



**Code\_TYMPAN™ logiciel open source  
dédié au calcul  
du bruit industriel dans l'environnement**

Denis THOMASSON, EDF R&D (denis.thomasson@edf.fr)

Nicolas CHAUVAT, LOGILAB (nicolas.chauvat@logilab.fr)





# Plan

## ▶ Description de Code\_TYMPAN

- ◆ Utilisation
- ◆ Caractéristiques
- ◆ Méthodes de calcul

## ▶ ANIME 3D

- ◆ Influence de la météorologie sur la propagation du son
- ◆ Prise en compte de la météorologie dans ANIME3D
- ◆ Moteur de lancer de rayons optimisé

## ▶ Travaux en cours

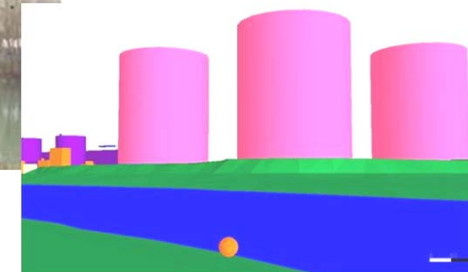
## ▶ Code\_TYMPAN logiciel libre

- ◆ Environnement de développement
- ◆ Accès aux sources
- ◆ Site WEB



# Code\_TYMPAN, Qu'est ce que c'est?

- ▶ Un logiciel open source, développé par EDF, dédié aux études d'impact acoustique dans l'environnement.
- ▶ Son but : prédire le bruit des sites industriels
- ▶ C'est l'outil de référence pour l'ingénierie d'EDF
  - ◆ Réalisation d'études d'impact acoustique
  - ◆ Vérification de la conformité réglementaire
  - ◆ Dimensionnement des solutions d'insonorisation
  - ◆ Modèles complexes :
    - ◆ Grand nombre de sources
    - ◆ Taille du domaine d'étude
  - ◆ Adaptation du coût calcul (méthodes simplifiées)



