



Développement d'une ressource de stockage intégrée pour les images et les données dosimétriques

Bernard Gibaud¹, Marine Brenet¹, Guillaume Pasquier², Gérôme Pasquier³, Nicolas Roduit³, Joël Spaltenstein³, Cédric Moubri-Tournes², Nicolas Van Dooren³ et Osman Ratib³

¹Laboratoire du Traitement du Signal et de l'Image (LTSI), Rennes

²Institut de Recherche Technologique b<>com, Rennes

³Institute of Translational Molecular Imaging (ITMI), Genève



Implications of Medical Low Dose Radiation Exposure

Un projet Européen multi-disciplinaire pour améliorer les bases scientifiques et la pratique de la radioprotection dans le domaine médical

Ambition

MEDIRAD est un projet Européen multi-disciplinaire qui vise à augmenter les bases scientifiques et la pratique de la radioprotection dans le domaine médical. MEDIRAD vise à mieux comprendre et évaluer les effets sur la santé des faibles doses de radiations en imagerie médicale diagnostique et thérapeutique et en radiothérapie (hors région cible).

Les objectifs clés de MEDIRAD concernent les trois axes suivants :

Axe 1

Développement d'outils innovants pour augmenter l'efficacité de la recherche dans le domaine de la radioprotection et le support aux bonnes pratiques cliniques

Axe 2

Amélioration de la compréhension des risques inhérents aux faibles doses associées à des procédures médicales importantes

Axe 3

Développement de recommandations fondées sur les résultats de la recherche et établissement d'un socle d'échange d'information pour faciliter le consensus

Ambition

Pour atteindre ces objectifs, MEDIRAD s'appuie sur :

Un consortium multi-disciplinaire associant des équipes travaillant dans les domaines de la radiologie, la médecine nucléaire, la radiothérapie, la dosimétrie, l'épidémiologie, la radioprotection et la santé publique

Un conseil Scientifique composé d'experts reconnus des domaines de l'imagerie, de la radiobiologie, de la physique médicale, de la radioprotection, de l'épidémiologie et de l'éthique

Conseil d'administration constitué des parties intéressées EANM, EFOMP, EFRS, ESR et ESTRO, ainsi que les plateformes de recherche en radioprotection MELODI, EURADOS et EURAMED, et les associations de patients

Un forum étendu à l'ensemble des parties prenantes, incluant les professionnels de santé, les patients, les scientifiques nucléaires, les décideurs, les autorités compétentes et les représentants des organisations internationales

Principales caractéristiques du projet

Coordinateur: *European Institute for Biomedical Imaging Research (EIBIR), Autriche*

- Durée : 57 mois (extension de 9 mois accordée récemment par la CE)
- Période : 1 Juin 2017 – 28 Février 2022
- Total de l'aide de l'UE : €9,995,145.75

