

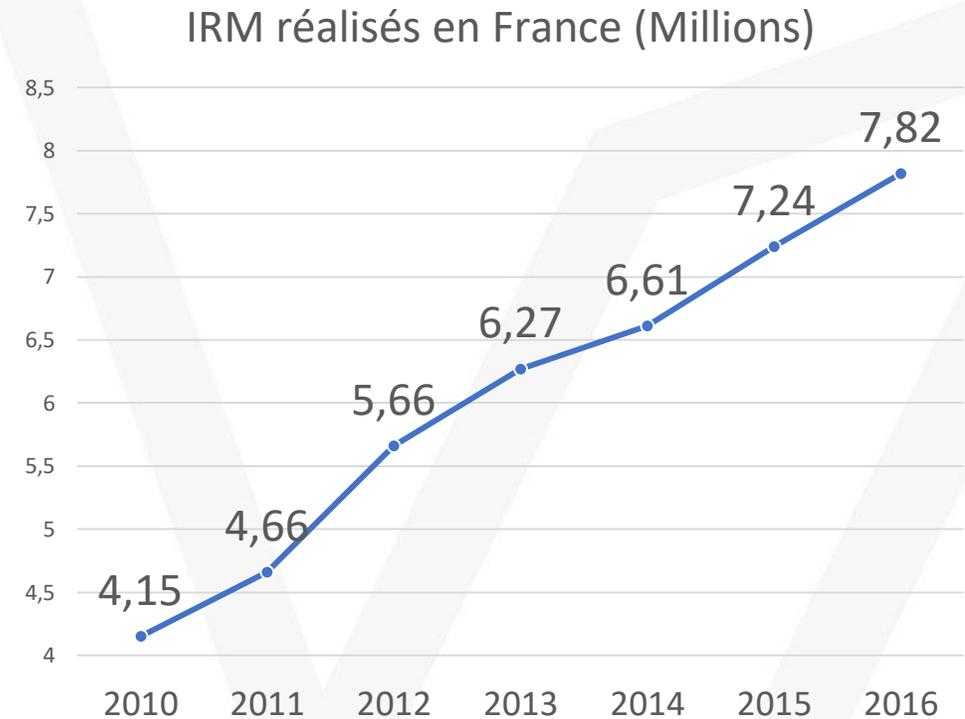
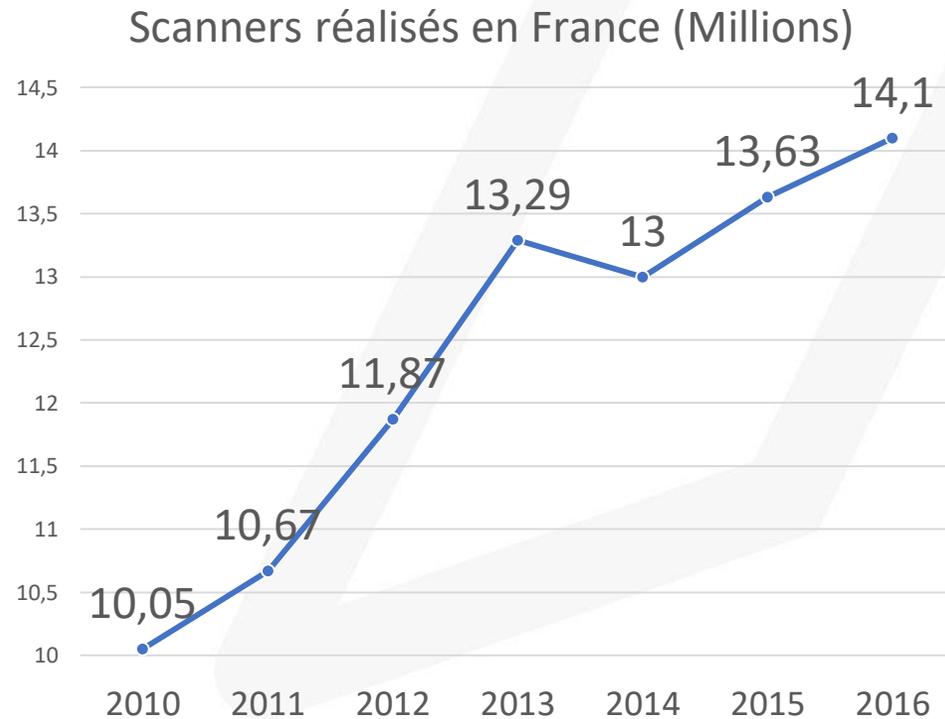
Annotations et Apprentissage

Rencontre entre la connaissance médicale et la science des
données

Roberto Ardon
roberto.ardon@incepto-medical.com

Quelques chiffres

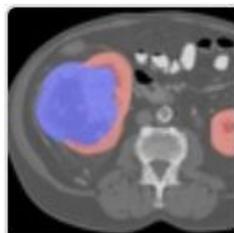
<https://data.oecd.org/fr/healthcare/>



Au moins 22 millions d'examens médicaux 3D en 2016
26 millions en 2019 en extrapolant...

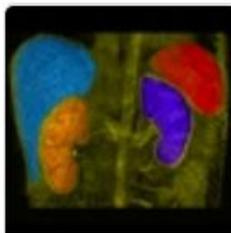
Quelques chiffres

<https://decathlon-10.grand-challenge.org/>



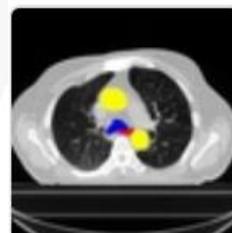
KiTS19

300 volumes annotés



CHAOS

200 volumes annotés



SegTHOR

60 volumes annotés



Decathlon

30 à 750 volumes annotés

MR_{Net}
DATASET

1130 volumes annotés

Au moins 22 millions d'examens médicaux 3D en 2016
26 millions en 2019 en extrapolant...

