

# Intégration de la simulation «ou cadavre virtuel » dans l'enseignement et la recherche en anatomie



# Introduction

Quelle est la place de la simulation dans l'enseignement et la recherche en Anatomie ?

*« On va simuler quoi » ?*



**Simulation de la dissection  
de cadavres humains**

# Introduction

- Pourquoi penser à simuler la dissection anatomique ?
- Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?
- Comment développer des simulateurs de dissection par modélisation tridimensionnelle ?
- Quelle est la place de ces différents outils de simulation dans le curriculum et programmes des études médicales
- Quels sont les atouts et les limites des différents moyens de simulation en anatomie ?

# Pourquoi penser à simuler la dissection anatomique ?

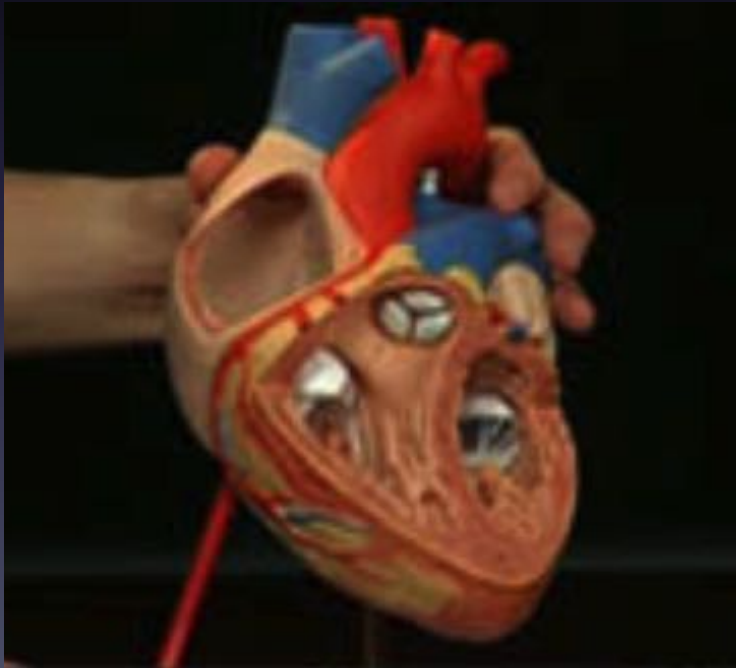
- **Alternative à la dissection de cadavres humains**
  - Insuffisance voir absence de dons de corps
  - Réservation de la dissection pour la formation post – graduée
- **Complément de la dissection de cadavres humains**
  - L'enseignement par la dissection est très chronophage
  - Développement de l'imagerie et émergence de technologies nouvelles, à exploiter pour l'enseignement et la recherche

# Quels sont les outils disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Modèles anatomiques
- Logiciels interactifs
- Table de dissection virtuelle « Anatomage »
- Cadavres synthétiques « SynDaver »
- Modélisation anatomique 3D

# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- **Modèles anatomiques**



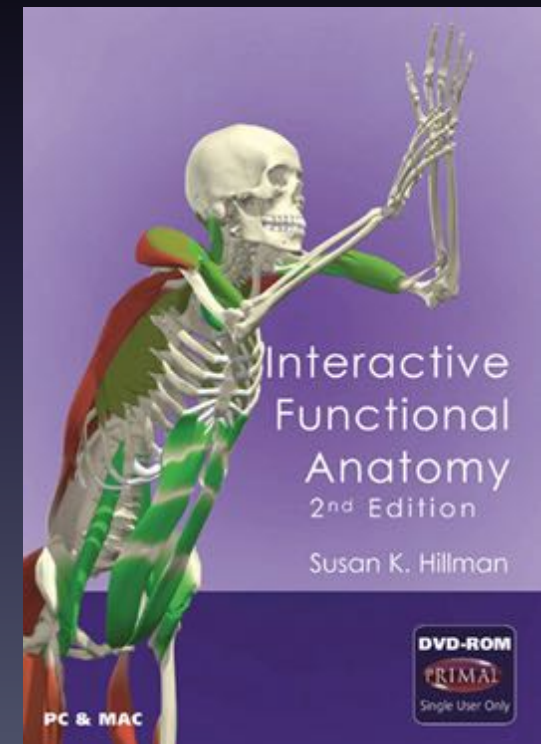
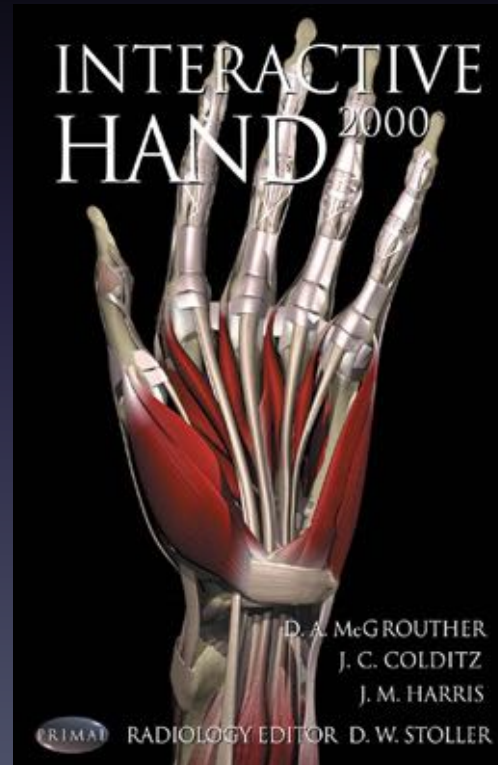
# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- **Modèles anatomiques**