COORDINATRICE SCIENTIFIQUE

Prof. Elisabeth Cardis

Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal), Espagne

COORDINATEUR CLINIQUE

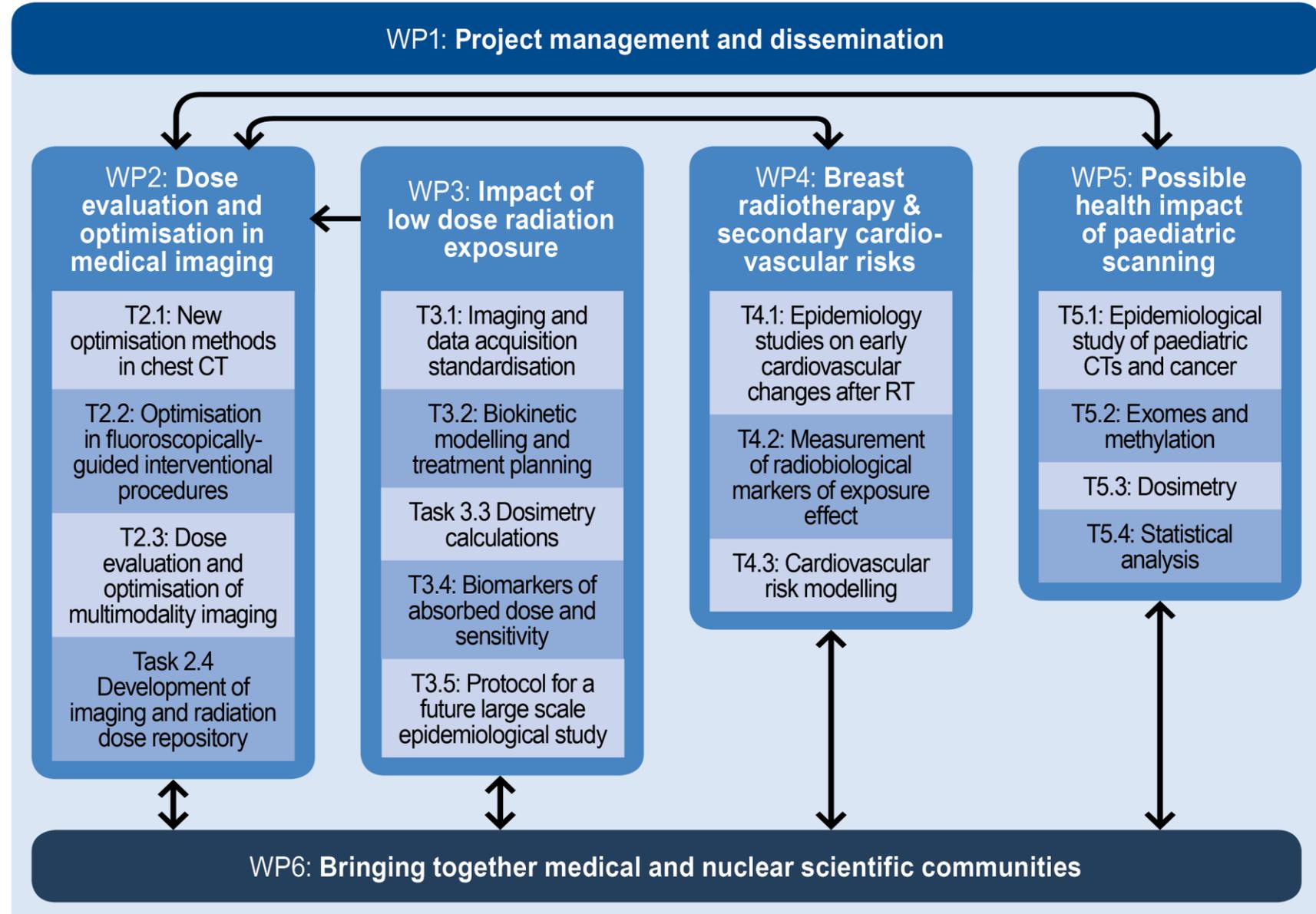
Prof. Guy Frija

Paris Descartes University, France

www.medirad-project.eu

PLAN DE TRAVAIL

Le projet MEDIRAD comprend six work packages (WP), interdépendants et complémentaires.

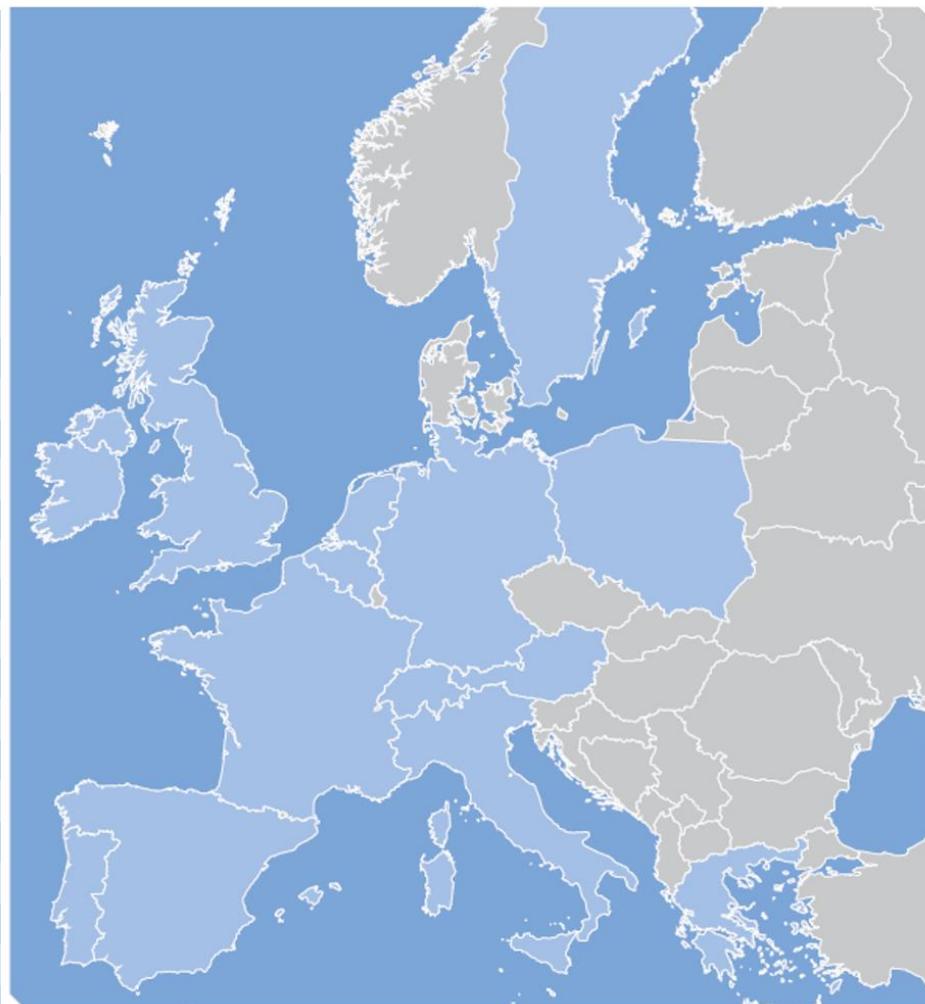


MEDIRAD

CONSORTIUM

Ce consortium multi-disciplinaire combine l'expertise de 34 partenaires issus de 14 pays Européens. Il inclut des universités, des instituts de recherche et des partenaires cliniques.

