

	Compte-rendu de fin de projet	

Projet ANR-09-COSI-03

Virtual Imaging Platform - VIP

Programme COSINUS 2009

A IDENTIFICATION.....	2
B RÉSUMÉ CONSOLIDÉ PUBLIC.....	2
B.1 Résumé consolidé public en français.....	2
B.2 Résumé consolidé public en anglais.....	3
C MÉMOIRE SCIENTIFIQUE.....	4
C.1 Résumé du mémoire.....	4
C.2 Enjeux et problématique, état de l'art.....	5
C.3 Approche scientifique et technique.....	5
C.4 Résultats obtenus.....	7
C.5 Exploitation des résultats.....	8
C.6 Discussion et conclusions.....	9
C.7 Références.....	9
D LISTE DES LIVRABLES.....	11
D.1 Tâche 1 : Modélisation et traitements sémantiques.....	11
D.2 Tâche 2 : Plate-forme d'exécution et intégration des simulateurs	11
D.3 Tâche 3 : Applications.....	12
E IMPACT DU PROJET.....	12
E.1 Indicateurs d'impact.....	12
E.2 Liste des publications et communications.....	13
E.3 Liste des éléments de valorisation.....	14
E.4 Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires).....	17

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	VIP
Titre du projet	Virtual Imaging Platform
Coordinateur du projet (société/organisme)	CREATIS, CNRS UMR 5220
Période du projet (date de début - date de fin)	1/12/2009 - 31/12/2012
Site web du projet, le cas échéant	http://www.creatis.insa-lyon.fr/vip

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Tristan Glatard
Téléphone	04 72 43 75 47
Adresse électronique	glatard@creatis.insa-lyon.fr
Date de rédaction	Février 2013
Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	CEA-Leti (Joachim Tabary) CREATIS CNRS UMR 5220 (Tristan Glatard) INRIA Bretagne Atlantique (Christian Barillot) Maat-France (David Manset) Université de Nice Sophia-Antipolis (Johan Montagnat) Université de Rennes, LTSI (Bernard Gibaud)

B RÉSUMÉ CONSOLIDÉ PUBLIC

B.1 RÉSUMÉ CONSOLIDÉ PUBLIC EN FRANÇAIS

VIP : une plate-forme pour la simulation d'images médicales et le partage de données

Une plate-forme web qui facilite le partage de données et l'accès aux ressources de calcul pour la simulation d'images médicales. Les images médicales peuvent désormais être simulées à partir de modèles numériques du corps humain pour des applications variées dans la recherche et l'industrie, dont le prototypage de nouveaux imageurs, et l'évaluation d'algorithmes d'analyse d'images. Plusieurs modalités sont couramment simulées, parmi lesquelles l'imagerie par résonance magnétique, la tomographie par émission de positons, l'imagerie ultrasonore et la tomodensitométrie. La simulation d'images reste cependant difficile à maîtriser, en particulier du fait de la complexité et de la lourdeur des processus de simulation. Les codes de simulations comme les modèles physiques des objets à imager sont complexes et spécifiques à la modalité d'imagerie. De plus, les temps de calcul importants limitent aussi le réalisme et la taille des scènes de simulation. L'utilisation d'infrastructures de calcul distribué est possible mais est une contrainte technique supplémentaire pour les utilisateurs de simulation. Le projet VIP a développé une plate-forme web facilitant l'accès aux modèles multi-physiques d'organes et structures du vivant, aux simulateurs, et aux moyens de calcul et de stockage nécessaires à la simulation d'images médicales.

Exploiter l'information sémantique et permettre l'exécution fiable de simulations sur des plate-formes de calcul distribuées. La plate-forme VIP s'appuie (i) sur une description sémantique des modèles, des processus de simulations et des données simulées, et sur les outils associés permettant de faciliter leur partage et leur réutilisation et (ii) sur un service d'exécution de simulation permettant d'accéder à de multiples plate-formes de calcul. Les concepts impliqués dans les modèles d'objets, les traitements et les données de simulation ont été modélisés dans l'ontologie OntoVIP. Nous exploitons également les outils du web sémantique afin de décrire les traitements, les composer, capturer les informations de provenance et raisonner sur le corpus de connaissances ainsi constitué. La plate-forme d'exécution des simulateurs se compose d'un système de gestion de tâches sur serveurs locaux, grilles et grappes de calcul, d'un système de stockage de données, et d'un portail web. Les simulateurs y sont intégrés sous forme de workflows, ce qui permet de faciliter leur parallélisation et leur exploitation par les outils sémantiques. Des stratégies d'auto-administration ont été développées pour améliorer la qualité de service fournie par la plate-forme.

La plate-forme VIP est désormais utilisée par plus de 360 utilisateurs de 40 pays pour exécuter des simulations. D'après les statistiques publiées par la grille de calcul européenne EGI, le portail VIP est l'un des plus utilisés pour accéder à cette infrastructure. Grâce à l'exploitation de l'information

sémantique, des modèles multi-modalités peuvent être partagés et utilisés dans des simulations. Un catalogue permet également de stocker des données simulées annotées sémantiquement. Quatre applications ont participé à l'évaluation des solutions développées : l'évaluation du simulateur CT SINDBAD, la conception d'une nouvelle séquence d'imagerie ultrasonore, la conception de modèles de l'artère et du cerveau inflammés, et la simulation d'images cardiaques pour l'évaluation de la segmentation. La plate-forme est extensible et réutilisable dans d'autres initiatives.

Le projet a produit 3 articles dans des journaux internationaux décrivant l'architecture générale de la plate-forme (TMI 2013), les méthodes d'aide à la composition de chaînes de traitement (JGC 2013, encore en cours de relecture) et les méthodes d'auto-administration (FGCS 2013). Seize articles ont également été publiés dans des conférences internationales avec comité de lecture, à propos de la modélisation et des outils sémantiques, de l'exploitation des ressources de calcul et de stockage, et des applications du projet. Six contributions logicielles ont été produites : l'ontologie OntoVIP, des modules de l'entrepôt sémantique Neusemstore, l'éditeur de workflows Cowork, des modules du gestionnaire de tâches GASW, la bibliothèque « glite data management library » et le portail VIP.

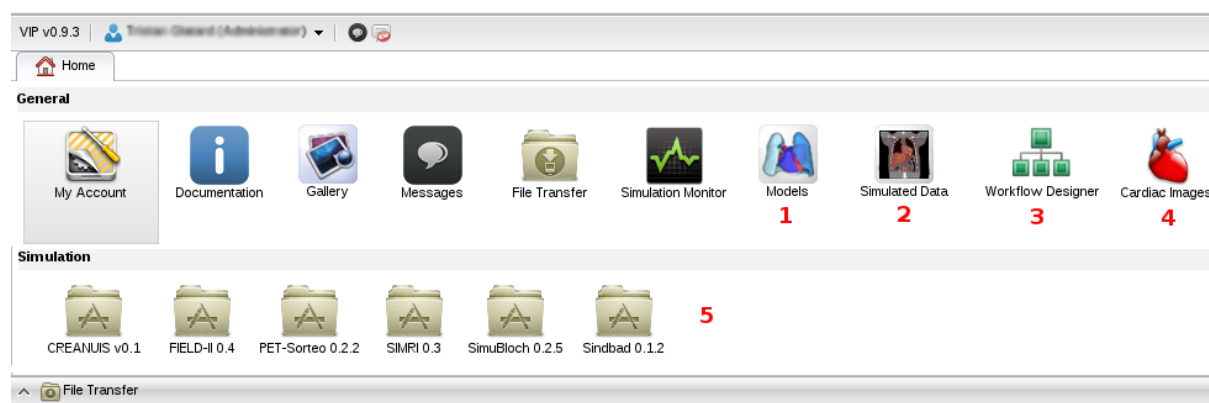


Illustration : page d'accueil de la plate-forme VIP : 1. catalogue de modèles 2. catalogue de données simulées 3. éditeur de workflows 4. base de données d'images cardiaques simulées 5. lancement de simulations.

Le projet VIP est un projet de recherche industrielle coordonné par le laboratoire CREATIS. Il associe aussi l'université de Nice Sophia-Antipolis, le LTSI, l'INRIA Rennes, le CEA-Leti et Maat-France. Le projet a commencé en janvier 2009 et a duré 37 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 975 k€ pour un coût global de l'ordre de 2.8 M€.

