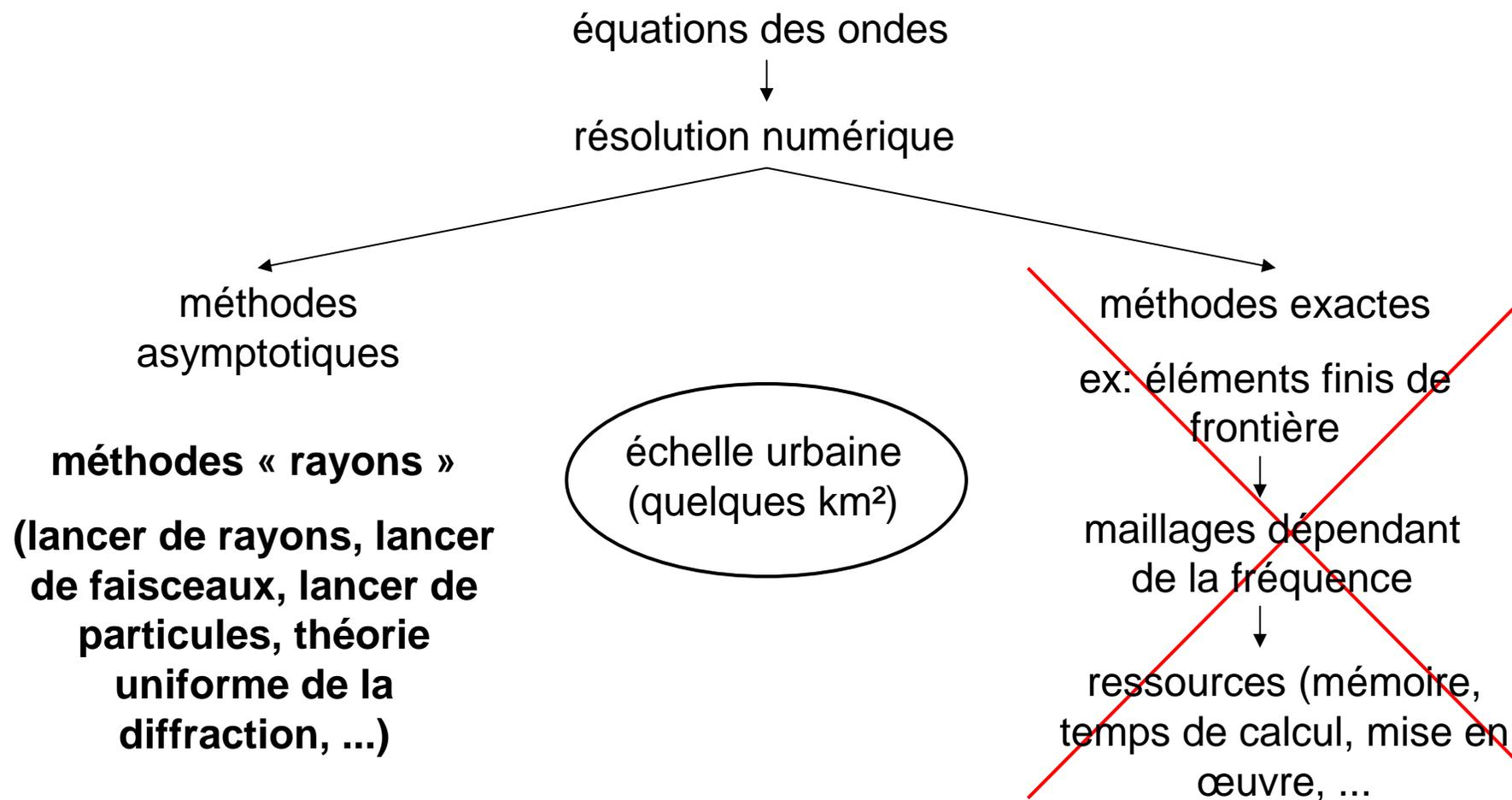


# Prédiction de l'exposition aux ondes électromagnétiques en milieu urbain

> Nicolas Noé, François Gaudaire – CSTB – Département Acoustique et Eclairage

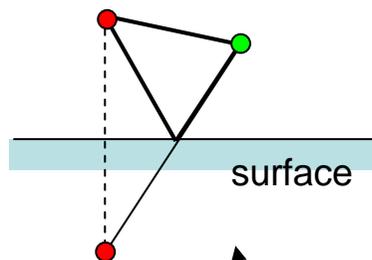
## Applications et perspectives

# Méthodes asymptotiques vs méthodes exactes



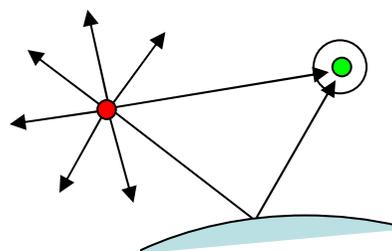
# Méthodes asymptotiques : un objectif, plusieurs approches (1/2)

> sources images :