# IHM de Code\_TYMPAN

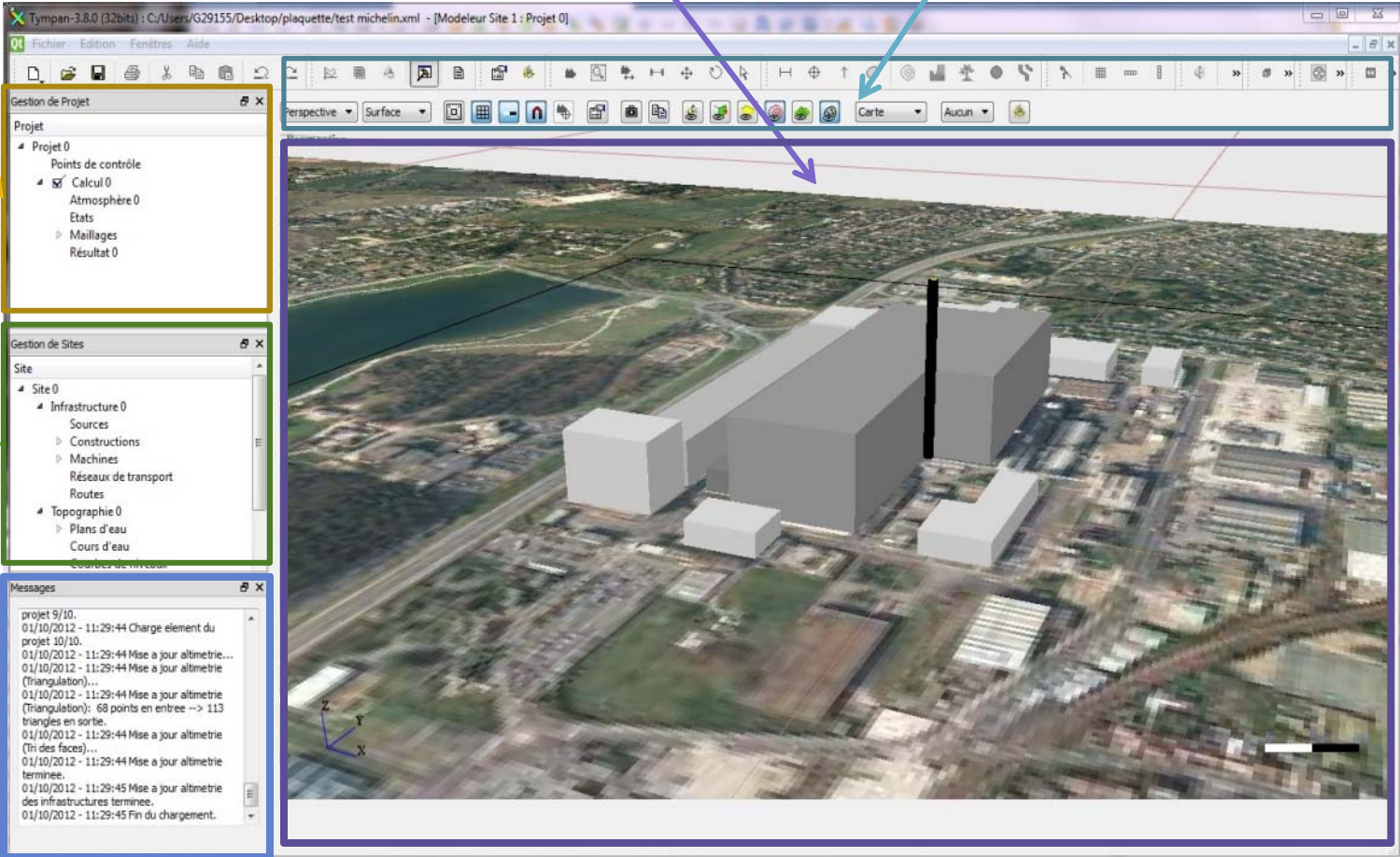
Arborescence de projet

Arborescence de site

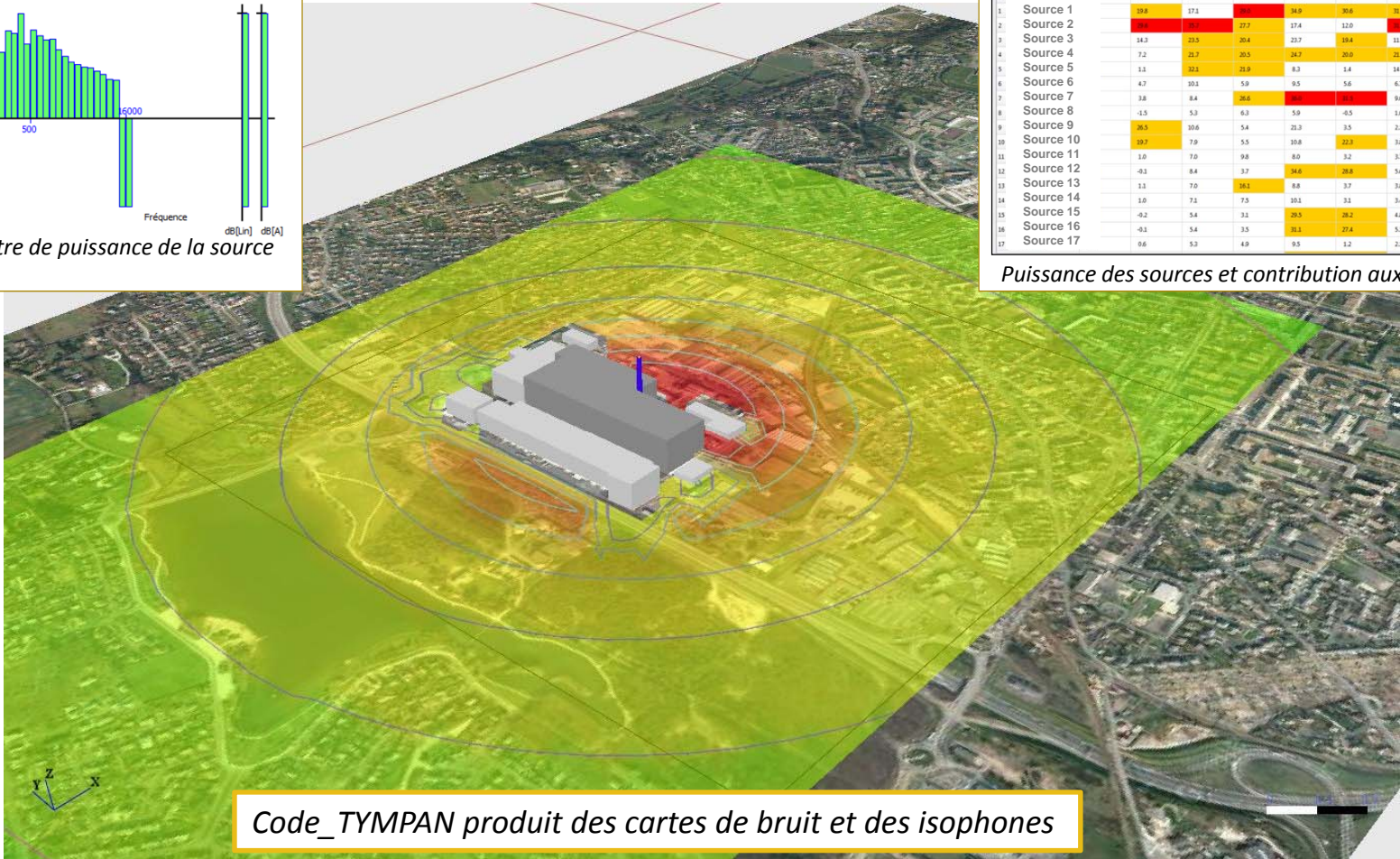
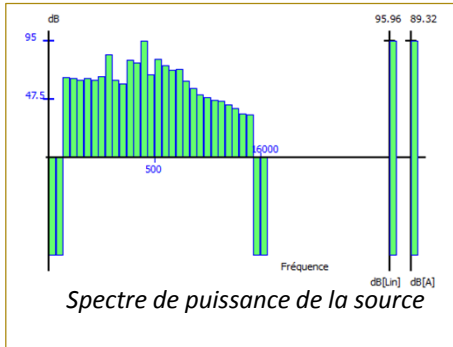
Fenêtre d'information