B.2 RÉSUMÉ CONSOLIDÉ PUBLIC EN ANGLAIS

VIP : a platform for medical image simulation and data sharing

A web platform to facilitate data sharing and access to computing resources for medical image simulation. Medical images can be simulated from digital models of the human body for a variety of applications in research and industry, including fast prototyping of new devices and the evaluation of image analysis algorithms. Several image modalities are commonly simulated, among which magnetic resonance imaging, ultrasound imaging, positron emission tomography, and computed tomography. However, image simulation remains mastered only by a few, due to the variety, complexity and heaviness of simulation pipelines. Simulation codes and physical object models are complex and specific to the imaging modality. In addition, computing times limit the realism and size of simulation scenes, Distributed computing infrastructures are available but they often remain an additional technical constraint for simulation users. The VIP project developed a web platform to facilitate the access to multi-physics organ models, to simulators, and to computing and storage resources needed for medical image simulation.

Exploiting semantic information and enabling reliable execution of simulations on distributed computing platforms. The VIP platform relies (i) on a semantic description of models, simulation processes and data, and on associated tools facilitating their sharing and reusability, and (ii) on a simulation execution service that can access multiple computing platforms. Concepts involved in object models, simulation processes and data were modelled in ontology OntoVIP. We also exploit web semantic tools to describe processes, compose them in workflows, capture provenance information and reason on the resulting knowledge base. The simulation execution platform consists of a task manager on local servers, clusters and grids, a data storage system, and a web portal. Simulators are integrated as workflows, which facilitates their

parallelisation and their exploitation by semantic tools. Self-healing strategies have been developed to improve the quality of service provided by the platform.

VIP is now used by more than 360 users from 40 countries to execute simulations. According to statistics published by the European Grid Infrastructure, the VIP portal is one of the most used to access this infrastructure. Thanks to the exploitation of semantic information, multi-modality models can be shared and used in simulations. A repository also stores semantically annotated simulated data. Four applications contributed to the evaluation of the platform: the evaluation of CT simulator SINDBAD, the design of a new ultrasonic sequence, the design of models of the inflamed brain and artery, and the simulation of cardiac images for segmentation evaluation. The platform is extensible and reusable in other initiatives.

The project produced 3 articles in international journals describing the general architecture of the platform (TMI 2013), methods to assist users with workflow design (JGC 2013, still under review), and self-healing methods (FGCS 2013). Sixteen articles were also published in peer-reviewed international conferences, about semantic modeling and tools, exploitation of distributed computing resources, and applications. Six software contributions have been produced : the OntoVIP ontology, modules of the Neusemstore semantic store, the Cowork workflow designer, modules of the GASW task manager, the glite data management library and the VIP portal.

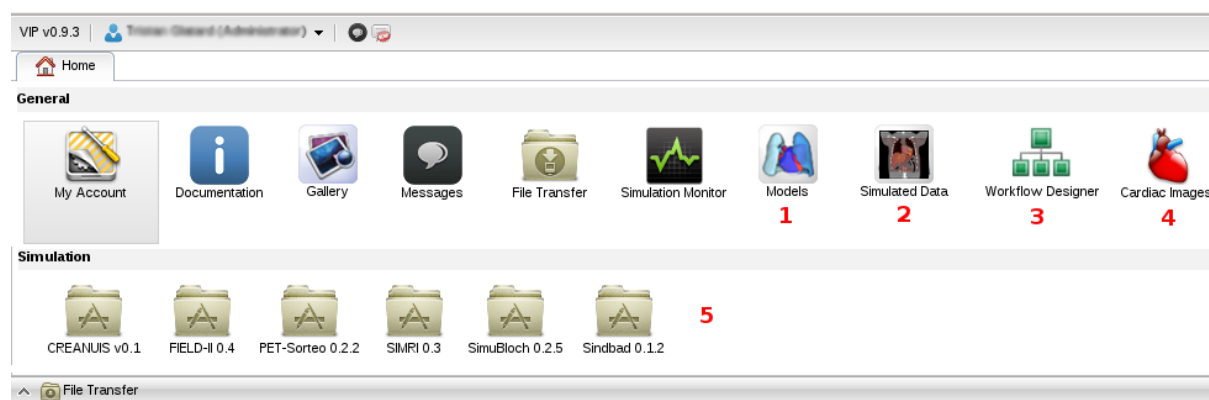


Illustration: home page of the VIP platform : 1. model repository 2. simulated data repository 3. workflow designer, 4. database of simulated cardiac images, 5. launching of simulators.

VIP is an industrial research project coordinated by the CREATIS laboratory. Other partners are the university of Nice Sophia-Antipolis, LTSI, INRIA Rennes, CEA-Leti and Maat-Frnace. The project started in January 2010 and lasted 37 months. It received a 975-k€ grant from ANR for a total cost of 2.8M€.

C MÉMOIRE SCIENTIFIQUE

Mémoire scientifique confidentiel : non

C.1 RÉSUMÉ DU MÉMOIRE

Les images médicales peuvent désormais être simulées à partir de modèles numériques du corps humain pour des applications variées dans la recherche, l'enseignement et l'industrie. La simulation d'images reste cependant difficile à maîtriser, en particulier du fait la complexité et de la lourdeur des processus de simulation. Le projet VIP a développé une plate-forme web facilitant l'accès à des modèles multi-physiques, à 6 simulateurs, et aux moyens de calcul et de stockage nécessaires à la simulation d'images médicales.

La plate-forme s'appuie (i) sur une description sémantique des modèles, des processus de simulations et des données simulées, et sur les outils associés permettant de faciliter leur partage et leur réutilisation et (ii) sur un service d'exécution de simulation permettant d'accéder à de multiples plate-formes de calcul. VIP est désormais utilisée par plus de 360 utilisateurs de 40 pays pour exécuter des simulations. Grâce à l'exploitation de l'information sémantique, des modèles multi-modalités peuvent être partagés et utilisés dans des simulations. Un catalogue permet également de stocker des données simulées annotées sémantiquement. Quatre applications ont participé à l'évaluation des solutions développées. Le projet a produit 3 articles dans des journaux internationaux et 16 publications dans des conférences internationales avec comité de lecture. De nombreuses contributions logicielles ont été réalisées.

C.2 ENJEUX ET PROBLÉMATIQUE, ÉTAT DE L'ART

A la différence des bases de données d'images simulées disponibles par exemple en TEP [1,2] ou en IRM [3], ou des projets de construction de simulateurs souvent dédiés à une modalité particulière (à l'exception notable de GATE [4]), VIP offre un service de simulation multi-modalité en ligne à partir de codes existants. Par exemple VIP intègre le simulateur SINDBAD [5] développé par le CEA-LETI depuis les années 1990. SINDBAD modélise la chaîne radiographique en prenant en compte la source et les radiations interagissant dans l'objet et le détecteur. Initialement, ce code était principalement utilisé en interne au CEA-Leti, pour le contrôle non destructif (CND) et pour des applications médicales. En 2000, SINDBAD a été intégré à la plate-forme CIVA pour le contrôle non destructif. Le projet VIP visait à intégrer SINDBAD de la même manière pour des applications médicales avec les objectifs suivants : (i) l'intégration de SINDBAD dans la plate-forme et (ii) sa validation dans un contexte médical en comparant les images simulées à des données cliniques.

Le partage de modèles d'objets est un enjeu important pour les initiatives liées au programme VPH (Virtual Physiological Human). FieldML [6] a été développé dans ce cadre comme un standard de représentation de l'information contenue dans les modèles. Il permet de structurer des entrepôts et des bases de données comme celles disponibles dans eu-Heart [7]. Des ontologies sont disponibles pour décrire l'anatomie humaine [8], les pathologies [9], les qualités [10], et les termes radiologiques [11], mais aucune ne peut décrire complètement les paramètres physiques et biologiques impliqués dans les modèles de VIP. Nous avons donc développé OntoVIP dans cet objectif.

Il existe plusieurs standards tels que WSMO ou SAWSDL pour la description sémantique de traitements. Ils ont été développés pour décrire des services métiers et permettre leur indexation dans des catalogues d'identification et de recherche. La description envisagée reste principalement technique et syntaxique (description des entrées / sorties) et n'inclut pas de connaissances spécifiques au domaine. De même, les modèles de provenance tels que OPM sont génériques et n'intègrent pas de concepts spécifiques à un domaine. L'ensemble de ces ressources exploite les standards du W3C (ontologies décrites en OWL, instances RDF, outils de manipulation de graphes de connaissances). L'enjeu dans le cadre de VIP était de permettre une intégration de ces technologies dans une plateforme métier cohérente, permettant la description des modèles et des outils de simulation les exploitant, la génération de traces d'exécution reliant simulateurs et données exploitées, le raisonnement sur l'ensemble des annotations sémantiques capturées lors de l'import des outils dans la plateforme et au cours des exécutions, et l'exploitation des connaissances sur les outils de traitement pour l'assistance à la conception de nouveaux simulateurs.