European Institute for Biomedical Imaging Research	AT
Belgian Nuclear Research Centre	BE
Ghent University	BE
University of Geneva	CH
Otto von Guericke University Magdeburg	DE
University Medical Center of the Johannes Gutenberg University Mainz	DE
Helmholz Zentrum München German Research Center for Environmental Health	DE
University Hospital of Würzburg	DE
Philips University of Marburg	DE
University Hospital rechts der Isar of the Technical University Munich	DE
Brandenburg Medical School	DE
Barcelona Institute for Global Health	ES
Polytechnic University of Catalonia	ES
Autonomous University of Barcelona	ES
Catalan Institute of Oncology	ES
Paris Descartes University	FR
Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety	FR
B-COM	FR
French National Institute of Health and Medical Research	FR
Claudius Regaud Institute	FR
University of Crete	GR
University College Dublin, National University of Ireland	IE
Sapienza University of Rome	IT
Italian National University of Health	IT
University Medical Center Groningen	NL
Nofer Institute of Occupational Medicine	PL
Polytechnic Institute of Coimbra	PT
Cardiovascular Centre of the University of Lisbon	PT
Västra Götaland Regional Council	SE
The Royal Marsden National Health Service Trust	UK
University of Newcastle upon Tyne	UK
Imperial College London	UK



Objectif

- Fournir aux participants du projet MEDIRAD une ressource informatique *commune* (appelée **IRDBB** pour *Image and Radiation Dose BioBank*), pour partager les images et les données dosimétriques
- Ressource logicielle potentiellement réutilisable dans d'autres projets similaires

Contexte du 'big data'

- Accessibilité et réutilisabilité des données
 - Reproductibilité des résultats
 - Transparence
 - IA
- Imagerie médicale : Biobanques d'images
- Comment ? Principes **F.A.I.R** de l'Open Data
 - Findable
 - Accessible
 - Interoperable
 - Reusable
- Importance des métadonnées (i.e. données sur les données), et des standards

Méthode

- Analyse des besoins fonctionnels
 - Quelles données ? Quels formats de représentation ?
 - Modalités de partage ?
- Choix d'une architecture
- Implémentation
- Déploiement et tests d'intégration
- Exploitation

Besoins fonctionnels

- Calcul des doses absorbées (Scanners thoraciques, chez l'enfant et l'adulte) – WP2
- Calcul des doses absorbées (Imagerie hybride SPECT-CT et PET-CT) – WP2
- Calcul des doses aux organes et tissus en radiothérapie interne (traitement cancer thyroïde ^{131}I) - WP3
- Calcul des doses absorbées (Scanners pédiatriques) – WP5

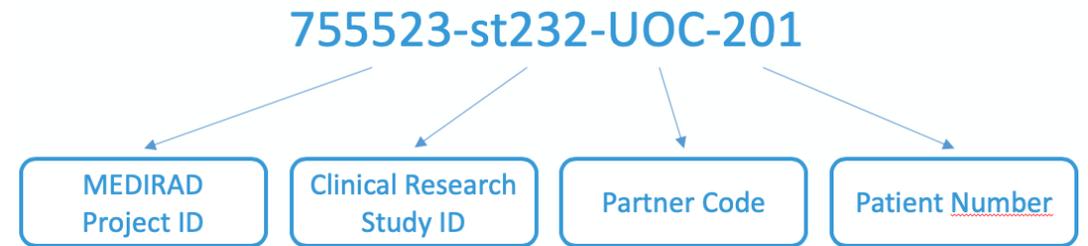
Besoins fonctionnels

- Données DICOM
 - CT, NM, PET
 - Comptes rendus de doses RDSR
- Données non-DICOM
 - Contours d'organes / lésions / tissus
 - Cartes voxéliques de doses
 - Transformations géométriques
- Formats: DICOM, GIF, TIFF, NRRD, STL, HDF, etc.

Besoins fonctionnels: modalités de partage

- Données dé-identifiées

- Ré-identifiées via un pseudo:



- Accessibles à tous les participants de MEDIRAD pendant la durée du projet
- Modalités définies en lien avec le Data Management Board