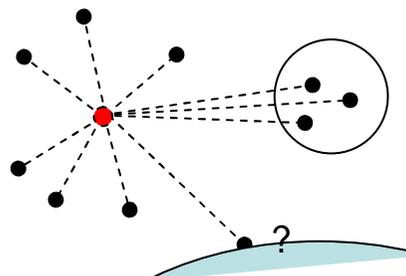
construction de sources  
« images » par symétrie

> lancer de rayons :



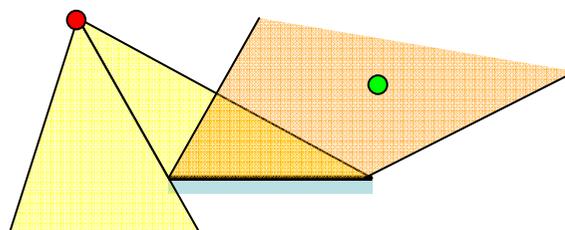
échantillonnage régulier par  
des rayons et collecte

> lancer de particules :



méthode stochastique :  
densité de particules =  
puissance

> lancer de faisceaux :



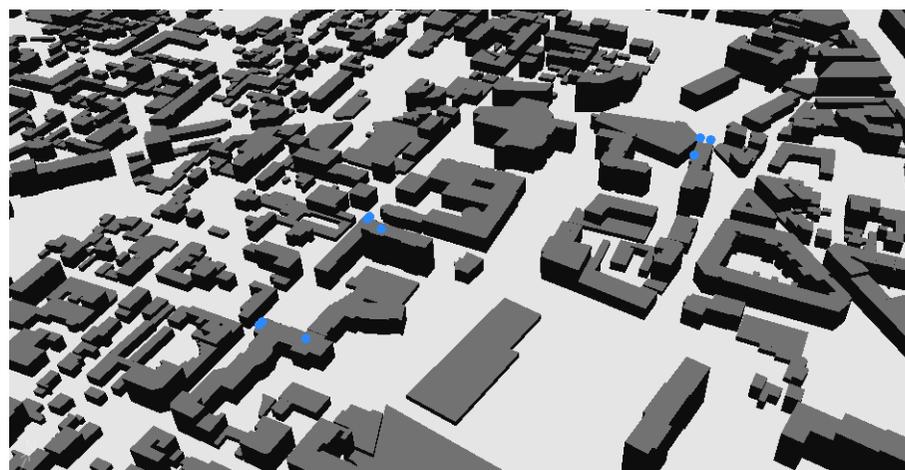
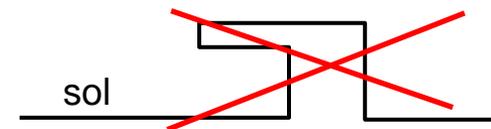
partitionnement de  
l'espace par la  
géométrie

