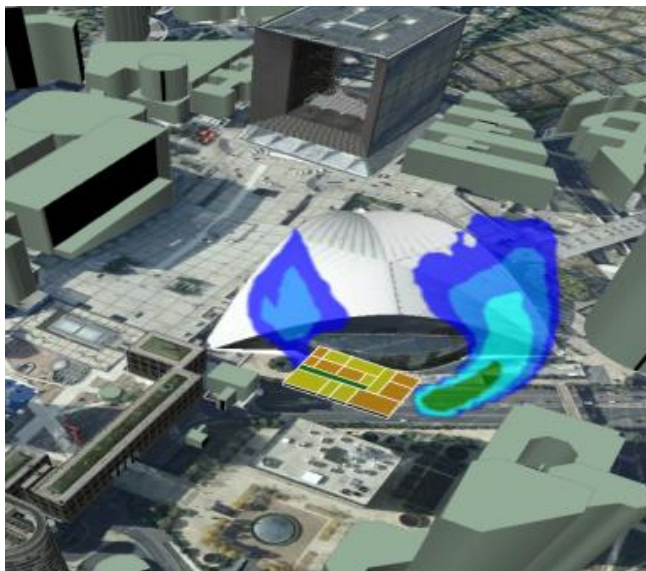


# Couplage entre PMSS et CONTAM: Transfert de polluants entre l'intérieur et l'extérieur d'un rejet dangereux



*Cyril Bonan<sup>1</sup>, Patrick Armand<sup>2</sup>, Christophe Duchenne (duchenne@cea.fr), Armand Albergel<sup>1</sup> (aalbergel@aria.fr), Christophe Olry<sup>1</sup> (colry@aria.fr), Maxime Nibart<sup>1</sup> (mnibart@aria.fr),*

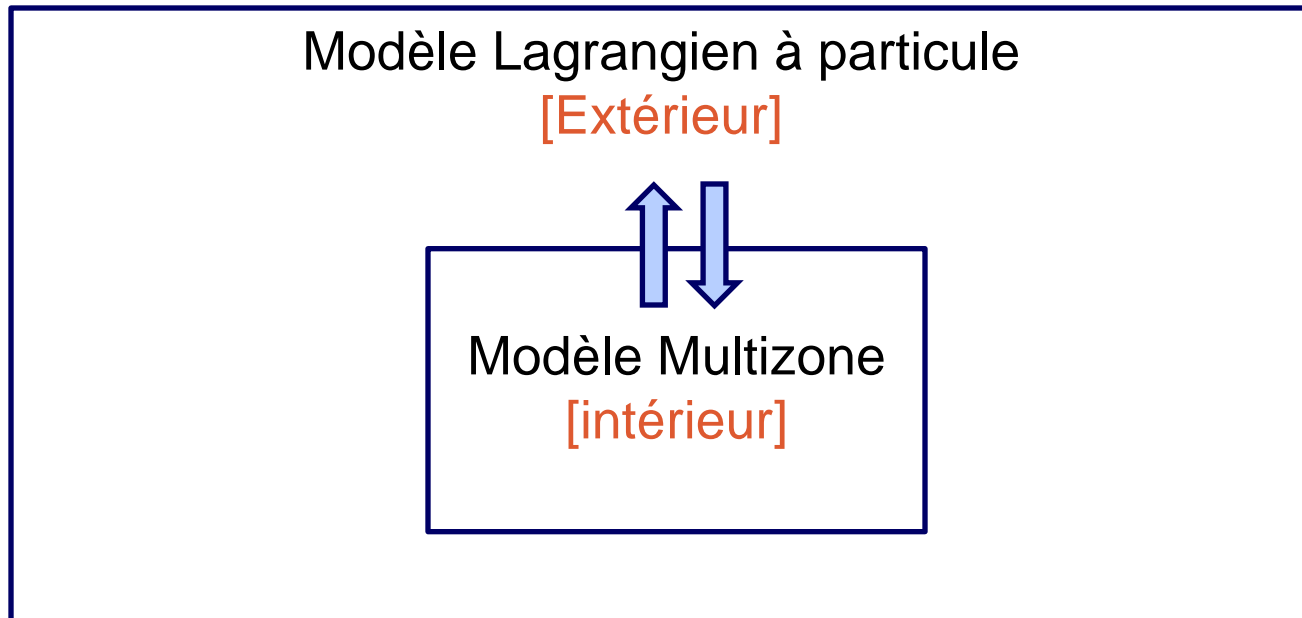
<sup>1</sup> ARIA Technologies, F-92100 Boulogne-Billancourt, France

<sup>2</sup>CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

# Contexte général

- Etude de la dispersion d'un rejet polluant en milieu urbain
- Modélisation fine de l'exposition de la population à l'air contaminé dans et en dehors des bâtiments

Nécessité de coupler deux modèles à échelles de dispersion différentes pour une prédiction complète



**L'objectif principal est de prédire la manière dont l'air extérieur impacte l'air intérieur, et inversement, en prenant en compte à la fois l'influence des conditions atmosphérique et celle du système de ventilation du bâtiment.**

# Modèles choisis

- Modèle urbain : **PMSS (Parallel Micro-Swift-Spray)**

Modèle de dispersion Lagrangien développé par ARIA Technologies, ARIANET, MOKILI, and CEA

- Modèle multizone (bâtiment) : **CONTAM**

Outil d'analyse d'échange de flux d'air et de transport de polluant développé par le NIST (National Institute of Standard Technologies)

**PMSS** est la version **parallèle** de l'outil **MSS** qui combine:

- Un modèle atmosphérique de diagnostic de conservation de la masse (**Micro-Swift**)
- Un modèle dispersion lagrangien (**Micro-Spray**)

**PMSS** est dédié à la modélisation de phénomènes à échelles urbaine et industrielle **avec des temps de calcul significativement plus courts qu'une solution de calcul CFD.**

Les applications typiques de PMSS:

- Taille de domaine : **1 à 10 km** avec des dimension de mailles allant de **10 à 1 m**,
- Calcul effectué en **1/10 du temps de réel** avec un processeur
- Temps de réponse de **quelques minutes**

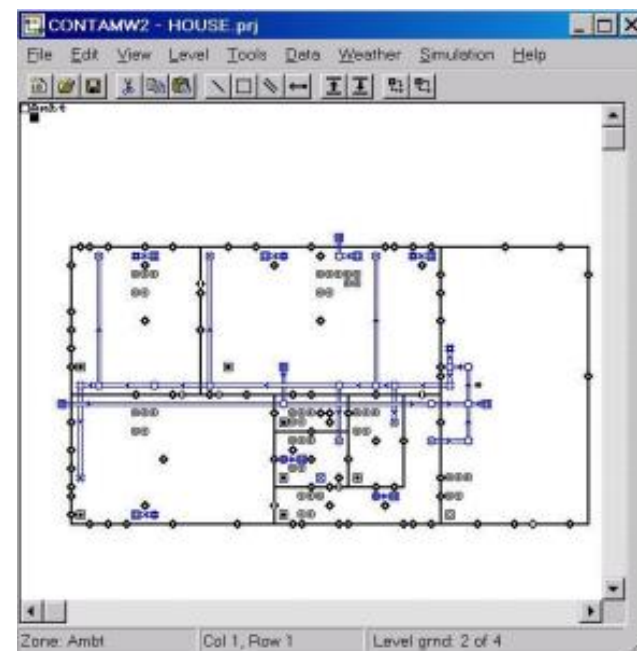
## Modèle multizone de qualité de l'air intérieur

