

# **HMIN318M**

## **Imagerie (médicale) 3D**

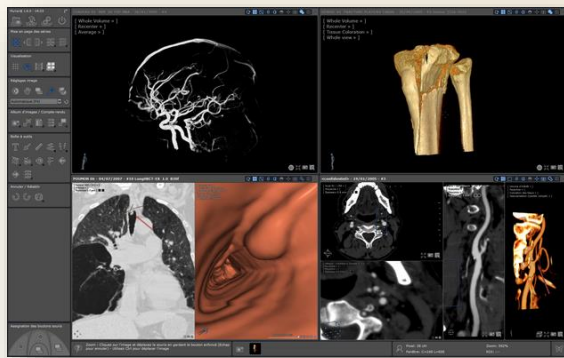
### **Introduction**

**Gérard Subsol**

[gerard.subsol@lirmm.fr](mailto:gerard.subsol@lirmm.fr)

*2017-2018*

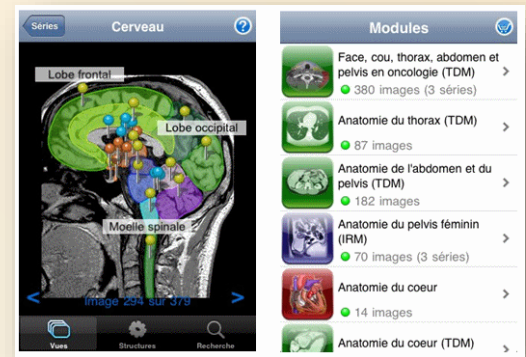
# **PRESENTATION DE L'U.E.**



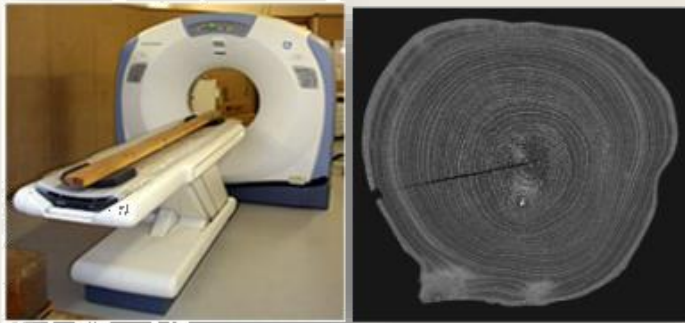
*Intrasure*



*AnatoScope*



*IMAIOS*



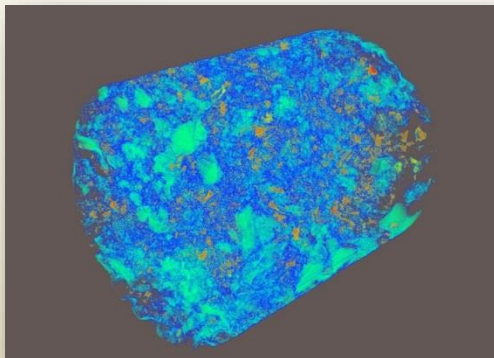
*CIRAD*



*ISEM*



*CHU Montpellier*



*Voxaya*



*Jeu (Minecraft), simulation et infographie (Zbrush)*

# Présentation de l'UE

Tout est sur le site Web...

<http://www.lirmm.fr/~subsol/HMIN318/>

Login = HMIN318 (majuscules)

Password = medical (minuscules, sans accent)

Toujours vérifier les horaires sur le site Web !

# Le projet (~40% de la note de TP)

- **Acquisition 3D**
    - Acquisition par micro-scan du complexe sous-cutanée (CHU, ISEM)
  - **Visualisation 3D**
    - Proposition automatique de points de vue
    - Colorisation de visualisation volumique par ajustement de multi-gaussiennes
  - **Segmentation 3D**
    - Acquisition d'images et segmentation de la cochlée d'un Artiodactyle (ISEM)
    - Automatic segmentation of dental arches (and teeth) in X-ray images
    - Segmentation automatique des dents dans une image CT
    - Segmentation automatique dans des images IRM du rachis
  - **Recalage 3D**
    - Recalage d'une tranche préopératoire 3D sur une image pré-opératoire 3D pour du suivi d'opérations chirurgicales (IMAIOS)
  - **Analyse 3D**
    - Etude 3D d'images IRM d'un embryon (CHU)
    - Alignement d'images de coupes histologiques (CHU)
    - Micro-analyse structurale 3D à partir d'images 3D d'échantillons géologiques (VOXAYA)
    - Analyse d'assemblages dans une image 3D industrielle
- Discussion des sujets le jeudi 21 septembre (1,5 h)
  - Sujet à choisir, valider et envoyer par mail avant le jeudi 28 septembre (minuit).
  - Présentation orale du sujet en 5 mn : jeudi 19 octobre (3 h)
  - Séances de travail de 1,5 h prévues le 7 déc. Et 14 déc (1,5 h)
  - Rapport à rendre avant le lundi 8 janvier 2018 (minuit).

# Attention au plagiat !

1. Oubli du référencement des sources : ex. copier/coller de Wikipedia.  
→ Détection et recherche sur Internet d'extraits soigneusement choisis
2. Recopie intégrale d'un document : copier/coller d'un rapport de stage de l'an dernier ou d'un rapport extérieur.  
→ Comparaison avec tous les documents des années précédentes...