Plan

Définition des types d'annotations

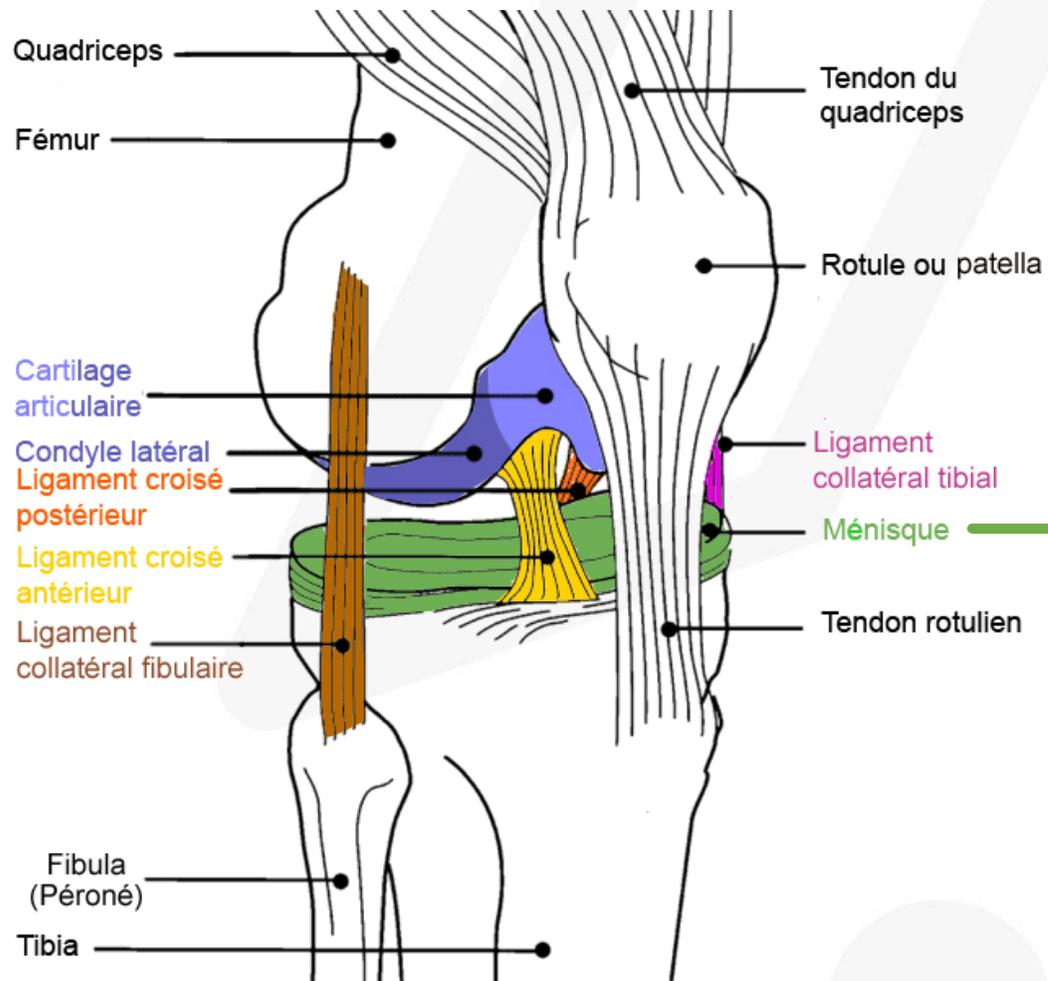
Annotations de classe

Annotations avancées

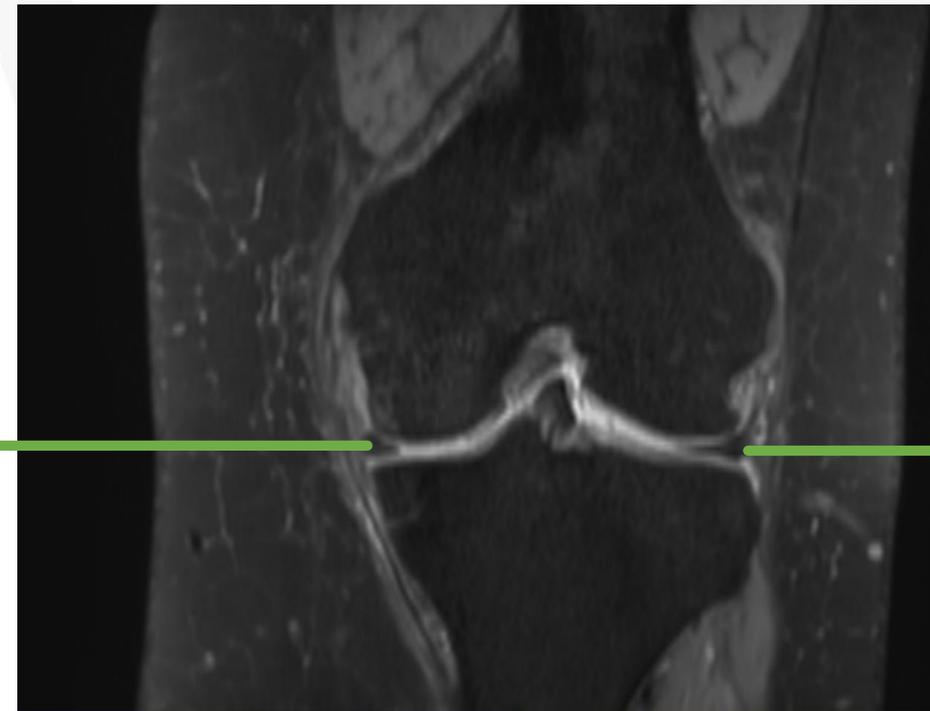
- L'outil nécessaire

- L'annotation augmentée

Anatomie du Genou



3R
RÉSEAU RADIOLOGIQUE ROMAND



Ménisque

25 000 Examens IRM + Rapports

Plan

Définition des types d'annotations

Annotations de classe

Annotations avancées

L'outil nécessaire

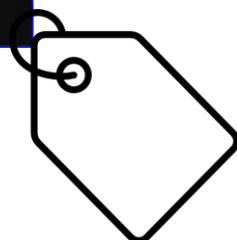
L'annotation augmentée

Deux types d'annotations

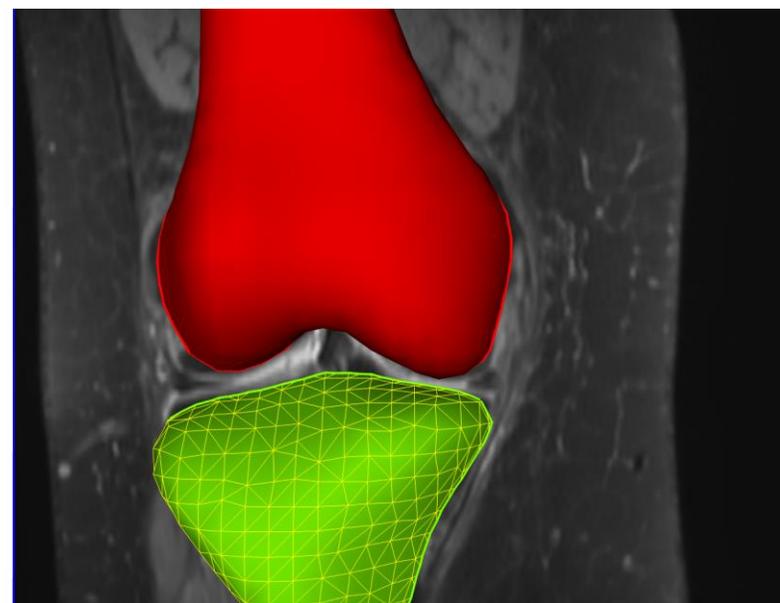
Annotations de classe



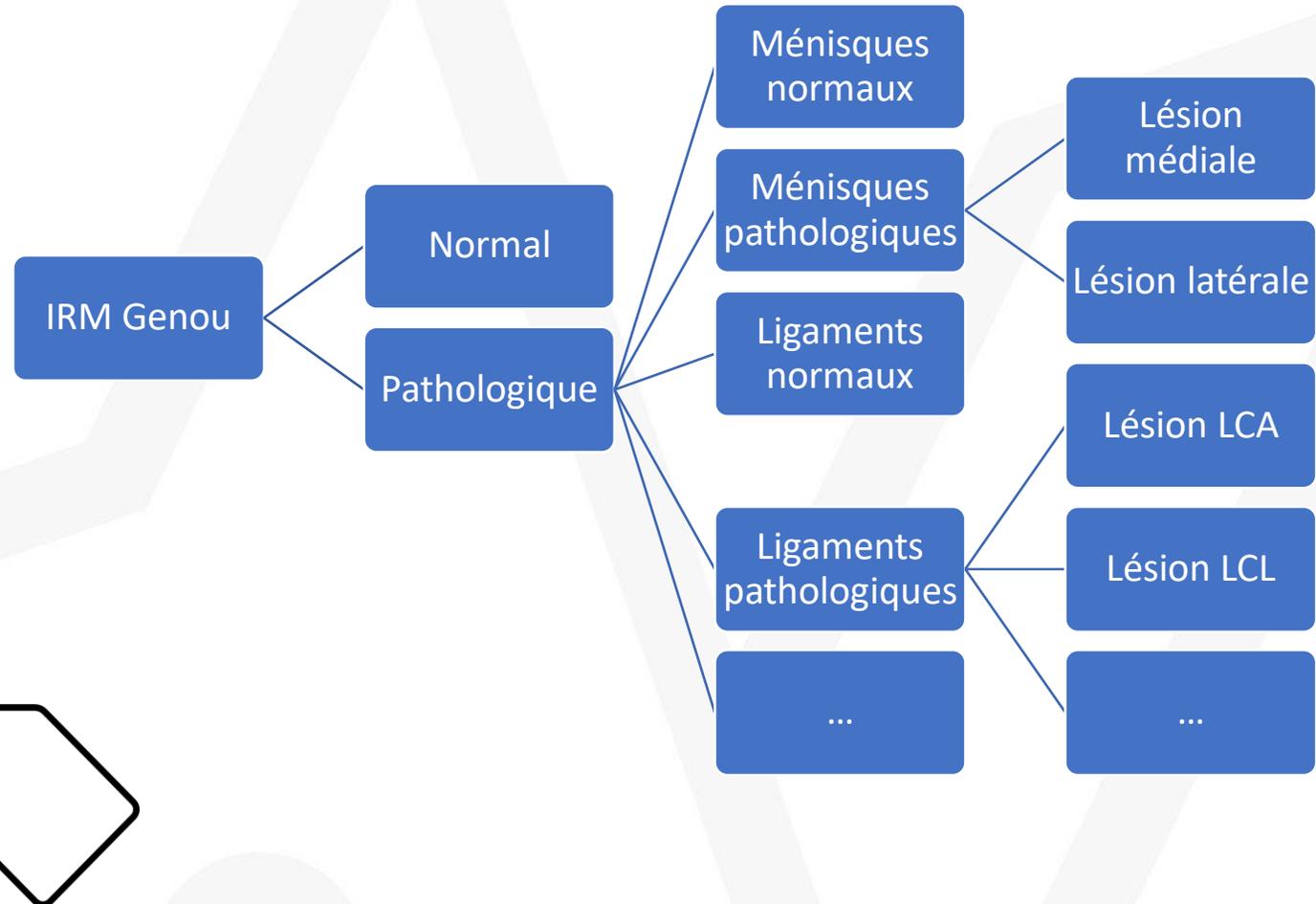
IRM Genou



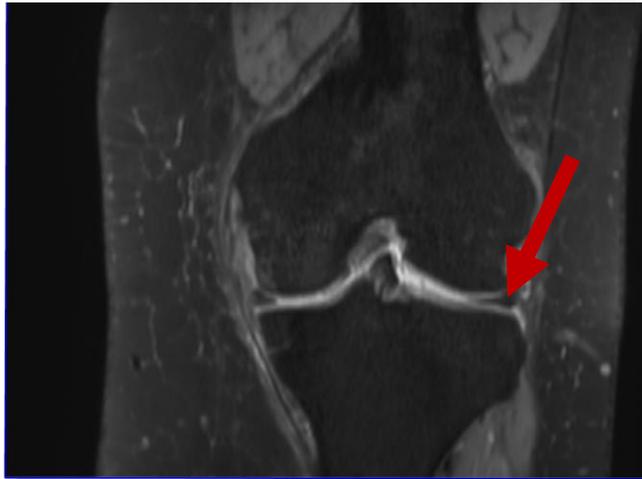
Annotations avancées



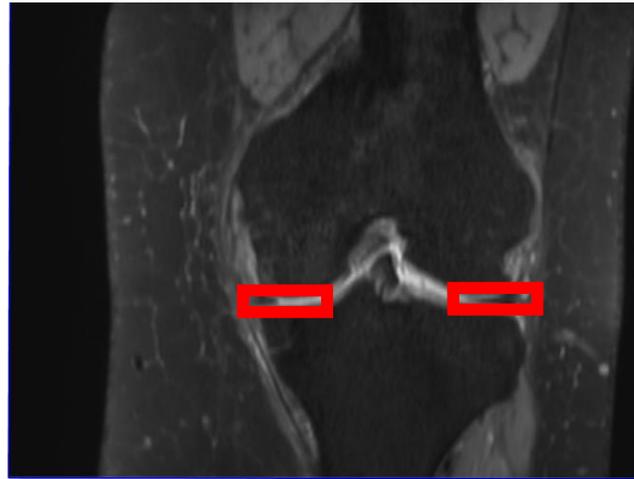
Annotation de classe



Annotation avancée



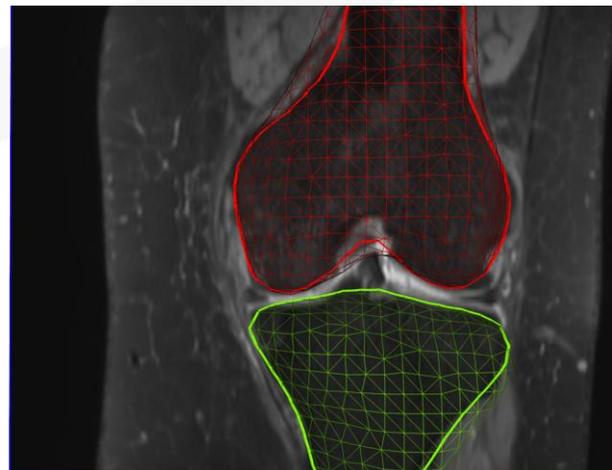
Points



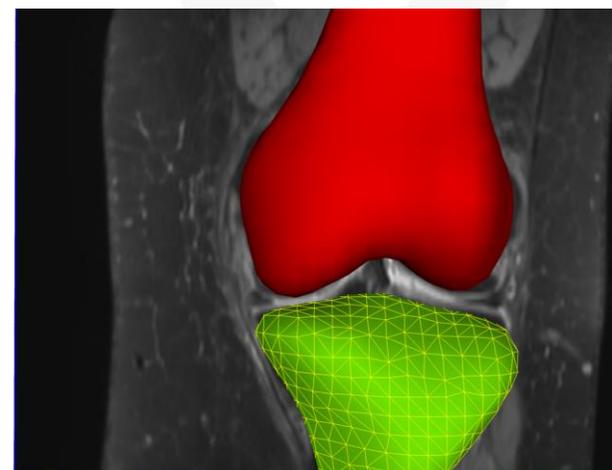
Zones



Contours



Surfaces



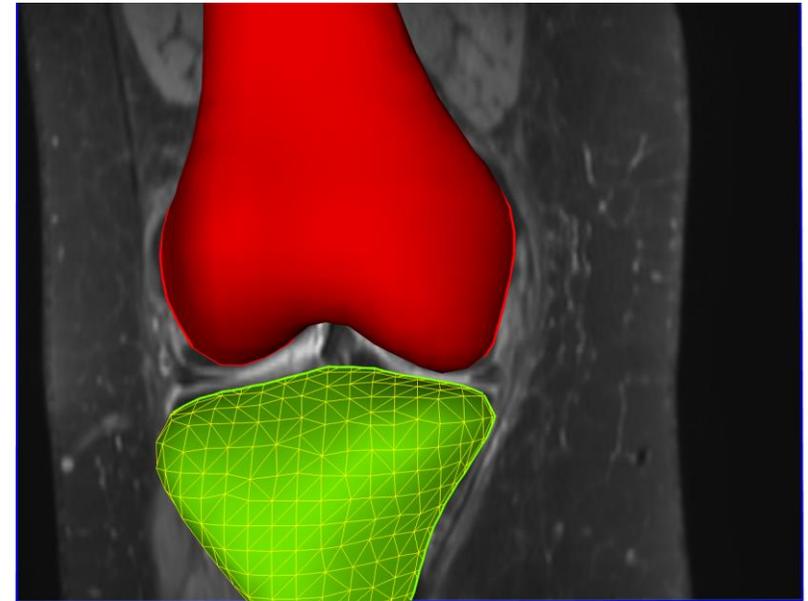
Volumes

Toute annotation prend du temps

Annotations de classe



Annotations avancées



Plan

Définition des types d'annotations

Annotations de classe

Annotations avancées

L'outil nécessaire

L'annotation augmentée

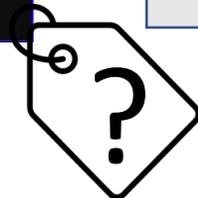
Annotations de classe : Exploitation des rapports radiologiques

Question posée: Y a-t-il une fissure sur le ménisque médial ? Sur le latéral ?

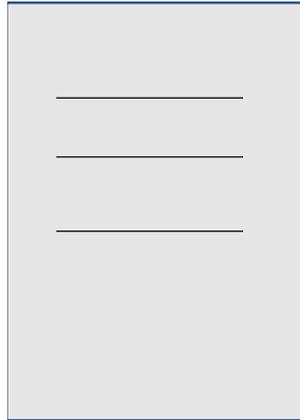
Peut-on utiliser les rapports?



==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==

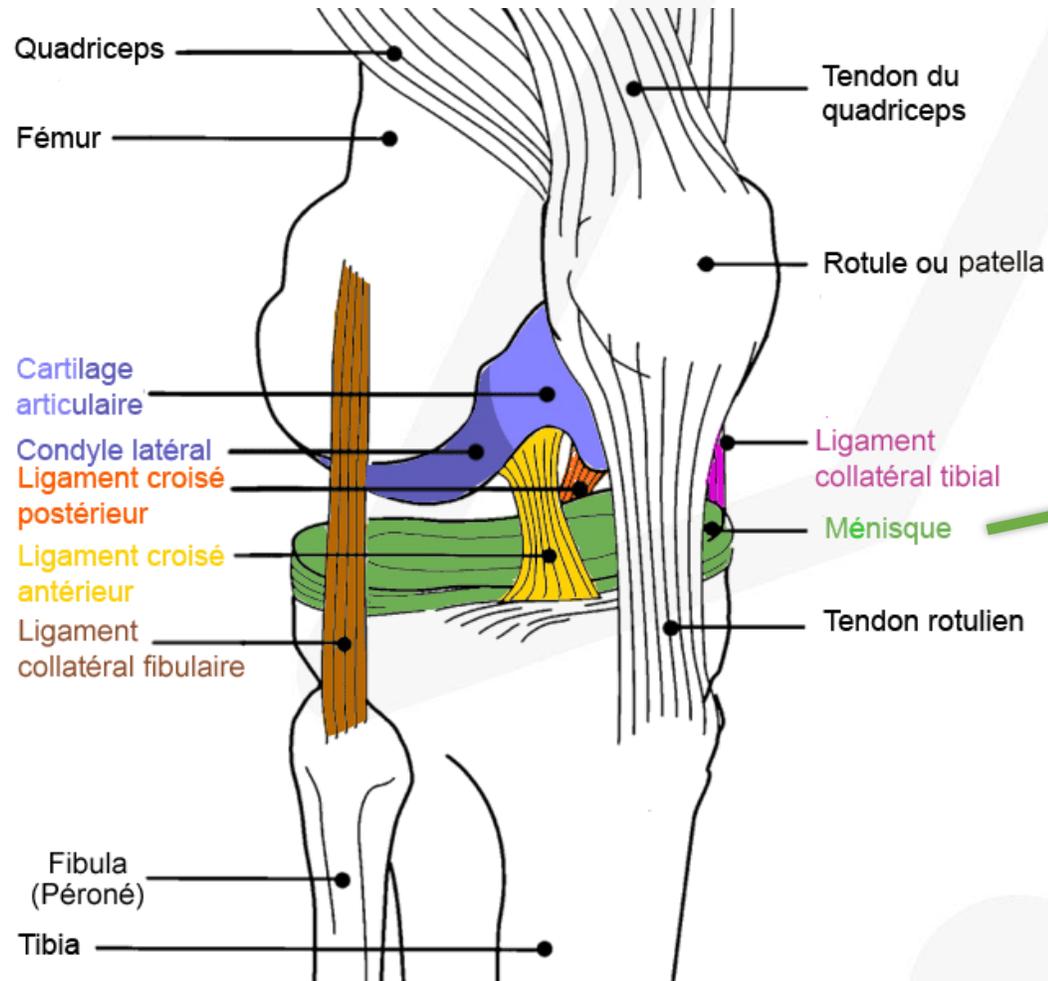


Annotations de classe : Exploitation des rapports radiologiques



IRM du genou gauche montrant essentiellement **une gonarthrose tricompartmentale** constituée avec : Une chondropathie de grade III des compartiments interne et fémoro-patellaire, de grade IV du compartiment externe. Une **lésion extensive du ménisque interne**. Une fissure radiaire du segment intermédiaire du ménisque externe. Une intégrité de la plastie ligamentaire croisée antérieure. Un épanchement articulaire contenant plusieurs **nodules ostéochondromateux articulaires libres**.