### Flux d'air :

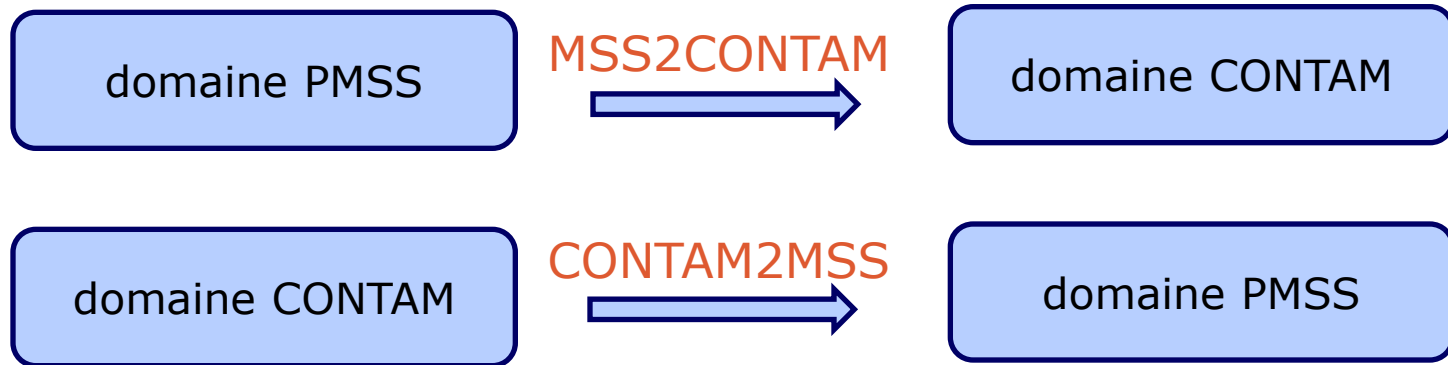
- Flux d'air pièce à pièce guidé par le système de ventilation mécanique ;
- Effets de températures ;
- Pression du vent agissant sur l'enveloppe du bâtiment.

### Concentration des polluants :

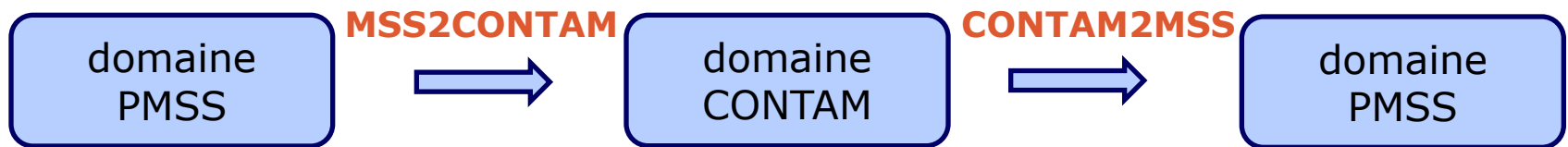
- Dispersion des polluant au travers des flux ;
- Transformation chimique et radiochimique ;
- Adsorption, désorption aux matériaux ;
- Filtration ;
- Module d'exposition des occupants.



- Couplage one-way
  - ❖ *Deux outils développés:*

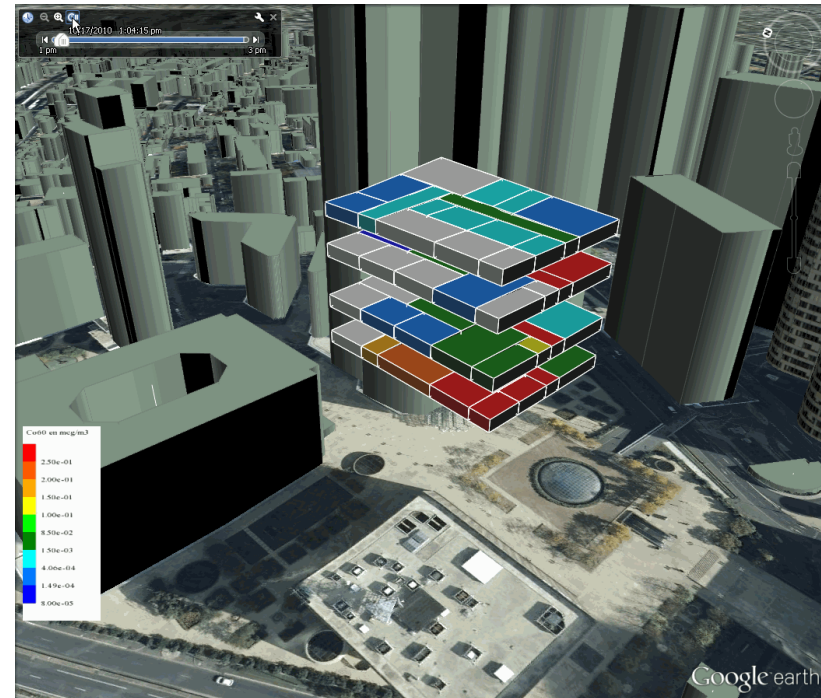


- Couplage two-way non itératif
  - ❖ *Association des deux outils de couplage one-way:*



**CONTAM2KML** : Les résultats **CONTAM** peuvent être visualisé dans le temps et l'espace via Google Earth (format kml).

- Possibilité de choisir le niveau ou le compartiment,
- Requier un fichier utilisateur de géométrie du bâtiment,
- Géo-référencement pris en compte



*Exemple de visualisation*

## Entrées

CONTAM.SIM

CONTAM.PRJ

## Exécutable

CONTAM2KML

## Sortie

KML





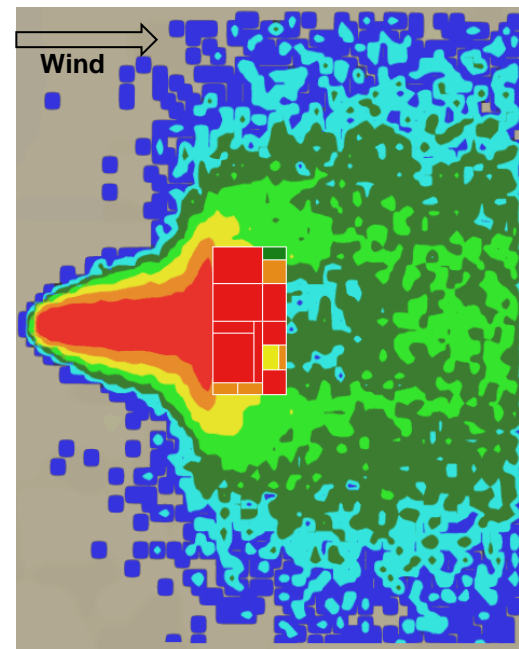
# Couplage one-way : PMSS2CONTAM

## Fonctionnement :

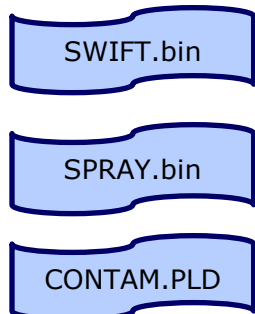
- Dispersion urbaine exécutée par **PMSS** ;
- Résultats chronologiques de **PMSS** post-traités afin de créer une série temporelle de condition aux frontières des voies d'accès extérieur/intérieur du bâtiment **CONTAM** ;
- Exécution de **CONTAM**.

## Quantités physiques fournies à CONTAM :

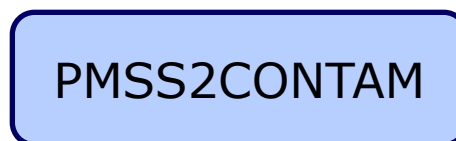
- Concentration des polluants en kg/kg ;
- Différence de pression en Pa.



### Entrées



### Exécutable



### Sortie



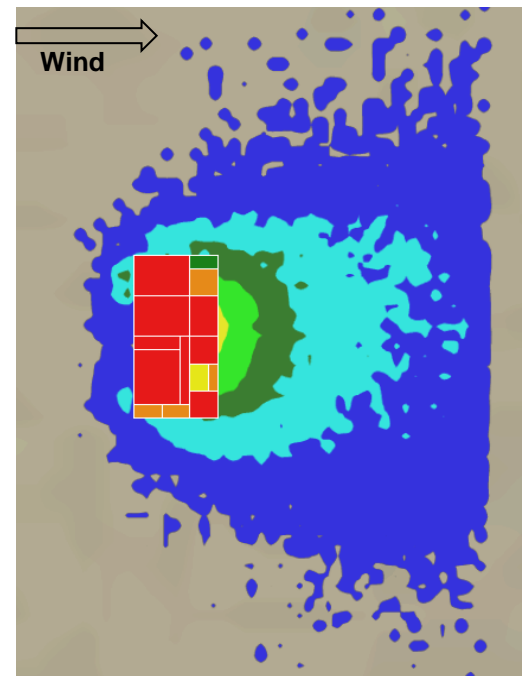
# Couplage one-way : CONTAM2PMSS

## Fonctionnement :

- Dispersion au sein du bâtiment faite par **CONTAM** ;
- Résultats chronologiques de **CONTAM** post-traités afin de créer un fichier de série temporelle de sources de rejets comme donnée d'entrée de **PMSS** ;
- Exécution de **PMSS**.