Modeleur 3D

Boîte à outils de modélisation



# Exemples de résultats produits par Code\_TYMPAN

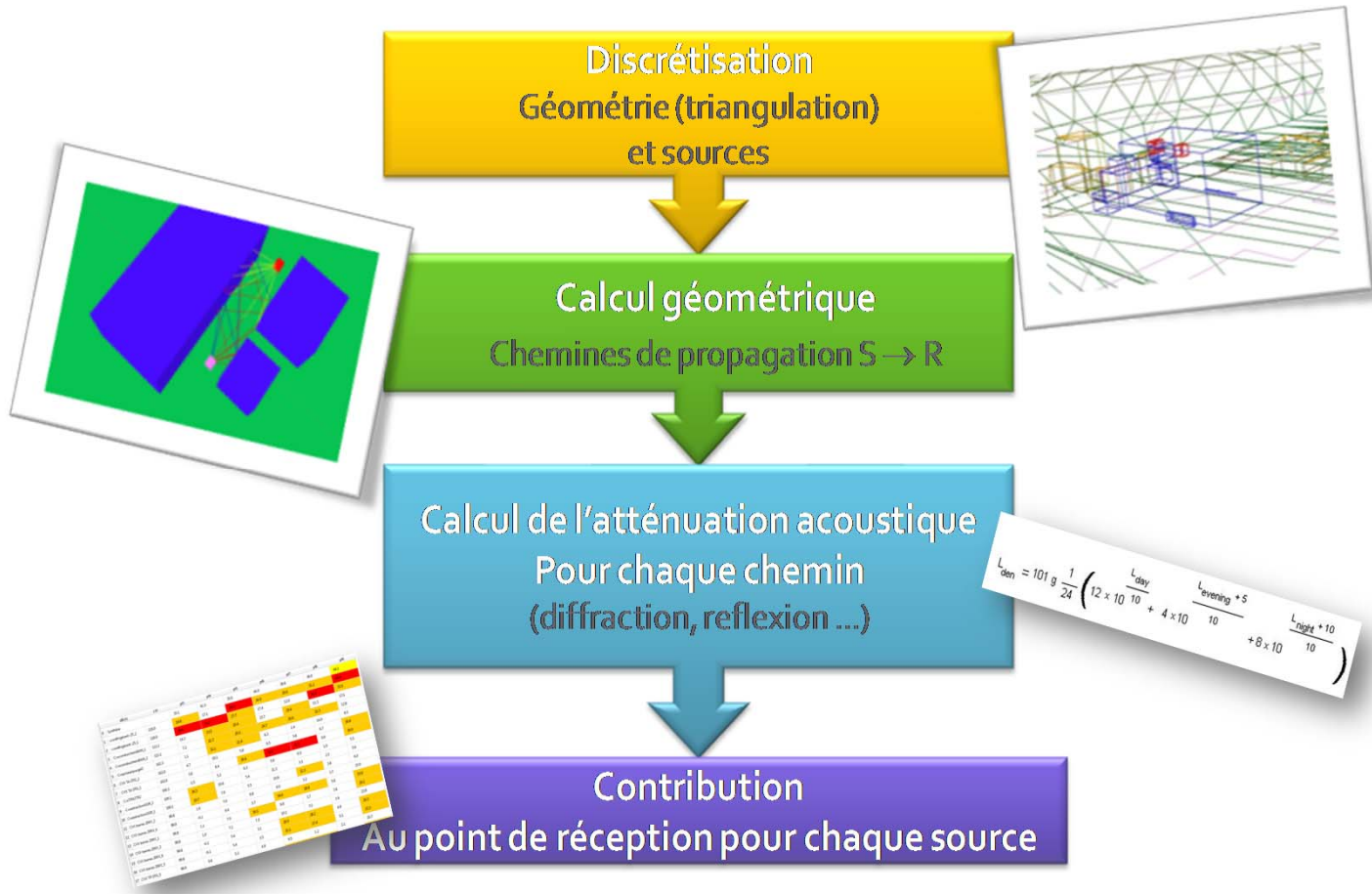


	dB(A)	LW	p63	p65	p68	p70	p75	p80
0		35.1	41.5	35.0	44.0	38.8	36.0	44.1
1	Source 1	19.8	17.1	20.5	14.9	30.6	31.2	26.4
2	Source 2	27.4	26.7	27.7	17.4	12.0	26.8	33.5
3	Source 3	14.3	23.5	20.4	23.7	19.4	11.3	13.1
4	Source 4	7.2	21.7	20.5	24.7	20.0	21.3	12.6
5	Source 5	1.1	32.1	21.9	8.3	1.4	14.9	8.5
6	Source 6	4.7	10.1	5.9	9.5	5.6	6.7	30.8
7	Source 7	3.8	8.4	20.6	26.5	14.0	9.0	30.9
8	Source 8	-1.5	5.3	6.3	5.9	-6.5	1.0	5.5
9	Source 9	26.3	10.6	5.4	21.3	3.5	2.5	5.6
10	Source 10	19.7	7.9	5.5	10.8	22.3	3.8	4.0
11	Source 11	1.0	7.0	9.8	8.0	3.2	3.7	23.0
12	Source 12	-0.1	8.4	3.7	34.4	28.8	5.6	13.8
13	Source 13	1.1	7.0	19.1	8.8	3.7	3.8	29.1
14	Source 14	1.0	7.1	7.5	10.1	3.1	3.4	22.8
15	Source 15	-0.2	5.4	3.1	26.5	28.2	4.8	26.3
16	Source 16	-0.1	5.4	3.5	31.1	27.4	5.1	32.3
17	Source 17	0.6	5.3	4.9	9.3	1.2	2.1	20.7

Puissance des sources et contribution aux récepteurs

Code\_TYMPAN produit des cartes de bruit et des isophones

# Déroulement d'un calcul

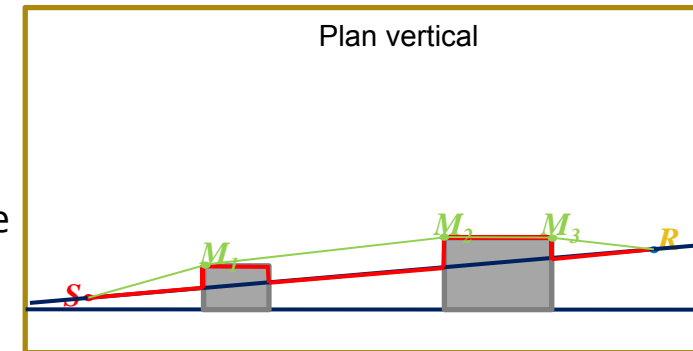