Annotations de classe : Exploitation des rapports radiologiques



Fissuration du corps intermédiaire du ménisque interne

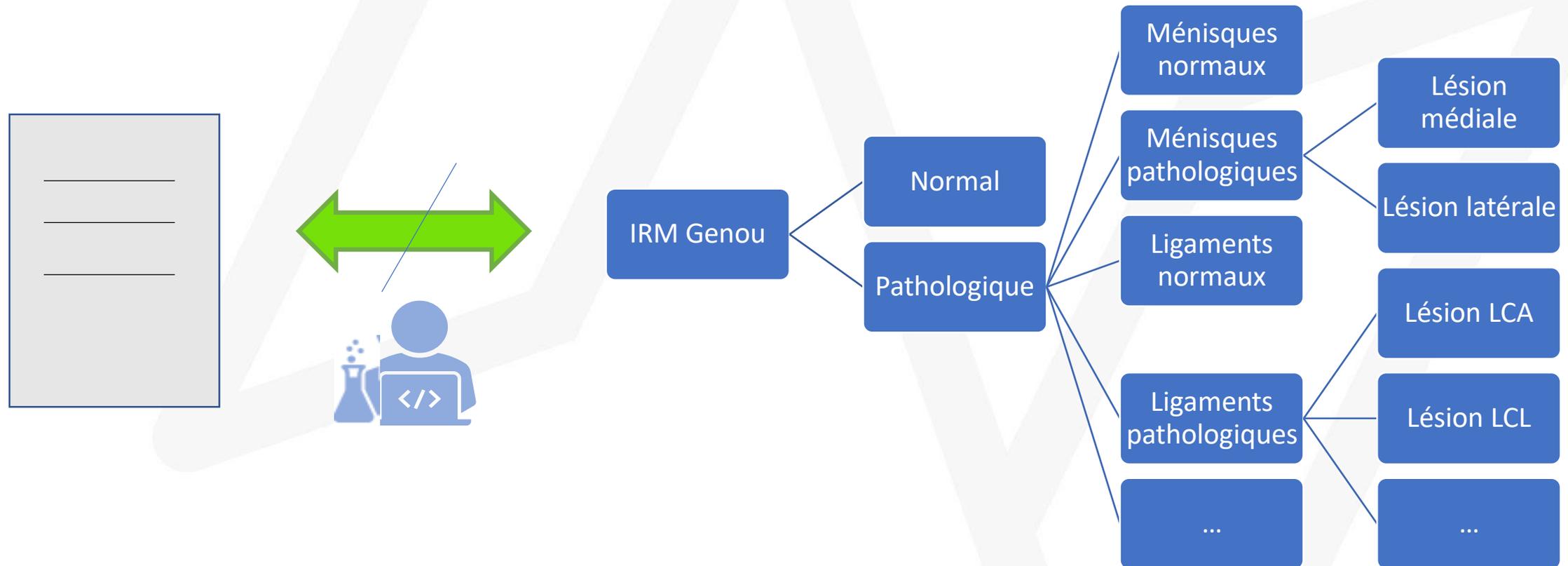
Bec de perroquet à la face supérieure du segment moyen du ménisque interne

Perte de substance du bord libre du segment moyen du ménisque interne

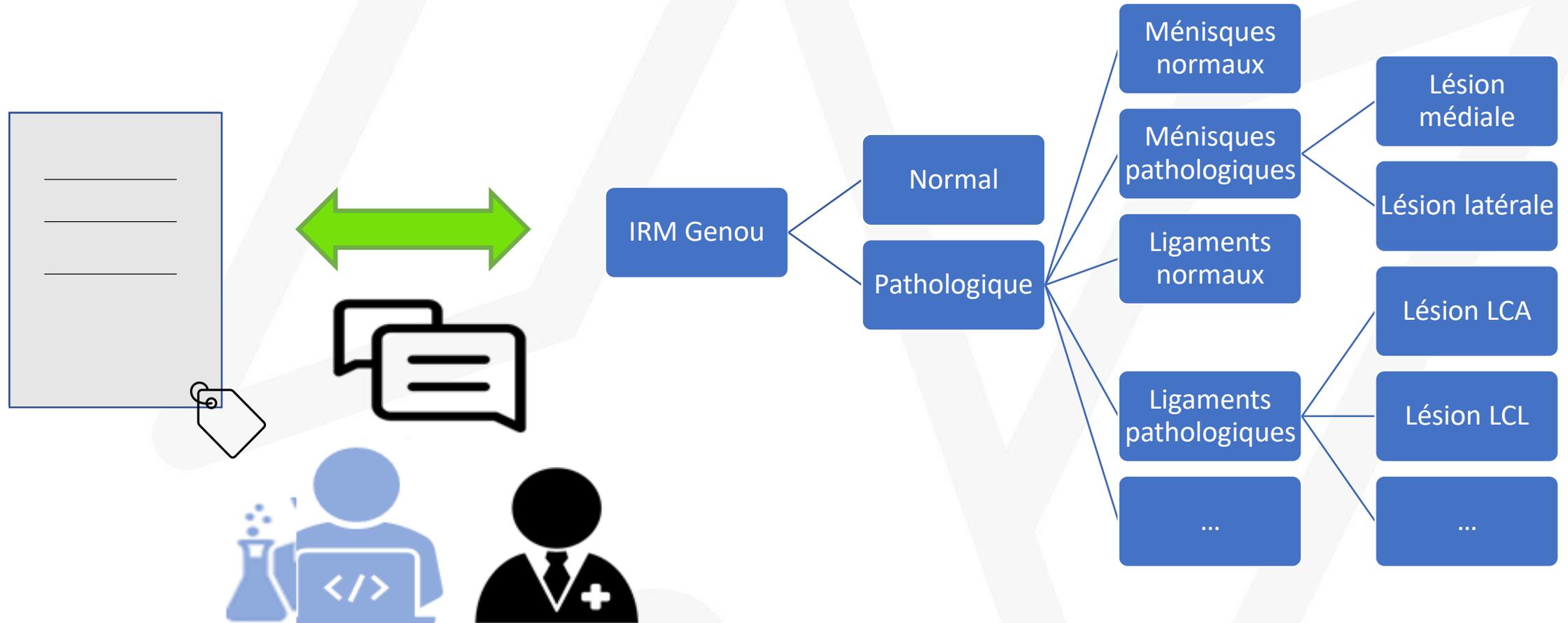
Imbibition de contraste à la face supérieure de l'attache capsulo-méniscale du tiers moyen du corps central du ménisque interne compatible avec une désinsertion focale



Annotations de classe : Exploitation des rapports radiologiques

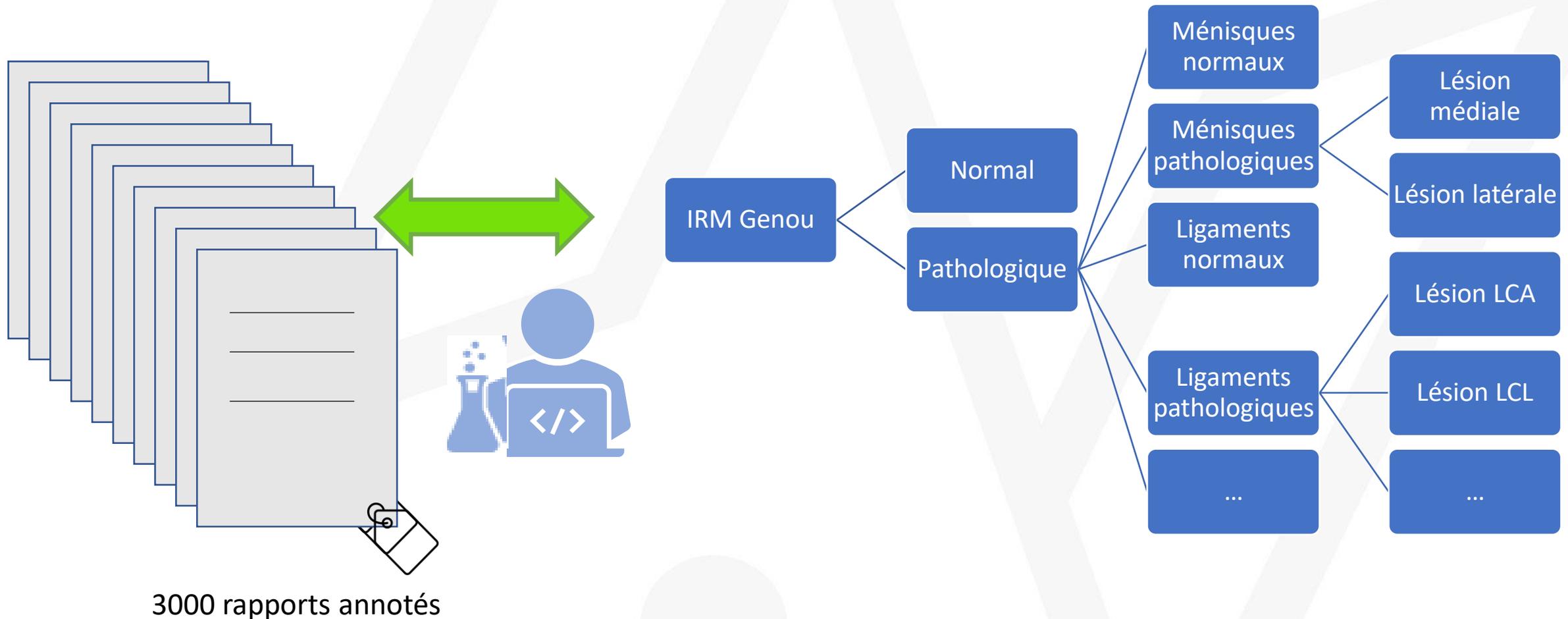


Annotations de classe : Dialogue nécessaire



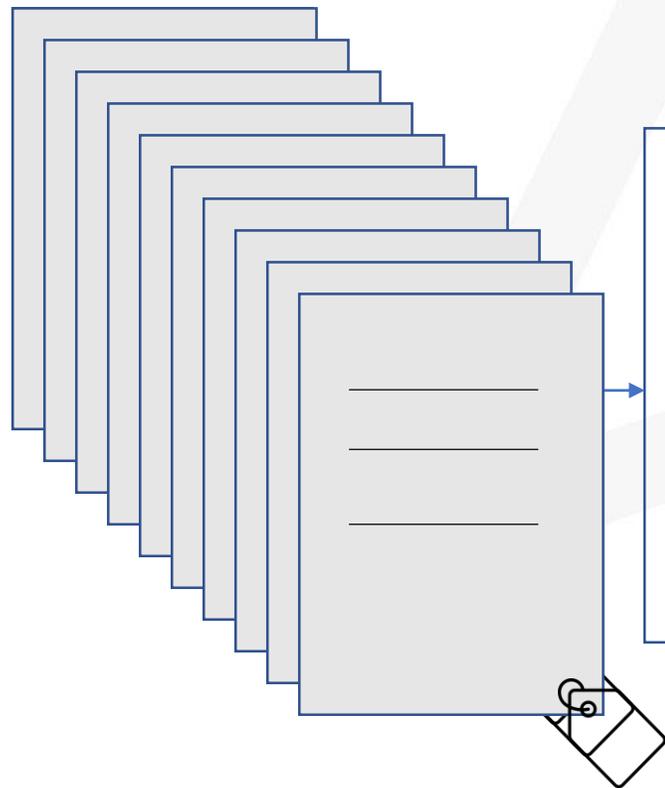
Exploitation des rapports radiologiques

Annotation des rapports

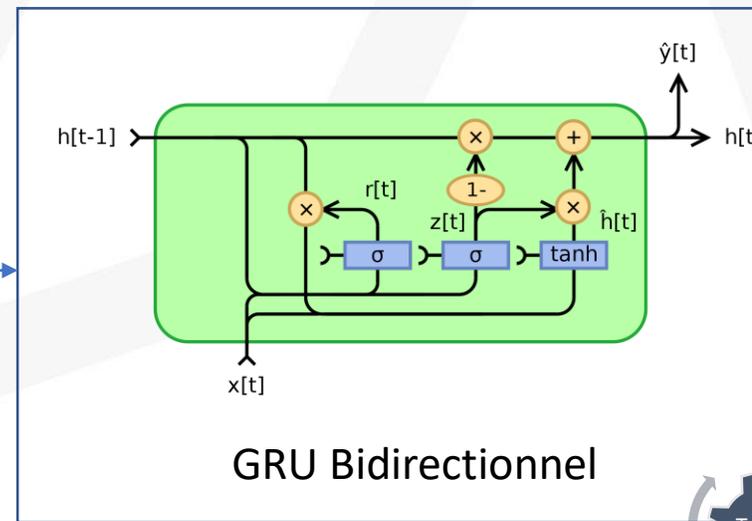


Exploitation des rapports radiologiques

Traitement naturel du langage

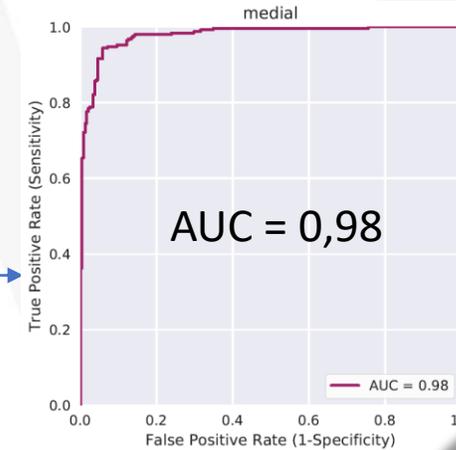


3000 rapports annotés

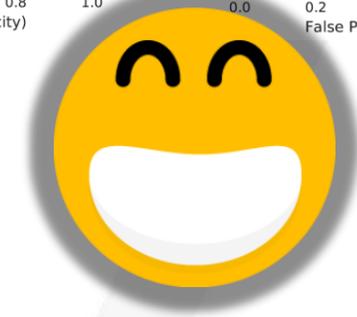
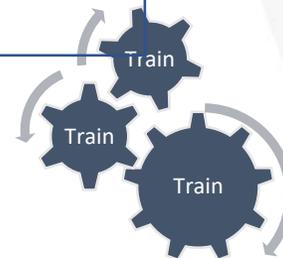
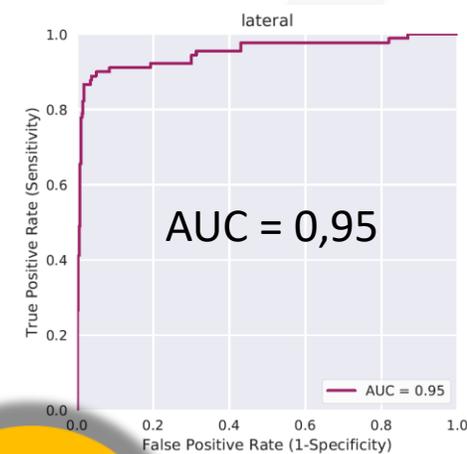


