

La grille au service du développement médical en Afrique

**Florence Jacq¹, Frank Bacin², Nonfounikoun Meda³, Denise Donnarieix⁴,
Jean Salzemann¹, Vincent Vayssiere¹, Nicolas Jacq¹, Michel Renaud⁵,
François Traore⁶, Gertrude Meda⁶, Rigobert Nikiema⁶, Vincent Breton¹**

¹Laboratoire de Physique Corpusculaire (CNRS/IN2P3), Campus des Cézeaux, Aubière,
63177, Aubière, France

²CHU Gabriel Montpied, 58 rue Montalembert, Clermont-Ferrand, 63000, France

³CHU Yalgado Ouedraogo, Ouagadougou, Burkina Faso

⁴Centre Jean Perrin, Clermont-Ferrand, 63000, France

⁵Cabinet d'ophtalmologie, Cournon, 63800, France

⁶Centre Médical Schiphra, Ouagadougou, Burkina Faso

Abstract

Objectives: Telemedicine networks allow to train local physicians and to improve diagnosis by exchanging medical data. But the set-up of multipoint dynamic telemedicine requires moving towards GRID technologies. The objective is to develop telemedicine services for physicians from Burkina Faso and France with the perspective of setting up a grid infrastructure between the participating medical sites.

Methods: A web site to exchange diagnosis on diabetic retinopathy was developed in PHP. Another application using web services was developed to exchange patient information on ophthalmology between two databases.

Results: The main difficulty comes from limited resources in developing countries including staff skills, bandwidth and funding. But the collaboration with dispensaries opened a door to enhanced collaboration between physicians of France and Burkina Faso

Conclusions: These applications are designed with the aim of their use on grids which opens the perspective of multipoint dynamic telemedicine. We are developing a new generation of telemedicine service using experience acquired in the last two years.

Keywords

Telemedicine; Grid; Web services; Diabetic retinopathy; Ophtalmology; Exchange of diagnosis

1 Introduction

1.1 L'enjeu de la télémédecine pour le développement médical en Afrique

Le concept de la télémédecine englobe tous les moyens possibles pour l'échange de données médicales ou d'images entre deux ou plusieurs médecins quelle que soit la distance qui les sépare. Le partage de la connaissance et l'échange de diagnostic sont les clés pour améliorer la qualité des soins médicaux en particulier dans les pays moins développés [1]. Aujourd'hui, les nouvelles technologies de l'information et de la

communication entretiennent et créent de véritables liens entre les professionnels de la santé à travers le monde. Ces nouvelles technologies sont des catalyseurs du travail collaboratif.

Pour des raisons historiques, les médecins issus des pays africains francophones ont établi des relations très fortes avec leurs homologues français depuis plusieurs années. La télémédecine est la continuité virtuelle de cette forte collaboration puisqu'elle maintient ces liens lorsque les médecins africains reviennent dans leurs pays. La télémédecine permet de collecter et d'échanger des données médicales, pour confronter des diagnostics et ainsi contribuer à distance à la formation des médecins. Un récent rapport de la commission européenne et de l'Organisation Mondiale de la Santé souligne le fait suivant : « Les technologies de l'information et de la communication modifient les soins médicaux et sont au cœur de l'efficacité, de la réactivité des systèmes de la santé. Ces technologies sont la clé pour relier les intervenants de la santé, les données médicales et la recherche dans le but d'améliorer la santé. Elles sont aussi vitales pour apporter une réponse rapide à des menaces globales contre la santé » [2]. Les services e-Santé ont déjà démontré leur valeur ajoutée [3]. Mais le défi est d'élargir leur implémentation et leur adoption notamment dans les pays moins développés.

1.2 Les réseaux existants de télémédecine

Les médecins profitent déjà du développement d'Internet en ce qui concerne les services de télémédecine [4-7]. Par exemple, les services de téléophtalmologie sur Internet sont utilisés pour le diagnostic et le suivi du patient [8]. Une telle architecture a aussi été déployée pour le dépistage à distance de la rétinopathie diabétique [9].

Mais avec Internet, l'utilisateur doit chercher par lui-même l'information pour mettre des images sur un serveur ou bien télécharger les informations d'un patient d'un serveur sur son poste. Les utilisateurs doivent par conséquent connaître le lieu où se trouve l'information afin d'y accéder.