# Méthodes asymptotiques : un objectif, plusieurs approches (2/2)

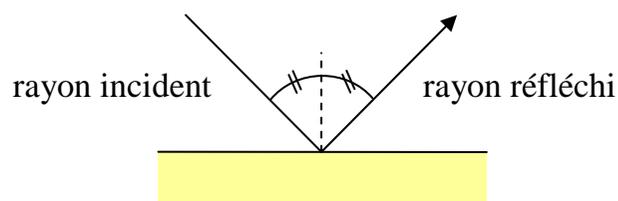
méthode	géométrie	physique	avantage / inconvénient
sources images	plane	champs (interférences)	performances, point-à-point
lancer de rayons	quelconque ?	champs ?	<i>aliasage</i> (point à surface)
lancer de particules	quelconque	énergie	bruitée, approche énergétique, possibilités
lancer de faisceaux	polygonale (pyramides), quelconques (adaptatifs)	champs	complexité, point-à-point, diffraction

# Environnement urbain : une approche géométrique en 2,5D

- > modélisation utilisée par les SIG : 2,5D soit  $z = f(x,y)$
- > des lignes de niveaux et des bâtiments représentés par leur empreinte au sol et leur hauteur
- > réflexion sur des surfaces verticales uniquement (...)
- > des calculs beaucoup plus performant qu'en vraie 3D... pour des résultats identiques
- > approche utilisée pour la cartographie acoustique

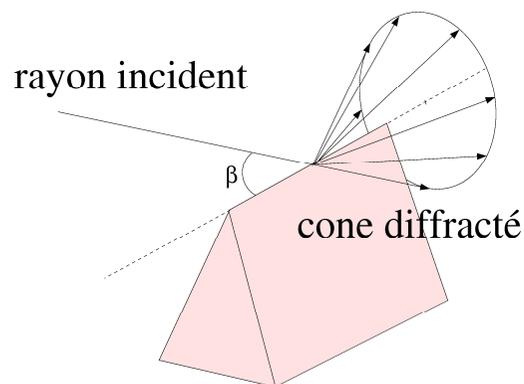


## > principe de Fermat : réflexion spéculaire

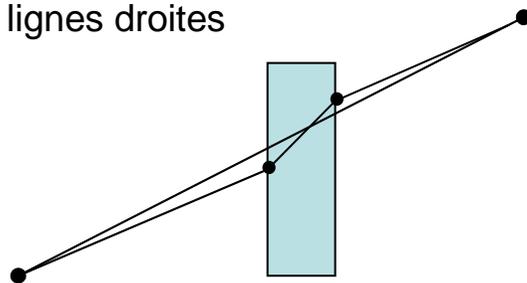


une réflexion spéculaire en 3D (sur une façade verticale)... le reste en 2D (sur un segment) : pour passer de la 2D à la 3D, déterminer une hauteur sur la façade (par sources images)

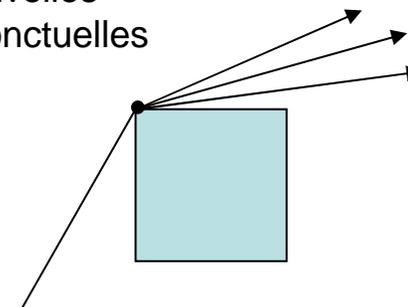
## > diffraction (contournement des obstacles) : TGD