## Solveurs de calcul

► La version courante ne dispose que du *DefaultSolver*

- ◆ Basé sur la norme **ISO9613**
- ◆ Ajoute un modèle de sol et les diffractions latérales
- ◆ La recherche des chemins est effectuée par une méthode des enveloppes convexes



Recherche de chemins par enveloppe convexe

► Un nouveau solveur est en cours de développement

- ◆ *ANIME3DSolver*: Basé sur la méthode ANIME3D [1] qui utilise le moteur de lancer de rayons optimisé et utilise la courbure de la géométrie pour traiter les effets météorologiques

[1] ANIME3D est une méthode développée par EDF-R&D



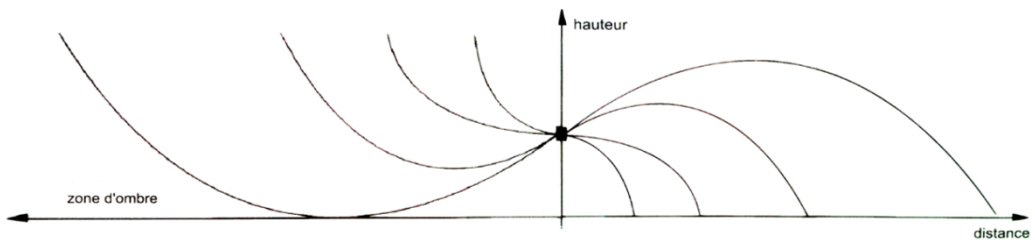
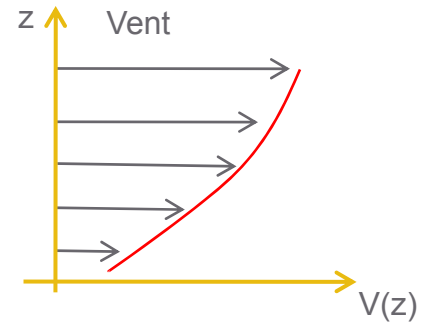
## ANIME3D

- ▶ ANIME 3D : **A**ssessing **N**oise **I**Mpact on the **E**nvironment in **3D**
- ▶ Solveur acoustique implémentant une méthode développée en interne EDF-R&D
- ▶ Basé sur des principes similaires à la méthode européenne HARMONOISE, étendue en 3D pour le bruit industriel
- ▶ Utilisant le moteur de lancer de rayons 3D avec météo
  - ◆ Apporte des évolutions notables par rapport au solveur par défaut de Code\_TYMPAN



