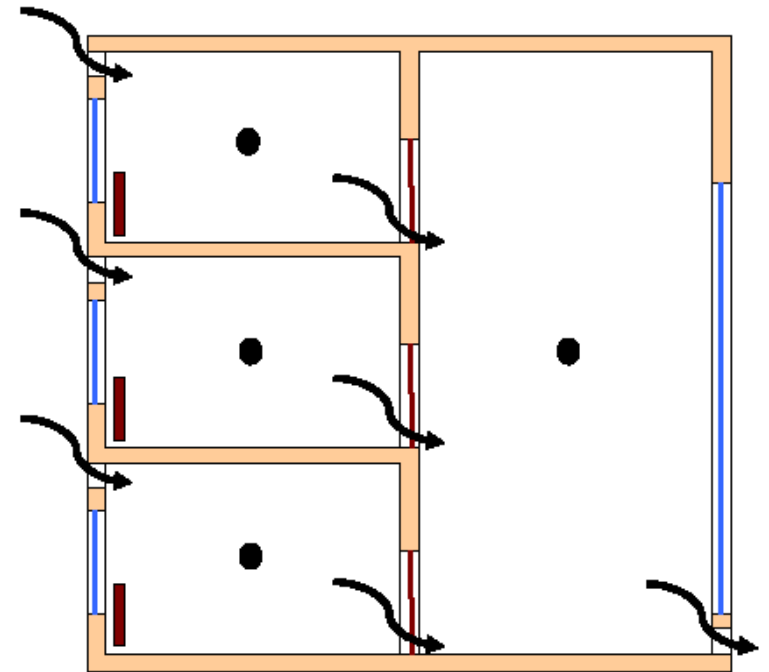
# Méthodes classiques

---

- 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



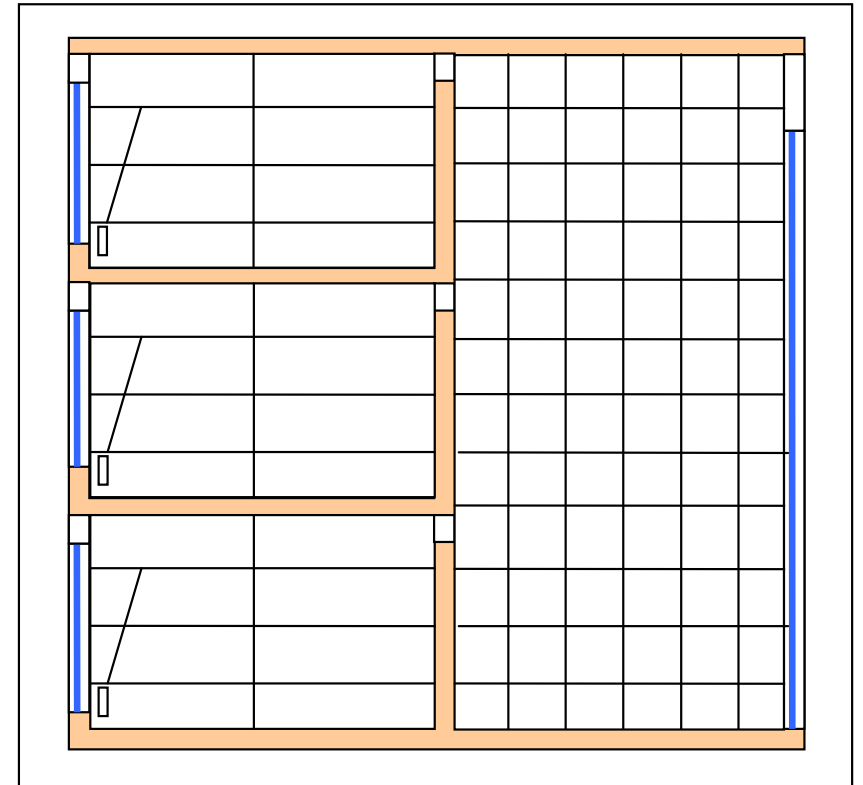
# Potentiels de la méthode nodale

---

- 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)