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Logiciels interactifs





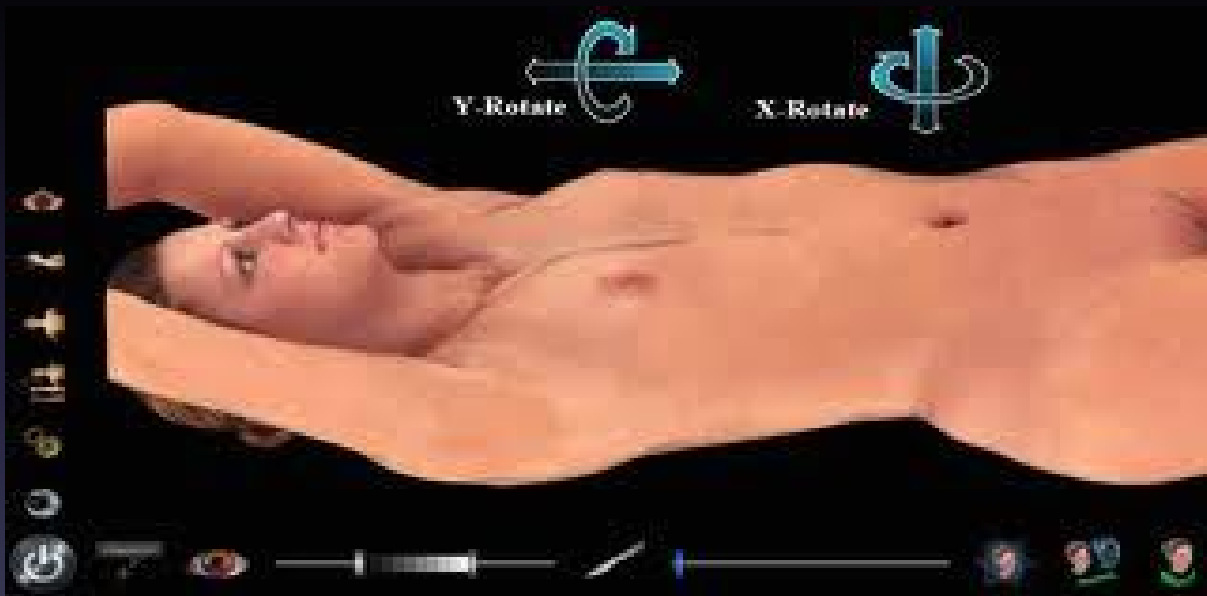
# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Table de dissection virtuelle « anatomage »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Table de dissection virtuelle « anatomage »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Table de dissection virtuelle « anatomage »



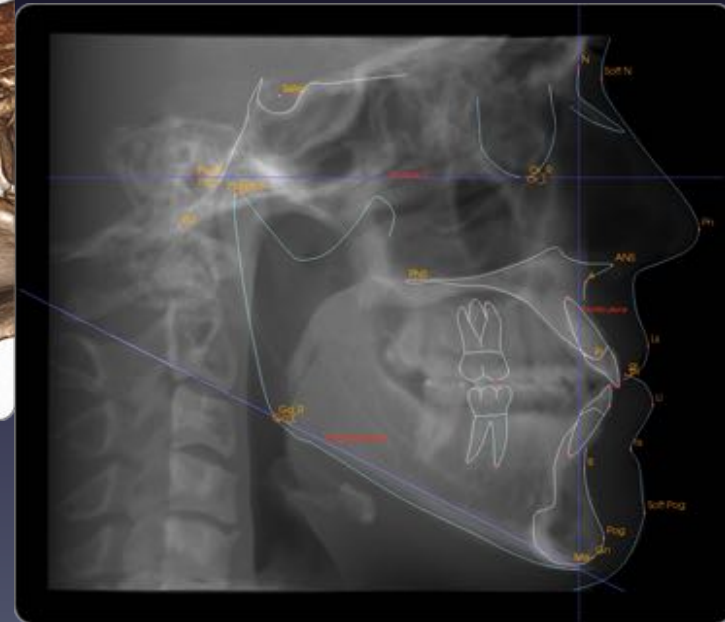
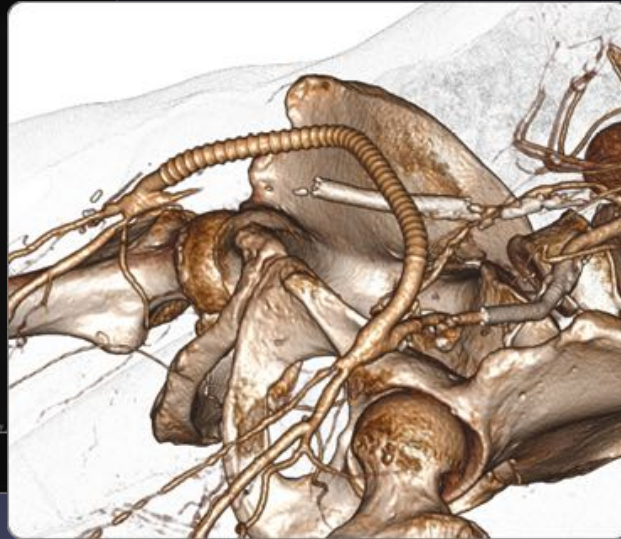
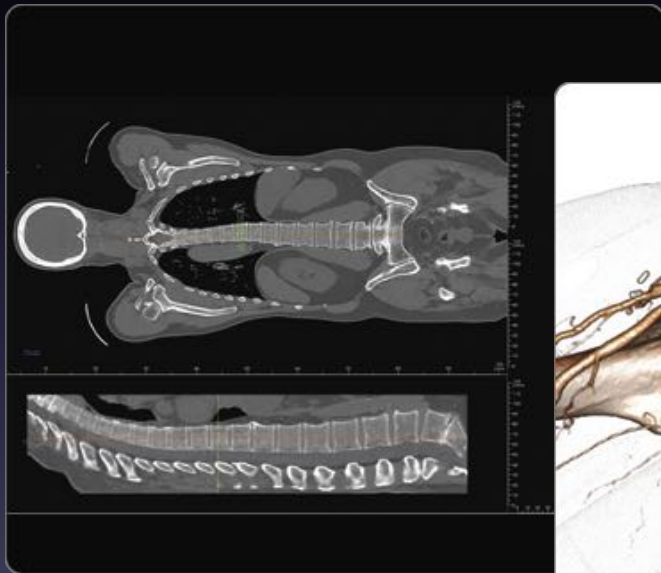
# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- **Table de dissection virtuelle « anatomage »**



