

L'étudiant

Nom : Derangère
Prénom : Francis
Promotion : 2010
Année scolaire : 2010-2011
VA : SIR

Le tuteur

Nom : April
Prénom : Alain
Fonction : Directeur département
Technologies de l'Information
Service/Département : TI
E-mail : alain.april@etsmtl.ca

Validation du rapport de stage par le tuteur
de stage ou un représentant de l'entreprise

Signature :

Projet biométrie JGH

Résumé (200 mots maximum)

Identification biométrique des patients, travail expérimental sur un logiciel .Net C# avec équipement de capture des données de diagnostic de traitement. Travail en laboratoire GELOG.

Période du : 06/09/2010 au : 04/03/2011 (soit 26 semaines)

Référencement

Liste de 10 mots clés techniques

- Biométrie
- Empreintes digitales
- Reconnaissance faciale
- Recherche
- Base de données
- C#
- Framework Verifinger
- Scanner d'empreintes optique
- Scanner d'empreintes capacitif
- EMS Manager

Nombre de pages : 66

Administration

Date de dépôt :

Nombre d'exemplaires :

Entreprise

Raison sociale : École de Technologie Supérieure
Adresse : 1100 rue Notre Dame Ouest, H3C1K3 Montréal, Canada
Téléphone : 514 396-8800
Fax : 514 396-8405
Web : <http://www.etsmtl.ca/>
Service/département : Technologies de l'Information
Domaine d'activité : Technologies de l'Information

Chiffres clés

Effectif : 400 employés
Chiffre d'affaires : 265 millions CAD
Domaine d'activités : Ingénierie
Nombre de sites : 0/0/1
France/Europe/Monde

Table des matières

1.	Résumé	5
2.	Introduction	6
3.	Présentation des établissements	7
3.1.	Introduction	7
3.2.	École de Technologie Supérieure (ÉTS)	7
3.2.1.	L'ÉTS en général	7
3.2.2.	Le GÉLOG : Laboratoire de recherche en GÉnie LOGiciel	8
3.3.	Jewish General Hospital (JGH)	8
3.3.1.	La clinique d'endocrinologie	8
3.3.2.	Lady Davis Institute (LDI)	9
3.4.	Intégratik	9
4.	Présentation du poste et de la mission	11
4.1.	Contexte	11
4.2.	Mission	11
4.3.	Poste	11
4.4.	Organisation	12
5.	Présentation du travail réalisé	14
5.1.	Introduction	14
5.2.	Méthodologie de recherche	14
5.2.1.	Introduction	14
5.2.2.	Cadre de Basili	14
5.2.2.1.	Définition	14
5.2.2.2.	Planification	15
5.2.2.3.	Développement	16
5.2.2.4.	Interprétation	17
5.2.3.	Conclusion	17
5.3.	Revue littéraire : Identification des patients par leurs empreintes digitales	18
5.3.1.	La biométrie – généralités	18
5.3.1.1.	Identification et vérification	18
5.3.1.2.	Inscription	18
5.3.1.3.	Faux positif et vrai négatif	18
5.3.2.	La biométrie – reconnaissance du visage	18
5.3.2.1.	Introduction	18

5.3.2.2.	La reconnaissance faciale	19
5.3.2.3.	Conclusion	24
5.3.3.	La biométrie – empreintes digitales	24
5.3.3.1.	Introduction	24
5.3.3.2.	Scanner	25
5.3.3.3.	Algorithme de reconnaissance	29
5.3.3.4.	Sécurité	29
5.3.3.5.	Conclusion	29
5.3.4.	Les méthodes expérimentales pour les projets de reconnaissance des empreintes digitales	30
5.3.4.1.	FVC onGoing : Fingerprint Verification Competition	30
5.3.4.2.	CISDA	31
5.3.4.3.	NIST	32
5.3.5.	Conclusion	32
5.4.	Développement du prototype expérimental, de la méthodologie expérimentale et des études de cas	32
5.4.1.	Développement du prototype expérimental	32
5.4.1.1.	Correction de bugs	34
5.4.1.2.	Amélioration des fonctionnalités	34
5.4.1.3.	Sauvegarde des images des empreintes	35
5.4.1.4.	Mise en place des indicateurs	35
5.4.1.5.	Génération de données de test	39
5.4.1.6.	Scripts SQL de création de vue	39
5.4.1.7.	Problèmes rencontrés	39
5.4.2.	Développement de la méthodologie expérimentale	40
5.4.2.1.	La méthodologie	40
5.4.2.2.	Les métriques, signification et acronymes	42
5.4.3.	Préparation de l'étude de cas : application de la méthodologie au 1er capteur	43
5.4.3.1.	Environnement physique	43
5.4.3.2.	Photos de l'environnement	43
5.4.3.3.	Échantillons de test	44
5.4.3.4.	Collecte des empreintes digitales	45
5.4.3.5.	Problèmes de lecture des empreintes	45
5.4.4.	Problèmes rencontrés	46