<http://sciences.edu.umontpellier.fr/espace-etudiants/examens/>

*Sont considérées comme fraude aux examens :*

- *la communication avec autrui dans la salle d'examen ou hors de celle-ci.*
- *L'utilisation de documents non autorisés.*
- ***Le plagiat***
- *L'utilisation de matériel non autorisé.*

*Les sanctions applicables sont*

- *l'avertissement*
- *le blâme*
- *l'exclusion temporaire de l'établissement pour une durée maximale de 5 ans, assortie éventuellement du sursis.*
- *l'exclusion définitive de l'établissement*
- *l'exclusion temporaire de tout établissement d'enseignement supérieur pour une durée maximale de 5 ans.*
- *l'exclusion définitive de tout établissement d'enseignement supérieur.*

**QU'EST-CE QU'UNE IMAGE 3D ?**

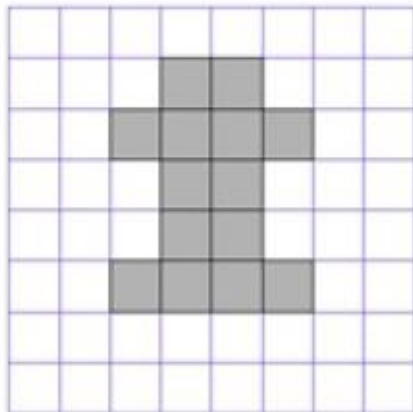


# Qu'est-ce qu'une image 3D ?

- Matrice en **3** dimensions et non plus en 2 dimensions
- Représentée en général par un empilement d'images 2D (= coupes)
- **Epaisseur** en plus de la largeur et de la longueur
- Pixel (*Picture Element*) → **Voxel** (*Volume Element*)
- $I=f(x,y,z)$  où  $I$ = intensité (ou couleur) représentant la mesure d'un signal

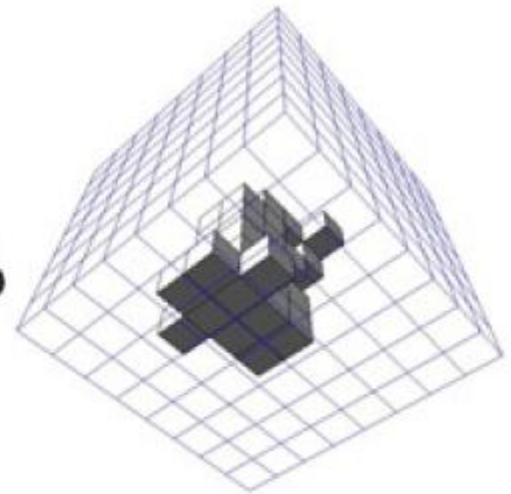
**Pixel =**

un point dans  
une image 2D



**Voxel =**

un point dans  
une image 3D





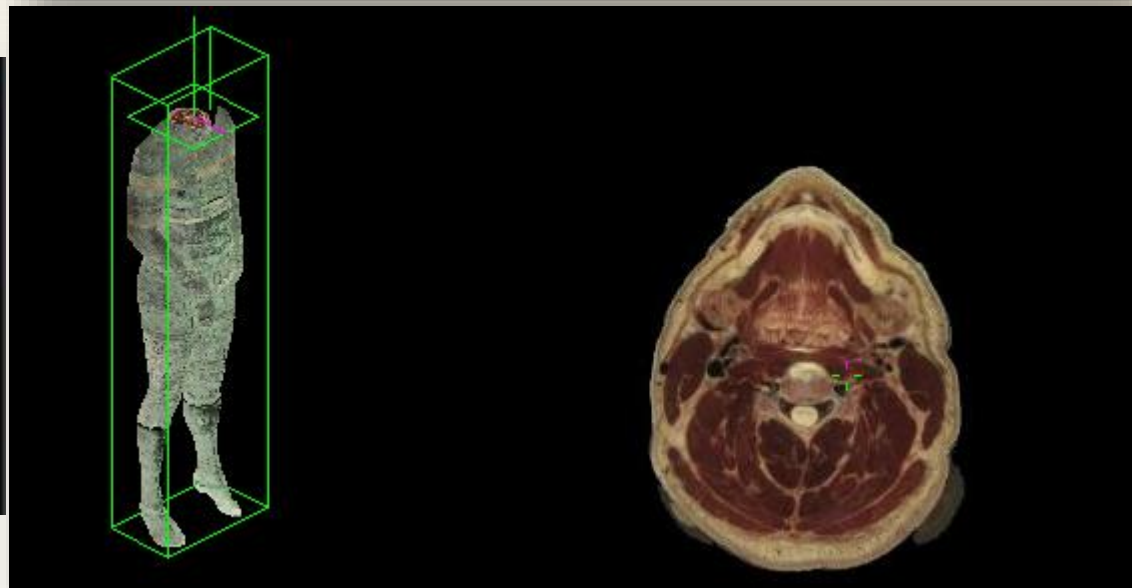
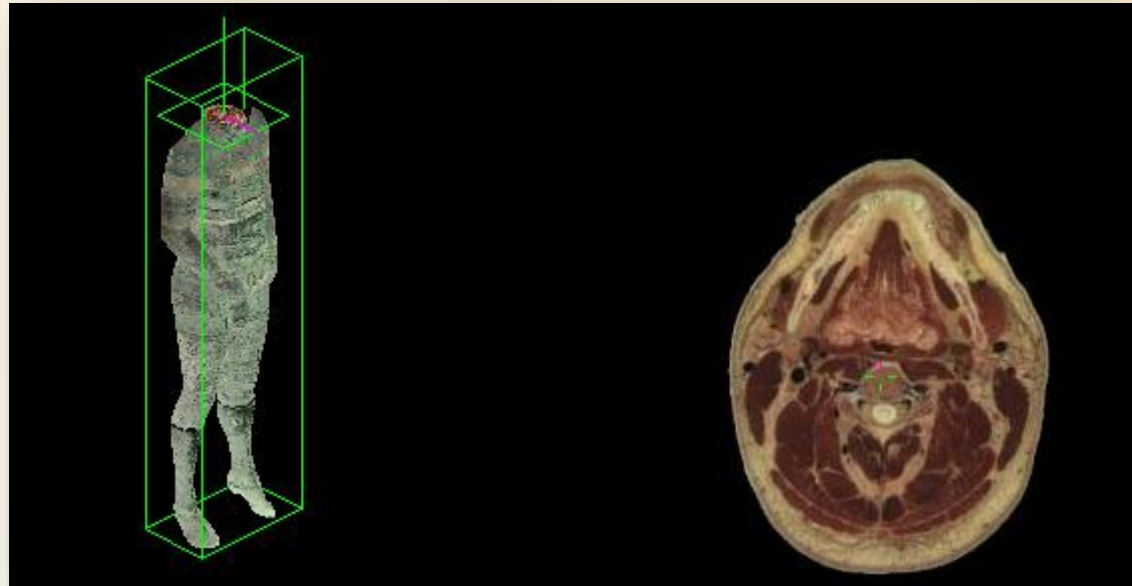
# Comment peut-on fabriquer une image 3D (1) ?