Plusieurs plate-formes, parfois appelées « science gateways », intègrent des outils de simulation ou de traitement d'images médicales à des ressources de calcul et de stockage, notamment dans le domaine des neurosciences, par exemple NeuGRID [12], CBRAIN¹ et LONI [13]. VIP s'en distingue par la présence d'interfaces et d'outils spécifiques à la simulation d'images médicales, par une méthode de portage d'applications basée sur des workflows permettant d'encapsuler rapidement de nouveaux codes, et par une interface complètement web qui masque complètement les ressources de calcul et de stockage aux utilisateurs.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Le projet VIP s'est articulé autour de 3 tâches principales :

1. La modélisation et l'étude de traitements sémantiques dans l'objectif de (i) faciliter la réutilisation de modèles d'objets impliqués dans les simulations, (ii) permettre l'annotation des données simulées pour faciliter leur partage, et (iii) faciliter l'intégration de nouveaux simulateurs dans la plate-forme.
2. La construction d'une plate-forme d'exécution permettant (i) d'exécuter efficacement les simulations sur grilles, grappes de calcul et serveurs locaux, de façon transparente pour l'utilisateur, et (ii) de rassembler les simulateurs et outils du projet dans une interface web facile d'accès et utilisable.
3. Des applications en lien avec la simulation d'images médicales, ayant chacun leur objectifs propres mais utiles à la définition des besoins et au test de la plate-forme.

La production logicielle du projet a été intégrée dans une plate-forme web facilitant l'accès aux modèles multi-physiques pour la simulation d'images médicales, aux simulateurs d'images médicales, et aux moyens de calcul et de stockage nécessaires à leur utilisation [IEEE TMI 2013, IEEE ISBI 2012].

C.3.1 MODÉLISATION ET TRAITEMENTS SÉMANTIQUES

Les concepts impliqués dans les modèles d'objets, les traitements et les données de simulation ont été modélisés dans l'ontologie OntoVIP [IEEE CBMS 2011], [HISB 2012]. Pour construire OntoVIP, un travail d'analyse a été conduit avec les partenaires applicatifs du projet puis les entités impliqués ont été décrites et modélisées dans l'ontologie. Pour favoriser la réutilisabilité

¹<http://cbrain.mcgill.ca/>

des annotations sémantiques, OntoVIP emprunte à des ontologies existantes, en particulier FMA, PATO, MPATH, RadLex et ChEBI.

Nous exploitons également les outils du web sémantique afin de décrire les traitements, les composer, capturer les informations de provenance et raisonner sur le corpus de connaissances ainsi constitué. Pour la description des traitements, nous avons opté sur le développement d'une ontologie spécifique intégrant une information plus complète que la simple description syntaxique des outils, notamment la notion de *Rôle* joué par les données d'entrée des traitements **[KEOD 2011]**, afin de permettre des descriptions non ambiguës et rattachées au domaine des outils de simulation. Il est ainsi possible de valider l'intégration des outils dans des chaînes de traitements. Les outils sont instrumentés de manière à produire au fil de leurs invocations des données de provenance reliant les modèles exploités en entrée, les résultats de simulation produits et les types de traitements appliqués pour cette transformation. L'outil d'interrogation et de raisonnement CORESE est utilisé pour accéder aux connaissances ainsi capturées et inférer des résumés compacts d'expérience utiles aux utilisateurs finaux. L'information sémantique de description des services est également exploitée pour faciliter l'édition de nouvelles chaînes de simulation **[WORKS 2011],[JGC 2013]**. Une interface graphique d'édition de workflow permet de conseiller l'opérateur en lui indiquant les simulateurs les plus appropriés et en validant les enchaînements qu'il propose.

C.3.2 PLATE-FORME D'EXÉCUTION ET INTÉGRATION DES SIMULATEURS

La plate-forme d'exécution des simulateurs **[HealthGrid 2011, IEEE ICWS 2011]** se compose d'un système de gestion de tâches sur serveurs locaux, grilles et grappes de calcul, d'un système de stockage de données, et d'un portail web. Le système de gestion de tâches utilise des tâches pilotes gérées par le service DIRAC mis à disposition par France-Grilles. Il peut ainsi accéder de façon performante à une centaine de sites de calcul en Europe, à travers l'infrastructure de grille européenne EGI. Le système de stockage des données intègre un serveur de stockage local à la plate-forme pour améliorer la fiabilité des transferts de données. Un portail web offre une interface haut-niveau aux utilisateurs, qui masque complètement les ressources de calcul et de stockage sous-jacentes, ainsi que les méthodes utilisées pour les exploiter efficacement.

Pour permettre leur parallélisation et structurer leur description, les simulateurs sont intégrés à cette plate-forme sous la forme de workflows, selon un modèle propre à la simulation d'images **[IEEE CBMS 2011a]**. Ce modèle a permis l'intégration de 6 simulateurs d'images dans le cadre du projet (FIELD-II, CREANUIS, SIMRI, SimuBloch, Sorteo et SINDBAD) et d'une dizaine d'autres applications de traitement ou de simulation d'images en lien avec d'autres initiatives. L'intégration des simulateurs se fait sans modification de leur code, principalement par parallélisme de données. Pour SINDBAD par exemple, la simulation est découpée en deux niveaux : le découpage de la simulation CT en simulations 2D indépendantes et le découpage des simulations analytiques et Monte-Carlo dans chaque simulation 2D.

La mise à disposition de plate-formes masquant l'exploitation des ressources de calcul distribuées nécessite de gérer complètement les pannes et autres incidents pouvant survenir lors de l'exécution d'applications. Cette gestion peut s'effectuer soit manuellement, au prix d'un effort d'administration important, soit automatiquement, si des stratégies adaptées sont disponibles. Nous avons développé de telles stratégies **[FGCS 2013, IEEE CCGrid 2012]** qui permettent notamment de répliquer les tâches critiques des applications, de réagir aux pannes les plus courantes, et d'améliorer l'équité entre les utilisateurs. Ces stratégies s'appuient sur des boucles de contrôle exploitant les traces d'exécution de la plate-forme **[CoreGrid 2012]**.

C.3.3 APPLICATIONS

Pour la validation de SINDBAD, des acquisitions devaient être effectuées sur le scanner CT 4D de l'hôpital cardiologique de Lyon, au début avec des objets simples, puis avec des objets plus complexes. Cette validation n'a pu être effectuée que sur des objets simples. Les premières conclusions étaient que le rayonnement diffusé était surestimé par les simulations, à cause des méthodes anti-diffusé utilisées expérimentalement mais qui ne sont pas modélisées par SINDBAD. Un modèle de grille anti-diffusé a donc été développé pendant le projet VIP pour améliorer l'estimation du rayonnement diffusé sur les radiographies simulées.

Les acquisitions échocardiographiques basées sur la réponse impulsionnelle du système d'imagerie (PSF) avec oscillations transverses (OT) sont une technique de formation d'image efficace pour améliorer la précision de l'estimation du mouvement dans la direction perpendiculaire à la propagation des ondes ultrasonores (direction transverse). Cependant, la formation de voie générant des OT a principalement été développée pour des acquisitions en géométrie linéaire alors que l'imagerie cardiaque, une des applications les plus importantes de l'estimation de mouvement, nécessite des acquisitions en géométrie sectorielle. Nous avons donc étudié la conception d'une nouvelle méthode de formation de voie et son implémentation permettant de générer des oscillations transverses pour des acquisitions sectorielles.

La simulation d'images médicales fournit un cadre intéressant pour l'évaluation d'algorithmes d'analyse d'images, en particulier la segmentation. En effet, le modèle numérique objet de la simulation fournit une vérité terrain la plupart du temps indisponible sur des images in-

vivo. Nous avons donc travaillé à la construction d'une base d'images cardiaques simulées pour servir à l'évaluation de la segmentation.

Enfin, nous nous sommes intéressés à la modélisation du processus d'inflammation dans le cerveau et dans l'artère à partir de la simulation IRM, en travaillant à partir d'images acquises après injection de nanoparticules d'oxyde de fer (USPIO). Nous avons conçu des modèles de cerveau et d'artères inflammés et utilisé ces modèles pour simuler des images de ce processus.

C.4 RÉSULTATS OBTENUS

Le projet a produit 19 publications dont 3 dans des journaux internationaux avec comité de lecture et 16 dans des conférences internationales avec comité de lecture. Ces publications sont référencées dans la section précédente et listés en section E.1. Tous les livrables et jalons du projet ont été produits ; le dernier livrable D3.5.1 est encore en cours de relecture au moment de la soumission de ce rapport mais sera publié en mars 2013.