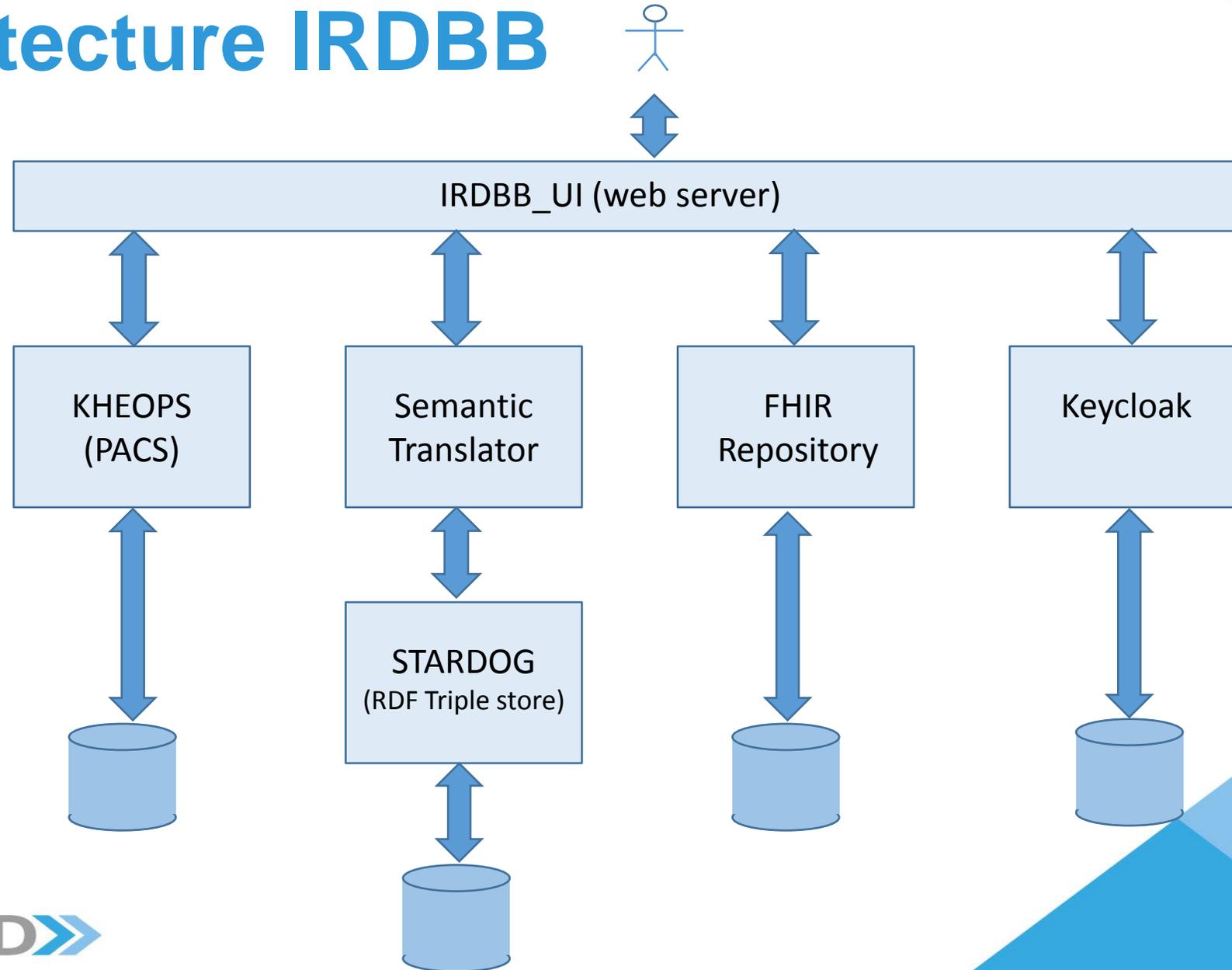
Choix fondamentaux d'architecture

- Le système IRDBB est composé:
 - d'un serveur web
 - d'un entrepôt de données DICOM
 - d'un entrepôt de fichiers (Non DICOM)
 - d'une base de données

Base de données: fonction

- Référencer les images et les fichiers
- Représenter les relations entre les images et les données dosimétriques
- Notamment la nature, la valeur et la provenance des données dosimétriques, i.e. :
 - Sur quoi elles portent ? (organe, tumeur, etc.)
 - Calculées comment (méthode, logiciel) ?
 - par qui ?

Architecture IRDBB



IRDBB_U

Serveur Web: gère les interactions avec l'utilisateur:

- imports de données
- requêtes à la base de données

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://testmedirad.kheops.online/#/store>. The page title is "MEDIRAD Store data into IRDBB". The main content area is a large dashed box with the text "Drop Images or Directory Here!". Below this, there are sections for "Instructions", "IMPORT", "RETRIEVE", and "CONTACT".

Instructions

IMPORT

You shall import DICOM data BEFORE non-DICOM data

- **Import DICOM files**
 - Drag and drop DICOM files in the drop-zone.
 - Select a research study.
 - Click on the UPLOAD button.
- **Import non-DICOM files**
 - For each submission set, create a fileSetDescriptor.xml to reference your files.
 - Put the fileSetDescriptor.xml at the root of your submission set directory.
 - Drag and drop your submission set directory in the drop-zone.
 - Check your files are correctly referenced by clicking on the corresponding row.
 - Click on the UPLOAD button.

RETRIEVE

- **Retrieve data from server**
 - Once your files are imported, go to RETRIEVE page.
 - Select a predefined request.
 - Click on the SEND REQUEST button.

CONTACT

- For any question, please contact:

Bernard GIBAUD (INSERM)
mail: bernard.gibaud@univ-rennes1.fr

Guillaume PASQUIER (B<->COM)
mail: guillaume.pasquier@b-com.com

Osman RATIB (ITMI)
mail: osman.Ratib@unige.ch

INSERM

b com

ITMI
Institute of Translational
Molecular Imaging

KHEOPS

Entrepôt DICOM:

- stocke les données DICOM
- basé sur logiciel DCM4CHE
- KHEOPS dispose de son interface utilisateur propre