La mise en place d'une télémédecine dynamique au travers d'un réseau où plusieurs équipes peuvent partager des données patients tout en respectant les données privées demande une très forte collaboration entre les professionnels de la santé. Dans ces réseaux, les équipes médicales seront capables de partager des données médicales à la demande pour un second diagnostic [10]. Ceci suppose de passer de l'approche centralisée par un serveur web à une approche distribuée par la création d'une fédération de base de données où les données sont stockées dans chacun des centres médicaux et deviennent alors disponibles pour des demandes ponctuelles tout en garantissant la confidentialité des données du patient.

1.3 L'impact des grilles informatiques pour la télémédecine

Dans cette approche distribuée, l'application de la technologie de la grille informatique aux soins de la santé a été décrite dans un papier blanc introduisant et expliquant le concept des grilles de la santé [11]. Une grille informatique est la mise en réseau de ressources de calcul et de stockage distribuées géographiquement. Des services spécifiques sont ensuite développés pour exploiter au mieux ces ressources.

Une grille pour la santé est une utilisation innovante de la grille pour fournir un accès rapide et efficace, avec un coût minimisé, aux soins de la santé. Ainsi les données d'intérêt médicales peuvent être stockées, analysées et rendus facilement accessibles aux différents acteurs de la santé tels que les médecins, les centres de santé et les administrations, et évidemment le patient.

L'émergence récente de la technologie de grille ouvre de nouvelles perspectives pour développer la télémédecine et la recherche médicale avec les pays moins développés. Un exemple est la préparation et le suivi de missions médicales ainsi que l'aide aux centres de santé locaux en termes de teleconsulting, télédiagnostic et de suivi de patients. En effet, les grilles cachent la complexité du partage des données distribuées de sorte que le médecin pourrait accéder à des données d'un patient sans se soucier de leur localisation physique. De tels réseaux seraient également des outils efficaces pour collecter les données épidémiologiques des maladies négligées. Les épidémiologistes ont besoin de collecter les données des aires endémiques pour en déduire le modèle de développement de la maladie, pour évaluer la résistance de la maladie à un médicament, pour gérer la distribution de médicaments, etc. Les données médicales disponibles dans des hôpitaux dispersés géographiquement dans les régions endémiques sont très importantes à partir du moment où l'on peut facilement les consulter pour faire des analyses épidémiologiques. La technologie des grilles informatiques permet de créer une telle fédération de base de données.

La technologie de la grille ouvre de grandes perspectives pour renforcer l'efficacité des services de télémédecine existants en termes d'interactivité et d'accès aux données. Les données du patient deviennent accessibles de n'importe quel site de la grille dès lors que les droits d'accès sont spécifiés, sans avoir à se soucier de les localiser ou de les déplacer sur le réseau Internet.

1.4 Objectif de l'article

Notre approche méthodologique est d'offrir dans un premier temps des services conventionnels de télémédecine basés sur Internet pour ensuite les déployer sur un environnement de grille. Nous développons actuellement notre propre environnement de télémédecine en utilisant des services web pour répondre spécifiquement aux besoins des médecins impliqués dans nos collaborations. Tous les développements ainsi que les choix de déploiement ont été faits dans la perspective de migrer vers une solution informatique de type grille une fois que cette technologie sera déployée dans les établissements de santé partenaires du projet.

Dans cet article, nous présentons le déploiement actuel au Burkina Faso de deux applications de télémédecine basées sur Internet avec l'idée de les connecter dans le futur à la grille. Après avoir défini les objectifs, la méthodologie adoptée et les technologies choisies seront décrites, pour enfin présenter les résultats.

2 Objectifs

Nous avons commencé à travailler avec une organisation humanitaire française "La chaîne de l'espoir" avec laquelle un service de télémédecine a été développé pour accompagner le développement médical en Chine [2]. Des formulaires ont été conçus pour décrire les pathologies des patients ainsi que leurs états pré et post opératoires. Ces formulaires sont disponibles sur un site web bilingue français/chinois. Il a été testé par les médecins français et chinois durant les missions humanitaires de l'automne 2003.

Fort de cette expérience, nous avons effectué un travail similaire avec l'association humanitaire des « Eaux Vives ». Cette association participe au développement médical du Burkina Faso. Depuis 3 ans, une unité de chirurgie ophtalmologique a été construite au dispensaire de Schiphra à Ouagadougou. Des équipes de chirurgiens français sont envoyées régulièrement au Burkina Faso pour réaliser des actes de chirurgie et former les chirurgiens burkinabés. Depuis plusieurs années, une collaboration a également été initiée

entre l'hôpital de Ouagadougou et de Clermont-Ferrand. L'équipe des médecins impliquée dans ces collaborations a exprimé un très grand intérêt pour les services de télémédecine afin de faciliter les échanges entre la France et le Burkina Faso.