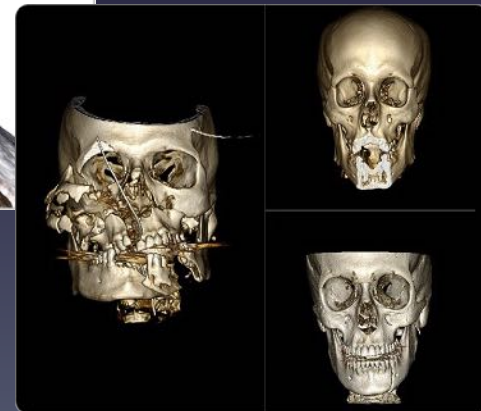
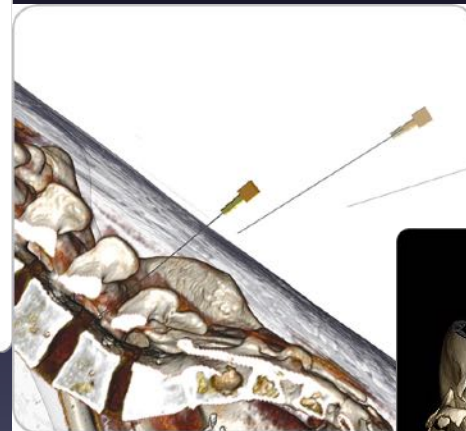
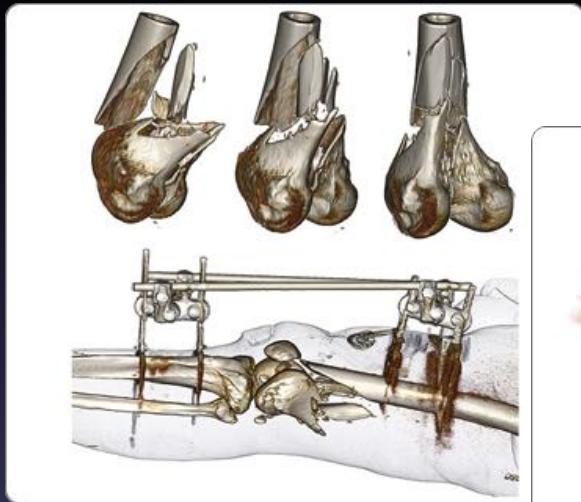
# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Table de dissection virtuelle « anatomage »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Table de dissection virtuelle « anatomage »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Cadavre synthétique « Syndaver »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

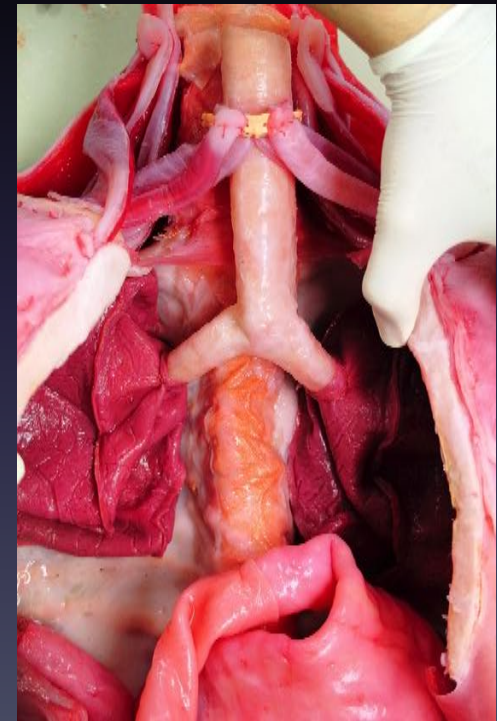
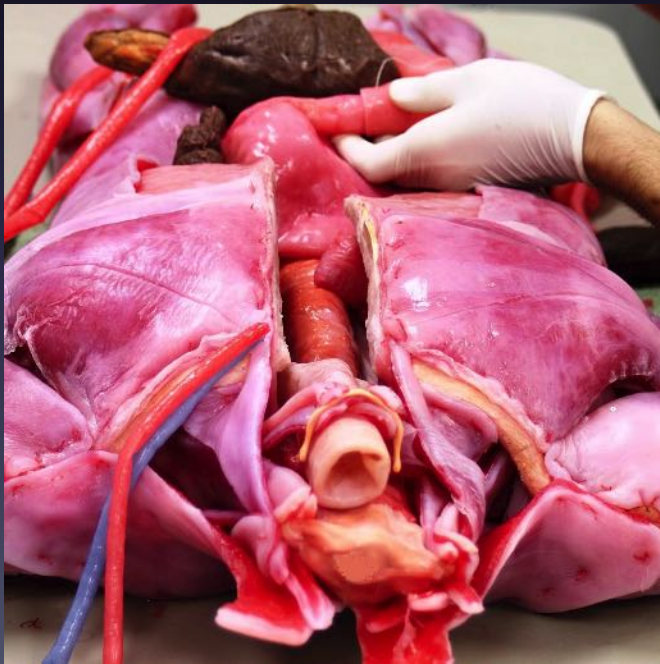
- Cadavre synthétique « Syndaver »





# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Cadavre synthétique « Syndaver »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Cadavre synthétique « Syndaver »



# Quels sont les moyens disponibles pour réaliser cette simulation ?

- Cadavre synthétique « Syndaver »

**SynDaver™ Labs**  
Synthetic Human Tissues & Body Parts



Syndaver  
Soldier

**From: \$59,250.00**

**Update:** Alpha testing is expected to start Q2 2013. If interested

**SynDaver™ Labs**  
Synthetic Human Tissues & Body Parts



SynDaver Full  
Body

**From: \$31,750.00**

The SynDaver™ Synthetic Human (SSH) is the most elaborate and

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

## ■ Définition

Réalisation à partir de différentes coupes numériques (imagerie), anatomiques ou histologiques d'une reconstruction 3D d'un organe, d'un système ou d'une région anatomique.

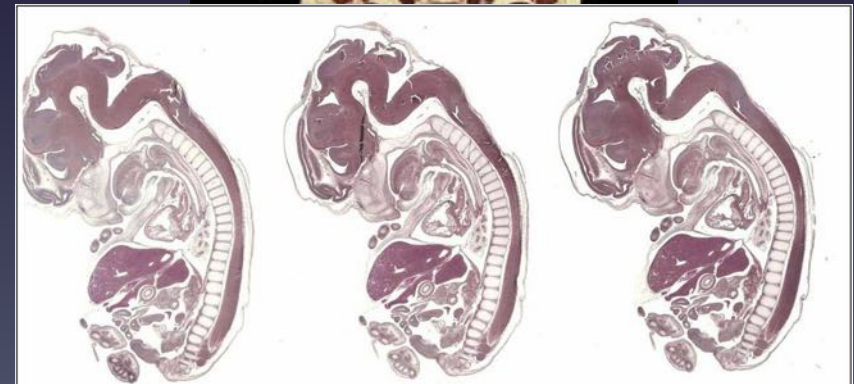
# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- **Trois grandes étapes pour la modélisation :**
  - Acquisition et traitement des images
  - Reconstruction tridimensionnelle
  - Transmission, visualisation et manipulation du modèle 3D