Entraîné et cross-validé sur 3000 rapports annotés

Ménisque médial fissuré

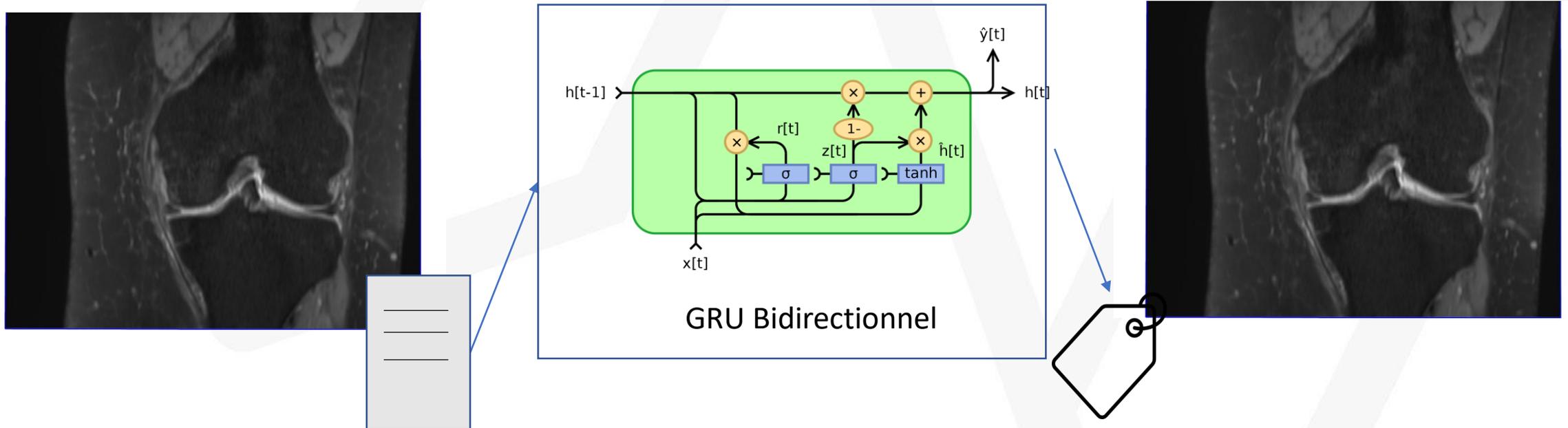


Ménisque latéral fissuré



Exploitation des rapports radiologiques

Annotation de classe des images



Exploitation des rapports radiologiques

Résultats faibles si utilisés seuls



Exploitation des rapports radiologiques

Résultats faibles si utilisés seuls



Plan

Définition des types d'annotations

Annotations de classe

Annotations avancées

L'outil nécessaire

L'annotation augmentée

A la recherche des annotations avancées



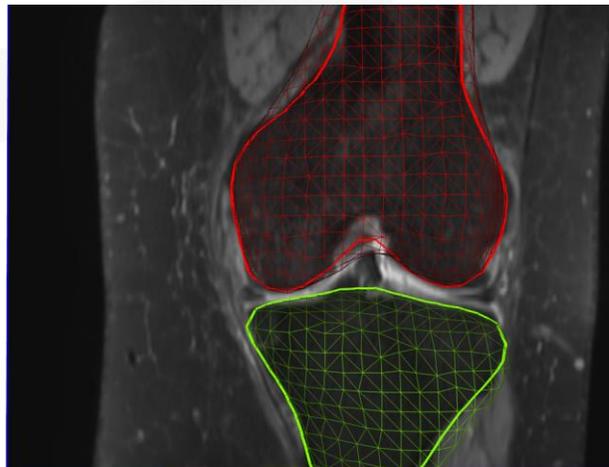
Points



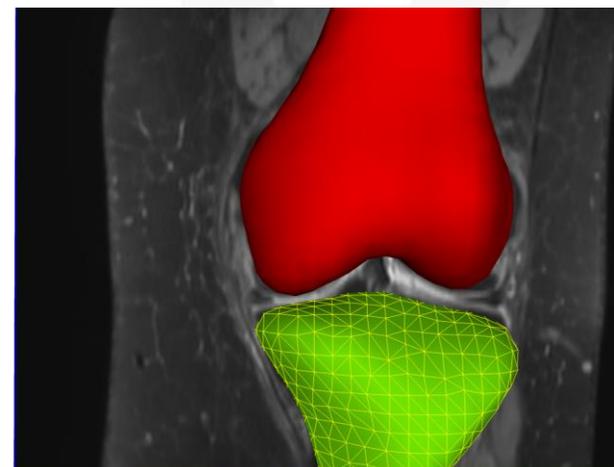
Zones



Contours



Surfaces



Volumes

Adapté à l'annotateur !



Raccourci pour les boites



10 secondes gagnées par 25 000 Examens
C'est environ 3 jours

Annotations avancées : localisation des structures anatomiques et lésions



Pointer les lésions

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$



Encadrer les lésions

$$B = \begin{bmatrix} x_m & x_M \\ y_m & y_M \\ z_m & z_M \end{bmatrix}$$

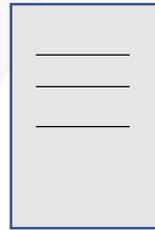


Annotations avancées : localisation des structures anatomiques et lésions



Pointer les lésions

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$



Encadrer les lésions

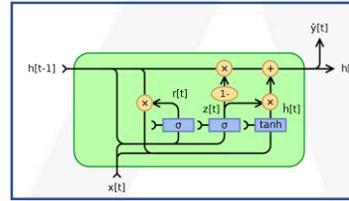
$$B = \begin{bmatrix} x_m & x_M \\ y_m & y_M \\ z_m & z_M \end{bmatrix}$$

Annotations avancées : localisation des structures anatomiques et lésions



Pointer les lésions

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$



Fissure du ménisque interne à sa corne supérieure



Encadrer les lésions

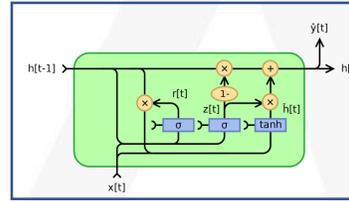
$$B = \begin{bmatrix} x_m & x_M \\ y_m & y_M \\ z_m & z_M \end{bmatrix}$$

Annotations avancées : localisation des structures anatomiques et lésions



Pointer les lésions

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$



Fissure du ménisque interne à sa corne supérieure



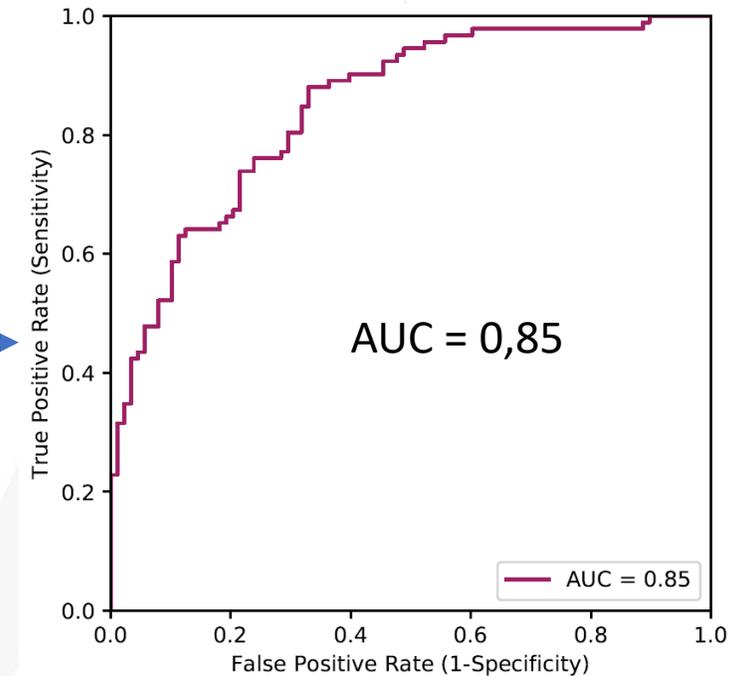
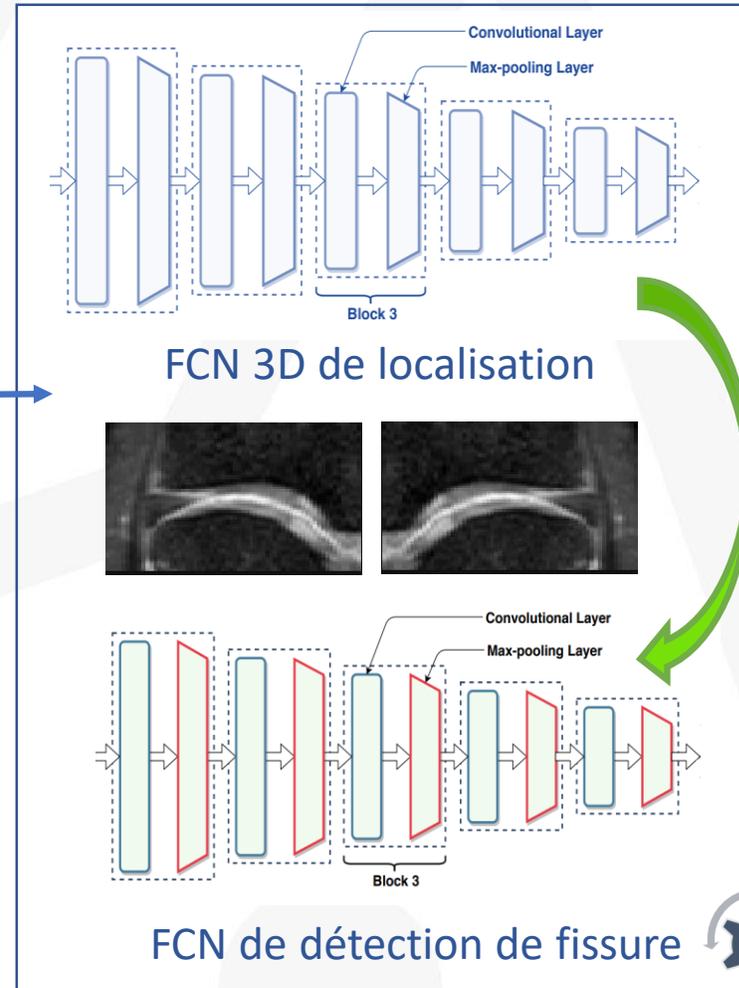
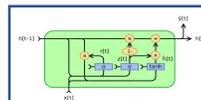
Encadrer les lésions

$$B = \begin{bmatrix} x_m & x_M \\ y_m & y_M \\ z_m & z_M \end{bmatrix}$$

Annotations avancées : Détection des fissures des ménisques et localisation

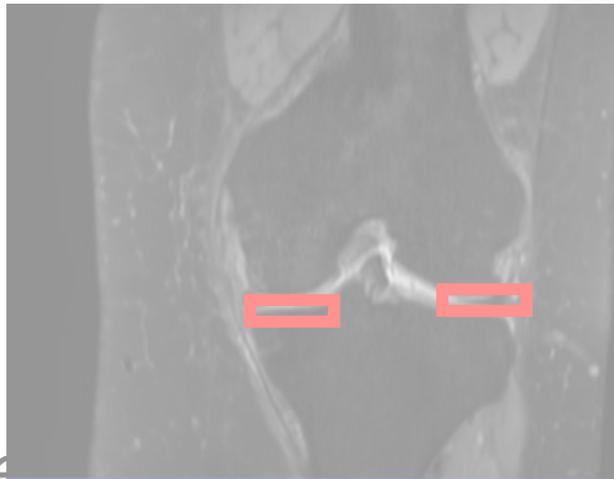


Ménisque latéral fissuré
Ménisque médial fissuré

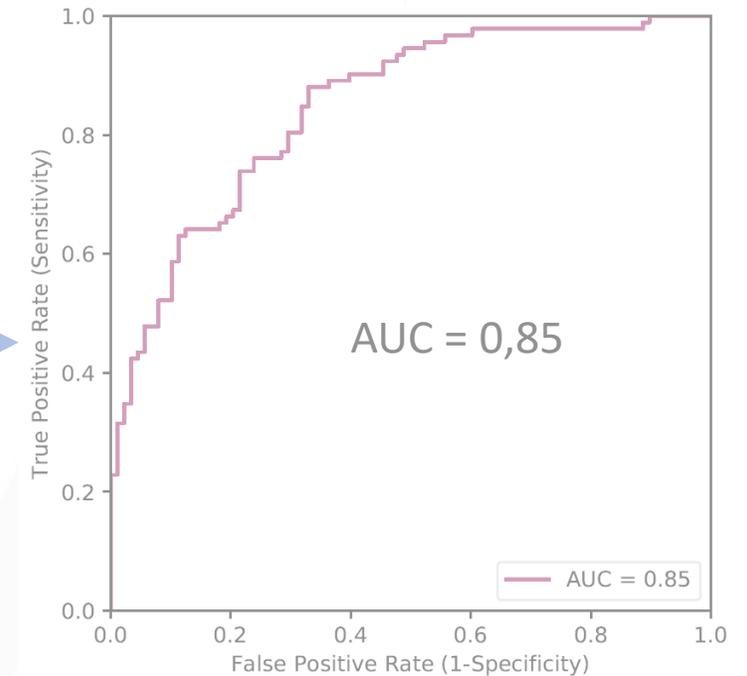
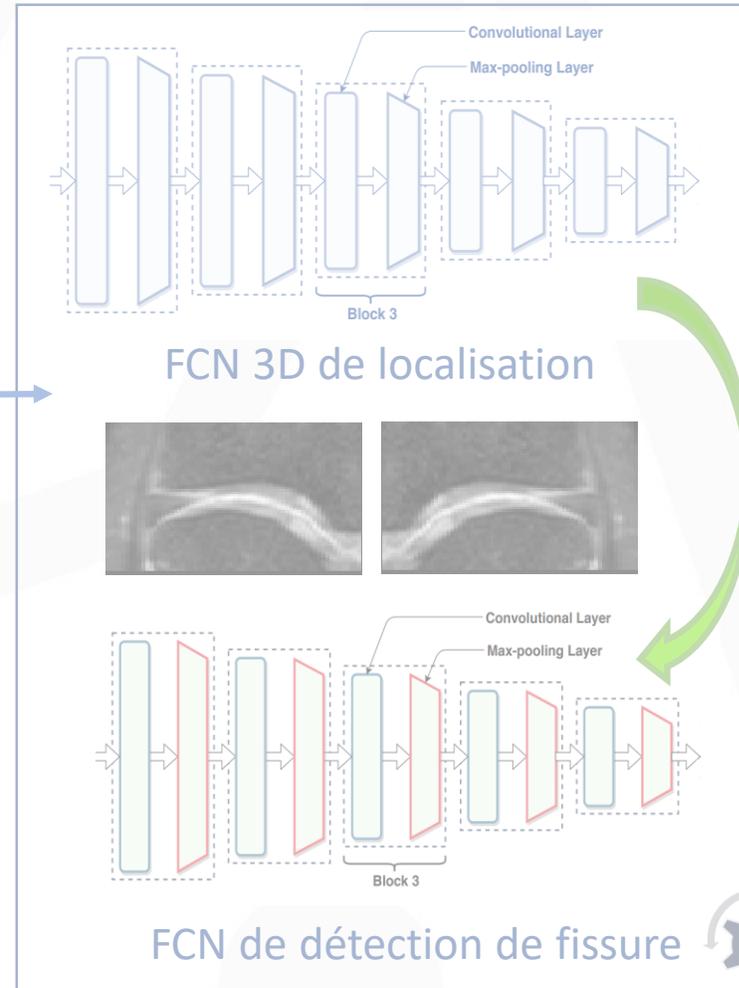
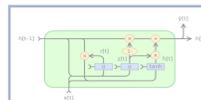


Entrainé sur 600 cas.