Des demandes spécifiques concernant les logiciels utilisés et les interfaces utilisateurs nous ont conduits à développer de nouveaux services de télémédecine utilisant Internet dans un premier temps mais qui pourront par la suite être utilisés sur la grille. Les médecins français ont besoin d'outil pour former efficacement les médecins des pays moins développés et pour échanger des diagnostics afin d'améliorer les soins médicaux dispensés. Ces outils doivent être dotés d'une interface ergonomique. Les deux projets de télémédecine décrits dans ce document ont été initiés en collaboration avec le Burkina Faso :

- Développement d'une application pour l'échange de diagnostics et pour la formation à distance sur la rétinopathie diabétique entre les hôpitaux de Clermont-Ferrand et Ouagadougou.
- Déploiement d'un logiciel pour améliorer le suivi des patients et l'échange de diagnostics dans le dispensaire de Schiphra à Ouagadougou.

2.1 Le service de rétinopathie diabétique

La rétinopathie diabétique est une maladie due au diabète qui devient de plus en plus fréquente en Afrique. La difficulté médicale réside dans le diagnostic de la maladie et dans le choix du meilleur traitement à appliquer. Deux ophtalmologistes, de Clermont-Ferrand et de Ouagadougou, ont exprimé le besoin de créer une application informatique qui permettrait au médecin français d'émettre un second diagnostic sur les patients du Burkina Faso. Des formulaires-papier existent dans la littérature scientifique pour aider les ophtalmologistes dans l'élaboration de leur diagnostic et le choix du traitement thérapeutique. L'objectif de cette application informatique est de numériser ces formulaires afin de stocker les données et les images médicales selon les standards des ophtalmologistes. L'application développée devient inévitablement un très bon support de formation à distance.

Depuis 2 ans, le Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC) a entrepris en partenariat avec des médecins spécialistes du CHU Gabriel Montpied à Clermont-Ferrand le développement et le déploiement de services de télémédecines avec la Chine et le Burkina-Faso. L'objectif est de dynamiser le développement médical par la mise à disposition de services permettant le partage d'informations médicales pour l'aide au diagnostic et le suivi des patients.

2.2 La gestion et l'échange de données médicales au sein d'un cabinet d'ophtalmologie

“Les Eaux Vives”, association française humanitaire créée en 1978, participe au développement de la chirurgie ophtalmologique au sein du dispensaire Schiphra à Ouagadougou depuis 2004. L'association a participé à la création du cabinet de chirurgie ophtalmologique et envoie régulièrement des médecins français pour prodiguer des soins et aider les chirurgiens burkinabés. Comme ces missions sont limitées dans le temps, il est devenu évident qu'une infrastructure informatisée aiderait la gestion des patients et le partage d'informations médicales entre les médecins français et burkinabés.

Le Dr Michel Renaud, ophtalmologue à Cournon, a participé à ces missions humanitaires. Il travaille dans un cabinet complètement informatisé à Cournon en Auvergne avec un logiciel distribué par Real Vision (www.realvision.fr/html/oph.htm) : Studio Vision. Ce logiciel permet d'informatiser toutes les tâches connexes à l'acte médical (Prise de rendez-

vous, rédaction d'ordonnances, gestion de la comptabilité, etc.). En collaboration avec l'association humanitaire des Eaux vives, le Dr Renaud a souhaité augmenter le niveau d'excellence du dispensaire en l'informatisant avec l'application Studio Vision. Cette informatisation sera également la base pour faire des diagnostics à distance en ayant accès aux données des patients enregistrés au dispensaire. En effet, le logiciel stocke les données des patients dans une base de données. La création d'une base de données au dispensaire est un élément de base pour partager des informations médicales avec une autre base de données de Studio Vision en France. Ainsi, lorsqu'un ophtalmologiste à Ouagadougou enregistre des données dans Studio Vision, ces informations peuvent potentiellement devenir disponibles dans la base de données Studio Vision à Clermont-Ferrand si l'on prévoit un système de transfert de données.

3 Méthodologie

3.1 Méthodologie de déploiement

Dans les pays moins développés, les données sont souvent gérées sur papier et sont produites par des sources hétérogènes dispersées géographiquement. Afin de minimiser ces difficultés et de répondre aux objectifs médicaux que nous nous sommes fixés, nous mettons en oeuvre les actions suivantes :

- Améliorer la collecte des données médicales : informatisation des données, stockage des données, système de remontée de données
- Améliorer le traitement des données médicales : outils informatiques d'analyse
- Améliorer la transmission des données médicales : échange entre spécialistes, remontée des informations

Comme nous développons des solutions informatiques pour un pays distant, les applications doivent être impérativement portables et sécurisées pour respecter la confidentialité des données des patients lors des échanges. Elles doivent également prendre en compte et refléter la manière de travailler de chacun des médecins.