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

## ■ Acquisition des images :

- **Numériques** : série de coupes produites par l'imagerie médicale (scanner hélicoidal, IRM, PET...)
- **Coupes anatomiques**: fines successives de corps humain entier. projet « visible human » aux USA, Korée, Chine.
- **Coupes histologiques** : Séries et numérisées d'un organe ou d'un embryon humains. Projet américain de « visible embryo », collection Rouvière du labo des saints pères (Paris)



# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- **Traitement des images :**

- **Numériques :**

- Ces données sont directement utilisables pour la reconstruction et la modélisation par des logiciels spécifiques

- **Coupes anatomiques et coupes histologiques :**

- Données analogiques nécessitant donc une numérisation préalable pour faire l'objet d'un traitement 3D.

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- **Étapes de reconstruction 3D:** (Logiciels: Osirix, surf driver...)
  - **Sélection et « contourage »** une à une des structures anatomiques à reconstruire
  - **Correction éventuelle** des coupes déjà « contourées »
  - **Empilement des contours** de points obtenus pour chaque coupe
  - **Modélisation des surfaces** en convertissant la charpente de points en polygones
  - **Lissage des contours** de l'objet reconstruit à partir des points
  - **Visualisation du modèle** en apportant des correctifs
  - **Mesure des dimensions** et volumes des structures reconstruites



# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- **Visualisation du modèle 3D :**

- **Sur écran de moniteur (2D):** l'impression de volume est donnée ici grâce au mouvement.



- **L'affichage du modèle en relief:** nécessité de lunettes spéciales polarisantes ...



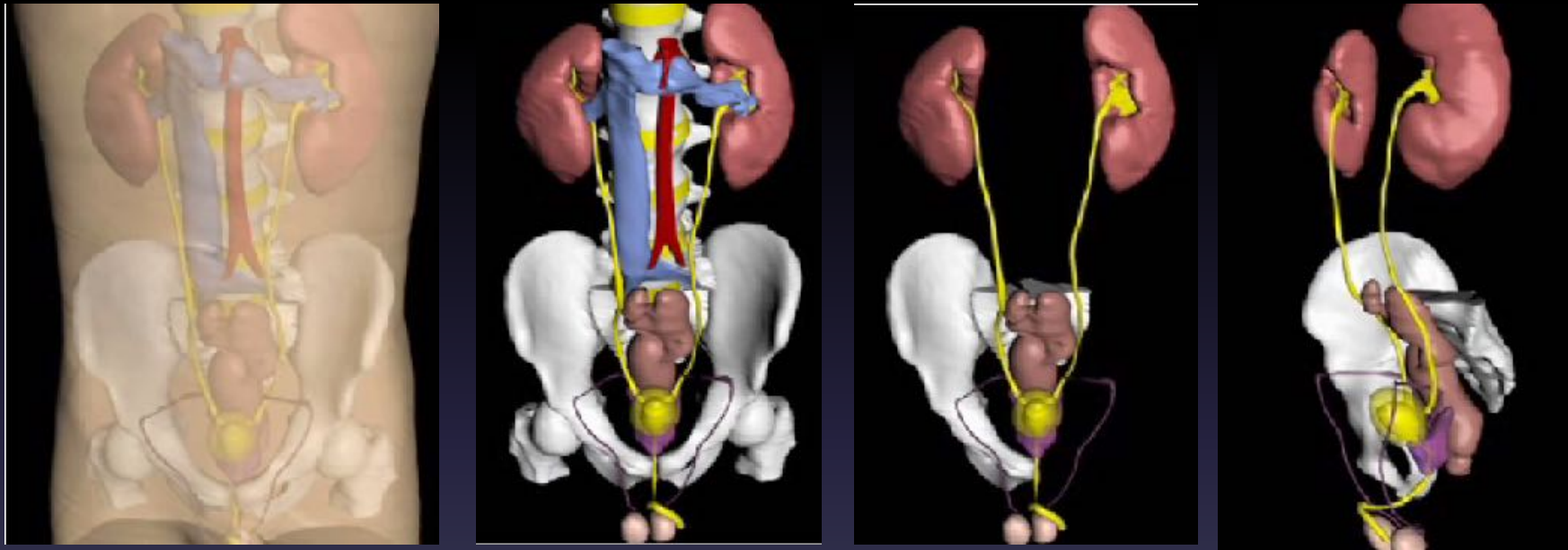
# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- **Manipulation du modèle 3D reconstruit :**
  - **Rotation** autour de l'axe vertical (ou d'axes obliques)
  - **Zoom** pour se rapprocher ou s'éloigner de l'objet
  - **Modification de la transparence** des différents tissus, ce qui permet de visualiser les structures profondes
  - **Coloration** des différents tissus ou organes

→ Véritable dissection virtuelle plan par plan+++

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- Quelques exemples de modélisation



Modélisation 3D de l'appareil uro-génital à partir des coupes anatomiques du Koréan visible Human