arêtes horizontales :  
à peu près des  
lignes droites



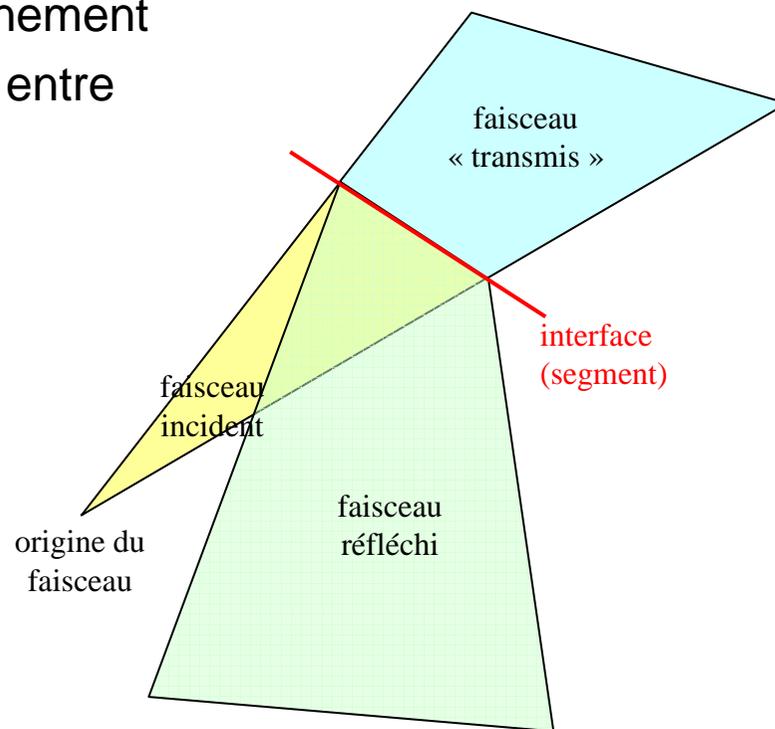
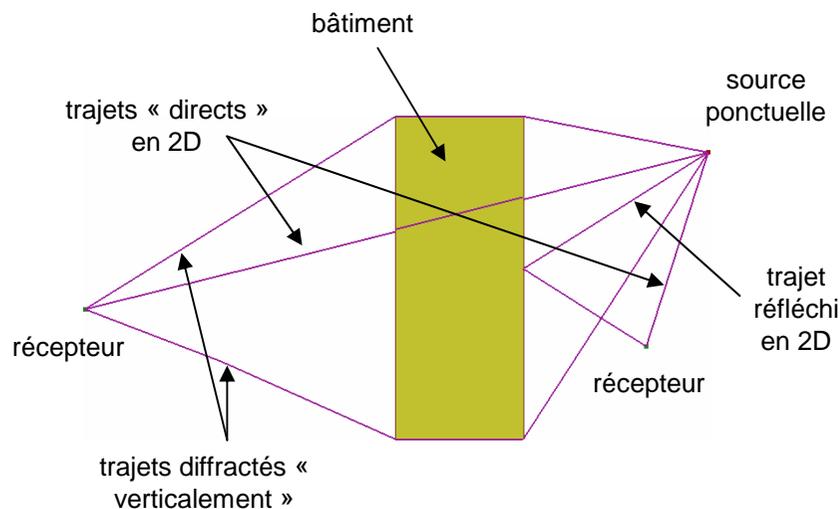
arêtes verticales :  
des nouvelles  
sources ponctuelles



vues de dessus

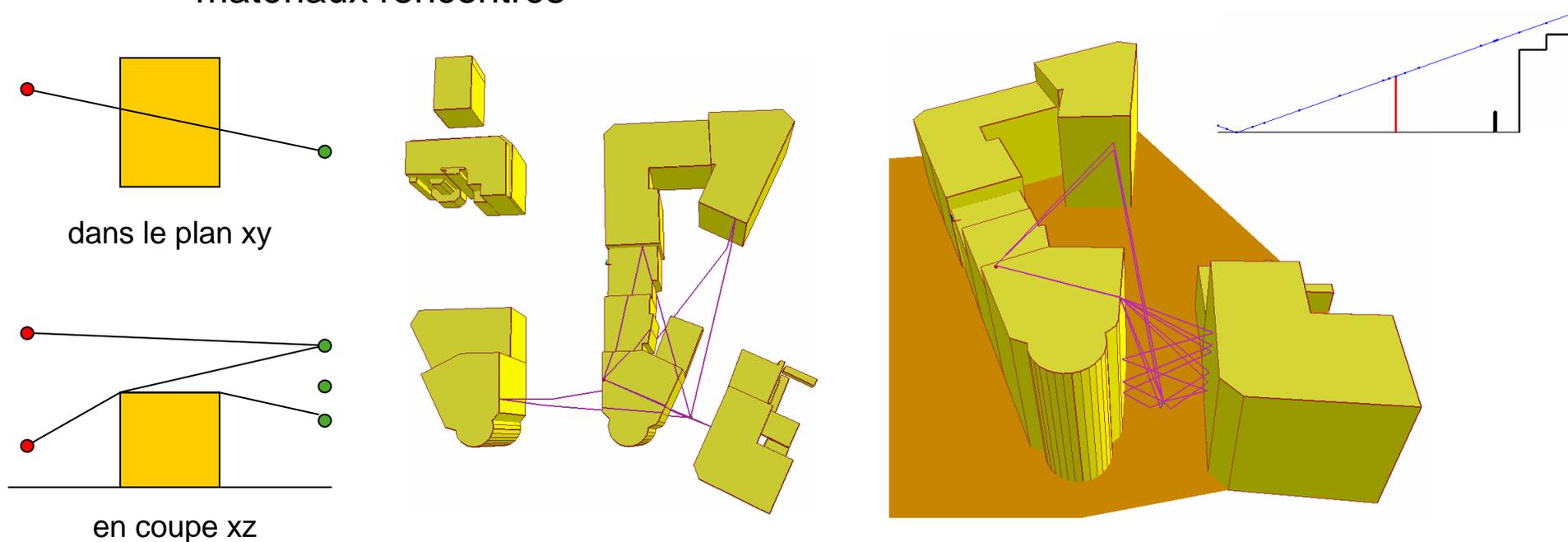
# Principe du lancer de faisceaux en 2,5D