Pour la rétinopathie diabétique, les médecins utilisent une feuille de papier à remplir selon des standards pour diagnostiquer la maladie. La solution proposée pour cette maladie a été de créer un site web où les standards utilisés par les médecins sont repris et accessible de manière sécurisée. Le site web permet de stocker les données médicales et des échanges de diagnostics. L'hôpital de Ouagadougou disposait d'une connexion Internet et des machines ainsi que l'hôpital de Clermont-Ferrand. L'application pouvait déjà s'appuyer sur une infrastructure informatisée.

Afin d'améliorer la gestion des données des patients dans le dispensaire, la solution choisie a été de déployer le logiciel Studio Vision sur des machines informatiques et de développer une application qui communique avec Studio Vision pour transférer des données stockées au Burkina Faso vers la France. Auparavant, il a été nécessaire d'installer le réseau Internet dans le dispensaire, puis de connecter les machines informatiques puisque le dispensaire n'était pas informatisé.

Le flux d'information entre deux bases de données Studio Vision distantes est présenté ci-dessous dans la figure n°1.

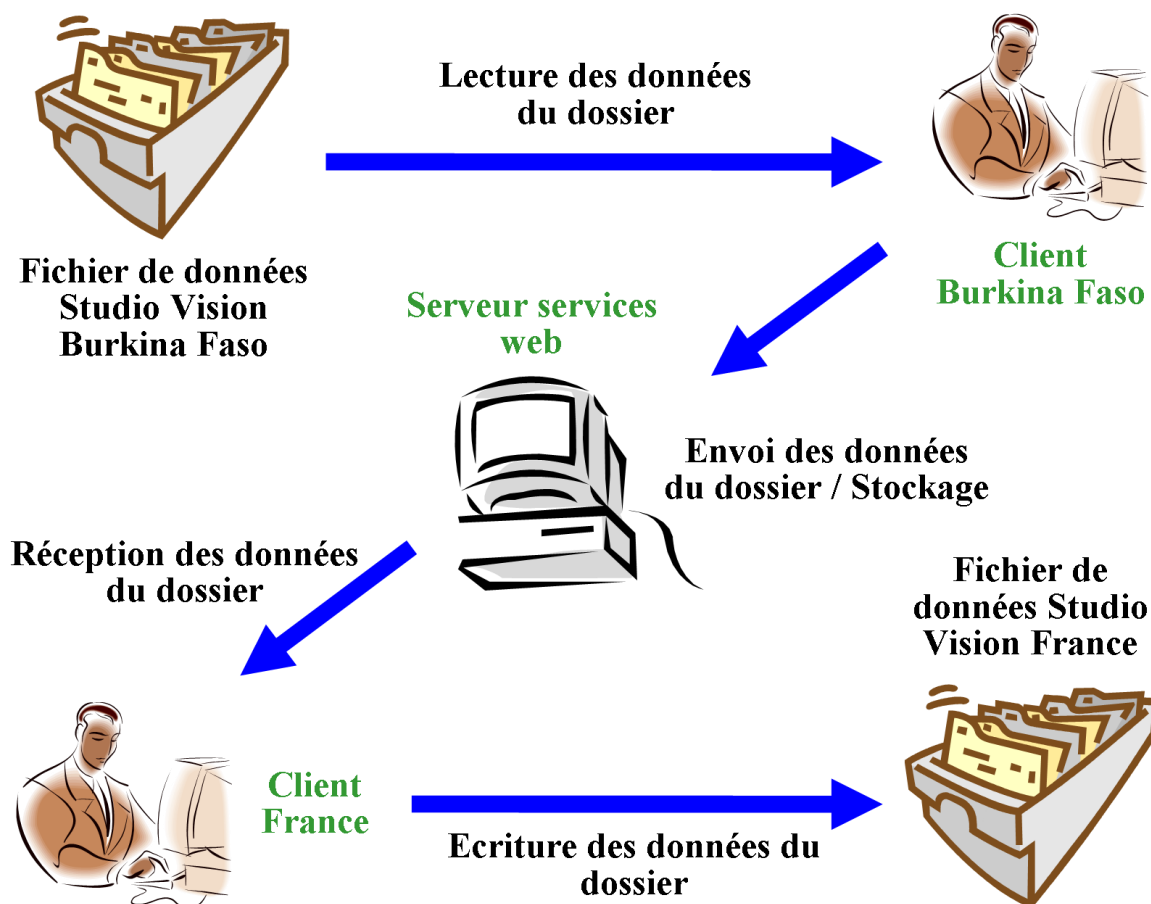


Figure 1: Flux d'information entre deux bases de données Studio Vision distantes.