## Quantités physiques fournies à PMSS :

- Position de la source de rejet ;
- Débit des polluants en kg/h ;
- Hauteur et diamètre des sources.



### Entrées

CONTAM.SIM

CONTAM.PLD

### Exécutable

CONTAM2PMSS

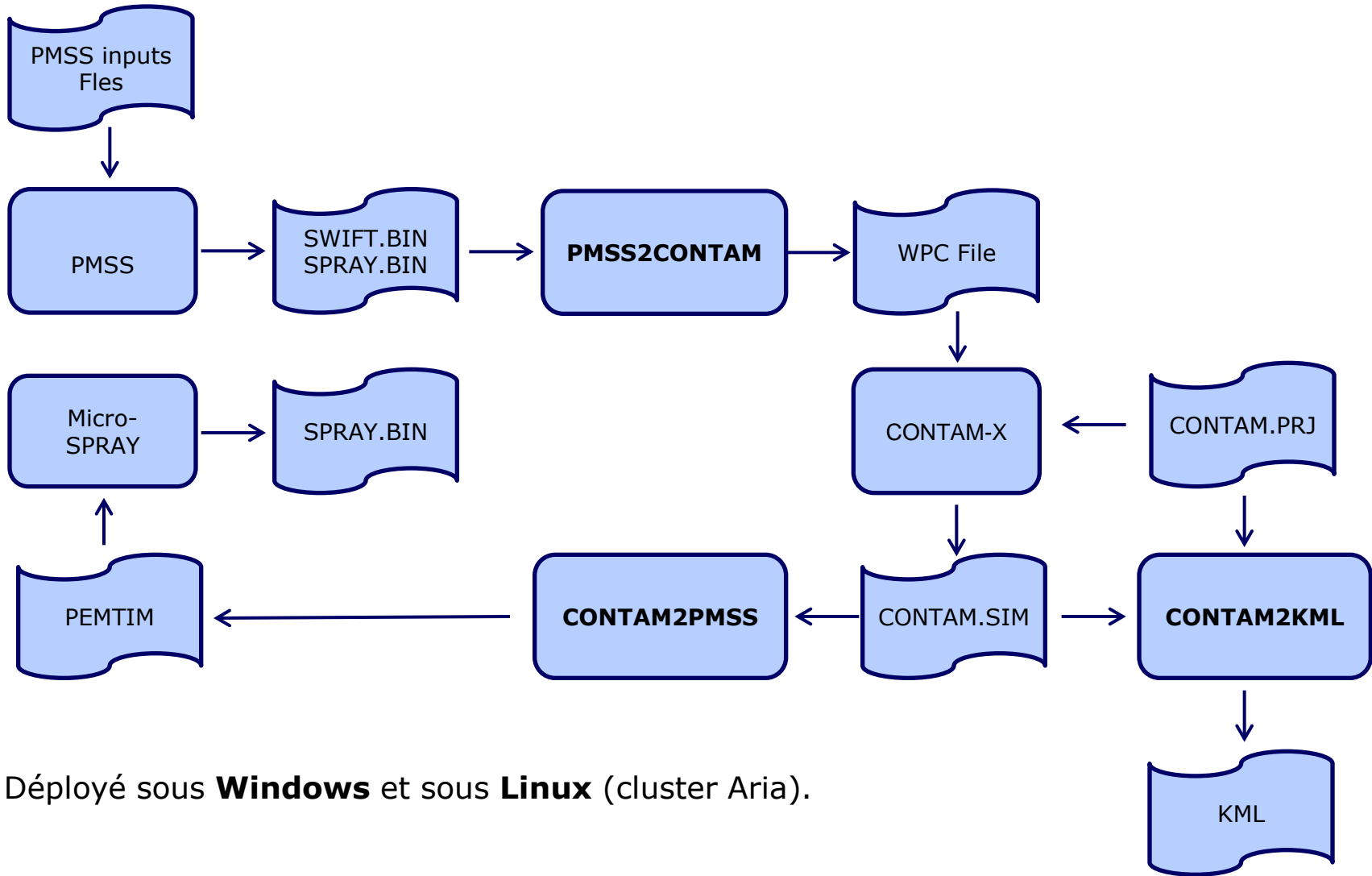
### Sortie

PEMTIM

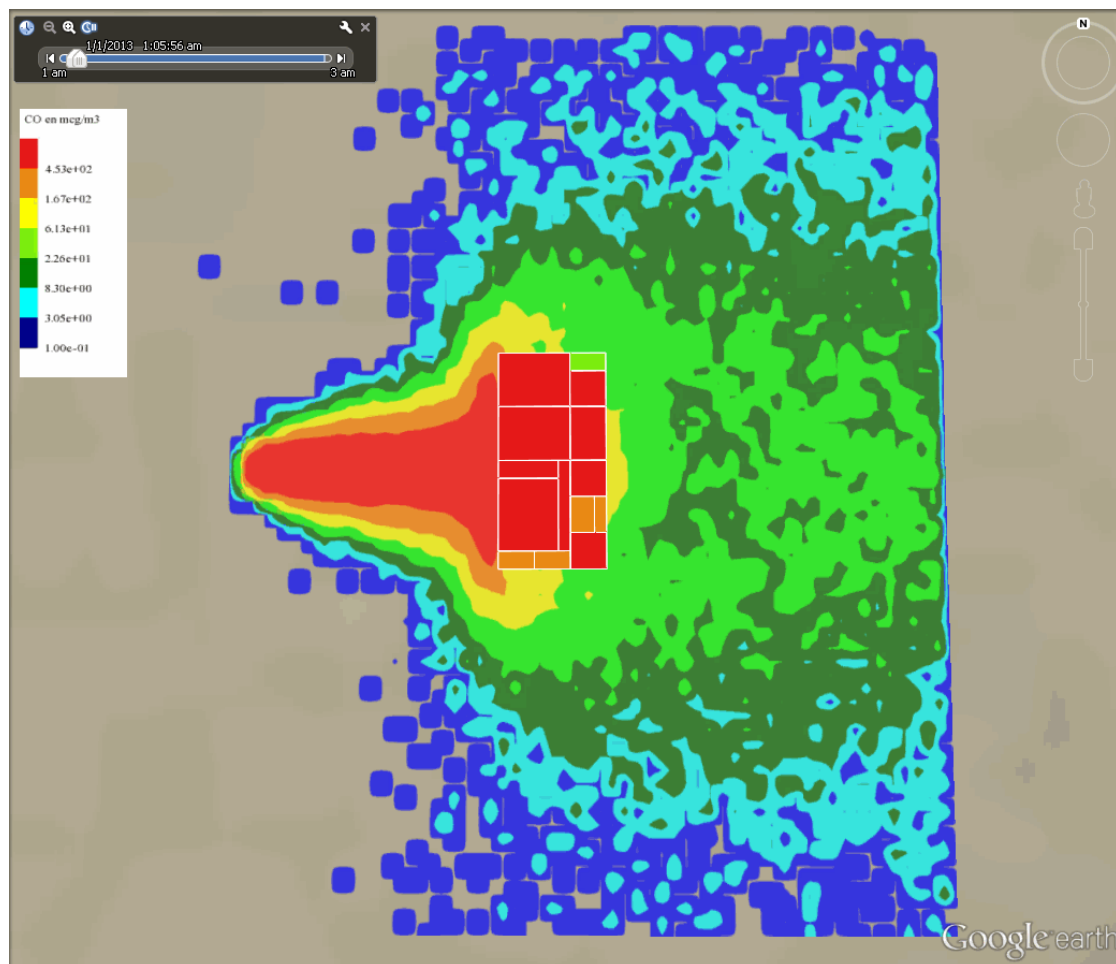


# Couplage two-way non itératif (1)

Chaine de calcul sous forme de script Shell appelant séquentiellement plusieurs exécutables et encapsulant **PMSS2CONTAM**, **CONTAM2PMSS** et **CONTAM2KML**.