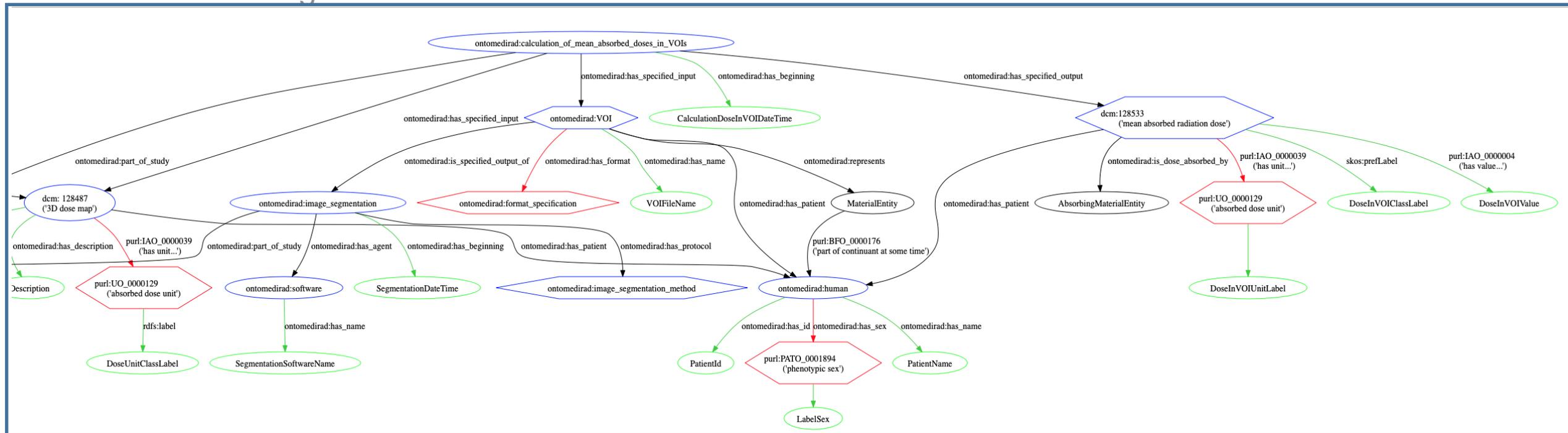
The screenshot displays the KHEOPS Medirad web interface. At the top, the browser address bar shows the URL <https://medirad.kheops.online/albums/VzY5SN7N8R>. The interface includes a navigation menu with 'Inbox' and 'Albums' tabs, and a search bar. The main content area shows a table of studies with columns for Patient Name, Patient ID, Study description, Study Date, and Modality. A single study is selected, showing details for Patient Name '755523-t33-UKW-002', Patient ID '0E41DBDECA620C4309666FAAAD62511F7C2ABE68DD1528422E837B92D18C2566', Study description 'Medirad', Study Date 'Aug 19th 2019', and Modality 'CT, NM'. Below the table, there are four image thumbnails, each with a metadata panel. The thumbnails are: 1. Topogram 0.6 T80s (Modality: CT, Application entity: DCM4CHEE, Number of images: 1, Description: Topogram 0.6 T80s, Series date: Aug 21st 2019, Series time: 12:45:56.712000). 2. CT Body 3.0 I31s 3 (Modality: CT, Application entity: DCM4CHEE, Number of images: 252, Description: CT Body 3.0 I31s 3, Series date: Aug 21st 2019, Series time: 12:47:36.521000). 3. CT Body 1.0 I31s für 3D (Modality: CT, Application entity: DCM4CHEE, Number of images: 1511, Description: CT Body 1.0 I31s für 3D, Series date: Aug 21st 2019, Series time: 12:48:20.436000). 4. Patientenprotokoll (Modality: CT, Application entity: DCM4CHEE, Number of images: 1, Description: Patientenprotokoll, Series date: Aug 21st 2019, Series time: 12:49:41.910000). A DICOM logo is visible at the bottom right of the interface.

KEYCLOAK

- Solution de sécurité de type Single –Sign On (SSO)
 - Associée à NGINX (reverse proxy)
- Assure la sécurité des connexions, en gérant un jeton de connexion, obtenu après une double authentification de l'utilisateur (Two-factor authentication):
 - Login /mot de passe
 - Code temporaire de 6 chiffres (obtenu par exemple par FreeOTP sur smartphone)

Base de Données Sémantique

- Représentée par un « graphe sémantique »
 - i.e. des données organisées selon un graphe
 - dans lequel les noeuds et les arcs sont définis dans une ontologie



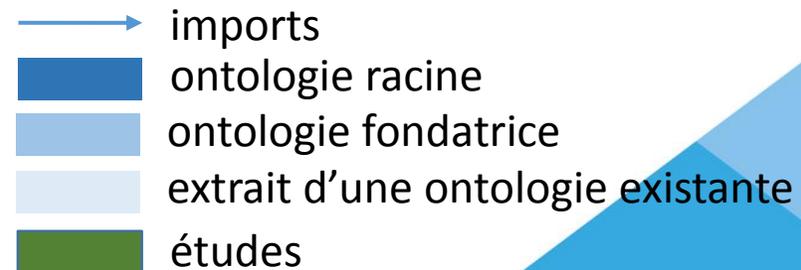
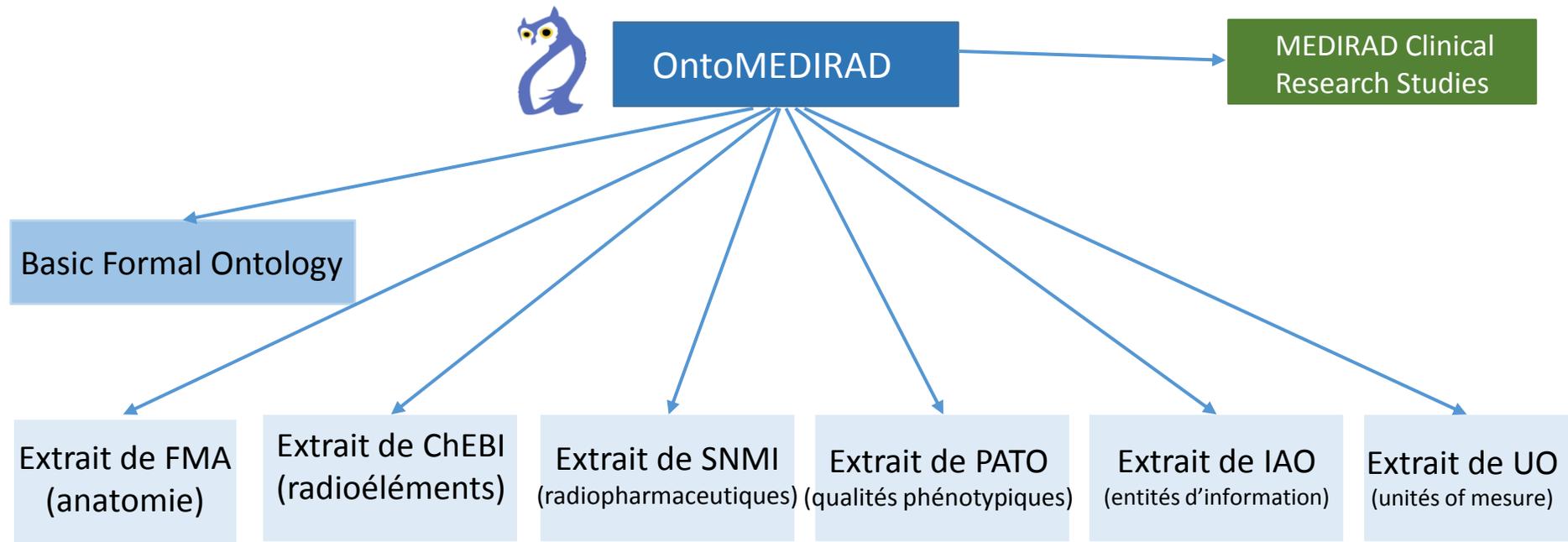
OntoMEDIRAD Ontology