Pour ces deux projets, une maquette a été réalisée en France. Cette maquette a été testée par des médecins avant de la déployer au Burkina Faso. Le déploiement de ces applications s'accompagne toujours d'une formation médicale basée sur ces applications.

3.2 Technologie de déploiement

La première étape consiste à informatiser les données médicales et à les stocker pour développer des applications informatiques utilisant ces données. Cette démarche s'articule autour de la technologie innovante des grilles informatiques qui permet de :

- Fédérer des bases de données hétérogènes et dispersées géographiquement, la collecte et l'accessibilité aux données en est donc facilitées.
- Accéder à des ressources de calcul et de stockage, ce qui permet d'améliorer les traitements de données en termes de temps et de coût.
- Favoriser et dynamiser le travail collaboratif, ce qui facilite les échanges entre spécialistes et participe à leur formation continue.

Les services de télémédecine ont été développés avec la vision de les connecter dans le futur sur la grille. Ils ont donc été totalement conçus pour être compatible avec une infrastructure de grille. Les technologies utilisées pour ces applications sont open source,

standard et facilement interopérables avec la grille. Les deux applications sont sécurisées avec un login et un mot de passe.

Le site web a été développé en PHP avec une base de données MySQL pour stocker les informations médicales. Afin de respecter les lois françaises concernant la confidentialité des données médicales celles-ci sont encryptées avec un algorithme d'encryption.

L'application connectée à Studio Vision a été développée en Java, elle peut donc fonctionner quelque soit le type du système d'exploitation. Les logiciels de grille migrent progressivement d'une programmation réseau classique vers une implémentation de leurs interfaces en utilisant le standard des services web (exemple Globus Toolkit 3, Globus Toolkit 4 [12], Rugby (<http://rugbi.in2p3.fr/>), Glite (<http://glite.web.cern.ch/glite>)). Pour ces applications de télémedecine, nous avons développé des services internes utilisant la technologie des services web communiquant les uns avec les autres par le protocole SOAP. Ce protocole utilise des messages XML encapsulés dans des paquets http. Ainsi tout le contenu des messages est en XML. Les données des patients stockées dans Studio Vision (Base de données Access) sont extraites avec des requêtes SQL et formatées ensuite dans des fichiers XML. Ainsi ces méta-données structurées peuvent être facilement transférées par des requêtes SOAP. Ces requêtes sont très bien adaptées pour cette tâche, d'autant plus que ce sont des données très légères, d'une dizaine de kilobits. En outre, l'architecture choisie permet à n'importe quel client d'utiliser l'application, quelle que soit la configuration de son réseau. Les conteneurs de services web fonctionnent sur des ports http ou https. Ainsi un serveur a seulement besoin d'ouvrir une connexion entrante sur un port http ou https. D'autre part, un client peut atteindre ce conteneur de services web et communiquer avec lui en utilisant SOAP par le biais d'une connexion Internet, même si celui-ci se trouve derrière un pare-feu ou un routeur. Tous les clients peuvent fonctionner les uns avec les autres d'une manière asynchrone en se connectant au serveur pour envoyer ou récupérer des données. C'est exactement la manière de fonctionner d'un environnement de grille: les utilisateurs appellent des services distants qui fournissent des ressources de calcul et de stockage. Les services web développés pourront être facilement déployés sur des conteneurs de services web sur la grille sans changer l'environnement du serveur.

3.3 Développement

Le site web de la rétinopathie diabétique permet aux utilisateurs de saisir des données médicales et d'enregistrer des images pour un patient donné. Ces données sont stockées dans la base de données de manière anonyme. Les données médicales sont enregistrées selon le format standard utilisé par les ophtalmologistes.

Pour déployer le logiciel de Studio Vision dans le dispensaire de Schiphra, il a été nécessaire d'acquérir au moins 3 ordinateurs - un pour le serveur de Studio Vision et deux utilisés par les deux ophtalmologistes - et d'installer un réseau Internet. Une application de télémedecine a été développée pour transférer des données médicales enregistrées dans la base de données StudioVision à Ouagadougou vers la base de données StudioVision à Clermont-Ferrand. L'application est divisée en deux parties : une partie « envoi » pour le dispensaire et une partie « réception » pour le médecin français. Trois ordinateurs ont été envoyés et installés à Ouagadougou. Ils ont été envoyés au printemps 2006 par l'association des Eaux Vives dans un conteneur contenant du matériel médical pour la chirurgie ophtalmologique.