En prenant des images de coupes et en les empilant !

*Exemple : Visible Man (1994)*

*Un cadavre d'homme est découpé en tranches de 1 mm d'épaisseur → 15 Go de données*

*(vidéo)*



# Comment peut-on fabriquer une image 3D (2) ?

En faisant directement une **acquisition volumique**

Essentiellement avec des appareils d'imagerie médicale (résolution de 0,1 à quelques mm)

- **Tomodensitométrie par rayons X** (scanner médical ou Computed Tomography-Scan)
- **Imagerie par Résonance magnétique** (IRM)
- Echographie 3D
- Médecine nucléaire

→ voir cours de D. Hoa (IMAIOS + radiologue)



**BRAINIX**



**MANIX**



# Comment peut-on fabriquer une image 3D (2) ?

Mais aussi avec des appareils dédiés aux applications **précliniques** ou **industrielles** (résolution de quelques microns)

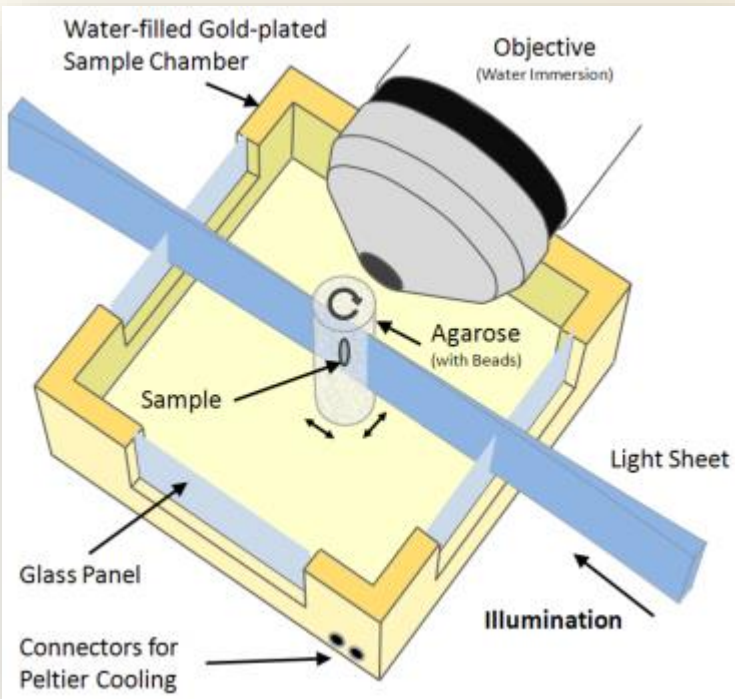


*Micro-CT (plateforme RIO  
Imaging, ISEM, UM)*

*Micro-IRM (plateforme  
BioNanoMRI)*

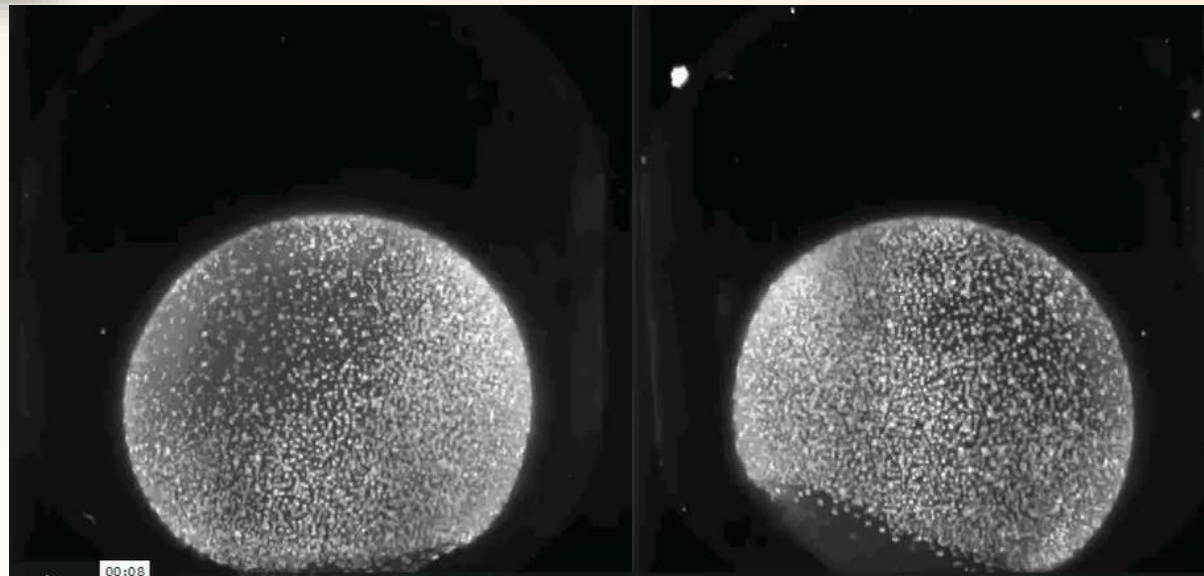


# Comment peut-on fabriquer une image 3D (2) ?



→ voir cours d'E. Faure (CNRS informaticien+biologiste)