Déployé sous **Windows** et sous **Linux** (cluster Aria).



Visualisation Google Earth des concentrations de CO (mcg/m<sup>3</sup>)

# Validation : Comparaison avec ALOHA (1)

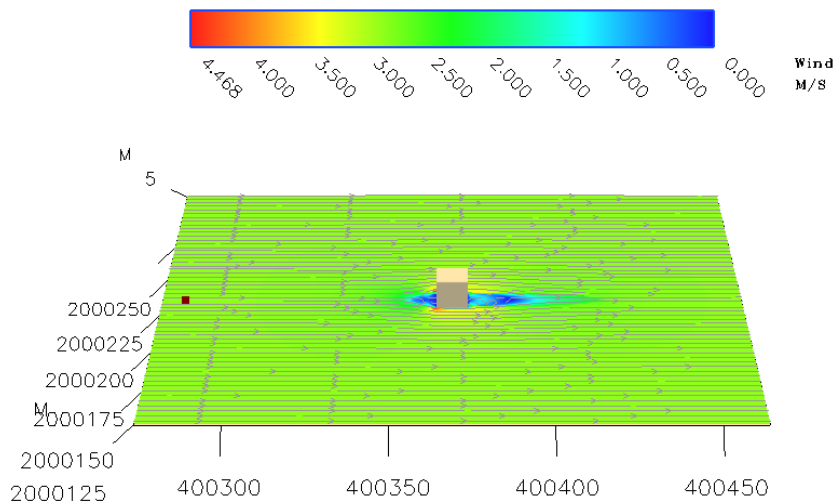
## Spécification du cas:

- Dimensions du bâtiment :  $10 \times 10 \times 10 \text{ m}^3$
- Rejet : 4 kg de CO rejetés en 10 min, à 100 m du bâtiment
- Météorologie : Neutre ; vent d'ouest à 3.34 m/s (2m du sol) ;  $15^\circ \text{ C}$
- Taux de renouvellement de l'air (ALOHA) :  $\tau = 60 \text{ s}$

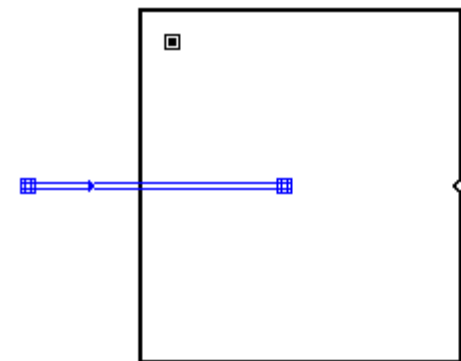
## Projet CONTAM:

- Cube avec conduit d'aération et une ouverture vers l'extérieur de  $2 \text{ m}^2$
- Débit dérivé du taux de renouvellement  $\tau$  et du volume  $V$  :

$$\rightarrow \text{Flux imposé en entrée par } Q = \frac{V}{\tau}$$

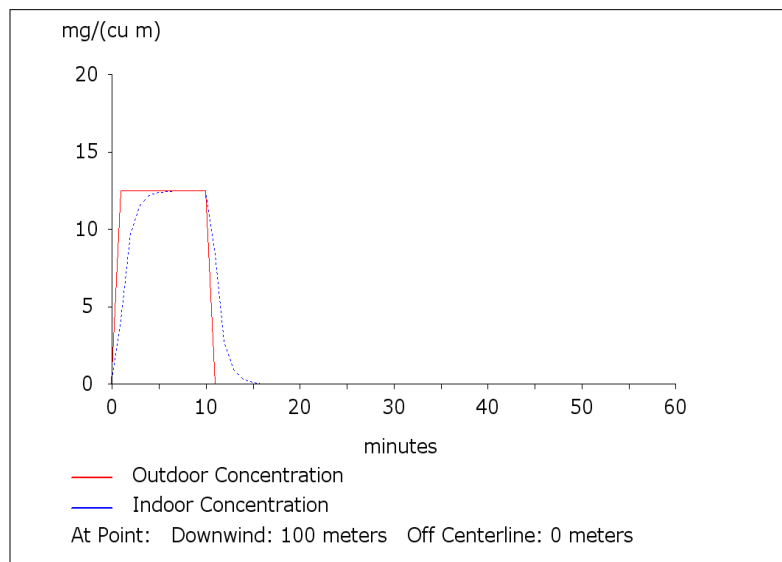


Emplacement de l'obstacle et de la source

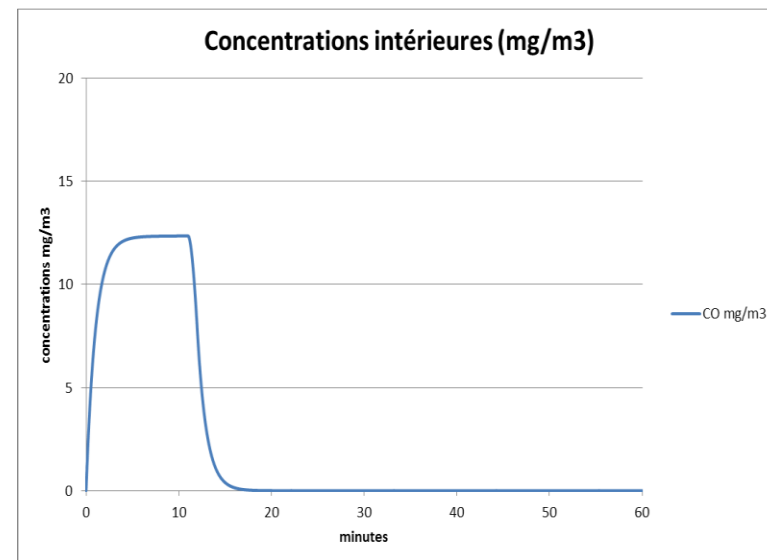


Impression du projet CONTAM

- Validation du couplage sur les concentrations

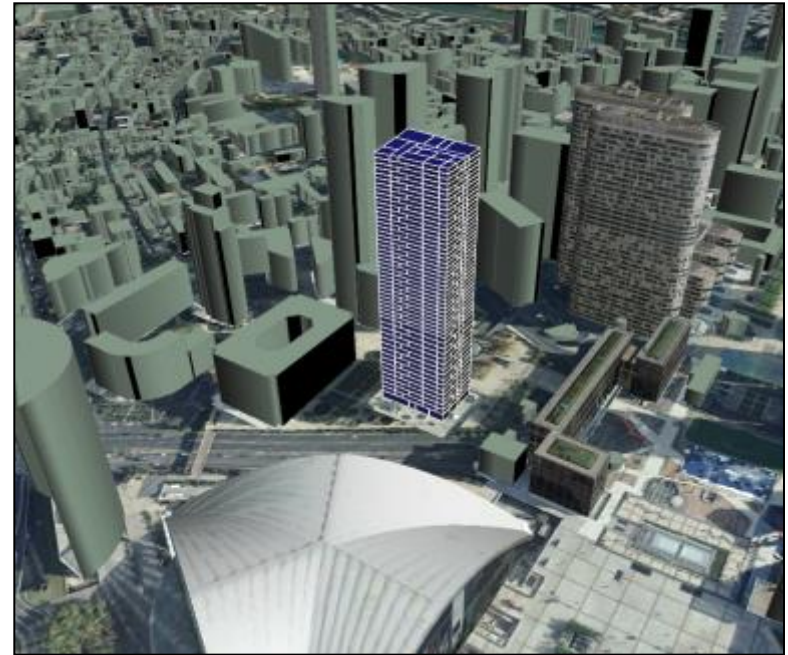
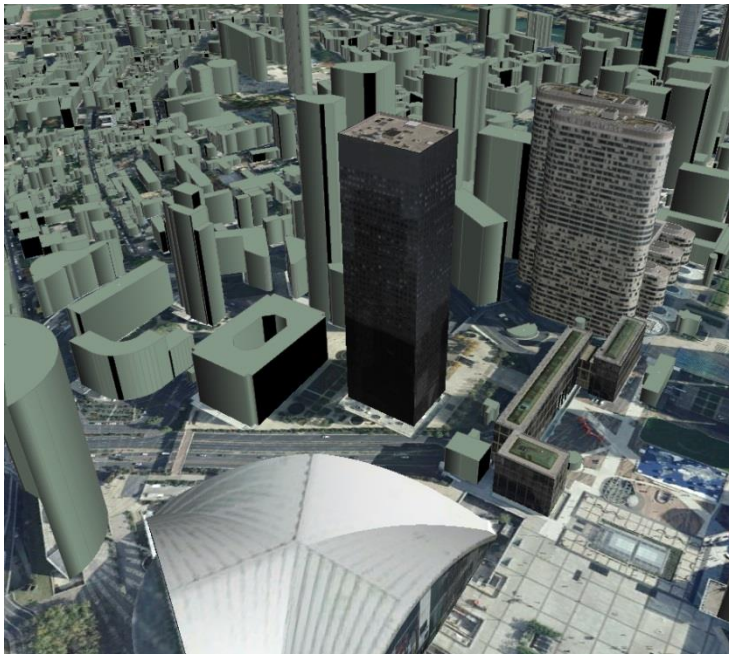