# ANIME3D : influence de la météo

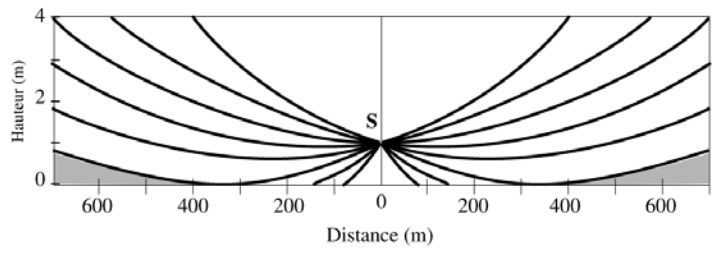
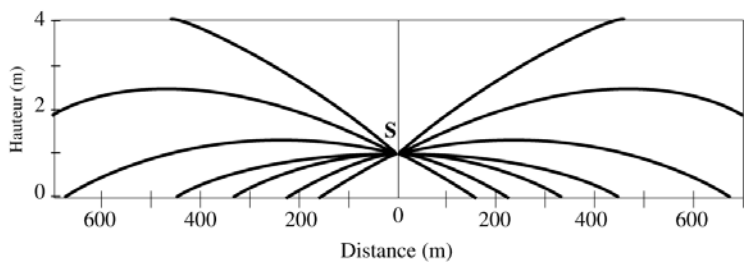
- ▶ La vitesse du vent et la température dépendent principalement de l'altitude
- ▶ Le vent à un effet asymétrique sur la propagation du son



Cas d'un vent défavorable à la propagation

Cas d'un vent favorable à la propagation

- ▶ La température à un effet symétrique sur la propagation du son

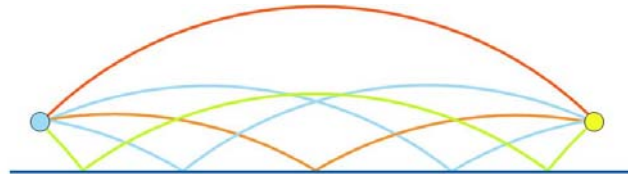




## ANIME3D : influence de la météo

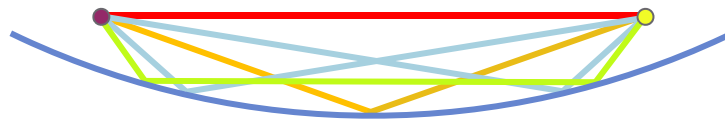
Comment prendre en compte l'impact de la météorologie sur la propagation acoustique ?

- ▶ Lancer de rayons courbes (résolution de l'équation de rayons)



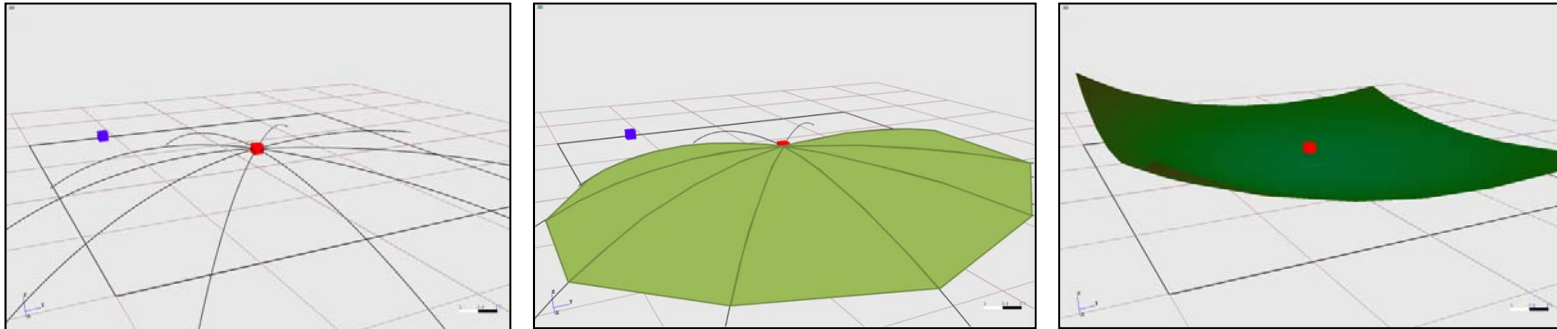
- ◆ Coûteux (méthode de différences finies + tests obstacles à chaque pas de temps)

- ▶ Lancer de rayons droits dans un espace transformé



- ◆ Peu coûteux, méthode géométrique
- ◆ Il faut juste tenir compte des propriétés des rayons dans les deux espaces (nombre de réflexion, longueur, angle d'incidence sur les surfaces ou les arêtes)