Microscopie SPIM

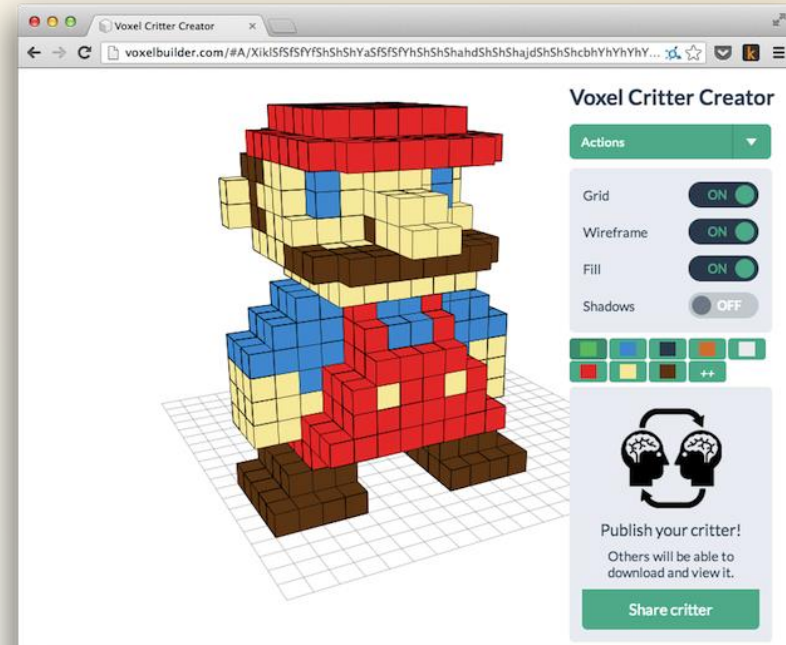
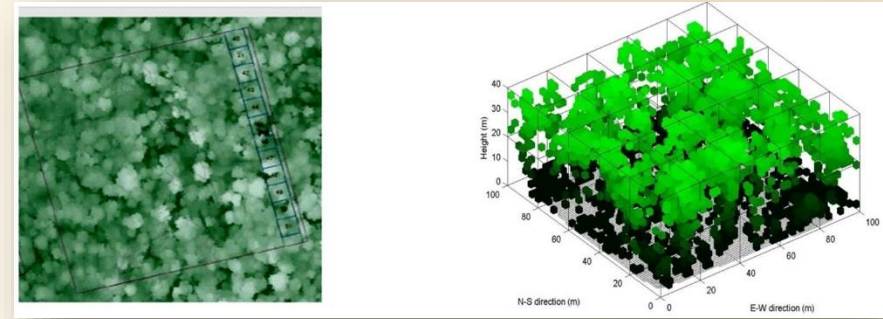




# Comment peut-on fabriquer une image 3D (3) ?

Par discrétisation volumique du monde réel ou virtuel

- Voxelisation d'acquisitions surfaciques
- Voxelisation de maillages 3D
- Création interactive à la « Minecraft »

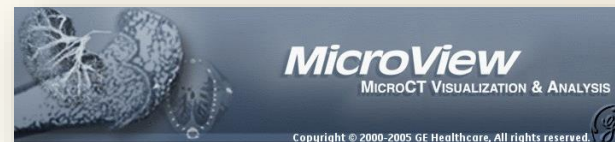


# L'imagerie 3D n'est pas que dans le domaine (bio)-médical... mais aussi...



- Contrôle qualité (contrôle d'assemblage, comparaison fabrication/CAO, analyse des défauts internes), ingénierie inverse
- Utilisation de  $\mu$ -scan dédiés, voire de  $\eta$ -scan avec plus de puissance pour traverser les métaux
- Analyse de produits **alimentaires**
- Etude du **patrimoine** (momies, fossiles)

...