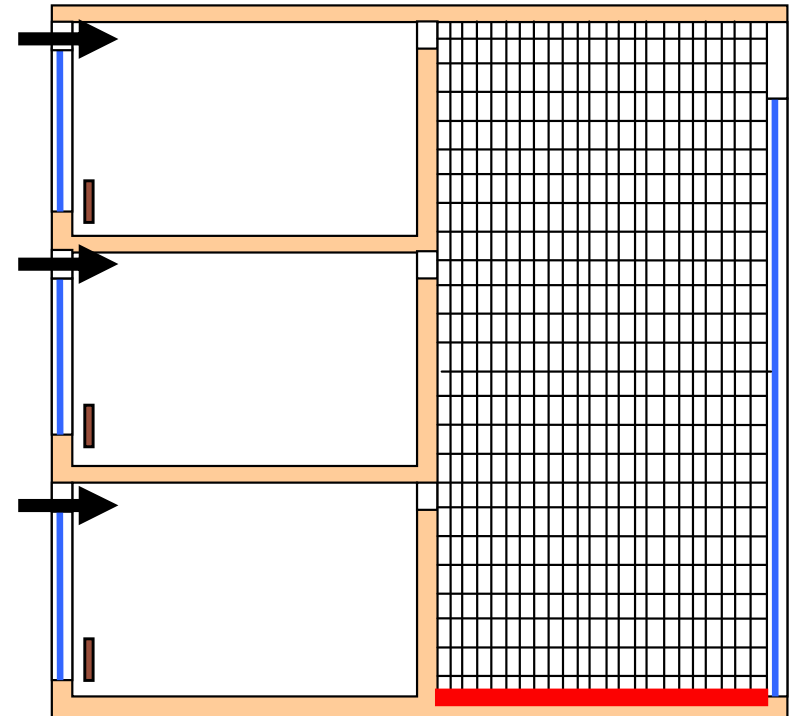
# Potentiels des méthodes CFD

---

- 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)