4 Résultats

Le site web sur la rétinopathie diabétique a été présenté aux ophtalmologues de l'hôpital Yalgado OUEDREAGO de Ouagadougou en décembre 2005. Il a été testé en utilisant les données d'un vrai patient. Ce premier test nous a permis d'améliorer le formulaire afin de faciliter la saisie des données par les ophtalmologues. La seule difficulté rencontrée a été de télécharger des images car le réseau Internet est limité : bande passante faible, taux de latence et de perte élevés. Ce problème a également été rencontré en Chine. Néanmoins le service peut être utilisé malgré ces problèmes de réseau. Malheureusement l'hôpital de Ouagadougou n'a pas assez de moyens financiers pour acheter les équipements nécessaires afin de faire des photos spécifiques de l'œil appelées angiographies. A ce jour, le site web est disponible mais il ne peut pas être utilisé par les médecins de l'hôpital. La collaboration entre les médecins est restée au même niveau qu'auparavant (échange d'emails). Cependant, nous proposerons courant 2007 ce site aux ophtalmologistes du dispensaire. La figure n°2 montre un exemple de formulaire à remplir sur le site web pour la maladie de la rétinopathie diabétique.

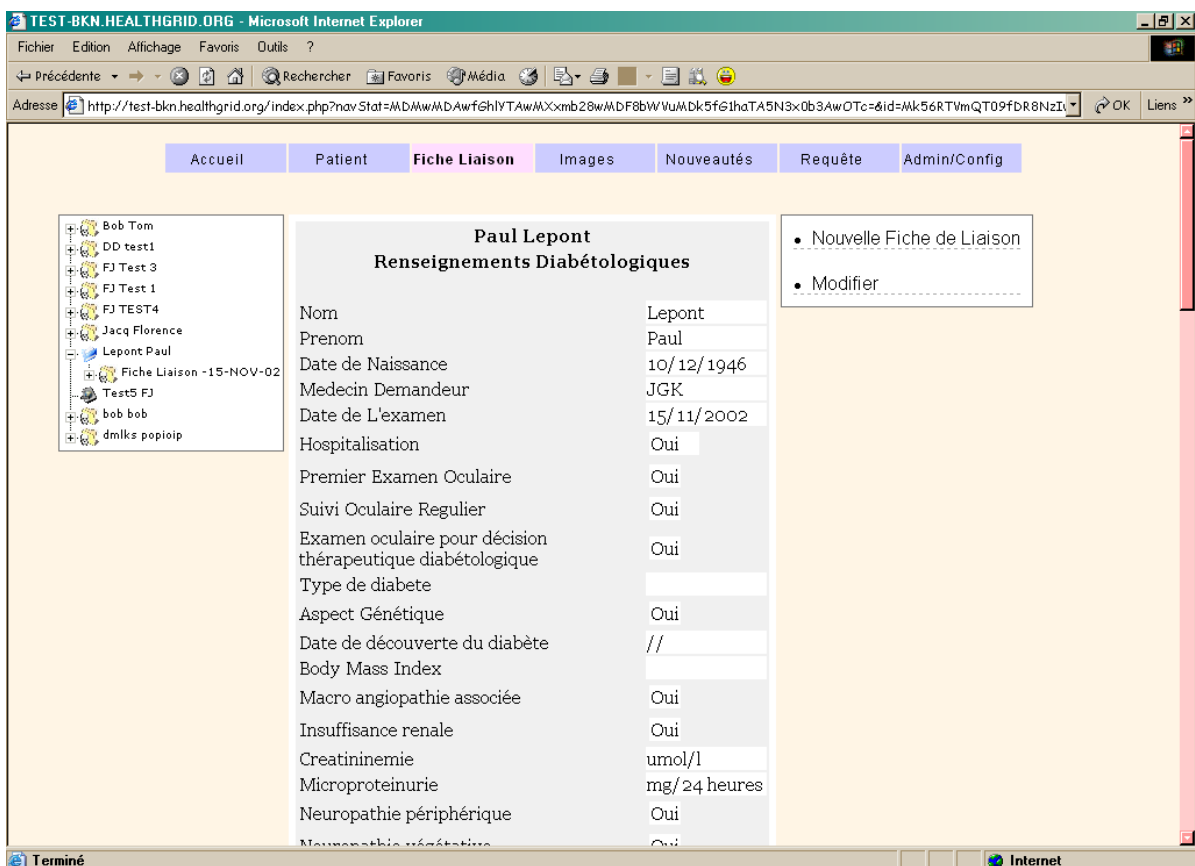


Figure n°2 : Exemple de fiche de liaison rétinopathie diabétique