Annotations avancées : Détection des fissures des ménisques et localisation

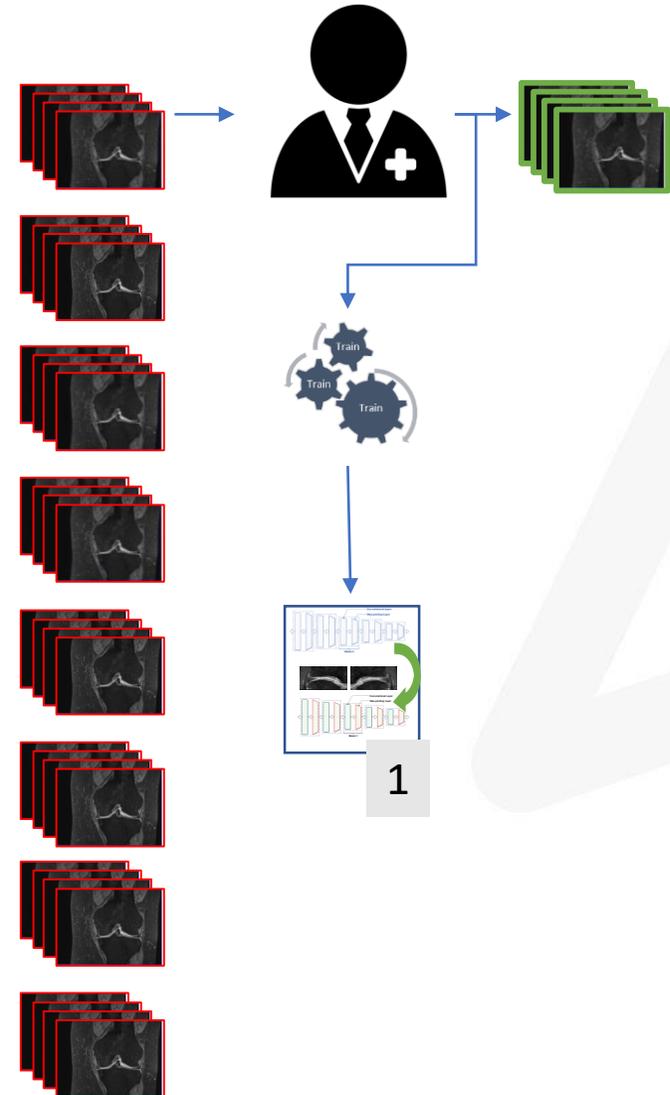


Ménisque latéral fissuré
Ménisque médial fissuré

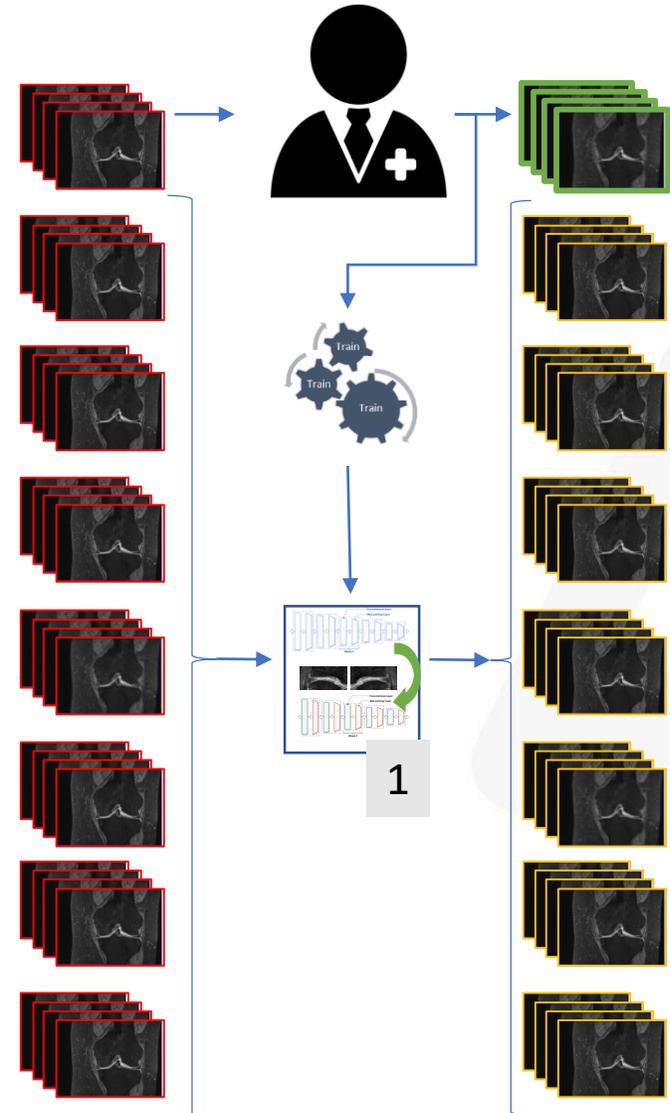


Entrainé sur 600 cas.

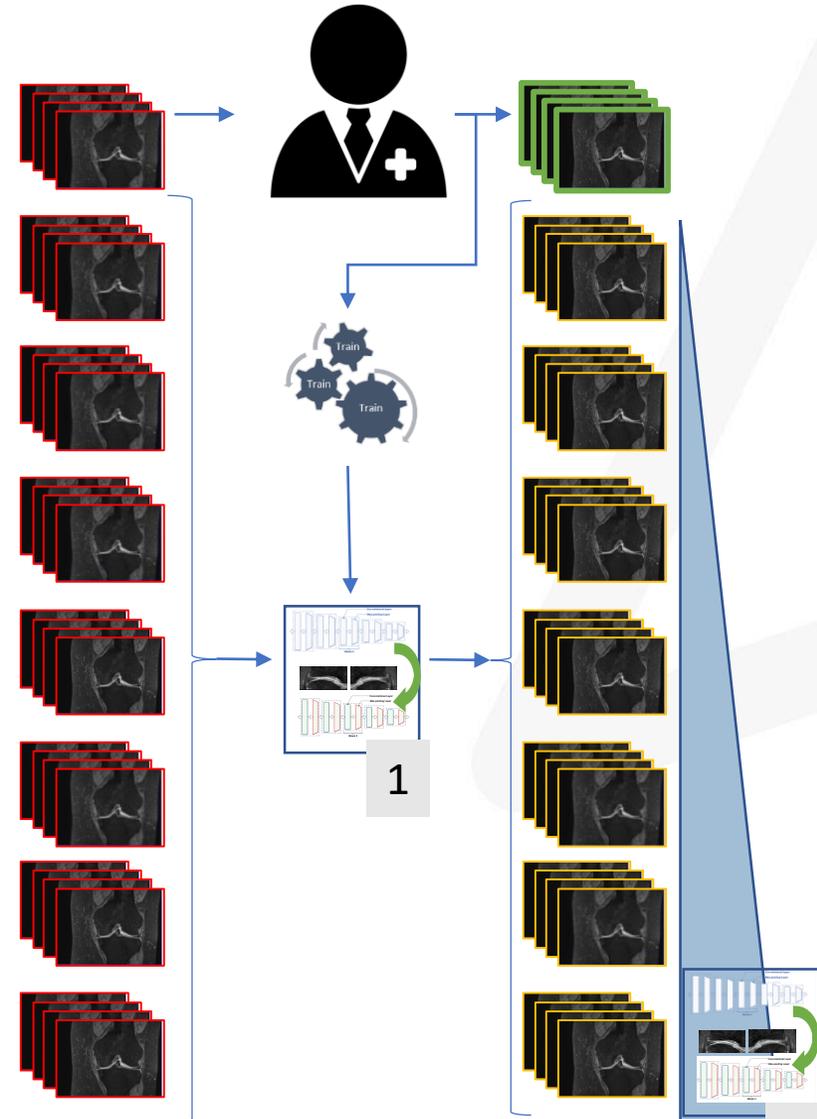
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



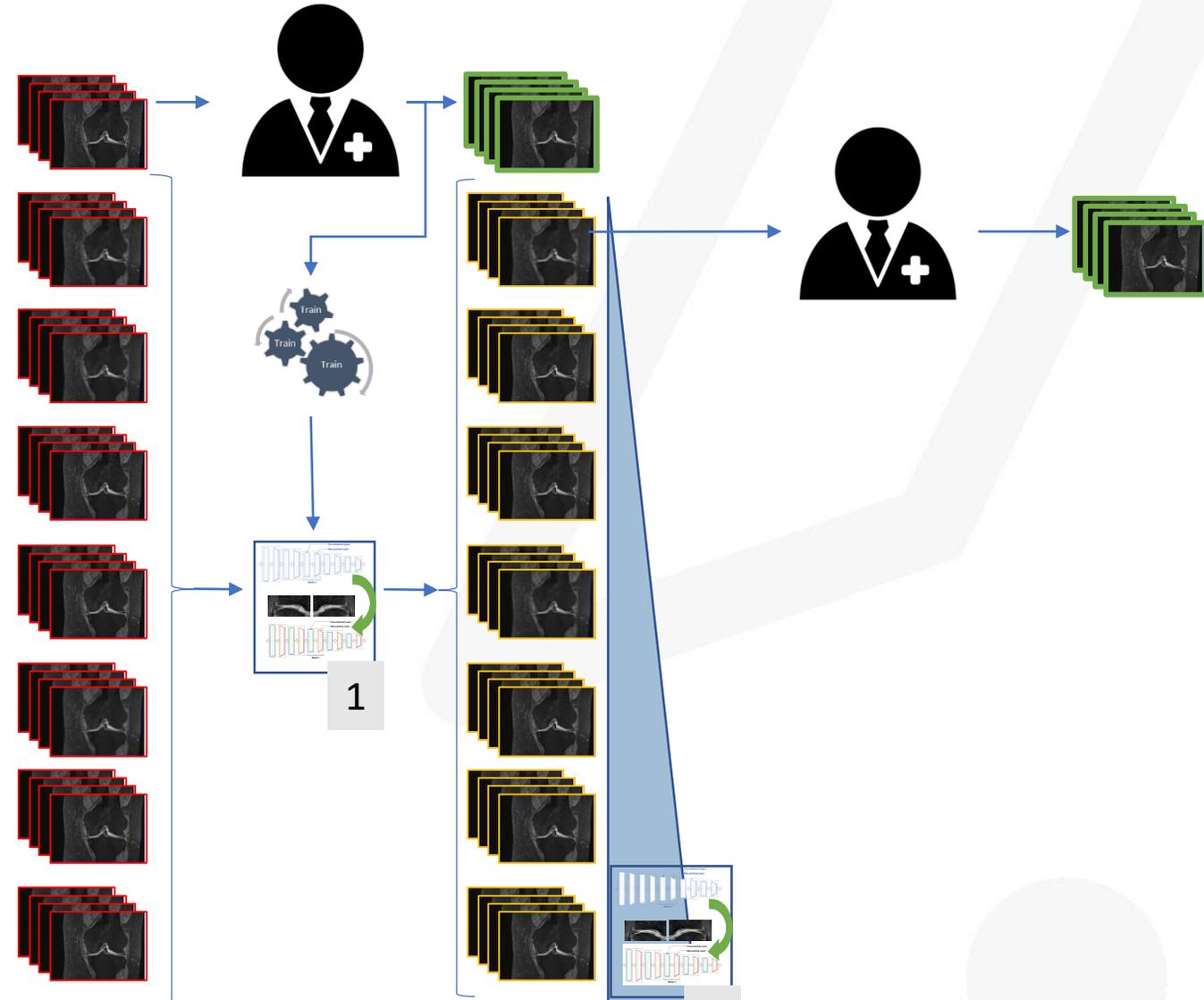
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



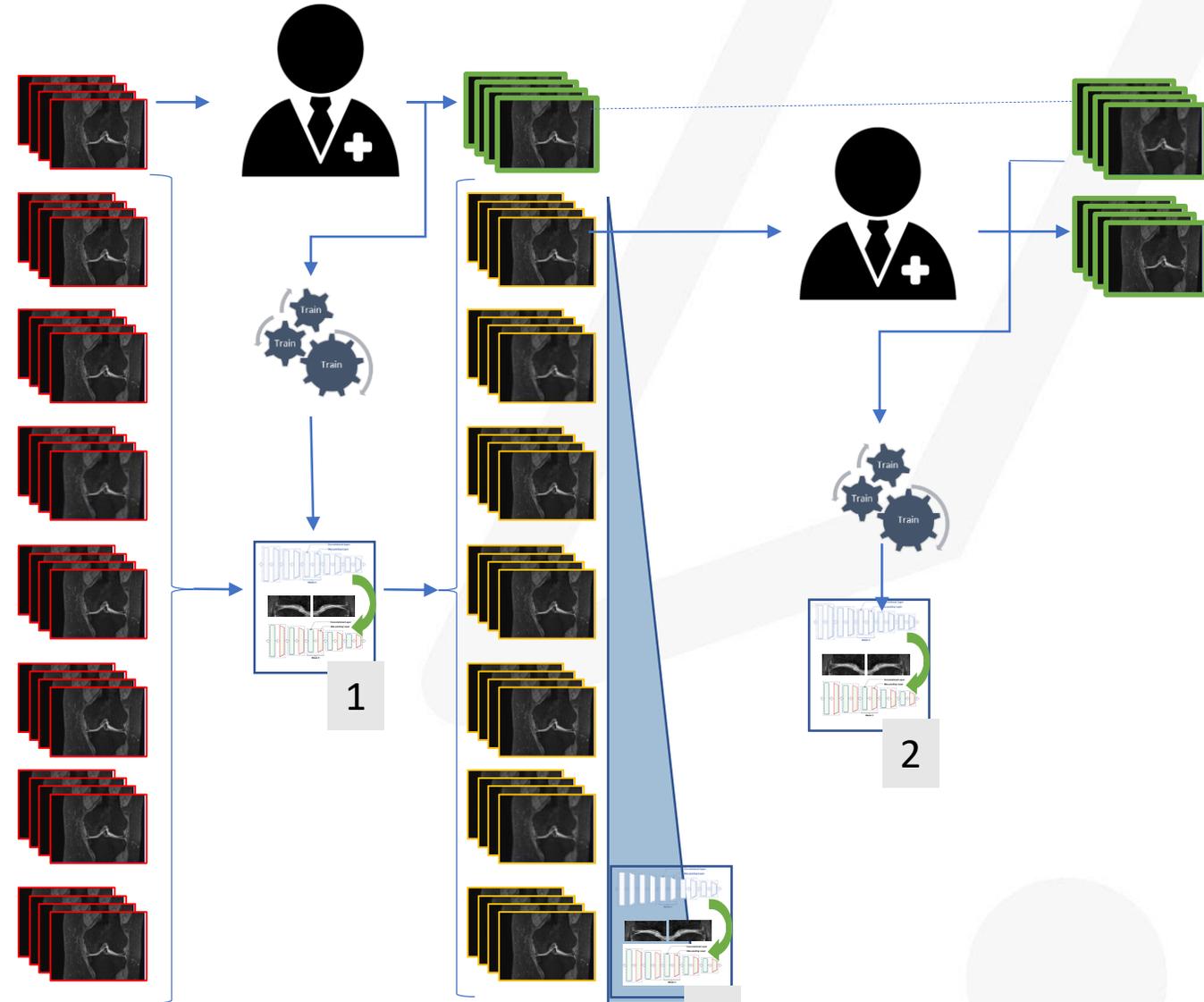
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