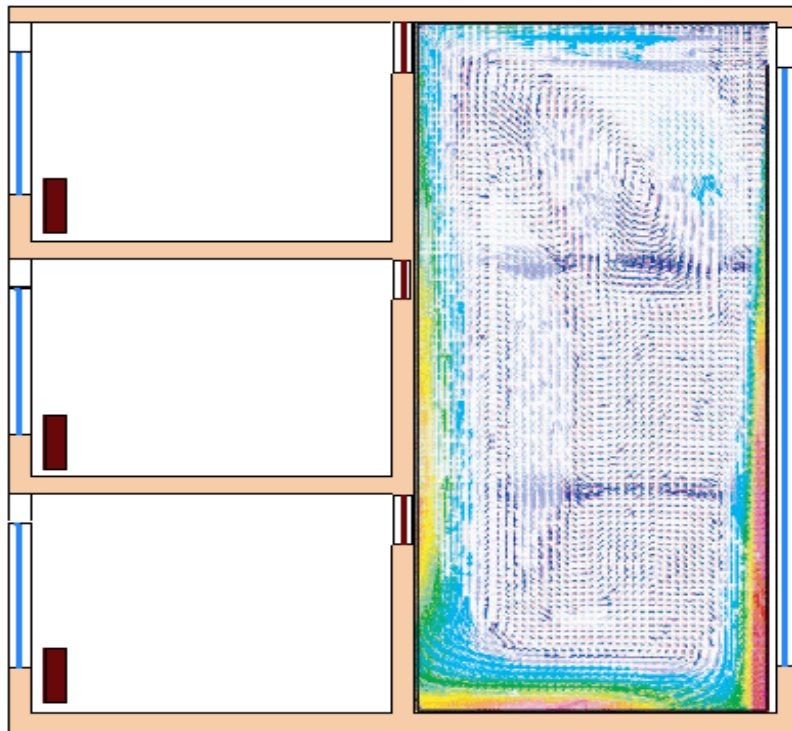
# Méthodes hybrides

- 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}

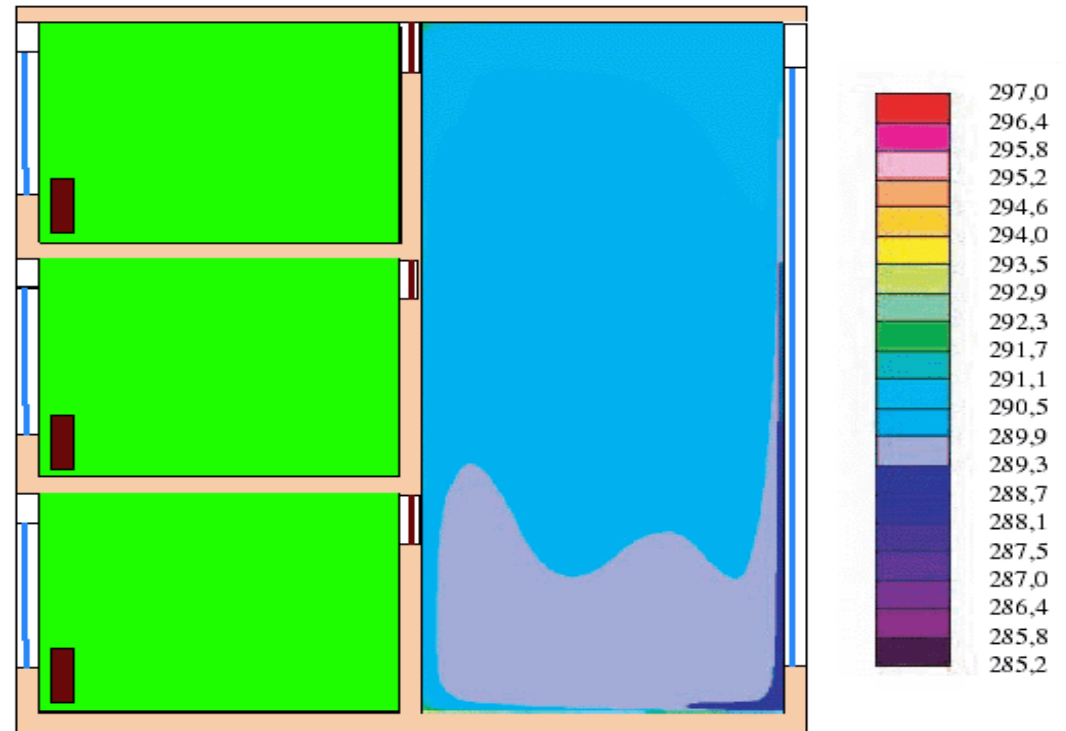


# Ex. résultats {Nodal+RANS k- $\epsilon$ }

Structure de l'écoulement

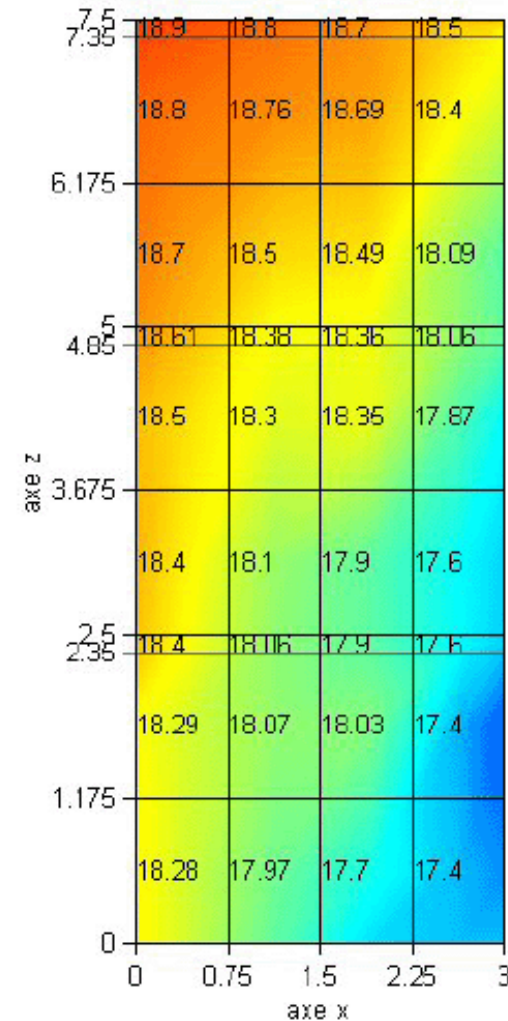
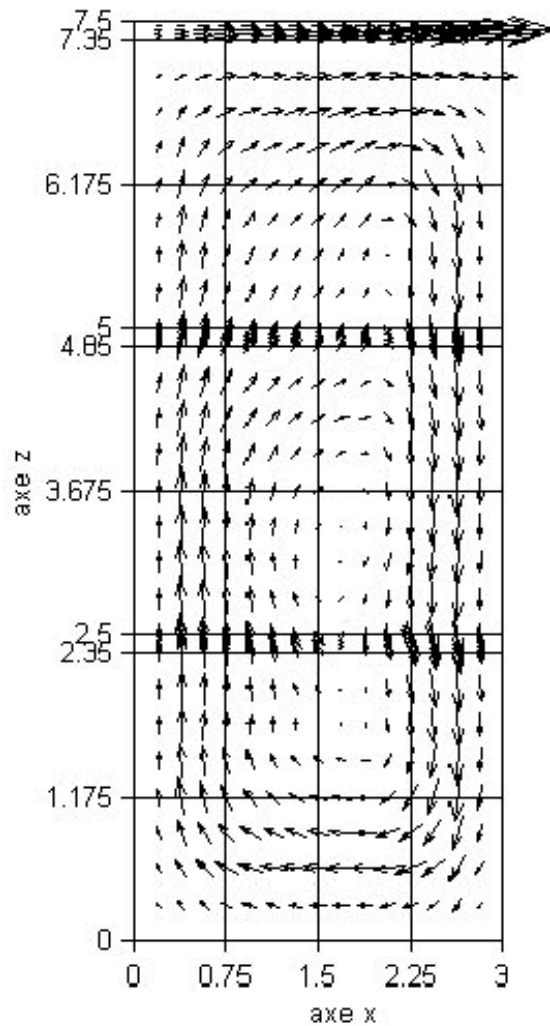