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

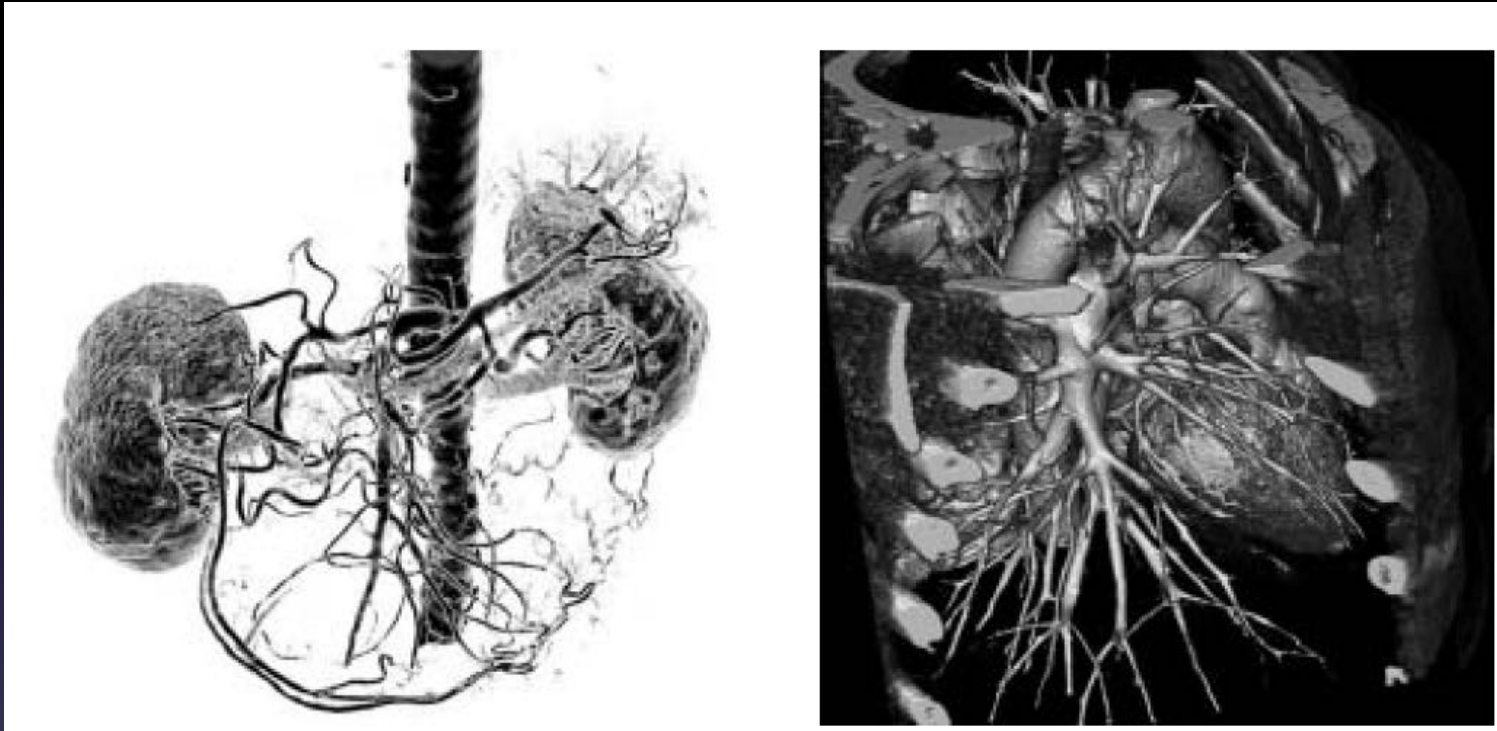
- Quelques exemples de modélisation



Exemple de Modélisation 3D d'image de phléboscanner pelvien

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

## ■ Quelques exemples de modélisation

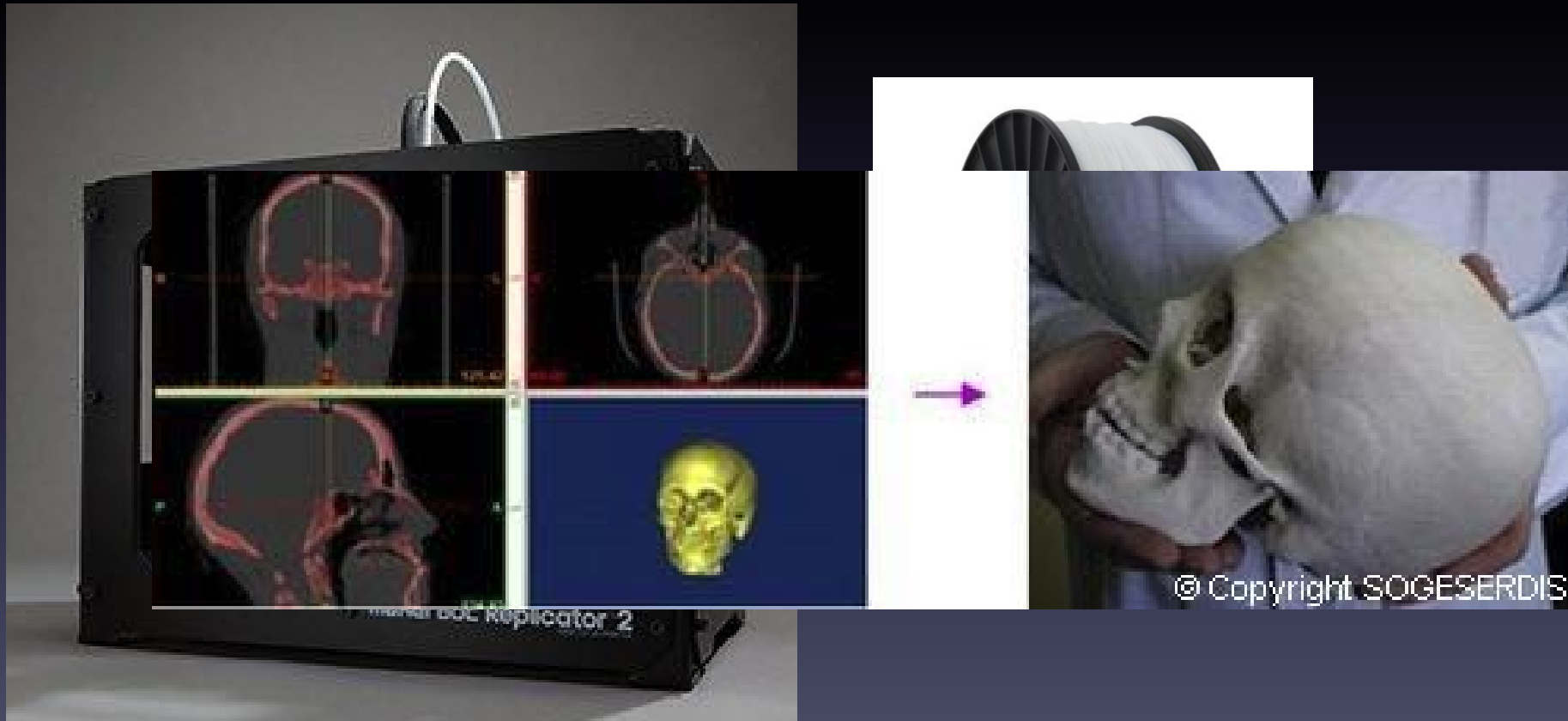


Reconstruction 3D de l'aorte abdominale et de ses branches viscérales

Reconstruction 3D du hile pulmonaire droit, du coeur et des gros vaisseaux de la base.