Résultat ALOHA : concentration en mg/m<sup>3</sup>



Résultat CONTAM : concentration en mg/m<sup>3</sup>

**Bonne adéquation entre les résultats ALOHA/CONTAM**

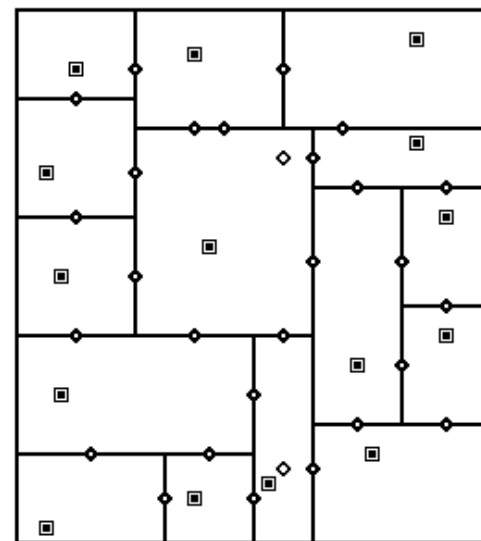
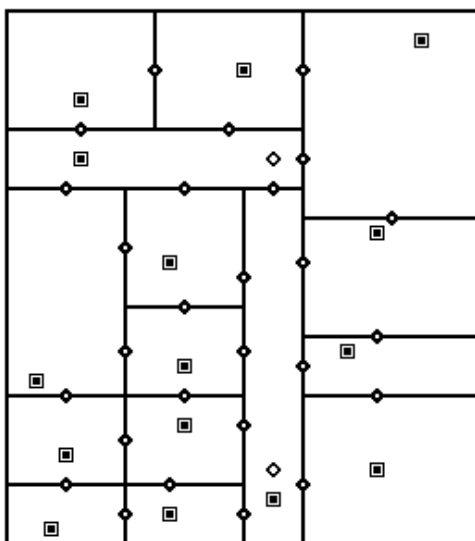
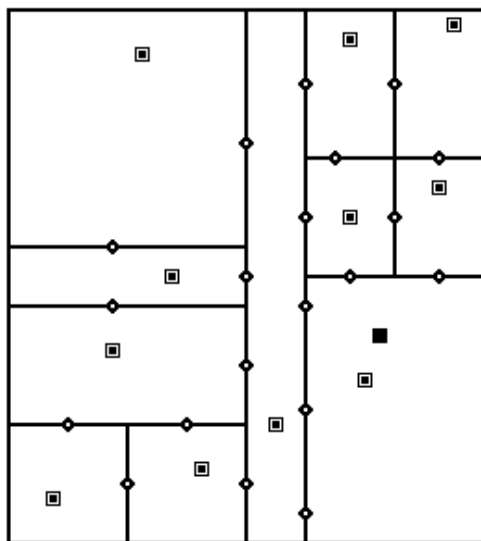


Vue aérienne Google Earth : à gauche, modèle SketchUp de la tour,  
À droite, représentation kml de la tour CONTAM



## Projet CONTAM :

- Dimension du bâtiment :  $33.5 \times 48.3 \times 174 \text{ m}^3$
- 3 types d'étage avec un nombre de zones variant de 11 à 15 par étage
- 52 étages au total
- 4 voies de communication standards avec l'extérieur, à quatre étages différents, de section  $4 \text{ m}^2$
- Voies de communication standards entre zones, dont les sections varient de  $2$  à  $4 \text{ m}^2$
- Calcul CONTAM : 1 sec de pas de temps ; durée 2h.