Champ de température

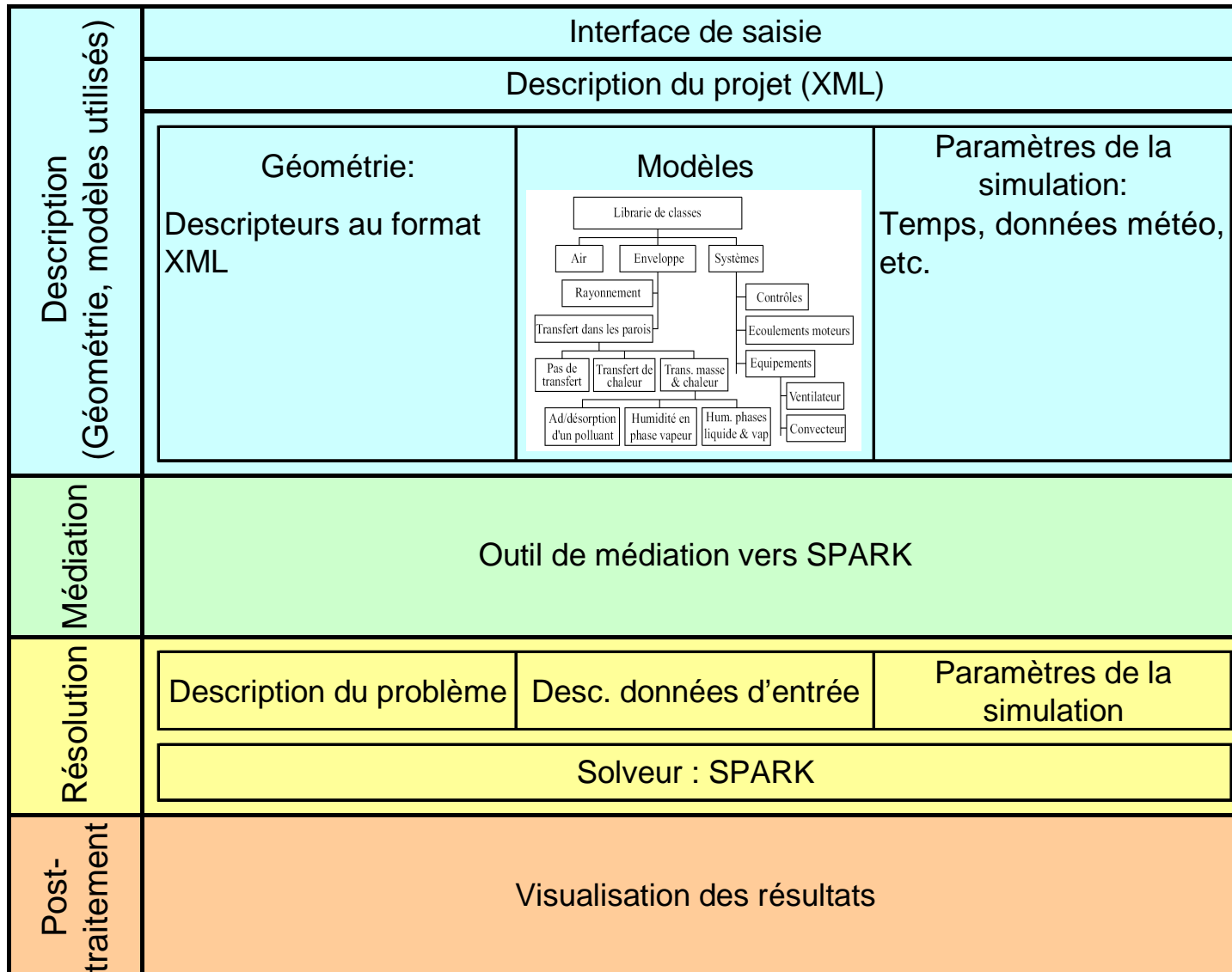


## Ex. résultats {Nodal+Zonal}

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