The screenshot displays the OntoMEDIRAD ontology interface, showing a class hierarchy on the left and detailed annotations for the 'absorbed dose' class on the right.

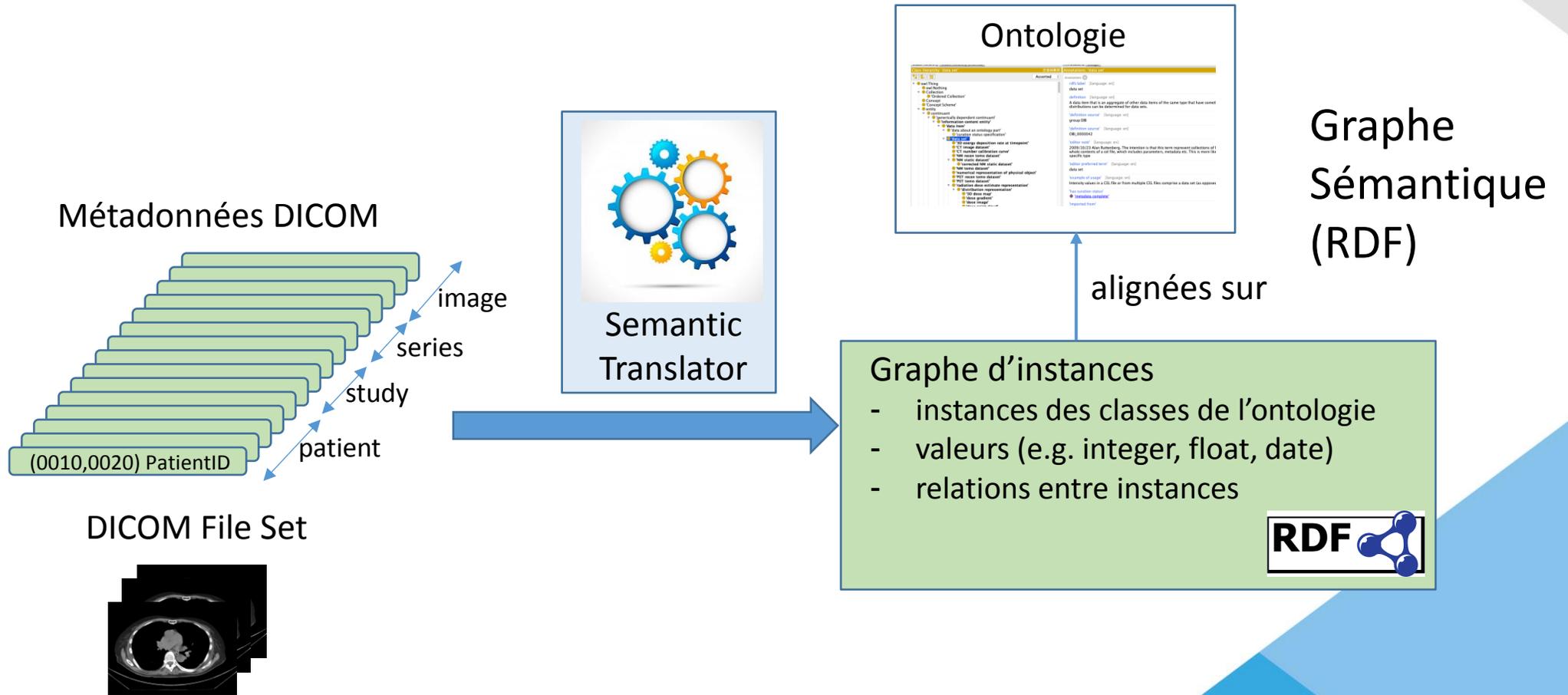
Class hierarchy: absorbed dose

- scalar measurement datum
 - body mass index
 - body surface area
 - counts per ROI at timepoint
 - counts per VOI at timepoint
 - CTDIfreeair calculation factor
 - cumulated activity
 - cumulated activity per ROI
 - cumulated activity per VOI
 - dose quantity
 - absorbed dose**
 - absorbed dose normalized to CTDI-free-in-air normalized to tube load
 - mean absorbed dose normalized to CTDI-free-in-air normalized to tube load
 - absorbed dose normalized to CTDI-vol normalized to tube load
 - mean absorbed dose normalized to CTDI-vol normalized to tube load
 - absorbed dose rate
 - absorbed dose rate per ROI at timepoint
 - absorbed dose rate per VOI at timepoint
 - maximum absorbed radiation dose
 - mean absorbed radiation dose
 - mean absorbed dose normalized to CTDI-free-in-air normalized to tube load
 - mean absorbed dose normalized to CTDI-vol normalized to tube load
 - total absorbed dose per ROI
 - total absorbed dose per VOI
 - median absorbed radiation dose
 - minimum absorbed radiation dose
 - mode absorbed radiation dose
 - accumulated dose
 - CT dose length product total
 - CT effective dose total
 - DgN
 - dosimetric index
 - CTDIvol forward estimate
 - DLP
 - DLP forward estimate
 - mean CTDIfreeair
 - mean CTDIvol
 - size specific dose estimation
 - organ dose information
 - radiation protection quantity
 - effective dose
 - equivalent dose
 - maximum equivalent radiation dose

Ontologie OntoMEDIRAD