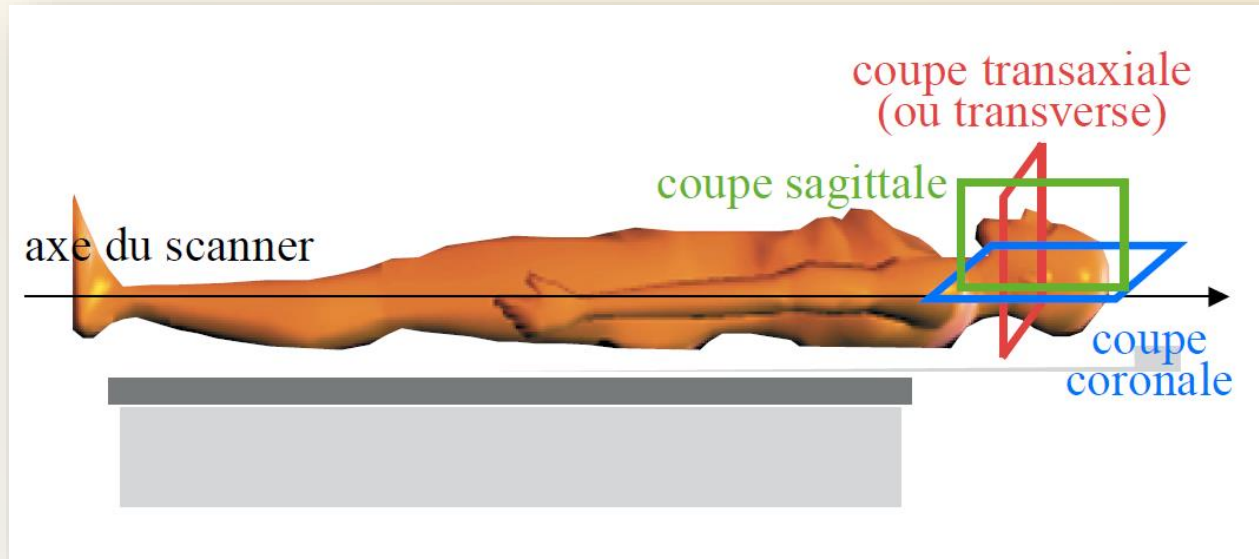


*Engine*



*orange*

# Comment sont représentées et stockées ces images 3D ?

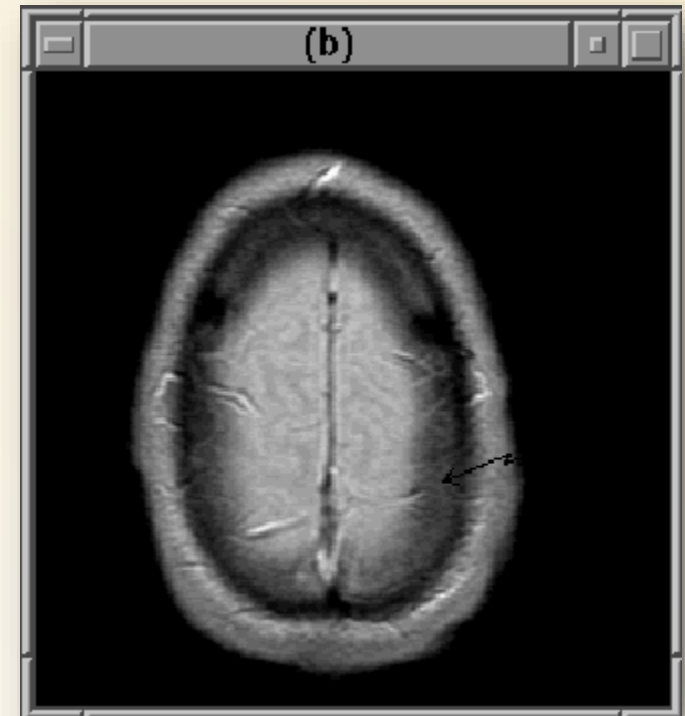
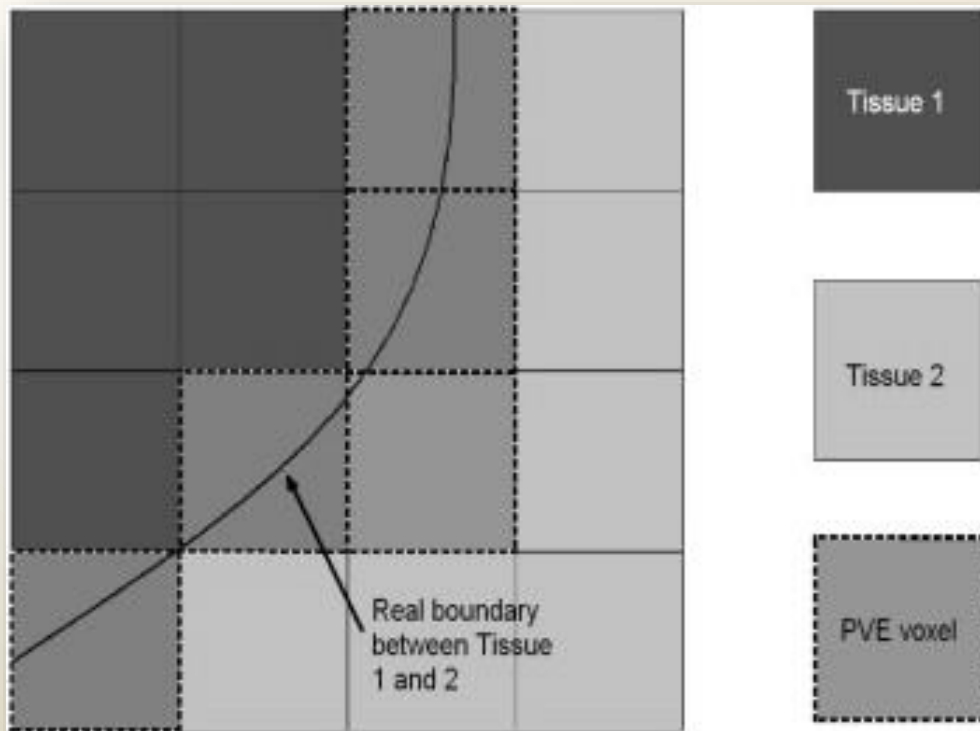


- Tout simplement comme un empilement de coupes suivant la direction d'acquisition ou de reconstruction...
- Intensité codée sur 12 bits ou 8 bits, souvent sur 2 octets (attention au codage big endian/little endian :  $1000 = 256 \times 3 + 232$   
→ 03 E8 ou E8 03...)
- Ne pas oublier de conserver la taille du pixel et son épaisseur (SliceThickness) ≠ écart entre coupes (SpacingBetweenSlices)
- Standard DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) qui code non seulement l'image mais aussi ses caractéristiques, voire le protocole de la chaîne d'acquisition ou la procédure clinique. → **voir cours de F. Garcia (Intrasense)**



# Les artefacts (1)

- Un grand problème de la discrétisation : le « volume partiel » (partial volume) renforcé par la 3<sup>ème</sup> dimension (et son anisotropie)