Modélisation et traitements sémantiques. L'ontologie OntoVIP, qui modélise les concepts et relations impliqués dans les modèles d'objets utilisés par les simulateurs, dans la description des processus de simulations et dans les données simulées, a été livrée (**D1.1.1**). Cette ontologie permet de décrire uniformément les modèles d'objets, les simulateurs et leurs résultats, dans l'objectif de favoriser le partage de modèles entre simulations, le partage de données simulées, et la réutilisation de composants de simulation. Des entrepôts sémantiques pour la gestion des données et des outils de traitement (**D1.2.1**) et un outil d'assistance à l'édition de chaînes de simulation ont été produits (**D1.2.2**). Les entrepôts utilisent JENA pour la persistance des annotations sémantiques et le moteur CORESE pour leur interrogation. Un composant logiciel de gestion de ces entrepôts (NeuSemStore, cf section E.3) a été développé. Le travail scientifique associé est décrit dans les publications [KEOD 2011, HealthGrid 2011, DCICTIA-MICCAI 2012]. L'outil d'assistance à l'édition CoWork (cf E.3) exploite le même gestionnaire de données sémantique NeuSemStore et le moteur KGRAM pour l'interrogation de la base de connaissance et la composition de graphes de traitements. Il est décrit dans les publications [JGC 2013, WORKS 2011]. L'ontologie et les outils sémantiques ont été intégrés dans la plate-forme : ils ont permis l'implémentation d'un catalogue de modèles multi-physiques, et d'un catalogue de données simulées annotées automatiquement pendant l'exécution des workflows.

Plate-forme d'exécution et intégration des simulateurs. Des simulateurs des quatre principales modalités d'imagerie médicale ont été intégrés par la tâche 2.1 (**D2.1.1** et **D2.1.2**) et peuvent désormais être exécutés sur l'infrastructure de calcul depuis le portail VIP : CREANUIS et FIELD-II pour les ultrasons, SIMRI et SimuBloch pour l'IRM, Sorteo pour la TEP et SINDBAD pour le CT. Grâce au mécanisme de déploiement basé sur les workflows, une dizaine d'autres applications ont aussi pu être intégrées en marge du projet, dont le simulateur GATE. Le service d'exécution de tâches, dont la fiabilité posait problème au début du projet, s'est peu à peu stabilisé (tâche 2.2.a, **D2.2.1**). D'après les chiffres publiés par EGI, VIP est désormais le portail disposant d'un certificat robot le plus utilisé en Europe². Aujourd'hui, 363 utilisateurs de 43 pays sont enregistrés dans la plate-forme et depuis janvier 2012, le portail VIP produit par la tâche 2.3 (**D2.3.4**) est visité par 150 visiteurs uniques chaque mois. Plus de 8000 exécutions de workflows ont été lancées depuis janvier 2011, pour un temps CPU consommé moyen de 19 années-CPU chaque mois. Cette consommation place VIP parmi les plate-formes web les plus utilisées en Europe pour accéder aux ressources de la grille EGI dans le domaine biomédical. Ce résultat nous paraît être un point démontrant le succès de la composante exécution du projet, et des diverses actions de dissémination consécutives au déploiement en production (tâche 2.5, **D2.5.1** et **D2.5.2**). Le service « Data Manager Daemon », produit par tâche 2.2b (**D2.2.2**) a contribué à l'utilisabilité de la plate-forme en éliminant pratiquement les erreurs liées au transfert de fichiers. Pour créer ce service, une nouvelle librairie Java bas-niveau, « gLite Data Management Library », a été développée³. Enfin, la tâche T2.4 a harmonisé les méthodes d'authentification des utilisateurs entre le portail VIP et la Gateway MAAT, dans le but d'intégrer tous les services au sein du conteneur de services de la Gateway MAAT. Le portail VIP a été modifié pour authentifier les utilisateurs en utilisant le système d'authentification centralisé JASIG CAS⁴ aussi utilisé par la Gateway MAAT. Les utilisateurs peuvent désormais utiliser les deux systèmes simultanément, de façon transparente et via une authentification unique (**D2.4.1**).

Applications. Le travail réalisé dans le projet VIP a permis la simulation d'images tomodensitométriques réalistes à partir des modèles XCAT et ADAM. Par exemple, une acquisition TEP/CT corps-entier a été simulée en utilisant Sorteo pour la TEP et SINDBAD pour le CT. La réduction du temps de calcul, obtenue grâce à la parallélisation de SINDBAD dans VIP, a été d'un facteur 73. Suite aux premières confrontations avec des données réelles (**M3.1.1**), l'introduction de la grille anti-diffusion dans la chaîne radiographique a amélioré notablement l'estimation du rayonnement diffusé expérimental. Des premières validations ont été effectuées sur des cubes d'eau et sur des fantômes anatomiques (**D3.1.1**). Une nouvelle méthode de formation de voie

² https://wiki.egi.eu/wiki/EGI_robot_certificate_users

³ <https://project-mgt.maatg.fr/projects/glite-data-management>

⁴ <http://www.jasig.org/cas>

permettant de générer des oscillations transverses pour des acquisitions sectorielles a été implémentée, évaluée par simulation et publiée (**D3.2.1**, **D3.2.2**). Les résultats montrent que la PSF obtenue est plus proche de la PSF théorique que celle obtenue en utilisant l'approximation conventionnelle de Fraunhofer et la relation de Fourier associée. Des images cardiaques ont été simulées tout au long du projet, en commençant par des images 2D+t et 3D (**D3.4.1**). Des acquisitions 4D (3D+t ou 3D multi-patients) ont ensuite pu être simulées. Ces images sont disponibles dans une base de données accessible via la plate-forme (**D3.4.2**). Concernant la modélisation de l'inflammation du cerveau et de l'artère, des images ont été acquises (**D3.3.1** et **D3.3.2**), des cartographies en ont été extraites (**D3.3.3**) et utilisées pour construire des modèles (**M3.3.1** et **M3.3.2**). Des images ont finalement pu être simulées à partir de ces modèles (**D3.3.4**).

C.5 EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Modélisation et traitements sémantiques. Un réel effort d'intégration a été fourni par les partenaires de la tâche 1 pour permettre l'utilisation de leurs outils dans la plate-forme VIP : les outils logiciels NeuSemStore et CoWork exploitant l'ontologie OntoVIP ont été intégrés. Le premier est utilisé en production pour les simulations réalisées à travers le portail VIP et pour le catalogue de modèles. Le second est intégré à titre expérimental. Ces deux travaux font l'objet de continuations : le moteur sémantique de NeuSemStore est étendu afin de permettre un déploiement de plusieurs entrepôts de connaissances et une interrogation distribuée de leur contenu ; l'assistant à l'édition de chaînes de traitements est considéré pour l'intégration dans la plateforme du projet Européen FP7 I3 ER-Flow.

Plate-forme d'exécution et intégration des simulateurs. Comme le montre la Figure 1, la plate-forme VIP est désormais utilisée par des utilisateurs du monde entier pour exécuter des simulations sur l'infrastructure de grille EGL, et ces utilisateurs consomment un temps CPU très significatif. Cette utilisation donne à VIP une visibilité importante qui permet à la plate-forme d'être utilisée ou étendue par diverses initiatives nationales et européennes (par exemple le LabEx PRIMES⁵).

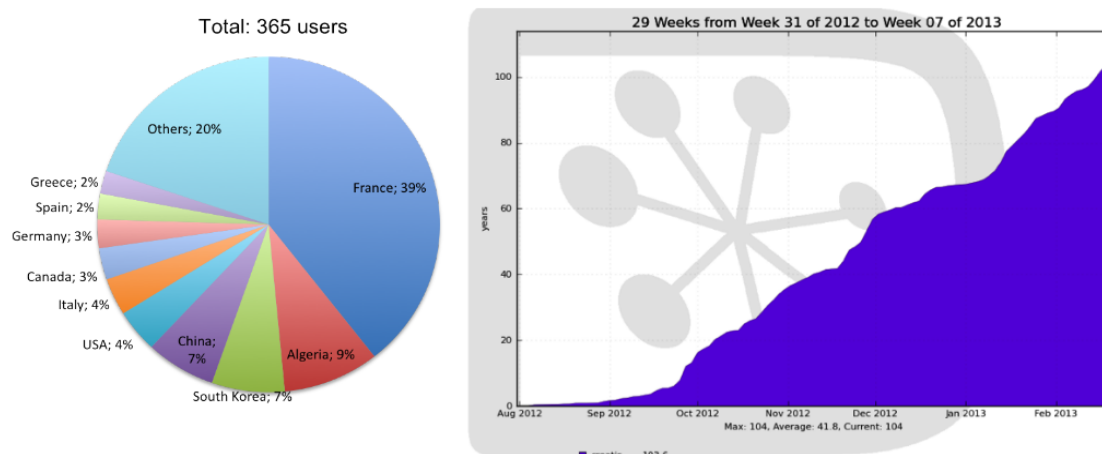


Figure 1 : répartition des utilisateurs enregistrés dans VIP par pays en février 2013 (gauche) et années CPU consommé par VIP depuis août 2012 (droite).