5.4.5.	Interprétation des résultats.....	46
5.4.6.	Travaux futurs.....	47
5.4.6.1.	Méthodologie	47
5.4.6.2.	Système actuel.....	47
5.4.6.3.	Système futur	47
6.	Conclusion	48
7.	Bibliographie.....	49
8.	Annexes	50
ANNEXE 1 : Comparatif des SDK de reconnaissance faciale		51
ANNEXE 2 : Proposition de scanner		62

Table des figures

Figure 1 : Diagramme de Gantt prévisionnel/réel (09/09/2010 - 04/03/2011)	13
Figure 2 : Positionnement du projet	15
Figure 3 : Système de reconnaissance faciale, boîte blanche	19
Figure 4 : Système de reconnaissance faciale, scanner	19
Figure 5 : Système de reconnaissance faciale, segmentation.....	20
Figure 6 : Système de reconnaissance faciale, extraction de caractéristiques	21
Figure 7 : Système de reconnaissance faciale, classification	22
Figure 8 : Système de reconnaissance faciale, module de décision.....	23
Figure 9 : Comparaison scanner optique/ultrasonique	26
Figure 10 : Schéma de la peau.....	26
Figure 11 : Photo d'une empreinte digitale.....	27
Figure 12 : Différence entre une image à 1000dpi et une image à 500dpi.....	28
Figure 13 : Table EMPREINTESSTATS.....	35
Figure 14 : Indicateurs du kiosque	37
Figure 15 : Indicateurs de la réception.....	38
Figure 16 : Fonction de distribution des probabilités	42
Figure 17 : Salle d'attente.....	43
Figure 18 : le kiosque libre-service avec le scanner TCRU1C	44
Figure 19 : Graphique des statistiques d'inscription au système en fonction de la tranche d'âge	45

1. Résumé

Durant ce projet de recherche, j'ai été amené à travailler sur la reconnaissance faciale et sur sa fusion avec la reconnaissance des empreintes digitales. J'ai commencé par me former à la biométrie et à la fusion en général puis sur la reconnaissance faciale en lisant la littérature. Cette première partie de recherche m'a conduit à la rencontre d'experts en reconnaissance faciale qui ont confirmé le résultat de mes recherches : la reconnaissance faciale n'est pas une bonne solution pour la fusion avec les empreintes digitales dans le cadre du projet. En effet, les performances de la reconnaissance faciale pour une application ayant plus de 15000 utilisateurs ne sont pas bonnes. De plus, coupler un outil de reconnaissance performant comme les empreintes digitales avec un outil peu performant ne donne pas de bons résultats. Le projet de recherche sur la reconnaissance faciale et sa fusion avec les empreintes digitales s'est donc arrêté ici, donnant naissance à une nouvelle recherche portant sur l'amélioration de la reconnaissance des empreintes digitales du système actuel et le choix et l'adaptation d'une méthodologie permettant d'évaluer les performances du système amélioré par rapport à l'ancien.

Pour déterminer quel élément était le plus à même d'être amélioré, j'ai identifié tous les modules du système actuel de reconnaissance des empreintes digitales. Ainsi, je pouvais agir au niveau du scanner d'empreintes, au niveau de l'algorithme de reconnaissance ou au niveau de la sécurité pour améliorer le système. Lors de la première implantation du système pour des tests en environnement réel, je me suis rendu compte que le système présentait des problèmes pour la lecture des empreintes digitales. En effet, le système n'était pas capable de lire les empreintes de certains utilisateurs. Cette difficulté peut être causée par deux facteurs, le scanner ne lit pas bien les empreintes ou l'algorithme n'arrive pas à exploiter l'image. J'ai éliminé la possibilité que le problème soit lié à l'algorithme en contactant le support de l'entreprise. La cause du problème était donc liée au scanner. Je me suis renseigné sur les différents types de scanner pour être en mesure d'en proposer un nouveau permettant de résoudre le problème de lecture. J'en suis arrivé à proposer le scanner Venus de la compagnie Lumidigm.