*Les 3 types d'étages modélisés pour le cas du bâtiment étudié*



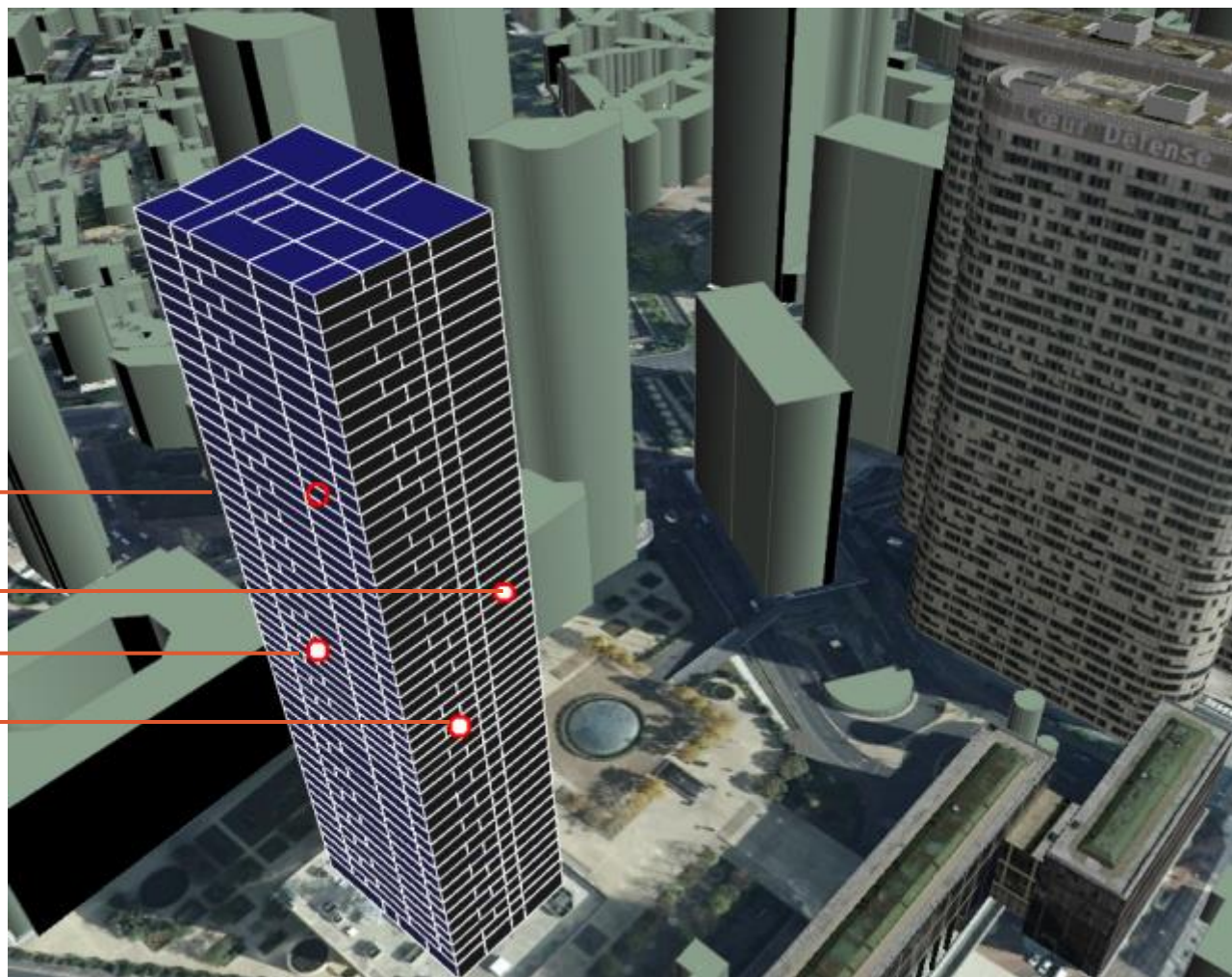
## Etage Altitude

30 106 m

27 96 m

23 85 m

20 75 m

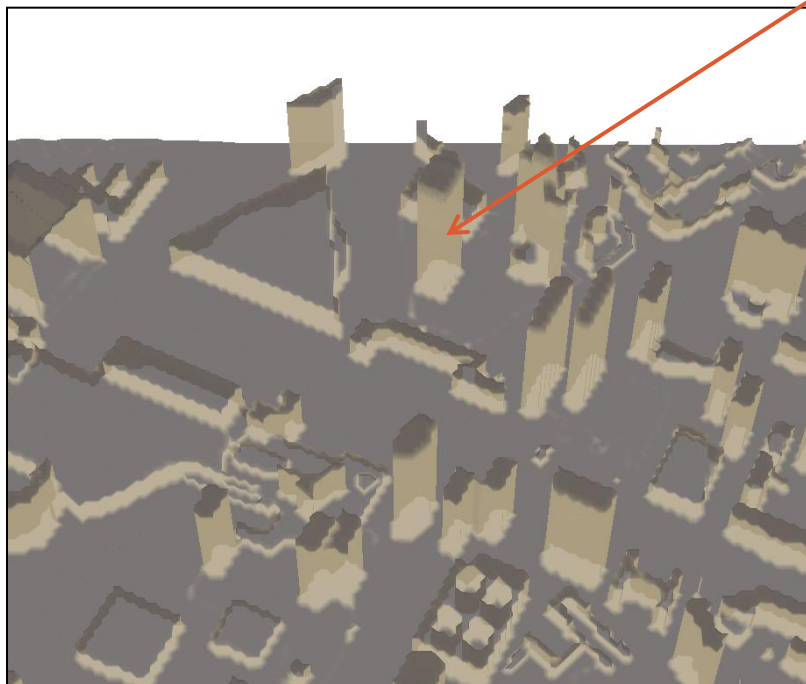


Vue aérienne de la modélisation du bâtiment sous Google Earth

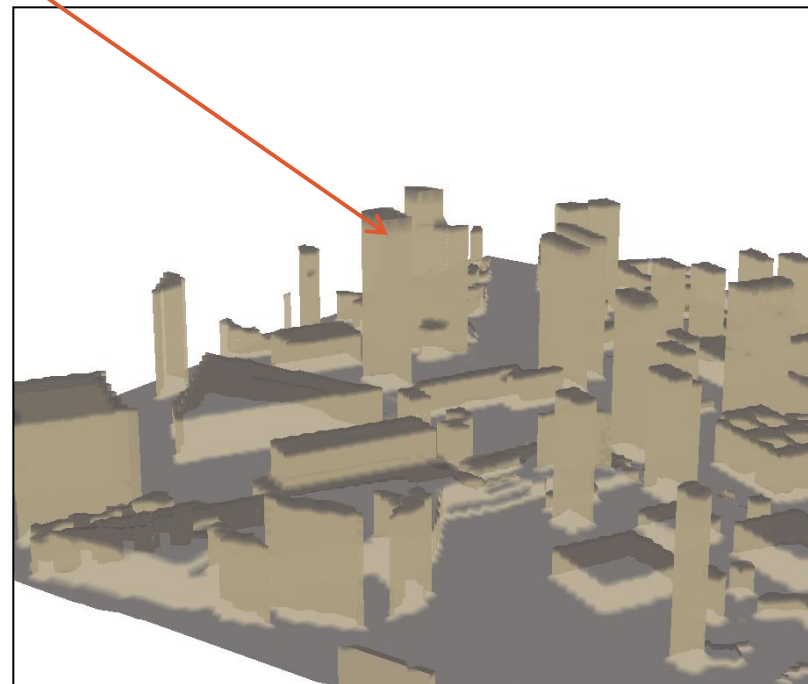
## Rejet :

- Un rejet volumique à 12h00 . Durée du rejet : 5 minutes.
- Espèce : Cobalt 60 (Co60); nombre de particules : 5000 par seconde
- Durée de moyennage des concentrations: 1 minute

### Bâtiment étudié



Vue du dessus du panache de Co



Vue de côté du panache de Co

**1 échéance par minute**

## Domaine de calcul P-SWIFT et P-SPRAY :

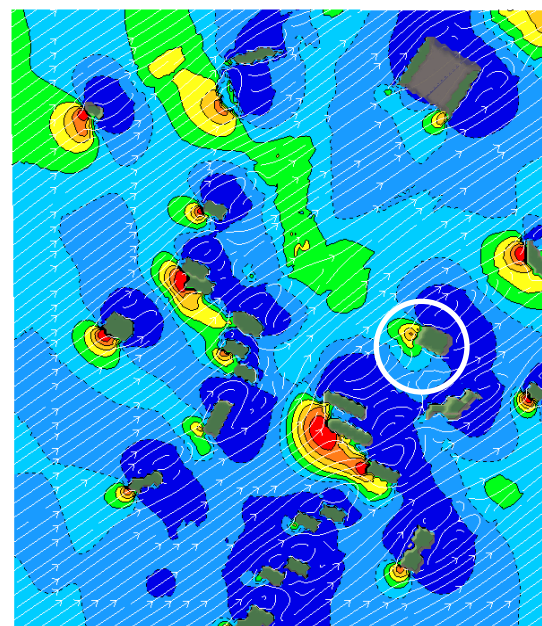
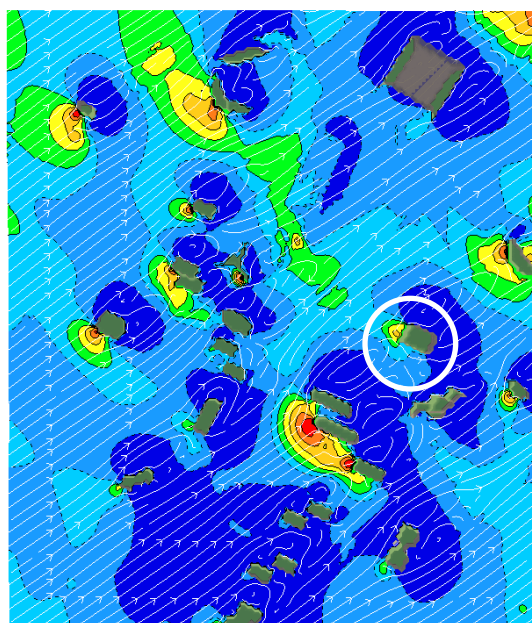
Lx (m)	1050
Ly (m)	900
Lz (m)	500
Résolution horizontale (m)	6
Résolution verticale (m)	2.5 au sol
Nbre de niveaux verticaux (P-SWIFT et P-SPRAY)	40
Topographie	oui
Bâti	Complexe

## Météo réelle instationnaire (5 échéances)

Temps	Direction (degrés)	Vitesse (m/s)	Hauteur (m)	Stabilité
12h 00min	145	2	10	Neutre
12h 05min	145	2	10	Neutre
12h 15min	145	2	10	Neutre
12h 30min	120	2	10	Neutre
14h 00min	90	2	10	Neutre