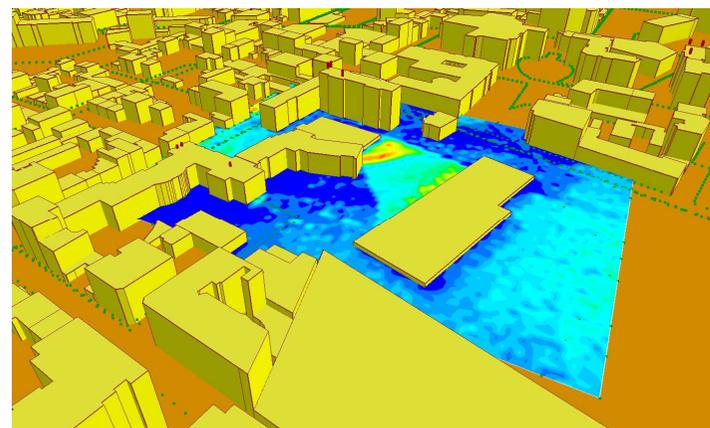
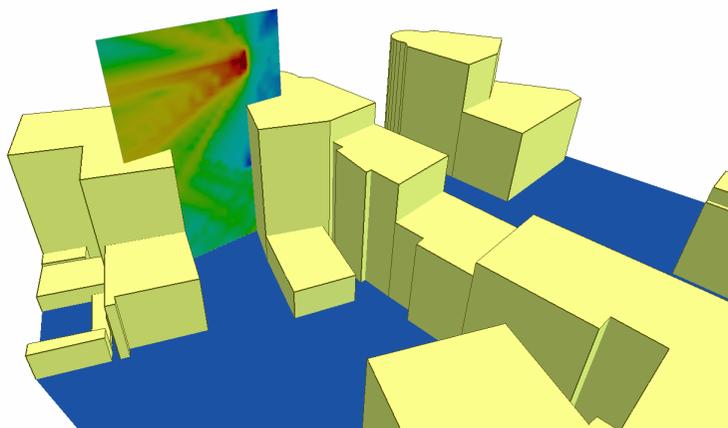
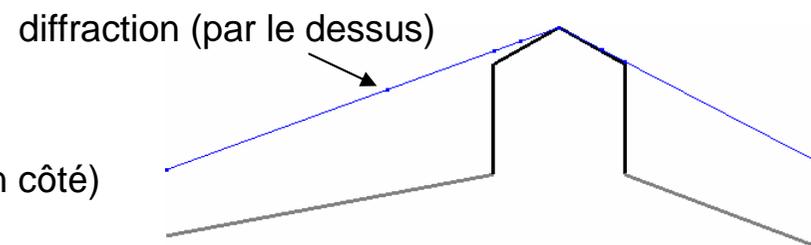
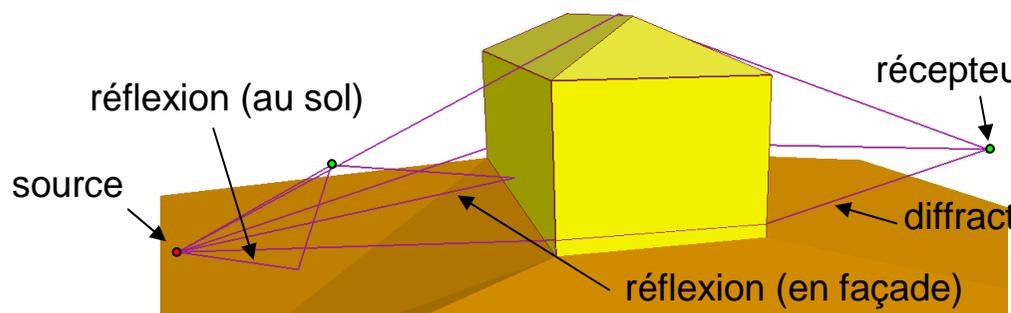
- > objectif : trouver l'ensemble des trajets entre une antenne et des récepteurs (en 2D), pour un ordre de réflexion / diffraction donné, jusqu'à une distance maximale
- > principe : des faisceaux couvrant 360 degrés autour des émetteurs
- > partitionnement des faisceaux par l'environnement
- > construction des trajets point-à-point en 2D entre émetteur et récepteurs