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- Après la modélisation 3D ...

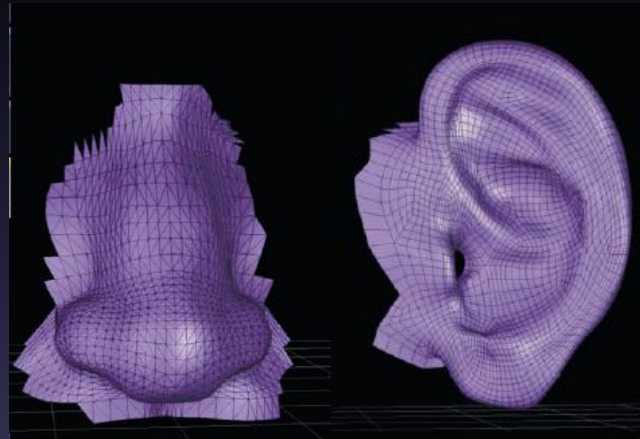


# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

- Après la modélisation 3D ... l'impression 3D :



Reconstruction 3D



Modélisation de l'épithèse



Impression de jet de goutte de  
cire couche par couche  
transformée ensuite en silicone  
après moulage

# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

## ■ Champs d'applications :

### ■ Enseignement de l'anatomie:

Visualisation interactive très réaliste des structures anatomiques (étude de leurs rapports, rotation, zoom, modification de la transparence des tissus (une couleur pour chaque densité).

→ Véritable dissection virtuelle, excellent outil pédagogique

### ■ Recherche en anatomie:

Réalisation d'études morphologiques, morphométriques et dynamique d'embryogénèse quantifiant l'évolution d'organes...

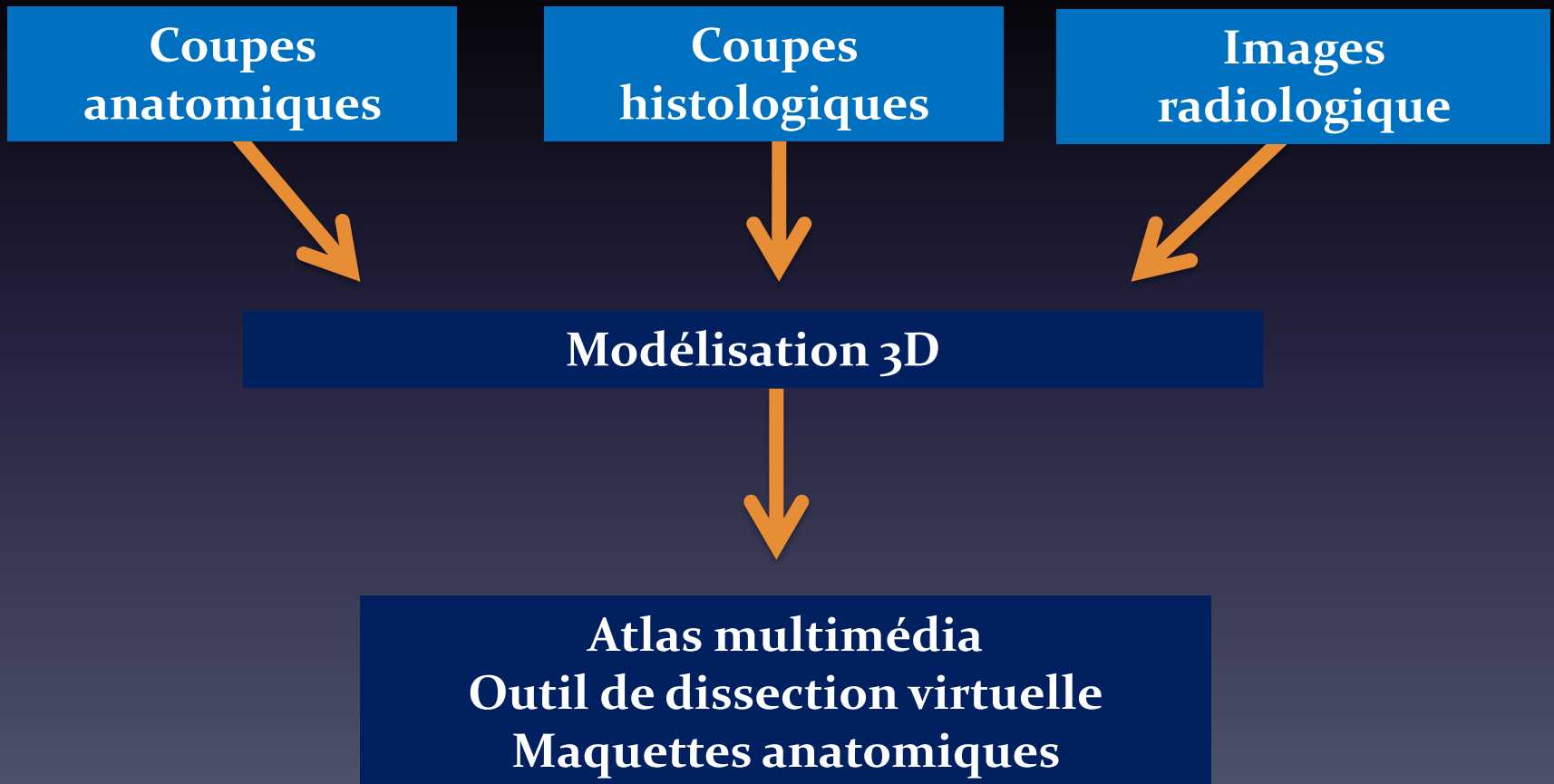
### ■ Anatomie clinique :

- Exploration des patients (angiologie, anatomie foétale, suivi thérapeutique en carcinologie...)
- Simulations thérapeutiques (chirurgie reconstructrice...)