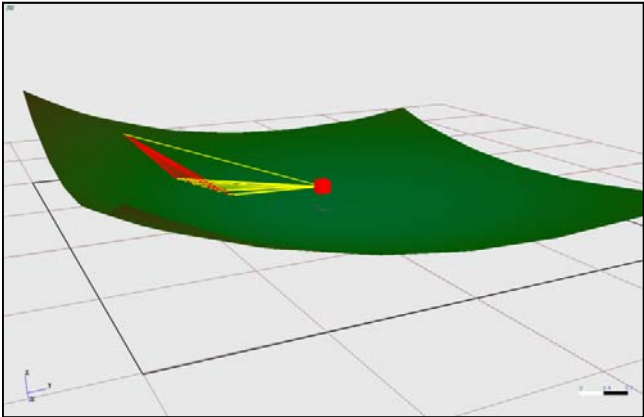
# ANIME3D : Déroulement calcul



1- Lancer de n (petit) rayons courbes à partir d'1 source fictive

2- Construction d'une nappe h(x,y) par interpolation

3- Transformation de la géométrie de la scène

$$\begin{cases} x' = x \\ y' = y \\ z' = z - h(x, y) \end{cases}$$


3 - Lancer de N (grand) rayons droits dans la scène transformée

► Correction des longueurs et des angles avant calcul acoustique



## Lancer de rayons géométrique

### ► Principe du lancer de rayons

- ◆ Propager de nombreux rayons au travers d'une scène 3D
- ◆ Gère l'interaction entre les rayons et les éléments de la scène
- ◆ Les interactions sont de type réflexion, **diffraction** et détection d'un récepteur
- ◆ Critères d'arrêt des rayons (nb de diffractions, nb de réflexions, longueur maximale ...)

### ► Coût du lancer de rayons

- ◆ Algorithme « Brut force » : teste l'intersection entre le rayon et chaque primitive (face, arête) de la scène
- ◆ Complexité:  $O(n^2)$  avec  $n$  = nombre de primitives

 **Temps de calcul très long !**



# Méthode d'optimisation

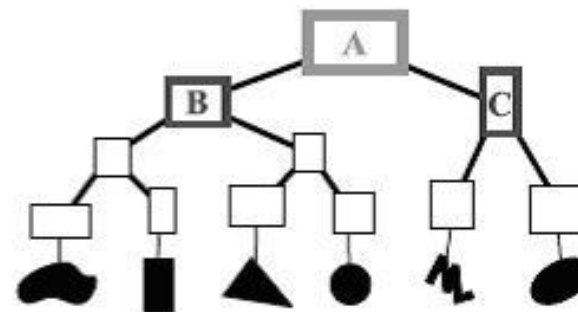
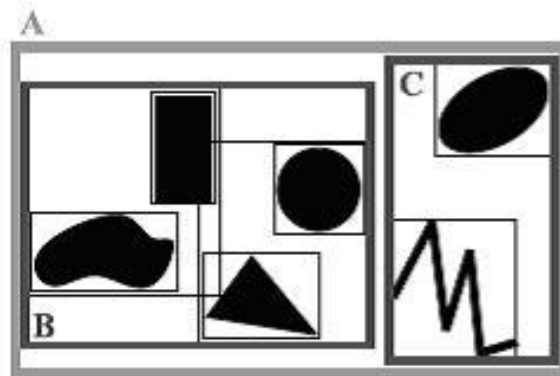
## ► Méthode d'accélération

- ◆ Basé sur des structures accélératrices
- ◆ Classement des primitives
- ◆ Seul un petit sous-ensemble de primitives est testé

➔ Réduction significative du temps de calcul ( $n \cdot \log(n)$ )