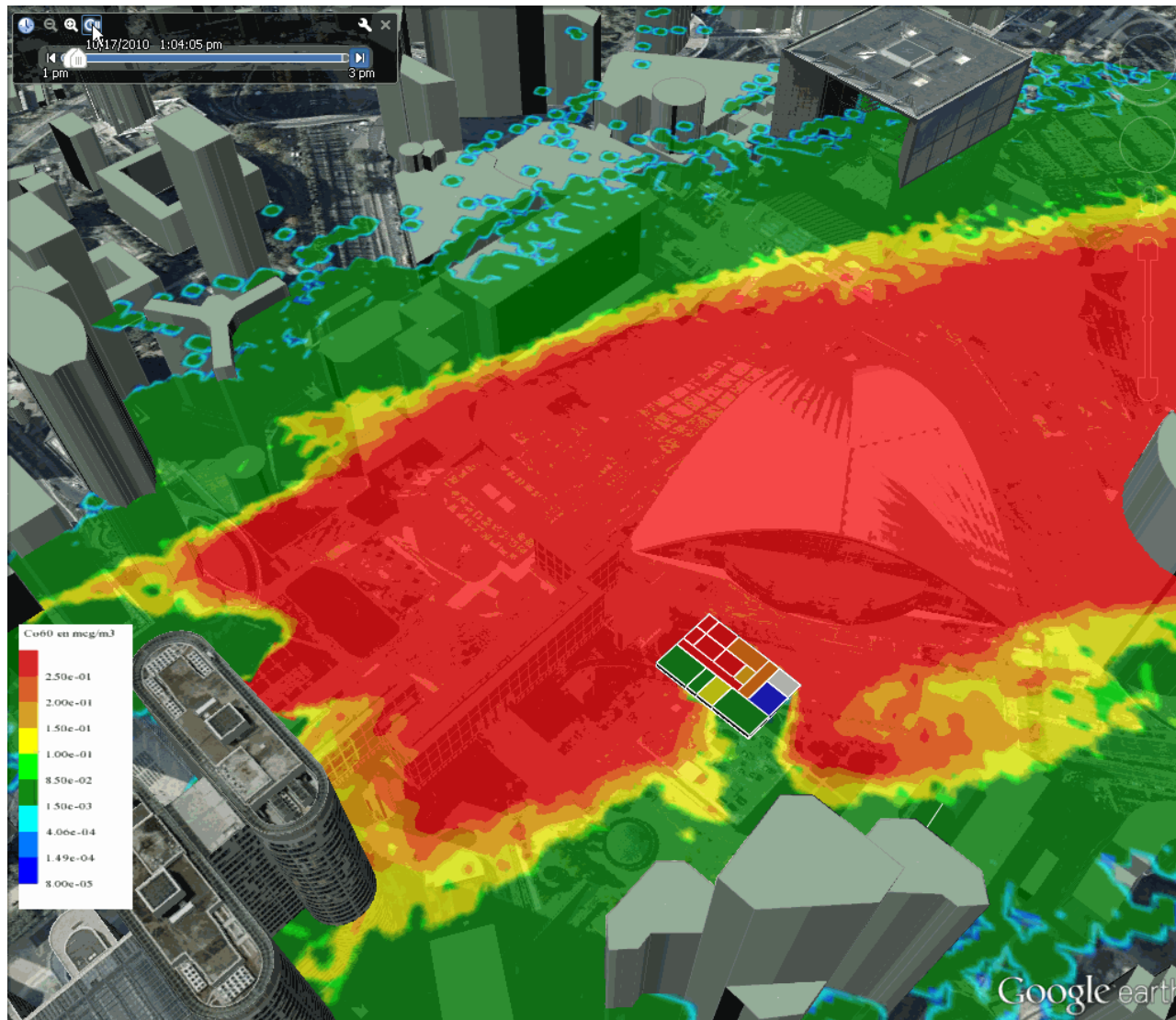


10/17/2010 12:00:0.00



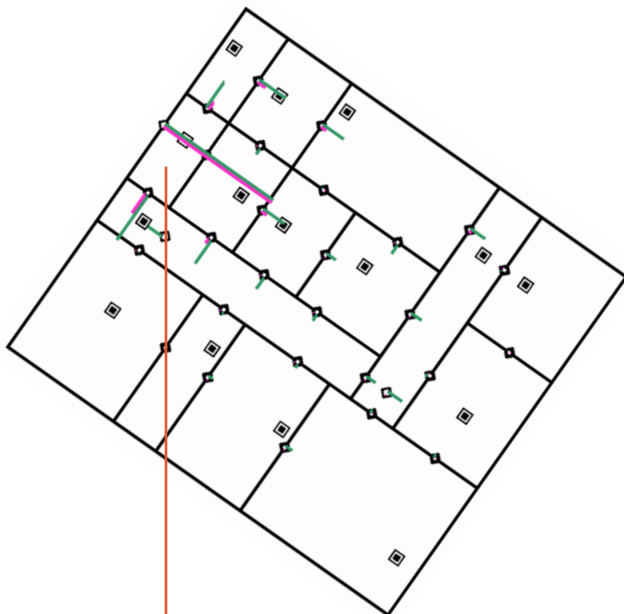
Champs des différences de pression aux étages 20 (gauche) et 27 (droite)



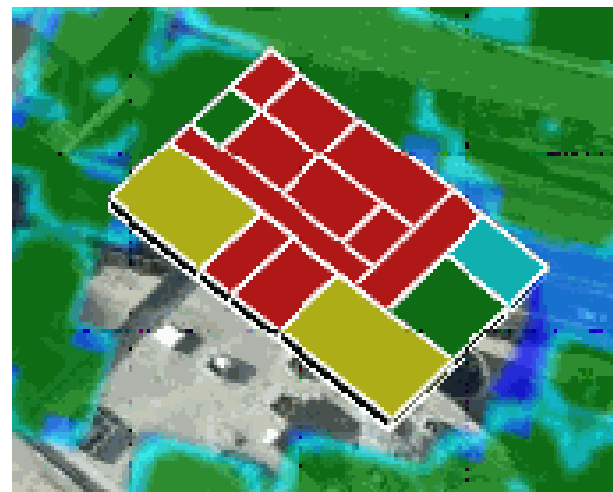
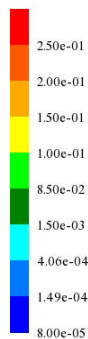


Vue aérienne sous Google Earth des résultats CONTAM et PMSS au niveau du 20<sup>ième</sup> étage