L'intégration de VIP au sein de la Gateway MAAT est désormais proposée aux utilisateurs du projet Européen N4U⁶, dans lequel la Gateway sert de point d'accès à l'infrastructure grille. VIP permet d'utiliser un portfolio important d'algorithmes, de manière simplifiée, grâce à des interfaces graphiques conviviales et spécialisées. Enfin, la librairie « gLite Data Management Library » est maintenant utilisée au sein du connecteur LFC du logiciel JSAGA⁷. Elle est disponible en Open-Source et est à l'heure actuelle utilisée par différentes communautés d'utilisateurs.

Applications. L'intégration de SINDBAD dans la plate-forme VIP peut être utile pour un large panel d'utilisateurs, particulièrement pour comprendre conjointement la manipulation des équipements et leur application au domaine clinique. Des contacts ont déjà été pris pour utiliser SINDBAD dans VIP pour une application à l'enseignement de la physique médicale à l'université. La base d'images cardiaques simulées est accessible publiquement via la plate-forme et peut-être utilisée pour l'évaluation de la segmentation.

⁵<http://primes.universite-lyon.fr>

⁶<https://neugrid4you.eu/>

⁷<http://grid.in2p3.fr/jsaga/>

C.6 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

C.6.1 PORTÉE DES RÉSULTATS ET IMPACT DU PROJET.

Vue l'utilisation de la plate-forme produite par le projet (voir section précédente), nous pensons que ses résultats ont un impact très important sur la communauté académique et que le projet a effectivement contribué à faciliter l'accès à la simulation d'images médicales. L'exploitation de l'information sémantique dans une plate-forme en production nous paraît prometteuse pour les applications, et intéressante scientifiquement en terme de retour d'expérience. Le déploiement d'un service utilisant l'infrastructure de grille de calcul européenne à cette échelle, et sans que les utilisateurs en aient même conscience nous paraît aussi révélateur d'une rupture technologique significative. Ces résultats s'expliquent par la qualité du travail réalisé au cours du projet, mais aussi par le souci de capitaliser sur l'expérience, les méthodes, le logiciel et l'infrastructure provenant de projets précédents impliquant des partenaires de VIP (Neusemstore -- Neurolog ANR-06-TLOG-024 ; MOTEUR -- Gwendia ANR-06-MDCA-009 ; EU EGEE/EGI -- INFISO-RI-222667) ou d'initiatives liées (DIRAC, France-Grilles). L'ouverture de la plate-forme aux utilisateurs de la communauté OpenGATE⁸ a aussi très largement contribué à la diffusion de la plate-forme et à son développement *via* des retours d'expérience nombreux.

C.6.2 LIMITES ET PERSPECTIVES

L'exploitation des outils sémantiques reste à ce jour limitée à certains simulateurs. Aucun obstacle théorique n'est envisagé pour terminer cette intégration qui n'a pas pu être finalisée dans le cadre du projet faute de temps, mais dont une preuve de concept fonctionnelle a été produite. De plus, une extension des outils sémantiques à d'autres modalités voire à d'autres traitements nécessiterait un nouveau travail de modélisation conséquent des nouvelles parcelles de domaine considérées. L'intégration d'outils existants décrits selon d'autres ontologies poserait la question de l'alignement entre plusieurs ontologies qui n'a pas du tout été considéré dans le cadre de VIP. Le modèle largement plébiscité OPM a été adopté pour la capture d'informations de provenance. Celui-ci est devenu obsolète du fait du développement du standard PROV du W3C et une mise à jour de l'outil de provenance serait souhaitable.

L'intégration de simulateurs dans la plate-forme d'exécution est grandement facilitée par leur description sous forme de workflows. Néanmoins, le développement de workflows reste une activité nécessitant une expertise certaine, notamment à cause de la nécessité de tenir compte du contexte d'exécution des applications sur des ressources distribuées. En pratique, l'effort nécessaire au développement de workflows reste un facteur limitant l'extension de la plate-forme VIP car il demande l'intervention d'un développeur. L'éditeur Cowork produit par le projet offre une perspective très intéressante pour résoudre ce problème, mais il reste à évaluer plus largement pour pouvoir être utilisé en production.

D'un point de vue plate-forme d'exécution, il faut reconnaître que la plate-forme ne reste performante que sur un spectre borné de cas d'utilisation : les simulations très courtes (moins d'une vingtaine de minutes de temps CPU), très longues (plus d'un an de temps CPU), manipulant de gros fichiers (1 Go ou plus) ou nécessitant beaucoup de mémoire (plus de 2 Go) restent problématiques. Ces problèmes sont d'autant plus difficiles à résoudre que l'activité des utilisateurs de la plate-forme n'est pas prévisible et que les caractéristiques techniques des simulations (durée, volume de données manipulées) sont en général inconnues avant l'exécution. L'utilisation de serveurs de calcul locaux et la personnalisation des workflows permettent de réduire l'impact de ces difficultés, mais elles restent présentes. Les méthodes d'auto-administration initiées dans le projet ouvrent des perspectives originales, et très prometteuses pour résoudre ces problèmes.

Concernant l'infrastructure, le projet a pris le parti d'utiliser les infrastructures de calcul existantes développées depuis une décennie en France et en Europe (grille EGI). Ce choix a permis de concentrer l'effort du projet sur le développement d'outils et d'interfaces propres à la simulation. Il demande néanmoins à être remis en cause vue la démocratisation rapide des moyens de calcul ; de nombreux utilisateurs disposent aujourd'hui de leurs propres ressources de calcul (GPU, CPU multi-cœur, cluster local) et leur intégration dans la plate-forme selon des règles précises d'utilisation serait très bénéfique.

C.7 RÉFÉRENCES

- [1] S. Tomei, A. Reilhac, D. Visvikis, N. Boussion, C. Odet, F. Giammarile, and C. Lartizien, "OncoPET DB: a freely distributed database of realistic simulated whole body [18f]FDG PET images for oncology," IEEE Trans on Nuclear Science, vol. 57, no. 1, pp. 246-255, 2010.
- [2] I. Castiglioni, I. Buvat, G. Rizzo, M. Gilardi, J. Feuardent, and F. Fazio, "A publicly accessible Monte-Carlo database for validation purpose in emission tomography," Eur. J. Nuc. Med. Mol. Imag., vol. 32, pp. 1234-39, 2005.

⁸<http://www.opengatecollaboration.org/>

- [3]** R. K. Kwan, A. C. Evans, and G. B. Pike, "MRI simulation-based evaluation of image-processing and classification methods." *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 18, no. 11, pp. 1085-1097, 1999.
- [4]** S. Jan, D. Benoit, E. Becheva, T. Carlier, F. Cassol, P. Descourt, T. Frisson, L. Grevillot, L. Guigues, L. Maigne, C. Morel, Y. Perrot, N. Rehfeld, D. Sarrut, D. R. Schaart, S. Stute, U. Pietrzyk, D. Visvikis, N. Zahra, and I. Buvat, "Gate v6: a major enhancement of the GATE simulation platform enabling modelling of ct and radiotherapy," *Physics in medicine and biology*, vol. 56, no. 4, pp. 881-901, 2011.
- [5]** J. Tabary, A. Glière, R. Guillemaud, P. Hugonnard, F. Mathy, 'Combination of high resolution analytically computed uncollided flux images with low resolution Monte Carlo computed scattered flux images', *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol. 51, No. 1, pp 212-217, February 2004.
- [6]** G. R. Christie, P. M. F. Nielsen, S. A. Blackett, C. P. Bradley, and P. J. Hunter, "FieldML: concepts and implementation," *Roy Soc of London Philosophical Transactions Series A*, vol. 367, pp. 1869-1884, 2009.
- [7]** N. Smith, A. De Vecchi, M. McCormick, D. Nordsletten, O. Canara, A. Frangi, H. Delingette, M. Sermesant, J. Relan, N. Ayache, M. Krueger, W. Schulze, R. Hose, I. Valverde, P. Beerbaum, C. Staicu, M. Siebes, J. Spaan, P. Hunter, J. Weese, H. Lehmann, D. Chapelle, and R. Razavi, "euHeart: Personalized and integrated cardiac care using patient-specific cardiovascular modelling," *Journal of the Royal Society Interface Focus*, vol. 1, no. 3, pp. 349-364, 2011.
- [8]** C. Rosse and J. Mejino, "The foundational model of anatomy ontology," *Anatomy Ontologies for Bioinformatics*, pp. 59-117, 2008.
- [9]** P. Schofield, G. Gkoutos, M. Gruenberger, J. Sundberg, and J. Hancock, "Phenotype ontologies for mouse and man: bridging the semantic gap," *Disease models & mechanisms*, vol. 3, no. 5-6, pp. 281-289, 2010.
- [10]** G. Gkoutos, E. Green, A.-M. Mallon, J. Hancock, and D. Davidson, "Using ontologies to describe mouse phenotypes," *Genome Biology*, vol. 6, pp. 1-10, 2005.
- [11]** C. Langlotz, "Radlex: a new method for indexing online educational materials," *RadioGraphics*, no. 26, pp. 1595-1597, 2006.
- [12]** G. Frisoni, A. Redolfi, D. Manset, M. Rousseau, A. Toga, and A. Evans, "Virtual imaging laboratories for marker discovery in neurodegenerative diseases." *Nat Rev Neurol.*, vol. 7, no. 8, pp. 429-38, 2011.
- [13]** D. E. Rex, J. Q. Ma, and A. W. Toga, "The LONI pipeline processing environment," *NeuroImage*, vol. 19, no. 3, pp. 1033 - 1048, 2003.