## ► Classification des primitives (faces, arêtes de diffraction)

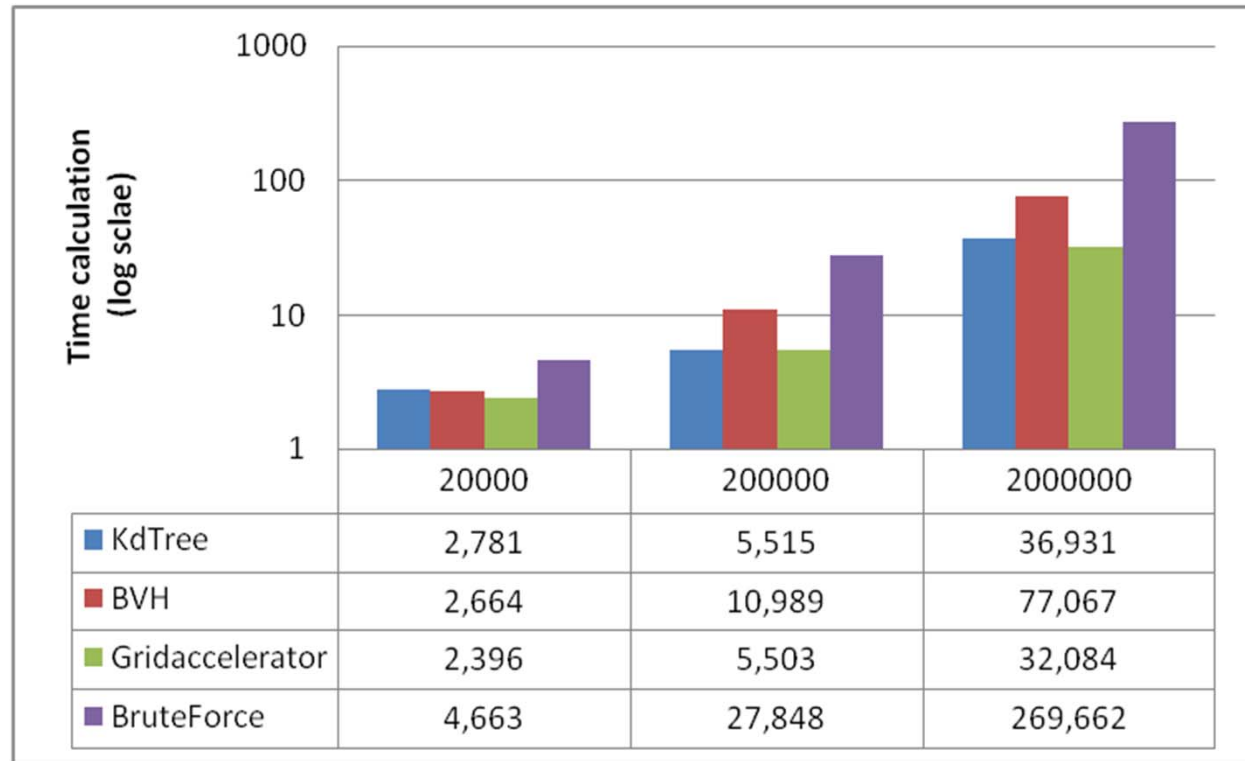
- ◆ Construire un arbre des boites englobantes qui contiennent les primitives
- ◆ Plusieurs méthodes: BVH (Bounding Volume Hierarchie), KdTree, grid accelerator...





## Resultats

- Comparaison des temps de calcul entre brute force et les méthodes d'accélération



**Les temps de calcul avec les méthodes d'accélération croissent moins vite qu'avec la méthode « brute force »**



## ANIME3D : Conclusions

- ▶ Une méthode complète adaptée au bruit industriel (diffraction 3D, réflexion multiples, sol hétérogènes, effets météo)
- ▶ Basée sur les principes de HARMONOISE étendus en 3D, une formule de diffraction différente, sans traitement particulier selon les situations
- ▶ Nécessite une recherche de chemins 3D (ex : moteur de lancer de rayon 3D optimisé)
- ▶ Les formules utilisées sont connues et déjà validées. L'assemblage proposé doit être validé et éprouvé sur des cas complexes
- ▶ Sera disponible fin 2014 (avec les premières validations)



## Travaux en cours

- ▶ Optimiser la définition de la géométrie
- ▶ Isoler les solveurs de l'application métier
  - ◆ Faciliter l'intégration de nouveaux solveurs
  - ◆ Permettre des calculs paramétriques
  - ◆ Import de géométries construites avec des outils de CAO tiers
- ▶ Introduction de PYTHON
  - ◆ Simplification du développement
  - ◆ Accès à un riche écosystème logiciel



# Environnement de développement

▶ License GNU GPL v3 (*GNU General Public License*)

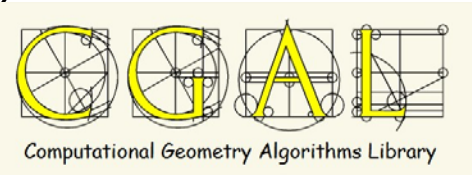
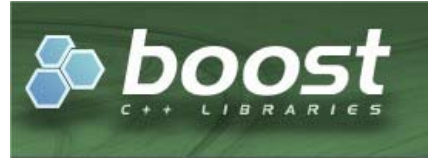


▶ Multi-plateformes



▶ Développé en C++

▶ Dépendances (GNU GPL v3 or LGPL)