# Comment développer une simulation de la dissection par modélisation 3D ?

## En résumé



# Notre projet ...?

- **Acquisition de:**
  - Maquettes anatomiques et logiciels interactifs
  - Table de dissection virtuelle « Anatomage »
  - Cadavres synthétiques « Syndaver »
- **Développement de simulateurs de dissection virtuelle** de différentes régions anatomiques par modélisation anatomique 3D
- **Utilisation de tous ces outils de simulation pour:**
  - **L'enseignement:** en plaçant ces outils dans le curriculum pour les formations pré et post – graduées
  - **La recherche:** morphométrie, anatomie de développement... (par modélisation 3D)

# Notre projet ...?

- **Acquisition de:**
  - Maquettes anatomiques et logiciels interactifs
  - Table de dissection virtuelle « anatomage »
  - Cadaver synthétique « syndaver »



Salle de rangement des maquettes du laboratoire



Projet déjà déposé à l'université (90000 €)



Dans le cadre d'ateliers de formation

# Notre projet ...?

- **Développement de simulateurs par modélisation 3D :**
  - **Besoins en ressources matérielles**
    - Ordinateur PC portable
    - Micro-ordinateur iMac®
    - Système de numérisation : scanner de lames
    - Logiciels de numérisation et de traitement d'images « Adobe Photoshop CS® »
    - Logiciel de reconstruction d'images tridimensionnelles « SURF Driver 3.5.3®, Osirix® »
    - Logiciel d'animation « Cinéma 4D XL Realese 6 »
    - Imprimante 3D et consommable (filament plastique ABS)

# Notre projet ...?

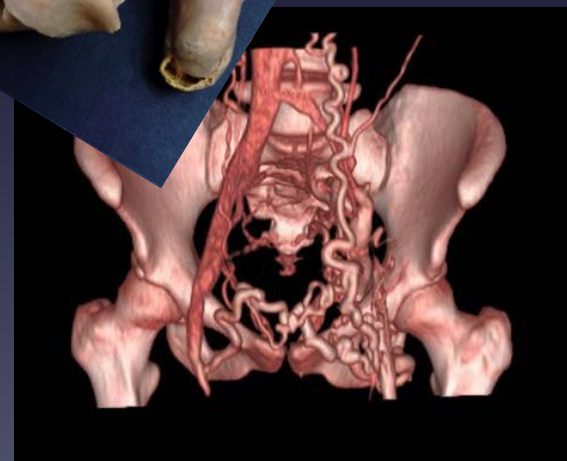
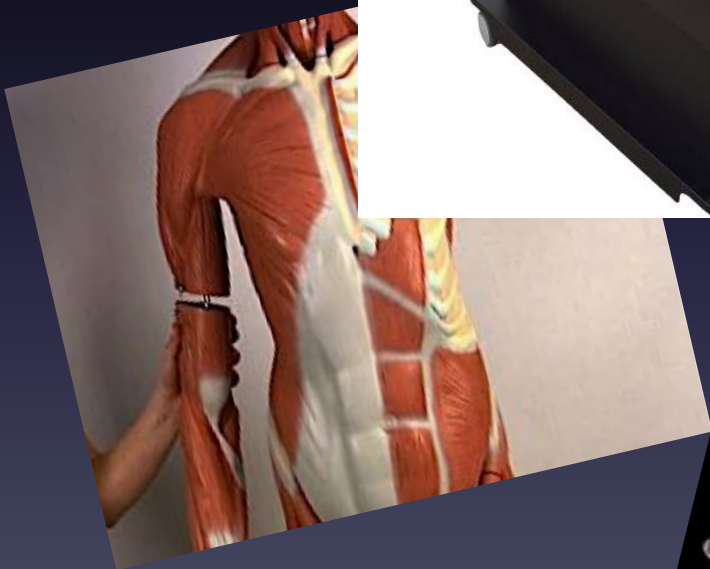
- **Développement de simulateurs par modélisation 3D :**
  - **Besoins en ressources humaines**
    - Informaticiens (infographistes, « modeleurs » ...)
    - Élèves ingénieurs en informatiques
    - Enseignants chercheurs intéressés
    - Internes et résidents en chirurgie ou en radiologie

# Notre projet ...?

- **Développement de simulateurs par modélisation 3D :**
  - **Formation du personnel du laboratoire d'anatomie**
  - **Ressources financières:** coût du matériel de modélisation
  - **Collaboration avec d'autres services:** radiologie, radiothérapie, anatomopathologie
  - **Temps+++:** chaque création est très chronophage

# Notre projet ...?

- Utilisation des différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement



# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ■ Etat des lieux :

- L'enseignement de l'anatomie est réparti en quatre matières:

ANATOMIE I	CM	ED	TP	VHG
Appareil locomoteur	6h	16h	12h	52h
Appareil cardio – vasculaire	8h	3h	1h	
Appareil respiratoire	6h			
Total	20h	19h	13h	

ANATOMIE II	CM	ED	TP	VHG
Appareil digestif	6h	14h		50 H
Appareil urinaire	6h	6h		
Appareil génital féminin	4h	8h		
Appareil vasculaire	4h	2h		
total	20h	30h		



# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

- **Etat des lieux :**

- L'enseignement de l'anatomie est réparti en quatre matières:

Anatomie III	CM	ED	TP	VHG
Système nerveux central	26h	2h	2h	30h
Anatomie IV				46h
Ophtalmologie	6h	2h		
ORL	22h	4h	2h	
Maxillo – faciale	10h			
total	38h	6h	2h	

Les ED se déroulent en utilisant comme support des Maquettes et des schémas sur présentation Power point à légènder par l'étudiant

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ENSEIGNEMENT

#### OUTIL DE SIMULATION

#### UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Modèles anatomiques

- Démonstrations de maquettes lors des ED
- Réalisation de films pédagogiques de démonstrations

Logiciels interactifs

- Enseignement assisté par ordinateur

Table de dissection virtuelle

- Séances de « prosections » lors des ED
- Séances de radio – anatomie

Modélisation 3D

- Atlas multimédia de dissection virtuelle

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ENSEIGNEMENT

#### OUTIL DE SIMULATION

#### UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Modèles anatomiques

- Démonstrations de maquettes lors des ED
- Réalisation de films pédagogiques de démonstrations

Logiciels interactifs

- Enseignement assisté par ordinateur

Table de dissection virtuelle

- Séances de « prosections » lors des ED
- Séances de radio – anatomie

Modélisation 3D

- Atlas multimédia de dissection virtuelle

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ENSEIGNEMENT

#### OUTIL DE SIMULATION

#### UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Modèles anatomiques

- Démonstrations de maquettes lors des ED
- Réalisation de films pédagogiques de démonstrations