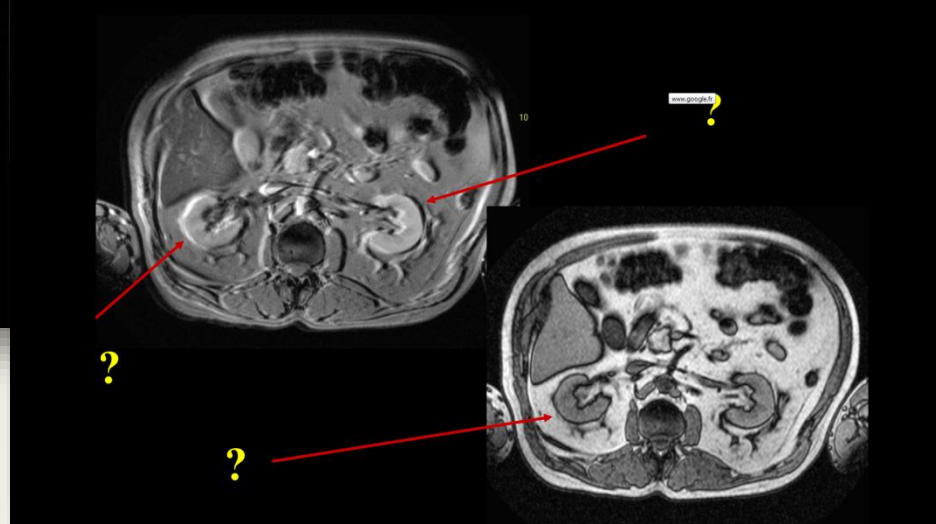
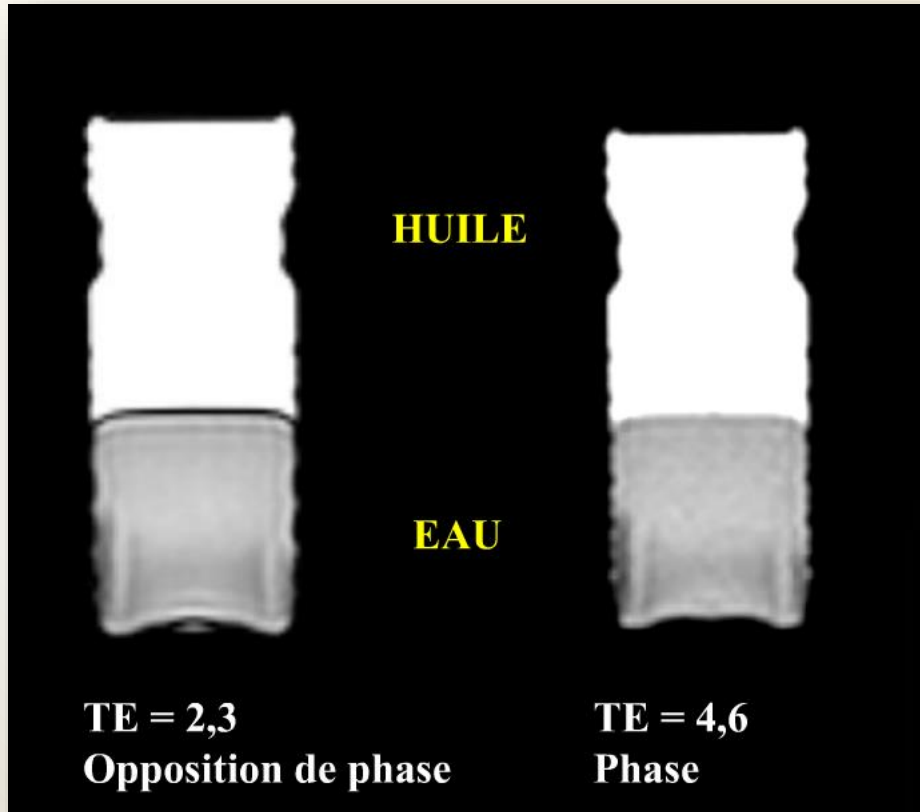


## Les artefacts (2)



**Scanner X** : artefact en étoile dû à des matériaux très denses (alliages dentaires, prothèse)

## Les artefacts (3)



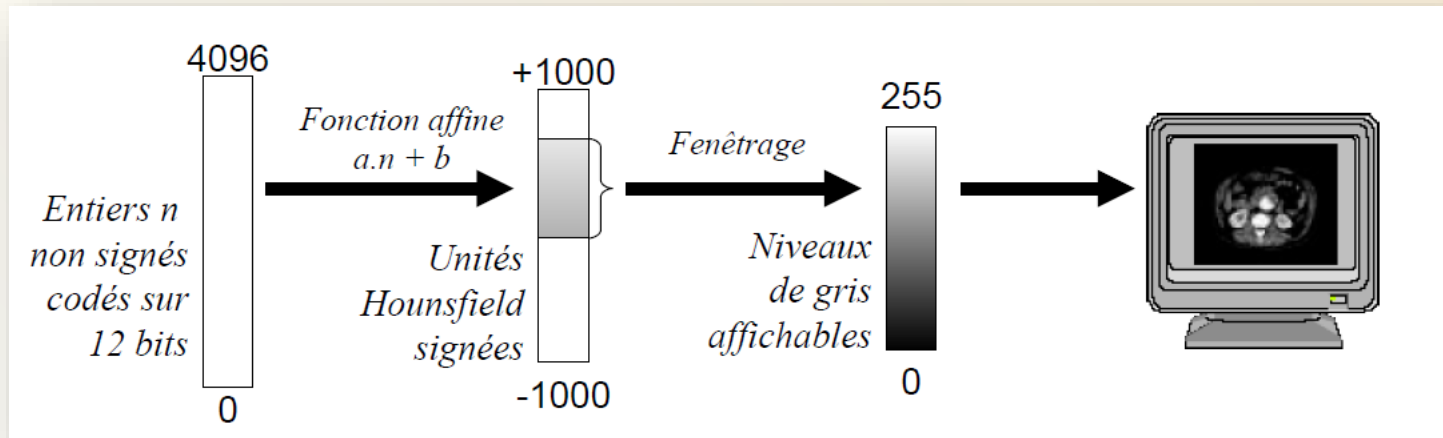
**IRM** : « décalage chimique » (chemical shift) lié à des matériaux très différents qui sont proches spatialement → les temps de relaxation « interfèrent » et cela crée des interfaces qui n'existent pas...