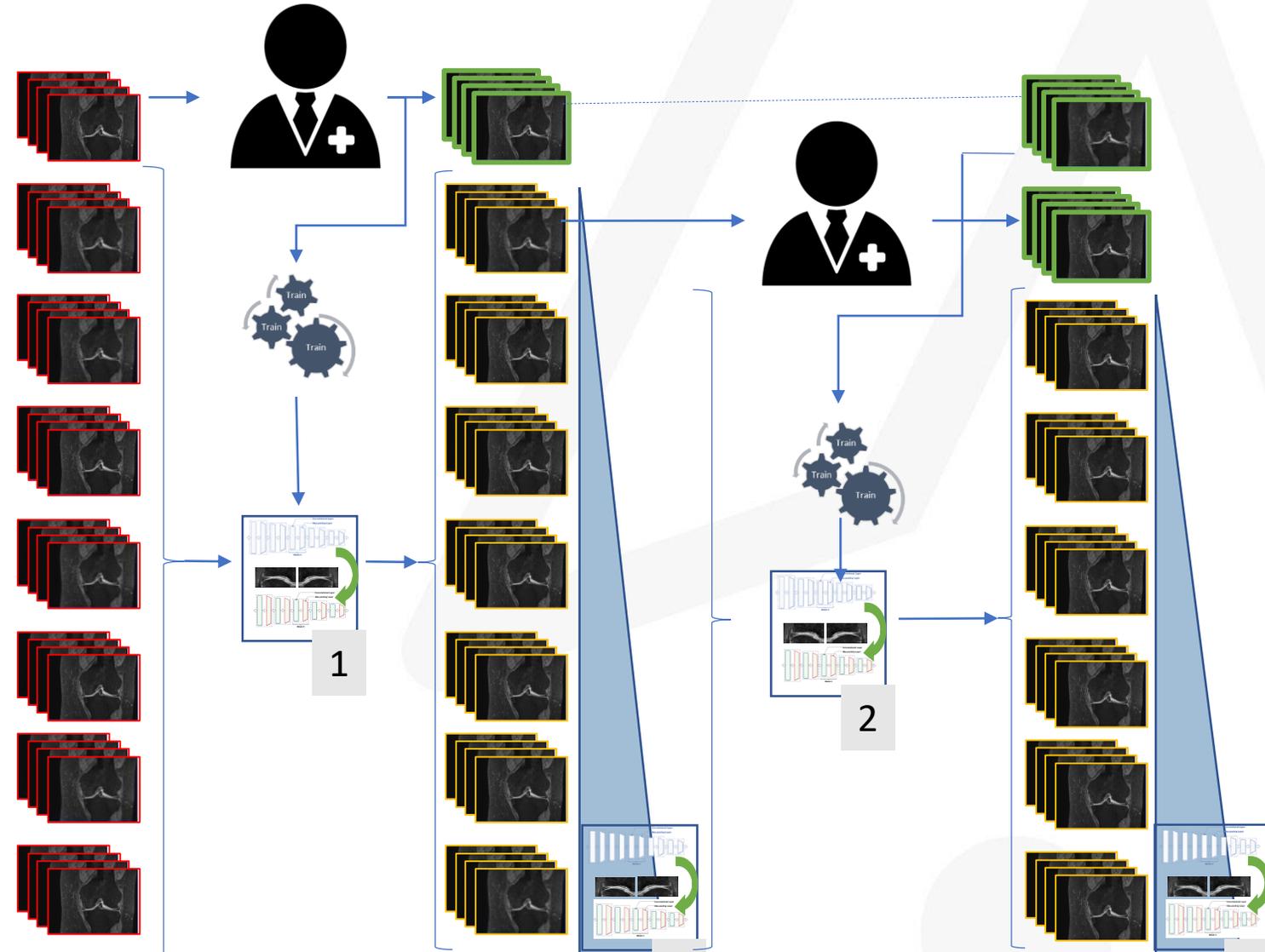
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



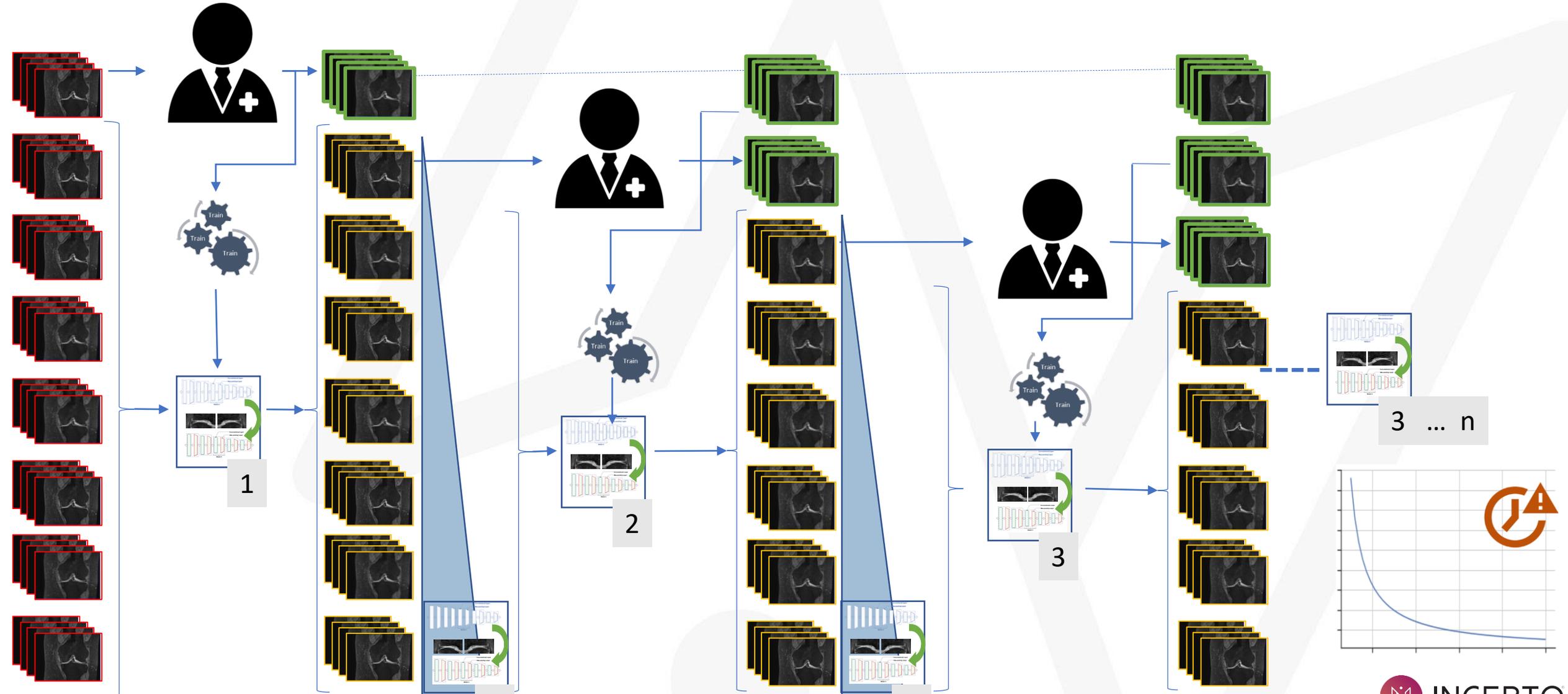
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



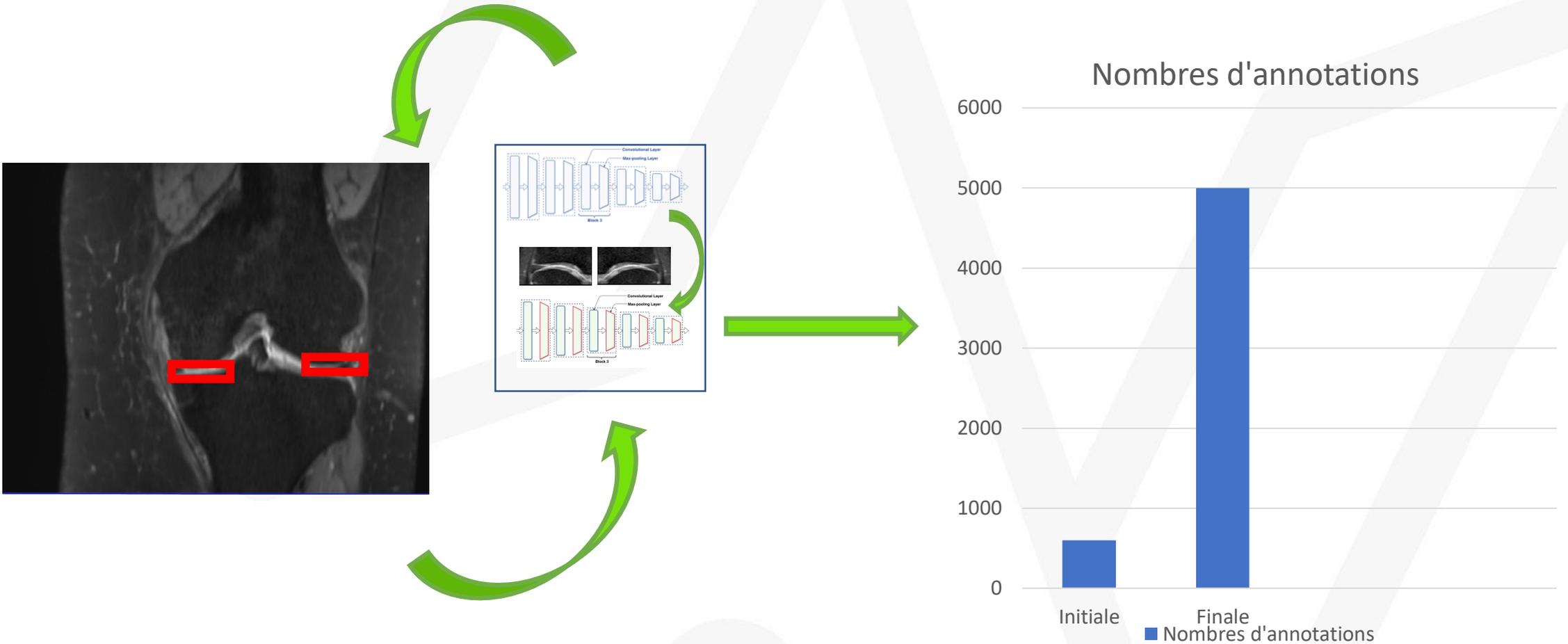
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



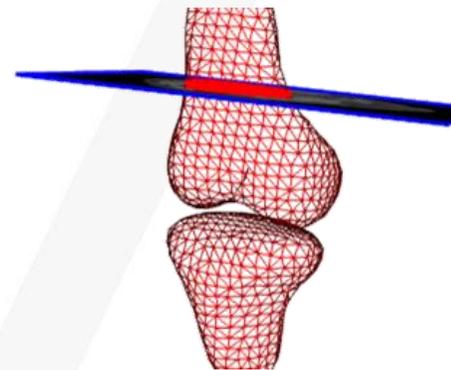
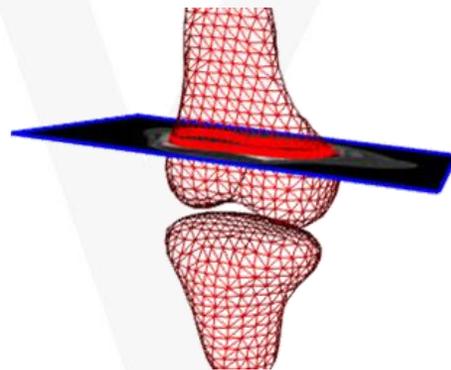
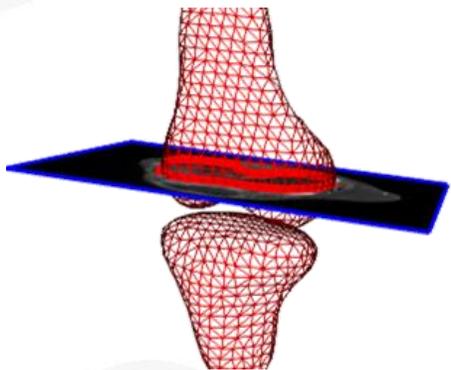
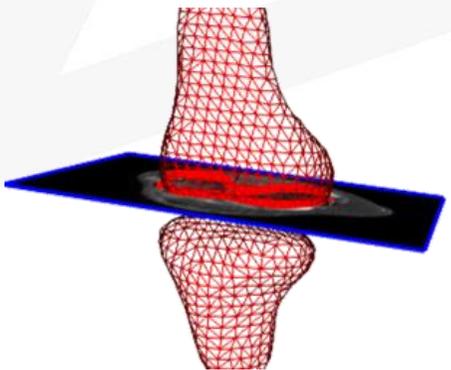
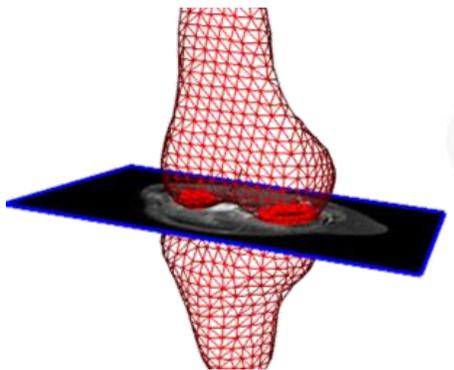
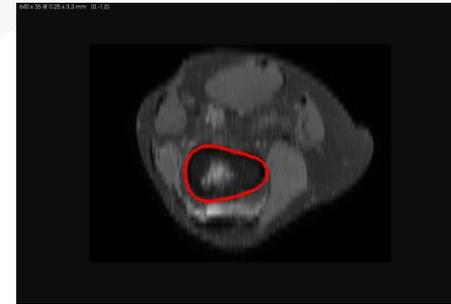
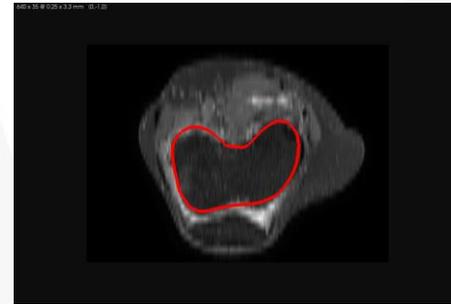
Apprentissage actif : Multiplication des boîtes