Logiciels interactifs

- Enseignement assisté par ordinateur

Table de dissection virtuelle

- Séances de « prosections » lors des ED
- Séances de radio – anatomie

Modélisation 3D

- Atlas multimédia de dissection virtuelle

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ENSEIGNEMENT

#### OUTIL DE SIMULATION

#### UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Modèles anatomiques

- Démonstrations de maquettes lors des ED
- Réalisation de films pédagogiques de démonstrations

Logiciels interactifs

- Enseignement assisté par ordinateur

Table de dissection virtuelle

- Séances de « prosections » lors des ED
- Séances de radio – anatomie

Modélisation 3D

- Atlas multimédia de dissection virtuelle

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ENSEIGNEMENT

#### OUTIL DE SIMULATION

#### UTILISATION PÉDAGOGIQUE

Modèles anatomiques

- Démonstrations de maquettes lors des ED
- Réalisation de films pédagogiques de démonstrations

Logiciels interactifs

- Enseignement assisté par ordinateur

Table de dissection virtuelle

- Séances de « prosections » lors des ED
- Séances de radio – anatomie

Modélisation 3D

- Atlas multimédia de dissection virtuelle

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

- **En formation pré – graduée :**

Séance récapitulative à la fin de chaque module d'anatomie  
se déroulant selon trois phases

Briefing

Exposition de la dissection

Débriefing

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ■ En formation pré – graduée :

### Répartition des groupes d'étudiant pour la séance récapitulative:

- Effectif : 350 étudiants environ et 32 groupes de 11 étudiants
- 3 sous groupes, 3 stations, 3 outils de simulation
- Séance de 2h pour chaque groupe, 6 groupes par semaine
- 5 semaines pour toute la promotion

Date	Groupes	Horaire	Formateurs
31 mars	G1	14h30 à 16h15	Pr. Ag. Rabani ; Pr. Ass. Elamrani
	G2	16h 30 à 18h15	
01 avril	G3	14h30 à 16h15	Pr Z. Dahami ; Pr. Ass. Elamrani
	G4	16h 30 à 18h15	
03 avril	G5	14h30 à 16h15	Pr. Ag. Narjiss ; Pr. Ass. Elamrani
	G6	16h 30 à 18h15	



# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

- En formation pré – graduée :

POUR L'ÉVALUATION	
OUTIL DE SIMULATION	MÉTHODE D'ÉVALUATION
Modèles anatomiques	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Présentation orale par l'étudiant</li></ul>
Logiciels interactifs	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ QCM électronique de légende à la médiathèque</li></ul>
Table de dissection virtuelle	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique</li></ul>
Modélisation 3D	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique</li></ul>

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

POUR L'ÉVALUATION	
OUTIL DE SIMULATION	MÉTHODE D'ÉVALUATION
Modèles anatomiques	▪ Présentation orale par l'étudiant
Logiciels interactifs	▪ QCM électronique de légende à la médiathèque
Table de dissection virtuelle	▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique
Modélisation 3D	▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

POUR L'ÉVALUATION	
OUTIL DE SIMULATION	MÉTHODE D'ÉVALUATION
Modèles anatomiques	▪ Présentation orale par l'étudiant
Logiciels interactifs	▪ QCM électronique de légende à la médiathèque
Table de dissection virtuelle	▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique
Modélisation 3D	▪ Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

- En formation pré – graduée :

## POUR L'ÉVALUATION

### OUTIL DE SIMULATION

### MÉTHODE D'ÉVALUATION

Modèles anatomiques

- Présentation orale par l'étudiant

Logiciels interactifs

- QCM électronique de légende à la médiathèque

Table de dissection virtuelle

- Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

Modélisation 3D

- Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation pré – graduée :

### POUR L'ÉVALUATION

#### OUTIL DE SIMULATION

#### MÉTHODE D'ÉVALUATION

Modèles anatomiques

- Présentation orale par l'étudiant

Logiciels interactifs

- QCM électronique de légende à la médiathèque

Table de dissection virtuelle

- Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

Modélisation 3D

- Présentation d'une dissection virtuelle d'une région anatomique

# Où placer les différents outils de simulation dans le curriculum et programmes d'enseignement ?

## ▪ En formation post – graduée :

ATELIERS DE FORMATION	
OUTIL DE SIMULATION	UTILISATION PÉDAGOGIQUE
Table de dissection virtuelle	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Radio – anatomie et anatomie clinique</li><li>▪ Anatomie chirurgicale</li></ul>
Cadavres synthétiques	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Anatomie chirurgicale</li><li>▪ Bases anatomiques des gestes techniques</li></ul>

TRAVAUX DE RECHERCHE	
SUJET	CHERCHEURS
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Morphométrie,</li><li>▪ Anatomie de développement</li><li>▪ Élaboration de modèles 3D, ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Enseignants chercheurs</li><li>▪ Résidents en radiologie ou en chirurgie</li><li>▪ Thèses de doctorat en médecine, ...</li></ul>

# Quels sont les intérêts et limites de la simulation en Anatomie ?

## ■ Intérêts de la simulation en Anatomie :

- Perception tridimensionnelle des structures anatomiques
- Caractère ludique et attractif améliorant l'apprentissage
- Formation et perfectionnement pour l'interprétation et l'utilisation des techniques nouvelles d'imagerie
- Possibilité d'évaluation objective et itérative de la performance de l'apprenant
- Permet d'éviter les problèmes éthiques liés à l'utilisation de cadavres humains

# Quels sont les intérêts et limites de la simulation en Anatomie ?

## ▪ **Limites de la simulation en Anatomie :**

- Difficulté de modéliser le corps humain à tous les niveaux:
  - Morphologique,
  - Physique (nature déformable des structures anatomiques...)
  - Et physiologiques (incluant le caractère fonctionnel des organes...)



# Conclusion

- **La dissection anatomique virtuelle ne remplacera jamais la dissection réelle et ses sensations tactiles.**

**Mais...**

- **Plusieurs facteurs font actuellement tout l'intérêt des outils de simulation** pour l'enseignement et la recherche en sciences morphologiques:
  - Difficulté d'utilisation de vrais cadavres (insuffisance, cadre légal, éthique...)
  - Difficulté technique de dissection d'embryon réels (dimensions des structures)
  - Développement des moyens informatiques et audio – visuels ...

# Conclusion

*L'enseignement de l'anatomie entre hier et aujourd'hui...*

Hier

Aujourd'hui

L'évolution vient de la simulation...



Leçon d'anatomie du docteur Tulp  
REMBRANDT (1632)