Semantic Translator



Semantic Translator

Issus des outils de dosimétrie

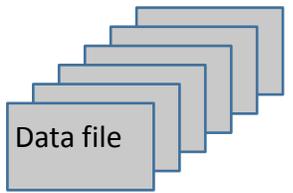
- UoC (WP2)
- CRCT Toulouse (WP2, WP3)

```
XML Schema  
<xs:element name="TwoDimDosimetryworkflow" minOccurs="1" maxOccurs="1" base="xs:string" type="xs:string" />  
<xs:complexType base="xs:string" />  
<xs:sequence>  
  <xs:element name="PlanarDataAcquisition" maxOccurs="unbounded" />  
  <xs:element name="TwoDimDosimetryViaAbs" minOccurs="0" />  
  <xs:element name="TwoDimDosimetryViaIm" minOccurs="0" />  
  <xs:element name="RadioBiologicalCalcul" />  
</xs:sequence>  
</xs:complexType>
```

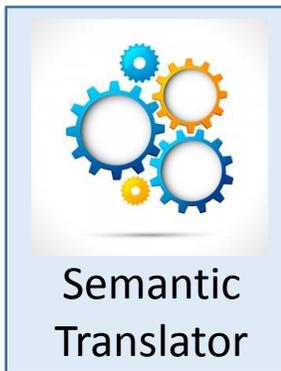
complies with

XML
File set Descriptor

Non-DICOM File Set



Data file



Semantic Translator



Ontologie

alignées sur

Graphe d'instances

- instances des classes de l'ontologie
- valeurs (e.g. integer, float, date)
- relations entre instances



Graphe Sémantique (RDF)

Recherche / Récupération des données

Via des requêtes pré-définies, e.g.

- Images CT
- Images NM
- Images PET
- Doses calculées

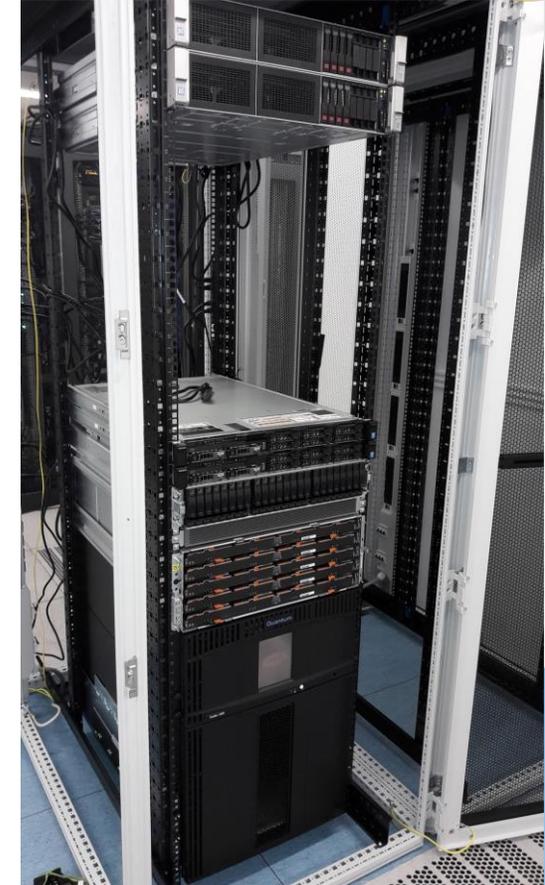
The screenshot shows the MEDIRAD web interface. The top navigation bar includes 'Store data into IRDBB', 'STORE', and 'RETRIEVE'. The main content area is titled 'Retrieve data' and contains a 'Request description' section with a dropdown menu set to 'CT datasets and handles' and a 'REQUEST' button. Below this is a 'Response' section with a 'FILTER' section and a 'RESULTS' table. The table has columns for 'Dataset', 'PatientName', 'PatientId', and 'Handle'. Each row in the table has a 'DOWNLOAD' button. At the bottom right of the table, there is an 'EXPORT AS CSV' button.