L'association des Eaux Vives a donné 3 ordinateurs pour commencer à informatiser le dispensaire de Schiphra. Le logiciel Studio Vision a été installé sur ces machines ainsi que l'application de télémedecine. Un premier test a été effectué à Clermont-Ferrand en simulant le transfert de données patient entre deux différents points. Ces ordinateurs ont été envoyés au printemps 2006 et installés sur place en août 2006. Ce déploiement sera aussi l'opportunité pour évaluer les performances du réseau et ainsi étudier la faisabilité de l'installation d'un nœud de grille au dispensaire de Schiphra. En parallèle, nous développons une nouvelle génération de services de télémedecine sur grille en nous appuyant sur notre expérience acquise depuis 2 ans.

Nous avons développé une application de télémédecine pour transférer les données de l'application Studio Vision entre deux postes distants (exemple figure 3). Une fois le dispensaire informatisé en terme de réseau, l'application Studio Vision a été déployée ainsi que l'application de télémédecine dans le dispensaire Schiphra. Cette application a également été mise à disposition et testée sur le poste de travail du Dr Renaud.

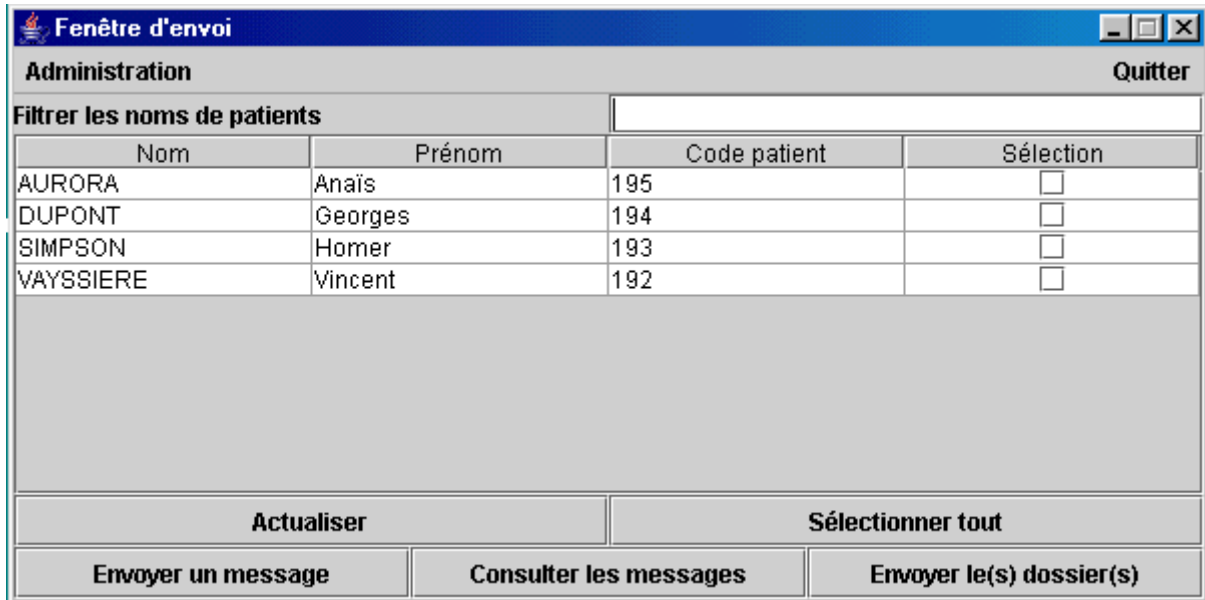


Figure n°3 : Exemple de l'interface d'envoi de fichiers stockés dans Studio Vision du dispensaire Schiphra au cabinet médical du Dr Renaud.

Récemment, nous avons pu bénéficier d'un soutien financier de la part d'IBM à hauteur de 15 000 euros afin d'acheter du matériel informatique pour équiper le dispensaire.

Les applications de télémédecine ont été construites dans l'optique d'être facilement intégrées dans le dispensaire ou dans l'hôpital, pour prendre rapidement en charge de nouveaux patients et assurer leur suivi.