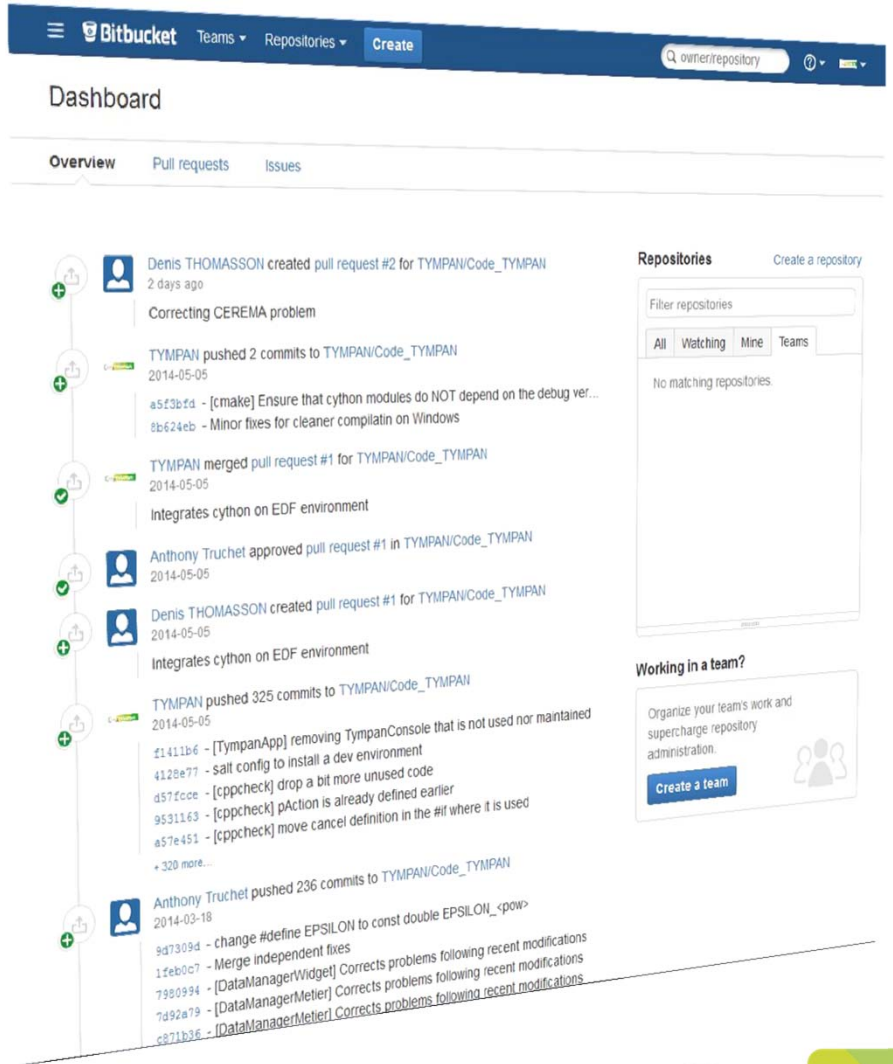
▶ Compilation:



▶ Gestion de version:

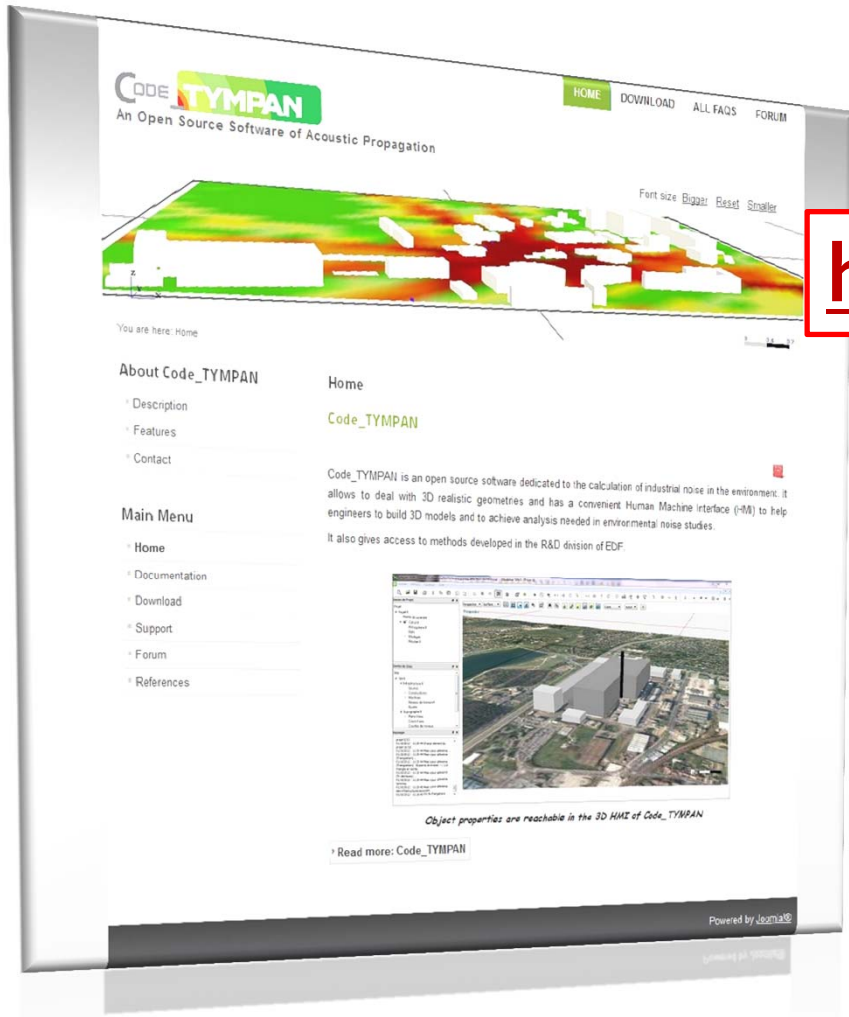


# Le code source de Code\_TYMPAN est en accès libre sur bitbucket



<https://bitbucket.org/>

# Code\_TYMPAN dispose d'un site internet



<http://code-tympan.org>