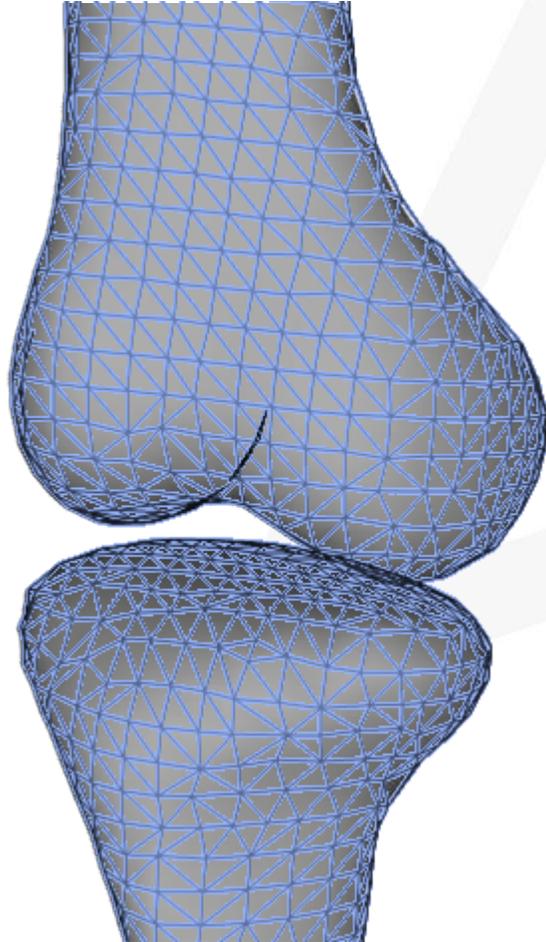
Annotations avancées : Apprentissage actif de 600 à 5000 boîtes dans le même temps



Annotations avancées : Segmentation 3D



Segmentation interactive par déformation



Principe

- Déformer un modèle pour segmenter
- Guider la segmentation seulement par des points intérieurs\extérieurs\frontières

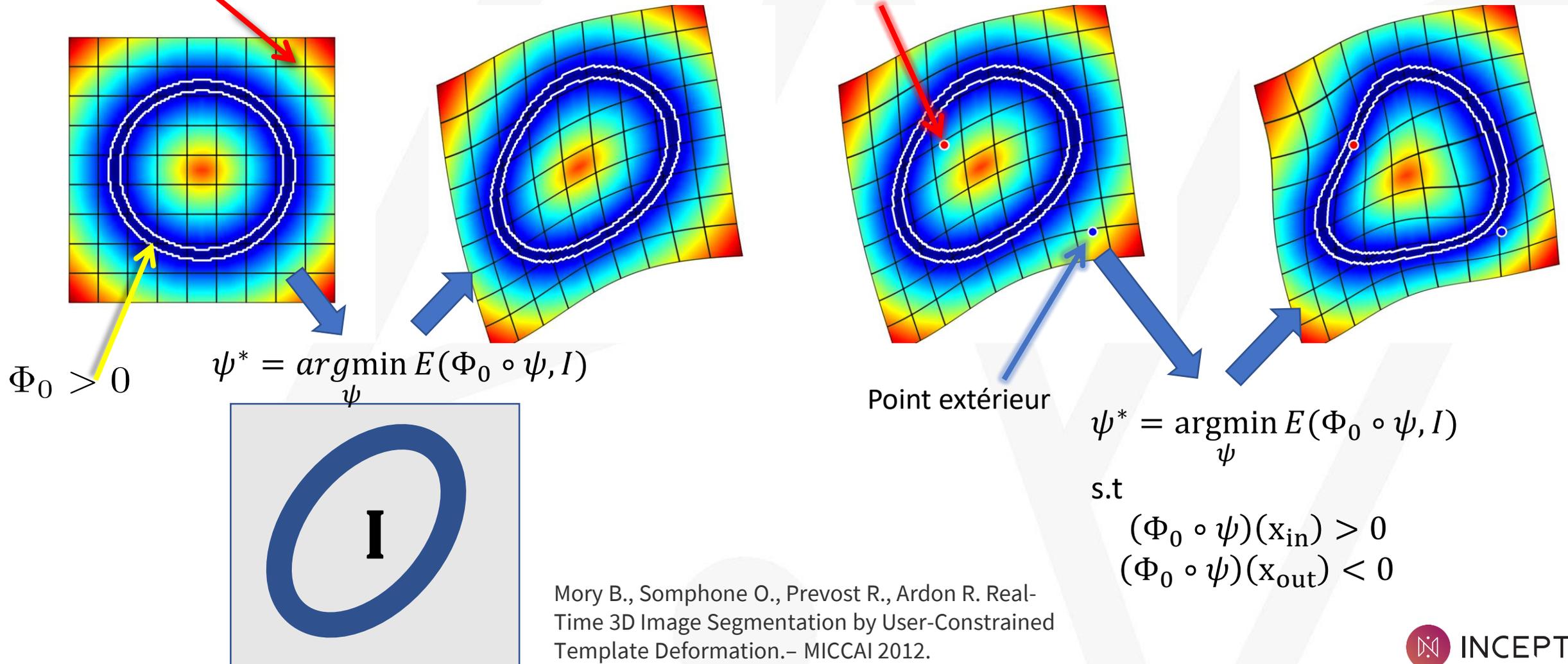
Modèle virtuel de Fémur et Tibia

Segmentation interactive par déformation

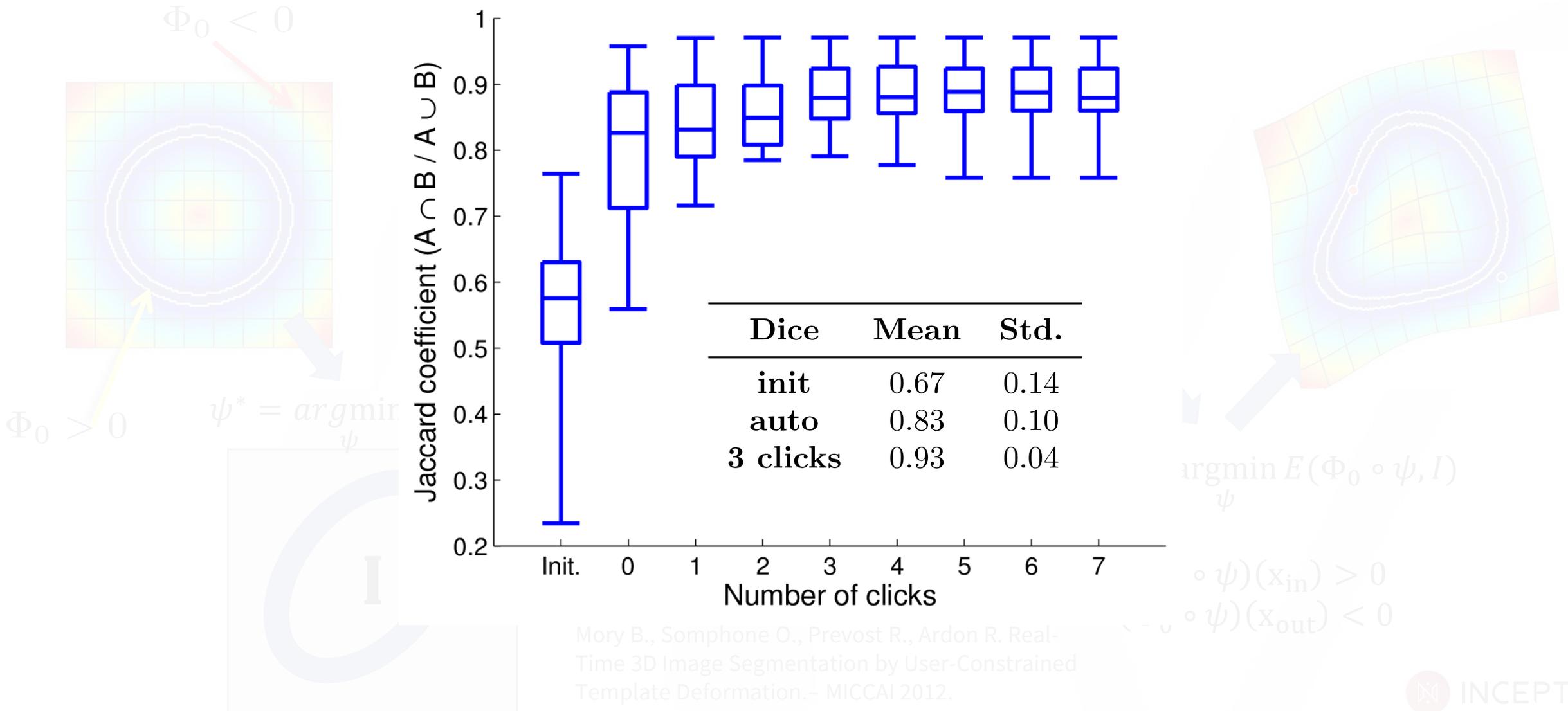
$$\Phi_0 < 0$$

$$\Phi = \Phi_0 \circ \psi$$

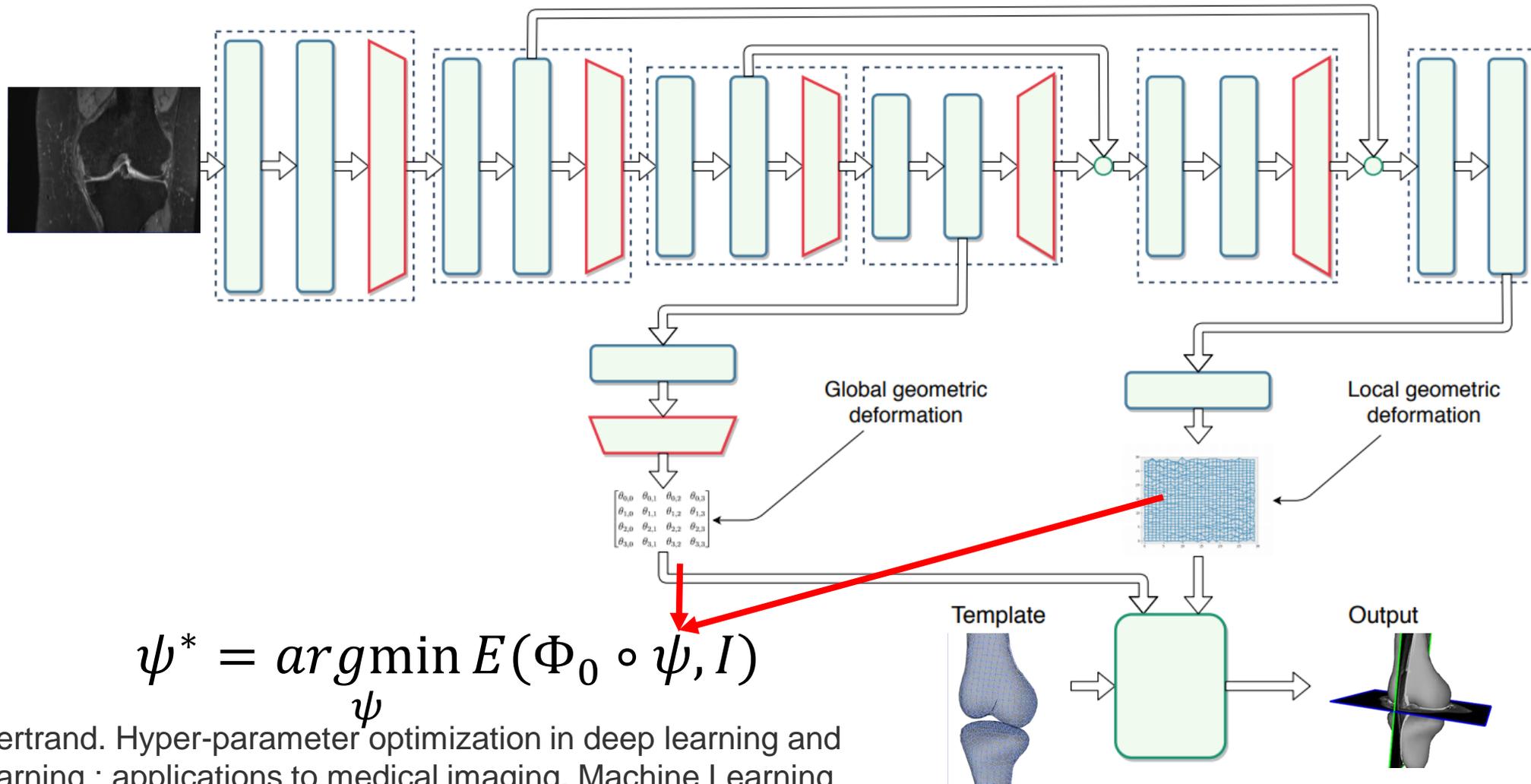
Point intérieur



Segmentation interactive par déformation

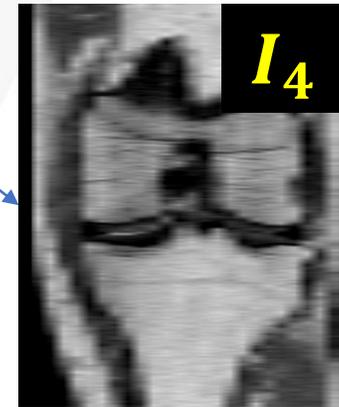
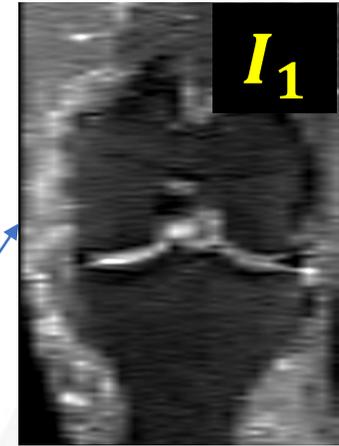