**COMMENT VISUALISER UNE IMAGE 3D ?**

# Comment visualiser une image 3D ?

Problème : comment voir à l'intérieur de l'image ?

## 1. En visualisant coupe par coupe



→ Ne permet pas bien d'appréhender les structures en 3D...

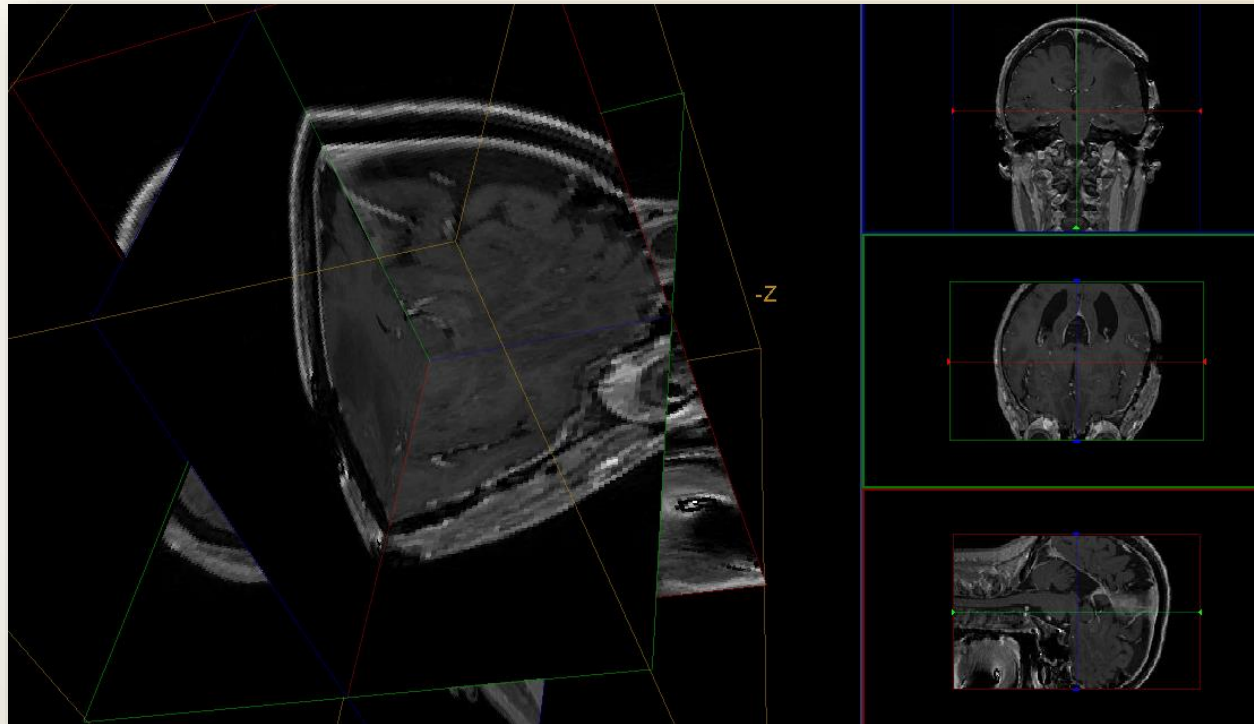
# Comment visualiser une image 3D ?

**Problème : comment voir à l'intérieur de l'image ?**



**BRAINIX**

2. En visualisant suivant 3 plans orthogonaux (*Multi-Planar Reconstruction*) avec éventuellement une vision « 3D » de ces 3 plans



→ Ne permet pas de visualiser des structures obliques...

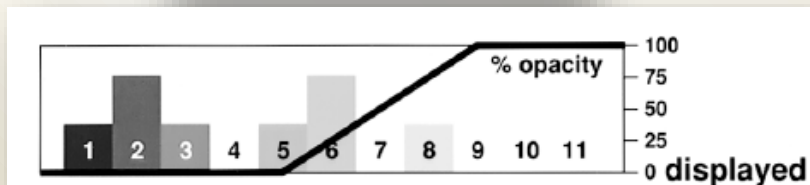
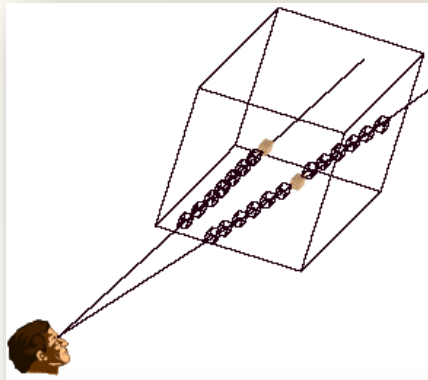