Les incidents techniques rencontrés n'ont pas freiné l'ambition de nos projets. La principale difficulté provient des ressources limitées dans les pays moins développés que ce soit au niveau humain, matériel médical et informatique ou financier. Mais la collaboration avec le dispensaire ayant plus de moyens peut ouvrir de grandes portes pour favoriser la collaboration entre les médecins français et burkinabés.

5 Conclusion

Les applications de télémédecine ont été développées dans le cadre d'une collaboration entre les ophtalmologistes du Burkina Faso et de la France pour encourager le développement médical au Burkina Faso.

Le premier objectif est la réalisation d'un site web conçu pour échanger des diagnostics sur la rétinopathie diabétique entre les ophtalmologistes des hôpitaux de Clermont-Ferrand et de Ouagadougou. Malheureusement le manque de moyens financiers de l'hôpital de Ouagadougou a suspendu le déploiement de ce site. Cependant l'informatisation du dispensaire qui se terminera fin 2006 permettra de déployer ce service.

Le deuxième objectif est l'échange d'information d'un patient entre deux bases de données médicales afin de faciliter le suivi du patient dans l'unité de chirurgie ophtalmologique du

dispensaire Schiphra à Ouagadougou. Ce service sera déployé courant 2007. Nous pourrions alors analyser les difficultés d'implémentation.

Les développements décrits ci-dessus sont encore au stade de prototype et le but est de faire évoluer ces développements vers une version beaucoup plus robuste des services mis à la disposition des médecins burkinabés. Le déploiement sur une infrastructure de type grille permettra de fiabiliser ces services de télé-médecine.

Remerciements

Le centre Jean Perrin, IBM, les Eaux Vives, etc.

Références

- [1] ME. DeBakey, Telemedicine has now come of age. *Telemedicine Journal*, 1(1): 3-4, 1995.
- [2] J. Dzenowagis, G.Kernen, WSIS report "Connecting for Health: global vision, local insight", ISBN 92 4 159390
- [3] FE. Ferrante, Evolving telemedicine/ehealth technology. *Telemed J E Health*. 2005 Jun;11(3):370-83.
- [4] RL. Bashshur, On the definition and evaluation of telemedicine. *Telemedicine Journal*, 1 (1): 19-30, 1995.
- [5] BA. Houtchens, A. Allen, TP. Clemmer, et. al. Telemedicine protocols and standards: development and implementation. *J Med Syst*, 19(2): 93-119, 1995.
- [6] JH. Sanders, RL. Bashshur, Challenges to the implementation of telemedicine. *Telemedicine Journal*, 1 (2): 115-123, 1995.
- [7] N. Versel, 3-D, Fast Connection Boosts Telemedicine, *Modern Physician*, 1 (1): 4, 2003.
- [8] F. Gonzalez, R. Iglesias, A. Suarez, F. Gomez-Ulla, R. Perez, Teleophthalmology link between a primary health care centre and a reference hospital, *Med Inform Internet Med*. 2001 Oct-Dec;26(4):251-63.
- [9] JC. Wei, DJ. Valentino, DS. Bell, RS. Baker, A Web-based Telemedicine System for Diabetic Retinopathy Screening Using Digital Fundus Photography, *Telemed J E Health*. 2006 Feb;12(1):50-7.
- [10] J. Gonzales, S. Pomel, V. Breton, B. Clot, J.L. Gutknecht, B. Irthum, Y. Legré, Empowering humanitarian medical development using grid technology, *Methods of Information in Medicine* 2005; 44: 186-189, ISSN 0026-1270, May 2005.
- [11] V. Breton, K. Dean and T. Solomonides, editors on behalf of the Healthgrid White Paper collaboration, "The Healthgrid White Paper", *Proceedings of Healthgrid conference*, IOS Press, Vol 112, 2005
- [12] I. Foster, *Globus Toolkit Version 4: Software for Service-Oriented Systems*. IFIP International Conference on Network and Parallel Computing, Springer-Verlag LNCS 3779, pp 2-13, 2005.

Adresse de correspondance

Mme Florence Jacq
Laboratoire de Physique Corpusculaire, Equipe PCSV
Campus des Cézeaux - Avenue des Landais, 63177 Aubière
E-mail: fjacq@clermont.in2p3.fr
Chargé de recherche Vincent Breton

Laboratoire de Physique Corpusculaire, Equipe PCSV
Campus des Cézeaux - Avenue des Landais, 63177 Aubière
E-mail: breton@clermont.in2p3.fr