Segmentation interactive par déformation

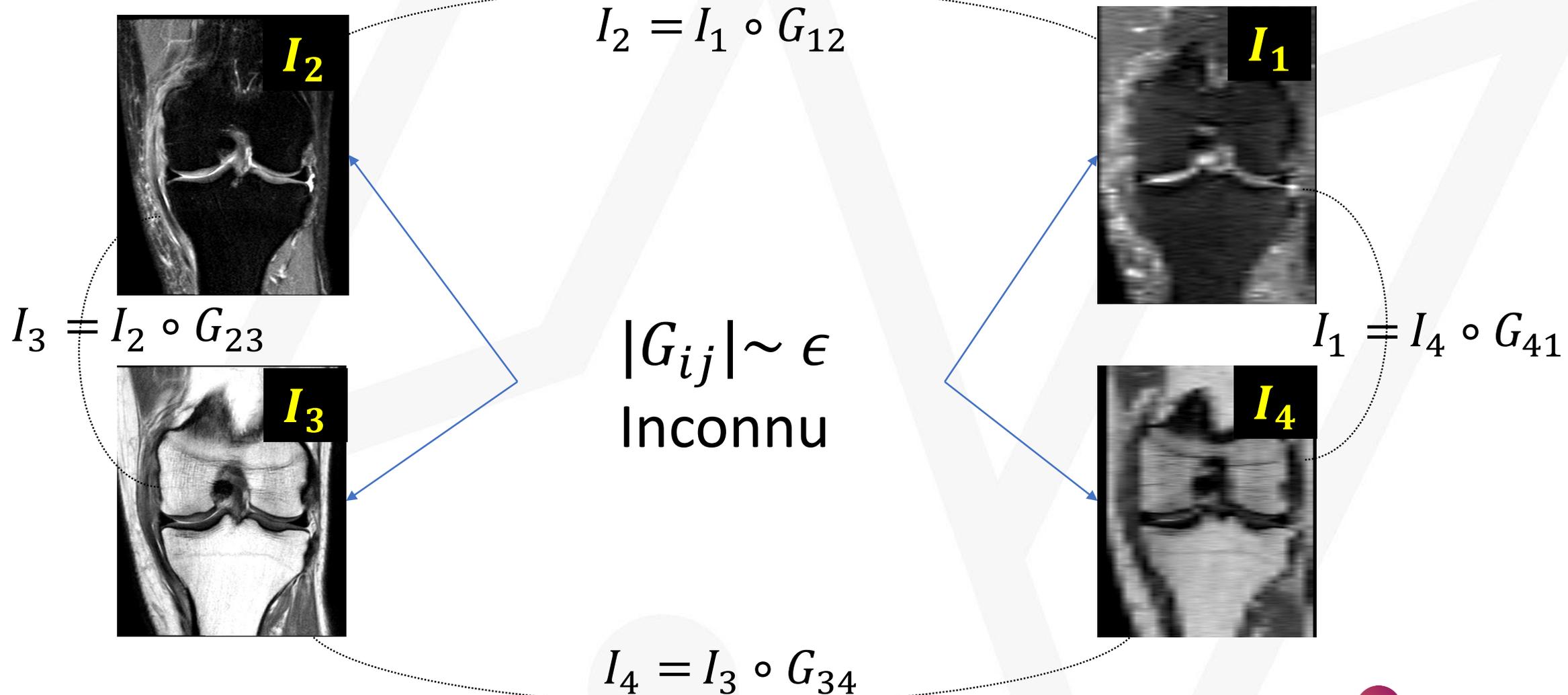


Hadrien Bertrand. Hyper-parameter optimization in deep learning and transfer learning : applications to medical imaging. Machine Learning [cs.LG]. Université Paris-Saclay, 2019. English.

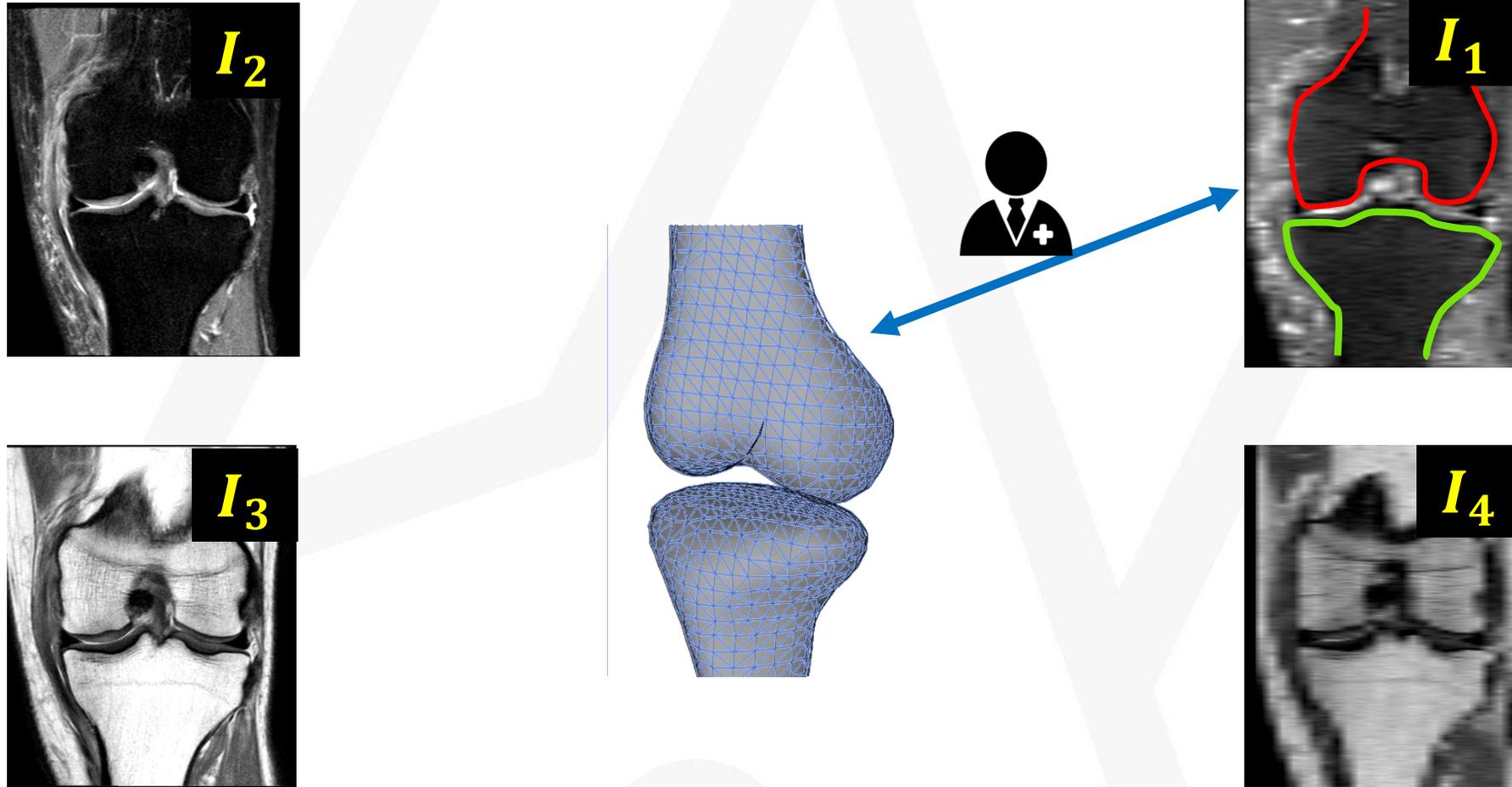
Co-segmentation : Genou « fixé »



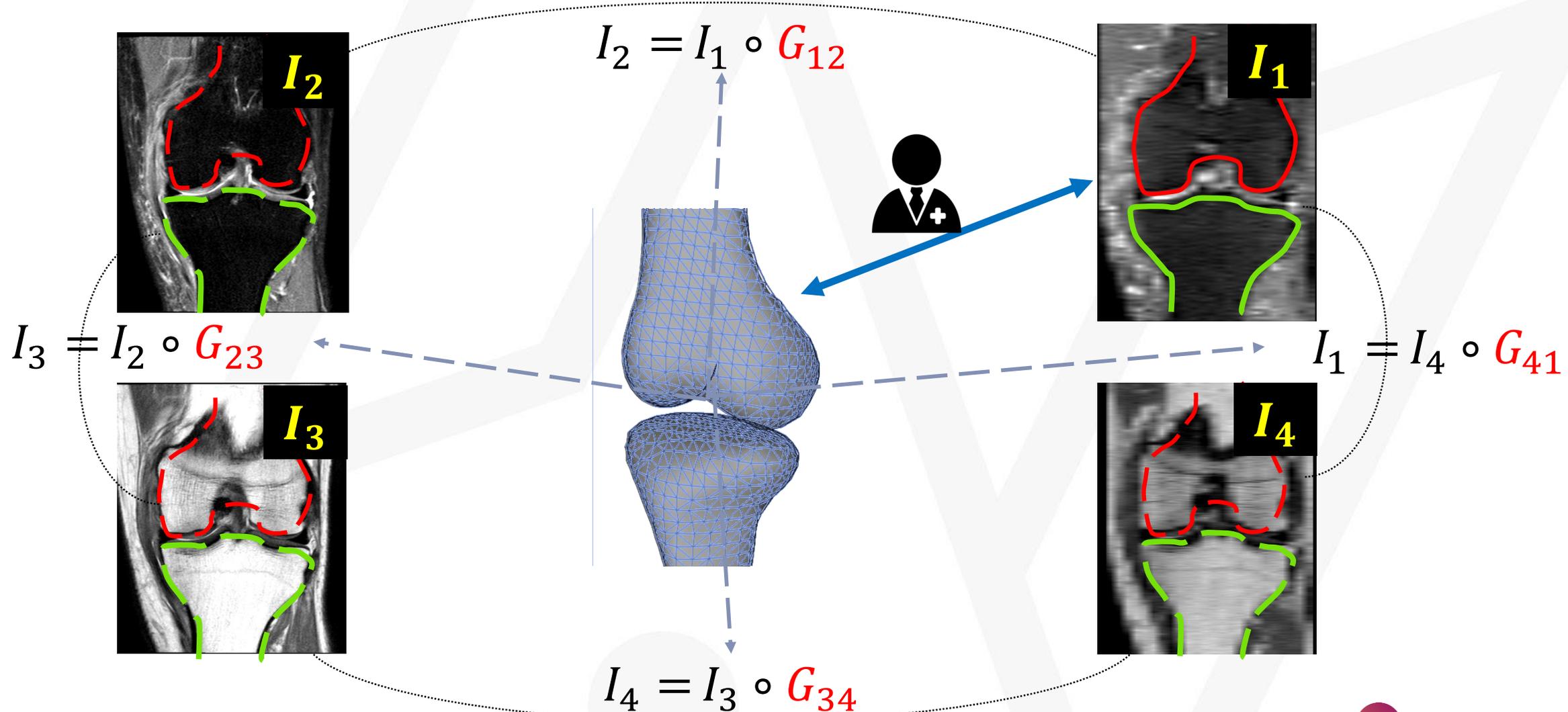
Co-segmentation : Genou « fixé »



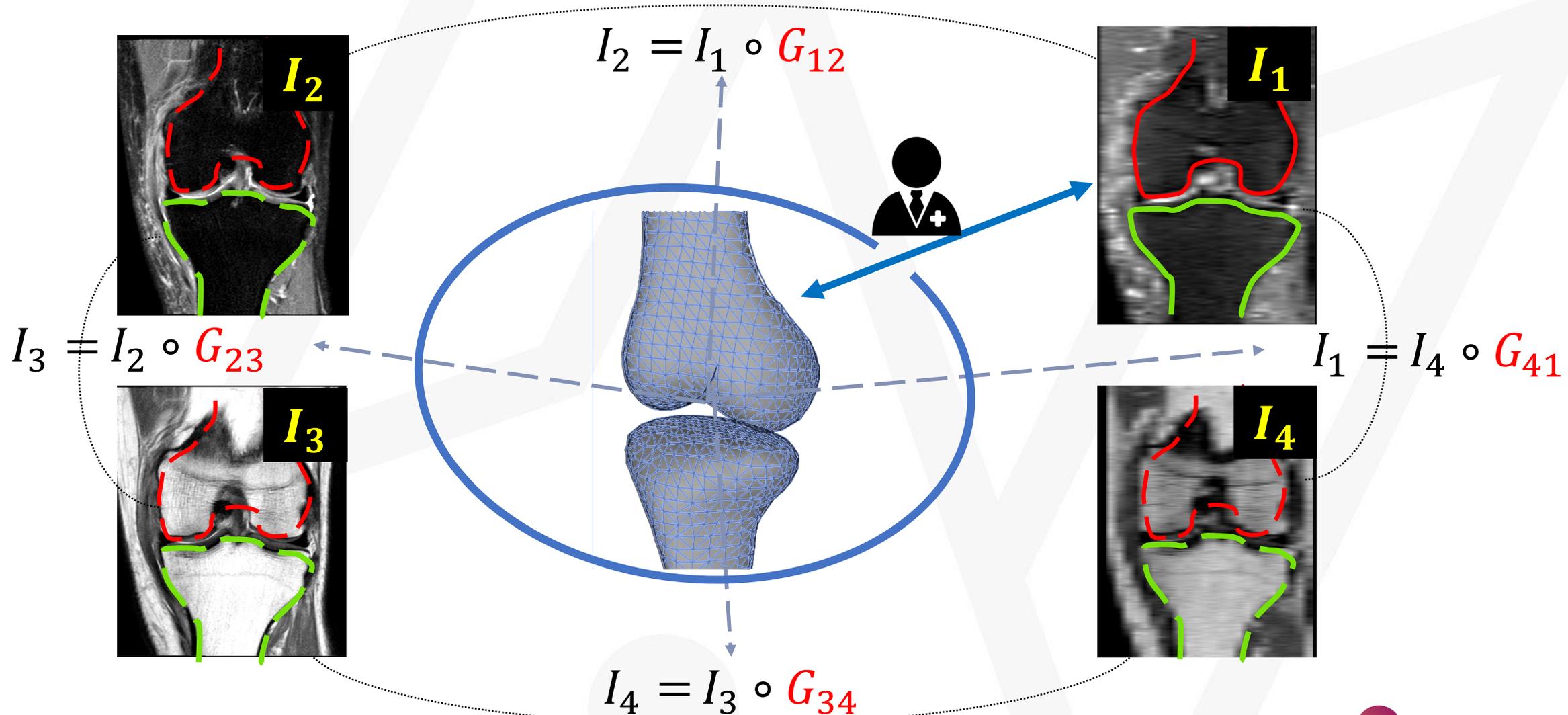
Co-segmentation : Genou « fixé »



Co-segmentation : Genou « fixé »



Co-segmentation : Genou « fixé »



Les annotations au-delà de l'entraînement

Les bases annotées :

- Sont **variées**, multicentriques, pour éviter les biais
- Sont précieuses et **pérennes**
- Sont nécessaires à la **validation** des algorithmes

Conclusion

- Données annotées de qualité
- Outil efficace
- Collaboration entre scientifiques des données et radiologues