Résultat CONTAM du 20<sup>ème</sup> étage , à la 1<sup>er</sup> échéance

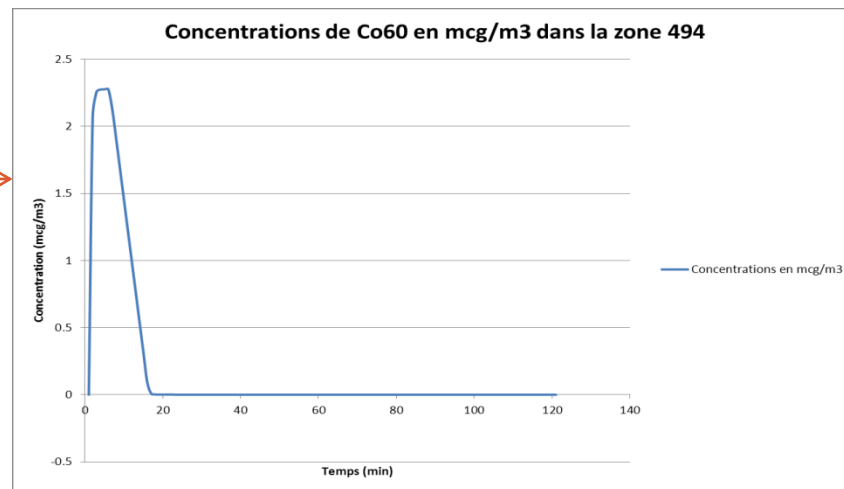


Co60 en mcg/m3

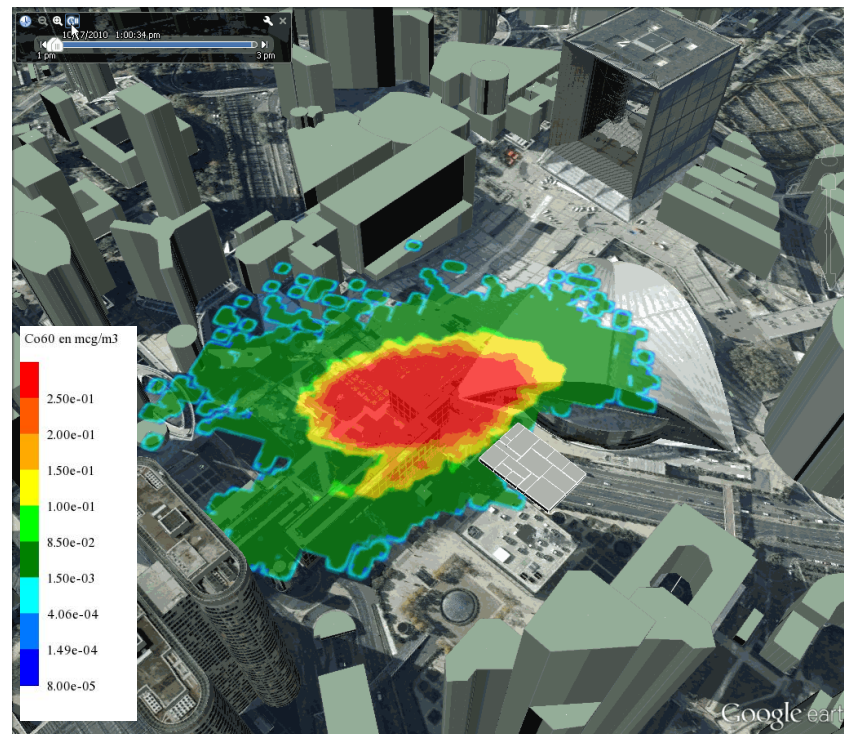
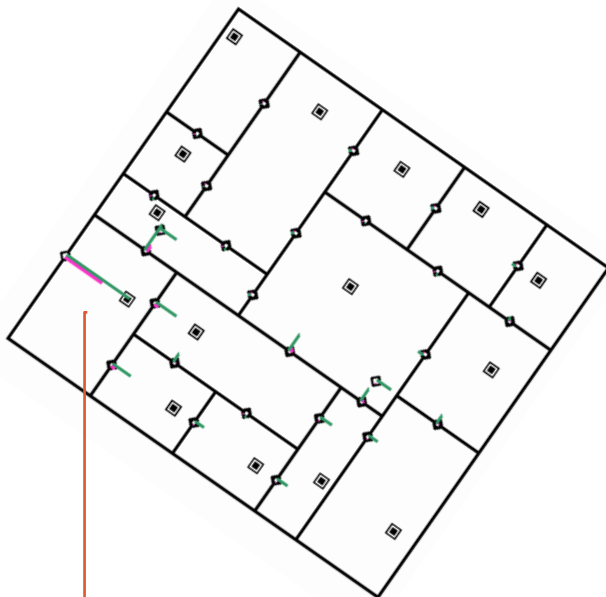


Zoom sur l'étage

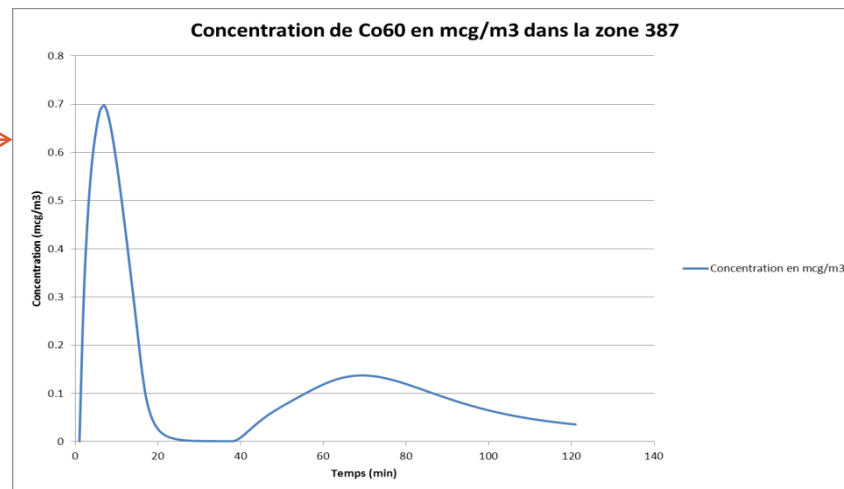
En rose une représentation du delta P  
et en vert du flux d'air



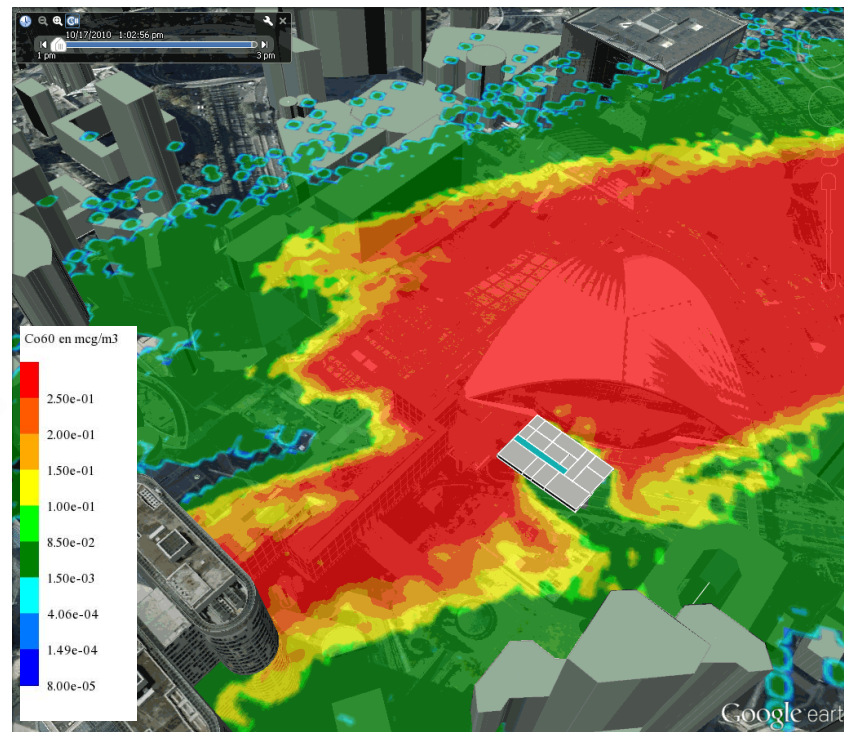
Résultat CONTAM du 27<sup>ième</sup> étage, à la 1<sup>er</sup> échéance



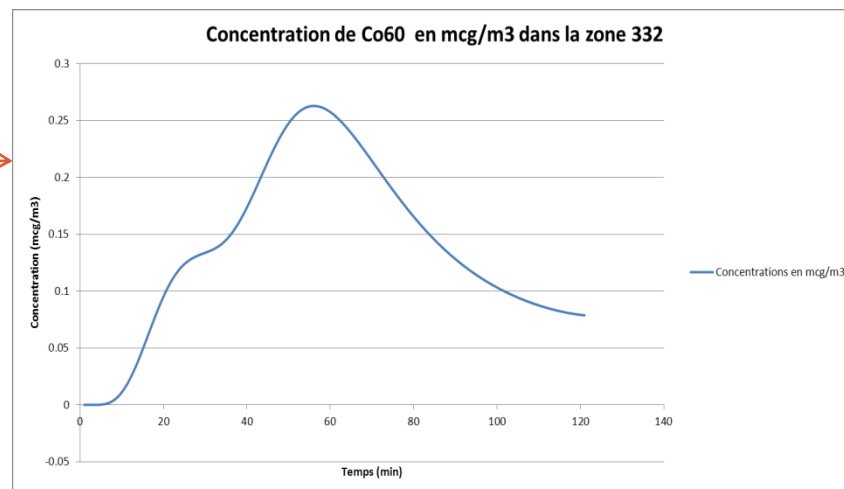
En rose une représentation du delta P  
et en vert du flux d'air



Résultat CONTAM du 30<sup>ème</sup> étage, à la 1<sup>er</sup> échéance



En rose une représentation du delta P  
et en vert du flux d'air





# Conclusion et perspectives

- Développement d'un couplage PMSS/CONTAM prenant en compte à la fois les influences des conditions météorologique et les systèmes mécaniques de ventilation du bâtiment ;
- Comparaison CONTAM/ALOHA et application sur le cas complexe d'un gratte-ciel de la Défense.
- Application à un cas réel, un ERP (établissement recevant du public) par exemple pour des applications de qualité de l'air « classiques » ;
- Intégration de CONTAM dans une chaine WRF/PMSS/CONTAM ;
- Couplage fort (couplage itératif).

# Remerciements

Le développement du couplage de PMSS et CONTAM a été financé par le CEA-DAM.

**Merci pour votre attention.**