# Visualisation volumique

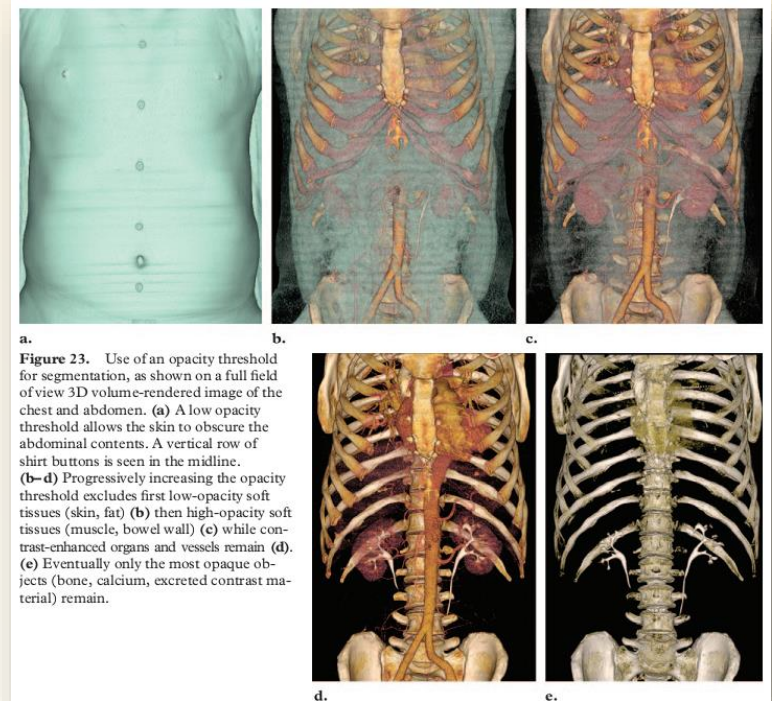
**Problème : comment voir à l'intérieur de l'image ?**

**Principe :**

- définir une couleur et une opacité pour chaque voxel en fonction de son intensité ;
- sélectionner un point de vue d'observation de l'image 3D
- « intégrer » les informations de couleur et d'opacité en fonction des voxels traversés par les rayons issus de l'œil (*ray casting*).



→ Mais il ne s'agit que d'une « coloration » des voxels qui permet d'obtenir une image utile mais pas exactement précise.





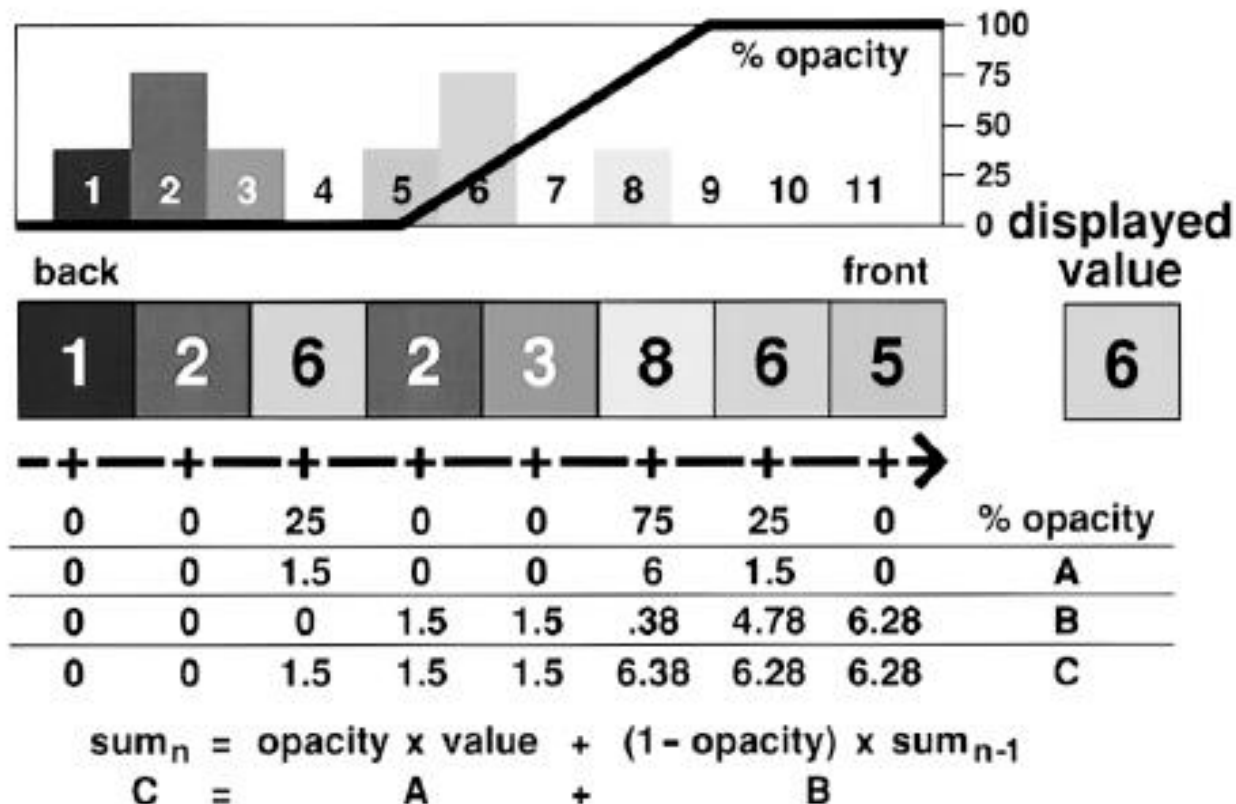
## 4. Visualisation volumique (*Volume Rendering*)

Cas général :

- Couleur =  $f(\text{intensité}, \text{gradient}(\text{intensité}))$
- Intégration en fonction de l'opacité



ORANGE



→ Permet des effets complexes si on a les bons paramètres...

#### 4. Visualisation volumique (*Volume Rendering*)



# Traitement d'images 3D

- Un grand nombre de fonctions (par exemple, filtrage) sont les mêmes qu'en 2D mais plus complexes à développer. Une difficulté reste l'anisotropie suivant l'axe  $z$ .
- Problème 1 : la **segmentation**. Comment définir automatiquement une Région d'Intérêt ou sa frontière ?
- Problème 2 : le **recalage**. Comment aligner des images 3D entre elles ?
- Problème 3 : l'**analyse**. Comment analyser le résultats de la segmentation ou du recalage : par exemple suivi de croissance d'une lésion.