D LISTE DES LIVRABLES

Tous les livrables sont disponibles sur la page publique du projet : <http://www.creatis.insa-lyon.fr/vip/node/41>.

D.1 TÂCHE 1 : MODÉLISATION ET TRAITEMENTS SÉMANTIQUES

Date de livraison	N°	Titre	Nature	Partenaires
14/09/2010	M1.2.1	Study of semantic tooling for repositories set-up	Rapport	<u>UNS</u>
15/11/2010	M1.1.1	Basic version of the semantic model	Rapport	<u>LTSI</u>
1/03/2011	M1.1.2	Refined version of the ontologies	Ontologies au format OWL et OntoSpec	<u>LTSI</u>
10/01/2011	M1.2.2	First repository prototype	Logiciel	<u>UNS</u>
31/3/2011	M1.2.3	Simulation use-case joint study with users	Rapport	<u>UNS</u> , CREATIS, LTSI
26/9/2011	D1.2.1	Data and tools repositories with basic query interface	Logiciel et rapport	<u>UNS</u> , CREATIS
25/10/2011	D1.1.1	Final ontologies	Rapport et ontologies au format OWL et OntoSpec	<u>LTSI</u> , CREATIS, CEA-Leti
17/10/2011	M1.2.4	Workflow designer architecture	Rapport	<u>UNS</u>
4/3/2013	D1.2.2	Simulation workflow designer	Logiciel et rapport	<u>UNS</u>

D.2 TÂCHE 2 : PLATE-FORME D'EXÉCUTION ET INTÉGRATION DES SIMULATEURS

Date de livraison	N°	Titre	Nature	Partenaires
8/09/2010	D2.1.1	Prototype integration of simulators	Rapport	<u>CREATIS</u> , <u>UNS</u> , CEA-Leti, <u>LTSI</u>
2/02/2011	M2.1.1	Multi-plateform job execution environment	Logiciel	<u>CREATIS</u>
11/02/2011	M2.2.2	Multi-plateform data storage system	Rapport et logiciel	<u>Maat-France</u>
1/04/2011	D2.1.2	Benchmark of simulators on distributed platforms	Rapport	<u>CREATIS</u> , <u>LTSI</u> , CEA-Leti
17/12/2011	M2.3.1	User interface to execution environment	Logiciel	<u>CREATIS</u>
8/03/2012	D2.2.2	Optimized file access system for results visualisation	Logiciel, rapport	<u>Maat-France</u> , CREATIS
5/09/2012	D2.2.1	Robust and efficient job execution service	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u>
6/09/2012	M2.3.2	User interface to semantic repositories	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u> , <u>LTSI</u>
4/10/2012	D2.3.4	VIP client to semantic and execution services	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u> , <u>LTSI</u>
26/02/2013	M2.3.3	Interface with workflow designer	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u> , <u>UNS</u>
30/10/2012	D2.4.1	VIP integration in Maat-G gateway	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u> , Maat-France
14/12/2012	D2.5.2	Launching meeting and	Colloque	<u>CREATIS</u> , <u>LTSI</u> , <u>UNS</u> ,

Date de livraison	N°	Titre	Nature	Partenaires
		training session		CEA-Leti, IRISA
6/02/2013	D2.5.1	VIP software release	Logiciel et rapport	<u>CREATIS</u>

D.3 TÂCHE 3 : APPLICATIONS

Date de livraison	N°	Titre	Nature	Partenaires
4/11/2011	M3.1.1	Small-scale validation of SINDBAD in the medical field	Diapositives	<u>CREATIS</u> , CEA-Leti
3/02/2011	D3.3.1	Follow-up MS images with MR quantitative parameter cartography and USPIO quantification	Images et rapport	<u>IRISA</u>
3/02/2011	D3.3.2	Small animal arterial images with MR parameter cartographies and USPIO quantification	Images et rapport	<u>CREATIS</u>
2/09/2011	D3.4.1	3D simulated heart images for segmentation evaluation	Rapport	<u>CREATIS</u>
30/6/2011	D3.3.3	Multi-modal NMR cartography of USPIO positive and negative tissues in MS human models	Rapport	<u>IRISA</u>
9/07/2012	M3.3.2	Validation study of the brain model for MS USPIO-enhanced diagnosis	Rapport	<u>IRISA</u>
7/5/2012	M3.3.1	Validated model of the rabbit inflamed artery	Rapport	<u>CREATIS</u>
19/06/2012	D3.2.2	Set of US images simulated with the transverse oscillation method	Images et rapport	<u>CREATIS</u>
19/06/2012	D3.2.1	Publications describing the new US image formation scheme and validation	Publications	<u>CREATIS</u>
3/09/2012	D3.1.1	Large-scale SINDBAD validation	Rapport	CEA-Leti
8/03/2013	M3.4.1 and D3.4.2	4D heart image simulation procedure and 4D multi-modal simulated images	Rapport, images	<u>CREATIS</u> , CEA-Leti
13/03/2013	D3.3.4	Simulated images of the artery and brain	Rapport, images	<u>CREATIS</u> , IRISA
Mars 2013	D3.5.1	Model converters	Rapport, logiciel	<u>CREATIS</u> , LTSI, UNS

Notes : le jalon M3.4.1 et le livrable D3.4.2, très liés, ont été fusionnées en un seul document. La rédaction du livrable D3.5.1 était encore en cours de finalisation au moment de la rédaction de ce rapport ; il sera publié en mars.

E IMPACT DU PROJET

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revue à comité de lecture	1	2
	Communications (conférence)	6	10
Actions de diffusion	Conférences vulgarisation	1	

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
--	--

Nouveaux projets collaboratifs	<ul style="list-style-type: none"> • CrEDIBLE⁹ projet de la Mission pour l'Interdisciplinarité au CNRS sur la thématique des masses de données (fédération de données sémantiques distribuées). Partenaires communs avec VIP : I3S, CREATIS, IRISA. • Labex PRIMES (http://primes.universite-lyon.fr). Partenaire commun avec VIP : CREATIS • Projet européen N4U (https://neugrid4you.eu/). Partenaires communs avec VIP : CREATIS, Maat-France • Exemplar project NoE VPH : VIP for VPH
Colloques scientifiques	Organisation d'une journée du GDR STIC-Santé, « partage de modèles d'objets anatomiques et physiologiques » ¹⁰
Autres (préciser)	<p>Sessions de formation à la « European School of Medical Physics » (ESMP) en 2011¹¹ et 2012¹².</p> <p>Workshop de lancement de la plate-forme VIP¹³.</p>

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

E.2.1 REVUES INTERNATIONALES À COMITÉ DE LECTURE

E.2.1.1 Multi-partenaires

1. **[TMI 2013]** T. Glatard, C. Lartizien, B. Gibaud, R. Ferreira da Silva, G. Forestier, F. Cervenansky, M. Alessandrini, H. Benoit-Cattin, O. Bernard, S. Camarasu-Pop, N. Cerezo, P. Clarysse, A. Gaignard, P. Hugonnard, H. Liebgott, S. Marache, A. Marion, J. Montagnat, J. Tabary, and D. Friboulet, A Virtual Imaging Platform for multi-modality medical image simulation, IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 32, no. 1, pp. 110-118, 2013

E.2.1.2 Mono-partenaires

2. **[FGCS 2013]** R. Ferreira da Silva, T. Glatard, and F. Desprez, "Self-healing of workflow activity incidents on distributed computing infrastructures", Future Generation Computer Systems, to appear, 2013.
3. **[JGC 2013]** (under review) N. Cerezo, J. Montagnat, M. Blay-Fornarino. Computer-assisted Scientific Workflow Design, submitted to Journal of Grid Computing (special issue on workflows, 2013).