Dataset	PatientName	PatientId	Handle	Download
CT_image_dataset_868732d8-e670-4c6b-8f38-1d18338985a6	75523-ST999-UOC-1233	EDA1579DC6514478F0CSA1CC5905F35A6E40F9CE7ACE1EDED7197812C7F2DE53		DOWNLOAD
CT_image_dataset_43dabbf2-c449-4ab5-a8ca-7504fe08138d	75523-ST999-UOC-1233	EDA1579DC6514478F0CSA1CC5905F35A6E40F9CE7ACE1EDED7197812C7F2DE53		DOWNLOAD
CT_image_dataset_6a7da904-0aed-4ca1-8d46-f0682172e22a	75523-ST999-UOC-1233	EDA1579DC6514478F0CSA1CC5905F35A6E40F9CE7ACE1EDED7197812C7F2DE53		DOWNLOAD
CT_image_dataset_6bd22fc7-b734-4ed7-86c6-d45fe6e57dcf	75523-ST999-UOC-1233	EDA1579DC6514478F0CSA1CC5905F35A6E40F9CE7ACE1EDED7197812C7F2DE53		DOWNLOAD
CT_image_dataset_674558a0-59d2-4515-8cf6-831d5d68860b	75523-ST999-UOC-1233	EDA1579DC6514478F0CSA1CC5905F35A6E40F9CE7ACE1EDED7197812C7F2DE53		DOWNLOAD
CT_image_dataset_1167450-a7b4-41a0-93e1-3e4b723f32dd	75523-st222-UOC-123	5109539424CFBCCD3D124D3DB481DE28B1484348700A2840789C65348703A7E1		DOWNLOAD
CT_image_dataset_ed9e51c7-9d21-4fa2-b539-8df90b9e356c	75523-st222-UOC-123	5109539424CFBCCD3D124D3DB481DE28B1484348700A2840789C65348703A7E1		DOWNLOAD
CT_image_dataset_03065bf7-821d-4dfc-bcb6-9f10ba26d8ca	75523-st222-UOC-123	5109539424CFBCCD3D124D3DB481DE28B1484348700A2840789C65348703A7E1		DOWNLOAD
CT_image_dataset_0c1f0711-9625-4aad-ad26-c3698d460717	75523-st222-UOC-123	5109539424CFBCCD3D124D3DB481DE28B1484348700A2840789C65348703A7E1		DOWNLOAD
CT_image_dataset_be21d5c1-e1d6-4d6b-b3ae-d11b2414dc99	75523-st222-UOC-123	5109539424CFBCCD3D124D3DB481DE28B1484348700A2840789C65348703A7E1		DOWNLOAD

Récupération des fichiers

Déploiement, intégration et tests

- Déploiement au sein du Data center du Campus Biotech (Genève)
 - 16 dual-processor Xeons (E5-2680-v3)
 - 256GB of RAM
 - 4x 960GB SSD
 - 256 TB near-inline storage
 - Tape backup
- Tests organisés en 2019 par ITMI-Genève, i.e.
 - (import, puis récupération)
 - Université de Crète (UoC) – WP2
 - Royal Marsden Londres (RMH/ICR) – WP3
 - Université Würzburg (UKW) – WP3
 - Université Marburg (UMR) – WP3
 - CRCT Toulouse (INSERM) – WP3
 - ISGlobal Barcelone (ISGLOBAL) – WP5



Perspectives

- Poursuite du travail en cours
 - Finir le traitement d'import des données Non-DICOM
 - Intégrer un mécanisme de construction de requêtes
- Démarrer l'exploitation (fin février 2020)
- En parallèle: finaliser, documenter les logiciels développés pour permettre leur ré-exploitation

Remerciements

- Partenaires de MEDIRAD qui nous font confiance, et avec qui nous collaborons :
Gordon Arnhold, Manuel Bardiès, John Damilakis,
Glenn Flux, Andreas Hinsch, Michael Lassmann,
Peter Mildenberger, Lothar Schmidt, Tino Schurrat,
John Stratatis, Jan Tapperoge, Isabelle Thierry-Chef, Delphine Vallot, Alex Vergara Gil
- Société STARDOG (license gratuite)

Dé-identification des données DICOM

- DICOM Application Level Confidentiality Profile (Part 15)
 - **Basic Profile**
 - + les options suivantes:
 - Retain UIDs
 - Retain Patient Characteristics
 - Retain Longitudinal Full dates
 - + arbre SR (Structured Reporting)
 - + conservation de quelques éléments de données « propriétaires »

Dé-identification des données DICOM

Retain UIDs

Device UID:	keep
Dimension Org. UID:	keep
Dose Reference UID:	keep
Obs. Subject UID (Trial):	keep
Observation UID:	keep
Series Instance UID:	keep
SOP Instance UID:	keep
Storage Media File-set UID:	keep
Study Instance UID:	keep
Sync Frame of Ref. UID:	keep
Target UID:	keep
Transaction UID:	keep

Retain Patient Chars.

Allergies:	clean
Ethnic Group:	keep
Patient Sex Neutered:	keep
Patient State:	clean
Patient's Age:	keep
Patient's Sex:	keep
Patient's Size:	keep
Patient's Weight:	keep
Pre-Medication:	clean
Pregnancy Status:	keep
Smoking Status:	keep
Special Needs:	clean

Retain Long. Full Dates

Acquisition DateTime:	keep
Admitting Time:	keep
End Acq. DateTime:	keep
Last Menstrual Date:	keep
Obs. Time (Trial):	keep
Perf Proc. Step End DateTime:	keep
Perf Proc. Step Start DateTime:	keep
Series Date:	keep
Series Time:	keep
Start Acq. DateTime:	keep
Study Date:	keep
Study Time:	keep

...

3D-Dosimetry Diagram 1