# Des calculs de champs en 3D

- > d'un trajet 2D à un ensemble de trajets 3D (ou pas) par la méthode de l'enveloppe convexe
- > ajout des réflexions au sol et résolution exacte de la TGD
- > calcul du champs associé incluant le rayonnement de l'antenne et les matériaux rencontrés





> homogénéisation dynamique : au-delà du principe de localité

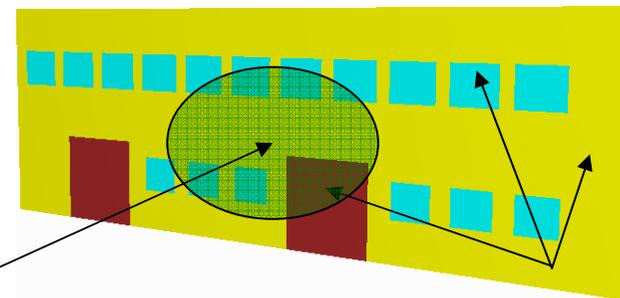
géométrie détaillée

modèle  
3D :



texture appliquée à la façade !

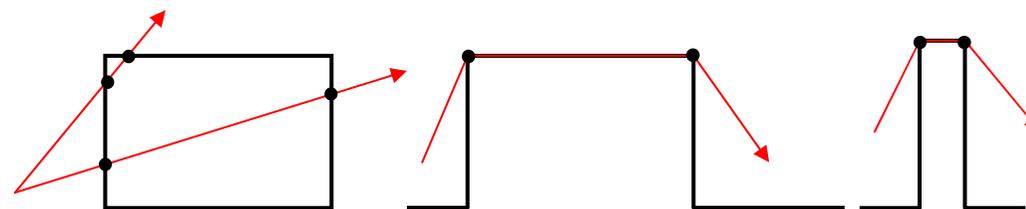
modèle de  
calcul :



matériaux

> des modèles de diffraction appliqués à l'urbain

nombreuses diffractions successives  
« rampantes » d'épaisseur quelconque  
(0 à des dizaines de mètres)



vue de dessus

vues en coupe

# De nombreuses incertitudes

> antennes : position et orientation, puissance, diagramme de rayonnement, activité (liée au trafic), ...

> géométrie :

> précision des données disponibles (mètre ?),

> mise à jour des données (construction, démolition, ...)

> limites de la modélisation (façades, toitures, ...) : données très souvent absentes, à compléter (typologie ?)

**être assez précis sans aller au-delà des hypothèses physiques  
(détails au-delà des quelques longueur d'ondes) !**

> améliorer la prédiction : par rapport aux méthodes de références

> gérer l'incertitude : sur les données d'entrées, sur les calculs, ...

> s'enrichir de la mesure et enrichir la mesure  
(*cf* SAMPER)

interaction forte : réalité / modèle / calcul