E.2.2 CONFÉRENCES INTERNATIONALES À COMITÉ DE LECTURE

E.2.2.1 Multi-partenaires

1. **[ISBI 2012-1]** T. Glatard, A. Marion, H. Benoit-Cattin, S. Camarasu-Pop, P. Clarysse, R. Ferreira da Silva, G. Forestier, B. Gibaud, C. Lartizien, H. Liebgott, K. Moulin, and D. Friboulet Multi-modality image simulation with the virtual imaging platform: Illustration on cardiac MRI and echography, IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), Barcelona, Spain, pp 98-101, 2012
2. **[HISB 2012]** B. Gibaud, G. Forestier, H. Benoit-Cattin, F. Cervenansky, P. Clarysse, D. Friboulet, A. Gaignard, P. Hugonnard, C. Lartizien, H. Liebgott, J. Montagnat, J. Tabary, and T. Glatard, OntoVIP: an ontology for the annotation of object models used for medical image simulation, IEEE International Conference on Healthcare Informatics, Imaging and Systems Biology (HISB), La Jolla, California, USA, pp. 110-119, 2012.
3. **[IEEE CBMS 2011]** G. Forestier, A. Marion, H. Benoit-Cattin, P. Clarysse, D. Friboulet, T. Glatard, P. Hugonnard, C. Lartizien, H. Liebgott, J. Tabary, B. Gibaud, Sharing object models for multi-modality medical image simulation: a semantic approach, Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2011 24th International Symposium on pp.1-6, 27-30 June 2011
4. **[KEOD 2011]** A. Gaignard, J. Montagnat, B. Wali, B. Gibaud. Characterizing semantic service parameters with Role concepts to infer domain-specific knowledge at runtime. International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development (KEOD'11), Paris, France, Oct. 2011.
5. **[IEEE CBMS 2011a]**, A. Marion, G. Forestier, H. Liebgott, C. Lartizien, H. Benoit-Cattin, S. Camarasu-Pop, T. Glatard, R. Ferreira da Silva, P. Clarysse, S. Valette, B. Gibaud, P.

⁹<http://credible.i3s.unice.fr>

¹⁰<http://stic-sante.org/calendrier/details/103>

¹¹<http://lemoine.web.cern.ch/lemoine/esiweb/ESMPnn14.htm>

¹²<http://lemoine.web.cern.ch/lemoine/esiweb/ESMPnn15.htm>

¹³<http://vip.creatis.insa-lyon.fr/workshop/>

Hugonnard, J. Tabary, D. Friboulet, Multi-modality image simulation of biological models within VIP, Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2011 24th International Symposium on , pp.1-6, 27-30 June 2011.

6. **[HealthGrid 2011]**, Multi-platform workflow execution for medical simulation, Rafael Ferreira da Silva, Sorina Camarasu-Pop, Baptiste Grenier, Vanessa Hamar, David Manset, Johan Montagnat, Jérôme Revillard, Javier Rojas Balderrama, Andrei Tsaregorodtsev, Tristan Glatard, proceedings of the 9th HealthGrid conference, 2011.

E.2.2.2 *Mono-partenaires*

7. **[DCICTIA-MICCAI 2012]** A. Gaignard, J. Montagnat, C. Faron-Zucker, O. Corby, Semantic Federation of Distributed Neurodata. MICCAI Workshop on Data- and Compute-Intensive Clinical and Translational Imaging Applications (DCICTIA-MICCAI 2012), pp 41-50, Nice, France, Oct. 2012.
8. **[WORKS 2011]** N. Cerezo, J. Montagnat, Scientific Workflows Reuse through Conceptual Workflows, 6th Workshop on Workflows in Support of Large-Scale Science (WORKS), associated to SuperComputing, Seattle (USA), November 2011.
9. **[CoreGrid 2012]** R. Ferreira da Silva, T. Glatard, A science-gateway workload archive to study pilot jobs, user activity, bag of tasks, task sub-steps, and workflow executions, CoreGRID/ERCIM Workshop on Grids, Clouds and P2P Computing - CGWS 2012, Rhodes Island, Greece, Springer Berlin Heidelberg, pp. 79-88.
10. **[CCGrid 2012]** R. Ferreira da Silva, T. Glatard, and F. Desprez, Self-healing of operational workflow incidents on distributed computing infrastructures, 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing - CCGrid 2012, Ottawa, Canada, pp. 318-325.
11. **[IEEE ICWS 2011]** J. Rojas Balderrama, J. Montagnat, D. Lingrand, jGASW: A Service-Oriented Framework Supporting High Throughput Computing and Non-functional Concerns, Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services, pp. 691-694, 2010.
12. **[SPIE 2013]** Alessandro Crimi, Olivier Commowick, Jean-Christoph Ferre, Adil Maarouf, Gilles Edan, Christian Barillot, "Classification of Multiple sclerosis lesions evolution in patients with clinically isolated syndrome ." Alessandro Crimi, Olivier Commowick, Jean-Christoph Ferre, Adil Maarouf, Gilles Edan, Christian Barillot. In Proceedings of the SPIE: Medical Imaging 2013, Orlando, Florida, USA, 2013.
13. **[ISBI 2013]** Alessandro Crimi, Olivier Commowick, Jean-Christoph Ferre, Adil Maarouf, Gilles Edan, Christian Barillot, "Semi automatic classification of Multiple sclerosis lesion pattern in patients with clinically isolated syndrome." International symposium on biomedical imaging, San-Francisco, California, USA, 2013
14. **[Acoustics 2012]** G. Xinxin, D. Friboulet, H. Liebgott, "Back-propagation based beamformer design for transverse oscillations in echocardiography", Proc. Acoustics 2012, Nantes, France, Avril 2012
15. **[ISBI 2012]** G. Xinxin, D. Friboulet, H. Liebgott, Transverse oscillations beamformer design for sector scan using back-propagation, Proc. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), Barcelona, Spain, May 2012
16. **[MBIA 2012]** Fang Cao, Olivier Commowick, Elise Bannier, Jean-Christophe Ferré, Gilles Edan, Christian Barillot, P.-T. Yap et al., MRI Estimation of T1 Relaxation Time Using a Constrained Optimization Algorithm MBIA 2012, Oct 2012, Nice, France. pp. 203-214

E.2.3 *VULGARISATION*

1. **[ECR 2012]** Christian Barillot, Hugues Benoit-Cattin, Sorina Camarasu-Pop, Frédéric Cervenansky, Patrick Clarysse, Rafael Ferreira da Silva, Germain Forestier, Denis Friboulet, Alban Gaignard, Bernard Gibaud, Tristan Glatard, Baptiste Grenier, Patrick Hugonnard, Carole Lartizien, Hervé Liebgott, David Manset, Adrien Marion, Johan Montagnat, Jérôme Revillard, Javier Rojas Balderrama, Joachim Tabary, « A multi-modality Virtual Imaging Platform for the evaluation of image analysis algorithms », European Congress of Radiology Novel technology that shapes Radiology: EIBIR presents IMAGINE, Viena 2012

E.3 *LISTE DES ÉLÉMENTS DE VALORISATION*

E.3.1 *LOGICIELS*

OntoVIP (D1.1.1, LTSI): OntoVIP est une ontologie permettant de décrire les modèles impliqués dans des simulations multi-modalités, les processus de simulation et les données simulées. Les instances des classes de cette ontologie peuvent être manipulées avec un module spécifique Neusemstore. L'ontologie se présente sous la forme de documents owl. Elle réutilise des concepts des principales ontologies du domaine (FMA, PATO, Radlex, MPATH).

NeuSemStore (D1.2.1, UNS et LTSI): NeuSemStore est l'entrepôt sémantique initialement développé dans le cadre du projet ANR TechLog NeuroLOG, puis complété dans le cadre de VIP, pour le stockage et l'interrogation des données sémantiques produites dans le cadre du projet, en particulier les informations de provenance générées au cours de l'exécution des flux de calculs par des services de traitement annotés sémantiquement. NeuSemStore est un module logiciel indépendant qui a été intégré dans la plateforme VIP. Il gère l'enregistrement des informations de provenance générées par la plateforme et propose une interface pour interroger de manière sélective ces traces d'exécution. Il intègre également des capacités de raisonnement qui permettent de réaliser des résumés d'expériences à partir des traces (denses) de provenance et de règles d'inférences.

CoWork (D1.2.2, UNS): CoWork est un composant logiciel permettant d'assister les utilisateurs lors de la conception de workflows scientifiques. CoWork comprend un entrepôt de stockage de fragments de workflows annotés sémantiquement et un éditeur qui permet la composition graphique des nouveaux workflows, l'interrogation de fragments provenant de l'entrepôt, et le tissage des fragments dans le workflow en cours d'édition. Il comprend une ontologie dédiée de description des fragments de workflows. Il utilise le langage standard de requête sémantique SPARQL pour la recherche de fragments. Son interface permet l'annotation des workflows composés et leur intégration dans la base de connaissances pour ré-exploitation future. L'éditeur CoWork a été intégré à titre expérimental dans la plateforme dans la dernière période du projet.

GASW (D2.2.1, CREATIS et UNS): GASW (Generic Application Service Wrapper¹⁴) est un module du moteur d'exécution de workflows MOTEUR¹⁵. Ce module permet de gérer des tâches de calcul en utilisant différentes interfaces : DIRAC, Application Hosting Environment, gLite ou machine locale. En plus des fonctionnalités classiques de gestion de tâches (soumission, monitoring, statistiques), GASW implémente certaines des fonctionnalités d'auto-administration développées dans le cadre du projet.

gLite data management library (D2.2.2, MAAT)¹⁶ : cette bibliothèque permet d'interagir avec les différents services de gestion de données disponibles dans gLite : LFC, démon DPNS, DPM, etc.

Portail VIP (D2.3.4, CREATIS) : Le portail VIP est une application web qui intègre la plupart des développements réalisés dans le cadre du projet. Elle permet principalement (i) d'exécuter des simulations sur des ressources de calcul distribuées et d'y transférer des données, et (ii) d'accéder aux entrepôts de modèles, au catalogue de données simulées et au workflow designer Cowork. Le portail intègre aussi une gestion avancée des utilisateurs et des applications pour permettre de gérer simplement l'intégration de nouvelles applications et leur mise à disposition auprès des différentes classes d'utilisateurs (public / restreint).

E.3.2 NOUVEAU PARTENARIATS

CrEDIBLE : CrEDIBLE (fédération de données et de ConnaissancEs Distribuées en Imagerie Biomédicale, <http://credible.i3s.unice.fr>) est un réseau scientifique financé par la Mission pour l'Interdisciplinarité au CNRS qui a débuté en juin 2012. Ce réseau travaille sur la fédération d'entrepôts de connaissance et la distribution des requêtes sémantiques. Il exploite et étend des travaux réalisés au cours du projet VIP, pour le développement du composant NeuSemStore en particulier. Le consortium de CrEDIBLE intègre trois des partenaires du projet VIP : I3S/CNRS/UNS, CREATIS et IRISA (maintenant LTSI).

Labex PRIMES : PRIMES (Physique, Radiobiologie, Imagerie Médicale et Simulation) est un laboratoire d'excellence visant à développer de nouveaux concepts et méthodes pour l'exploration, le diagnostic et la thérapie du cancer et des pathologies associées au vieillissement. PRIMES recouvre des domaines variés allant de la physique fondamentale à l'instrumentation, de la radiobiologie à l'acquisition et au traitement de données et à la reconstruction d'images, simulation et modélisation à l'aide de l'informatique. PRIMES réunit plus de 190 chercheurs et enseignants-chercheurs possédant une expertise importante dans une ou plusieurs de ces thématiques, à Lyon et dans les environs de la région Rhône-Alpes Auvergne. Plusieurs plateformes d'imagerie, d'informatique et de radiothérapie sont à la disposition des chercheurs du LabEx. L'utilisation de VIP y est envisagée dans le WP5, « simulation et modélisation d'images ».

Projet européen N4U : le portail et le système d'exécution sur grille de calcul de VIP sont étendus au traitement d'images neurologiques dans le cadre du projet européen N4U¹⁷. VIP permet d'utiliser

¹⁴<http://vip.creatis.insa-lyon.fr:9002/projects/gasw>

¹⁵<http://modalis.i3s.unice.fr/moteur2>

¹⁶<https://project-mgt.maata.fr/projects/glite-data-management>

¹⁷<https://neugrid4you.eu/>

un portfolio important d'algorithmes, de manière simplifiée, grâce à des interfaces graphiques conviviales et spécialisées.

VIP for VPH : VIP a collaboré avec le réseau d'excellence européen « Virtual Physiological Human » (VPH) dans le cadre du projet « VIP for VPH »¹⁸. Une interface entre VIP et le système « Application Hosting Environment » y a été développée, pour permettre d'accéder aux ressources de calcul de l'infrastructure PRACE depuis le portail VIP.

E.3.3 PLATE-FORME À LA DISPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ

La plate-forme VIP, disponible publiquement depuis <http://vip.creatis.insa-lyon.fr>, est mise à la disposition de la communauté à des fins non-commerciales. Plus de 360 utilisateurs d'une quarantaine de pays y sont aujourd'hui enregistrés et l'utilise pour la simulation médicale, en particulier avec le logiciel GATE¹⁹. VIP est désormais une des plate-formes web les plus utilisées pour accéder à l'infrastructure EGI (European Grid Infrastructure)²⁰.

¹⁸<http://vip.creatis.insa-lyon.fr:8080/VPH-EP-9/>

¹⁹<http://www.opengatecollaboration.org/>

²⁰https://wiki.eGI.eu/wiki/EGI_robot_certificate_users

E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTÉS EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
Cerezo Nadia	F	cerezo@i3s.unice.fr	Janvier 2013	Master	France	-	CNRS/UNS	Ingénieur	3	Décembre 2012	CDD	CNRS	Thèse en cours	partenaire	oui
Vincent Hourdin	M	hourdin@polytech.unice.fr	Décembre 2012	Master	France	-	CNRS/UNS	Ingénieur	10	Février 2012	recherche d'emploi	Discussions en cours avec National University of Singapour	Ingénieur de recherche	non	oui (si embauche confirmée)
Amel Hannech	F	Amel.Hannech1@uqac.ca	Décembre 2011	Master	France	-	CNRS/UNS	Ingénieur	9	Août 2011	étudiante	Université de Chicoutimi (Québec)	Programme doctoral	non	non
Nicolas Mugnier	H	nmugnier@gnubila.fr	Toujours en poste		France	0	MAAT	Développeur	30	31/12/2012	CDI	PME/TPE	Cadre	Oui	Non
Forestier Germain	H	germain.forestier@uha.fr	11/01/2013	PhD	France	Recruté juste après la thèse	INRIA Bretagne Atlantique	Post-doc	11	30/08/2011	MCU - Univ Haute Alsace	Enseignement et recherche publique	Enseignant chercheur	non	Oui
Olivier Luong	H	Luong.olivier@gmail.com	08/12	M2	France		INRIA	Doctorant	18	06/2011	Professeur agrégé	Education Nationale	Enseignement	non	non
Alessandro Crimi	H	Alessandro.crimi@iris.a.fr	12/12	PhD	UE	PhD Denmark	INRIA	Post-Doc	2	09/12	Post-doc	Université	Recherche	oui	non
Fang Cao	H	Fang.cao@irisa.fr	02/13	PhD	Hors UE	Post-Doc (telecom)	INRIA	Post-Doc	12	12/12	Post-doc	EPST	Recherche	oui	oui
Adrien Marion	H	adrienmarion49@gmail.com	2012	PhD	France	PhD	CNRS/CREATIS	Post-Doc	12	31/08/2011	Ingénieur	Grande entreprise	Ingénieur	non	oui
Rafael Ferreira da Silva	H	rafaelsilvajp@gmail.com	2013	Master	Hors UE	-	CNRS/CREATIS	Ingénieur	31	31/12/2012	Ingénieur	CNRS	Thèse en cours	oui	oui
Frédéric Cervenansky	H	frederic.cervenansky@creatis.insa-lyon.fr	2013	PhD	France	7.5	CNRS/CREATIS	Ingénieur	12	30/11/2012	Ingénieur	CNRS	IR permanent	oui	oui
Simon Marache	H	simon.marache@gmail.com	2013	PhD	France	PhD	CNRS/CREATIS	Ingénieur	1	15/02/2012	Ingénieur	Grande entreprise	Ingénieur	non	non