Pour ce qui est de la méthodologie, après des recherches et dialogues avec des experts en biométrie, je me suis tourné vers celle proposée par le CISDA dans un article publié en 2009, *Evolution and Evaluation of Biometric Systems*. Cette méthodologie repose sur l'utilisation de toutes les mesures disponibles pour évaluer les systèmes biométriques.

2. Introduction

Le projet est né de la visite de M. Alain April, directeur du département des Technologies de l'Information à l'ÉTS et docteur en génie logiciel, chez son médecin, le Dr Marc Trifiro.

M. Alain April, remarque que le Dr Trifiro utilise un dispositif de lecture d'empreinte digitale pour s'authentifier sur son ordinateur son bureau.

Or, il vient de patienter une bonne heure dans la file d'attente devant la réception de la clinique, ce qui l'amène à envisager un système autonome qui permettrait aux patients de s'identifier eux-mêmes par leur empreinte digitale, leur évitant ainsi de passer à l'accueil. Le système informatique biométrique, installée dans un kiosque en libre-service préviendrait la réception et le médecin de l'arrivée du patient.

Le Dr Trifiro est conquis par ce concept. Il représente une bonne alternative pour accélérer le processus d'enregistrement des patients et ainsi diminuer la charge de travail des réceptionnistes. L'idée s'est transformée en peu de temps en un projet de recherche associant l'entreprise Intégratik, dont le président, M. Claude Ethier est une connaissance personnelle de M. Alain April et moi-même.

3. Présentation des établissements

3.1.Introduction

Les quatre établissements suivants, par leur nombre et leur diversité, jouent une part importante dans le projet, le rendant particulièrement difficile.

En effet, il faut d'une part, jongler avec les disponibilités des intervenants dans chaque établissement ; réussir à contacter, avant les implantations, M. Chris Polykandriotis, analyste en informatique au Lady Davis Institute ; rencontrer les professeurs, M. Alain April et M. Éric Granger, pour avancer sur la méthodologie... et d'autre part trouver un terrain d'entente pour satisfaire les visées et les priorités différentes de chacun.

Il est aussi important de noter que les directeurs TI (Technologie de l'Information) de l'hôpital éprouvent un ressentiment certain pour le projet, puisqu'il aborde un problème qu'ils ne sont pas capables de résoudre : fournir un logiciel permettant d'accélérer les processus d'enregistrement des patients et capable de suivre leur évolution dans les étapes de leur passage à l'hôpital.

3.2.École de Technologie Supérieure (ÉTS)

3.2.1. L'ÉTS en général

L'ÉTS fait partie du réseau de l'Université du Québec qui regroupe neuf établissements. Elle est spécialisée dans l'enseignement et la recherche en génie appliqué. Les ingénieurs et chercheurs qui y sont formés sont reconnus pour leur approche pratique et innovatrice des projets qui leur sont proposés. En effet, l'ÉTS dispose de partenariats avec de grandes entreprises et des PME dans le milieu des affaires et de l'industrie.



Le génie pour l'industrie

L'ÉTS se distingue particulièrement des autres établissements universitaires québécois par son côté pratique et les liens étroits qu'elle a tissés avec les entreprises. En outre, c'est la seule école d'ingénieurs au Québec à proposer des programmes de baccalauréat en génie personnalisés permettant, aux diplômés de niveau collégial technique, de suivre une formation universitaire. L'ÉTS offre des programmes de maîtrise et des doctorats dans divers domaines du génie. Elle propose aussi des certificats qui permettent d'acquérir une spécialisation ou formation supplémentaire dans un domaine.

En rassemblant près de 25% des étudiants québécois au baccalauréat en génie, l'ÉTS se positionne au premier rang des établissements universitaires offrant cette formation de premier cycle. Elle fait partie des cinq plus grandes écoles ou facultés de génie du Canada.

Mon stage s'est plus précisément déroulé dans un laboratoire de génie logiciel de l'ÉTS, le GÉLOG.

3.2.2. Le GÉLOG : Laboratoire de recherche en GÉnie LOGiciel

Le GÉLOG gère divers projets de recherche qui portent tant sur les synthèses du domaine du génie logiciel que sur des aspects spécialisés de cette nouvelle discipline de l'ingénierie. En particulier, le laboratoire a la responsabilité du développement d'un consensus international sur le Guide au Corpus des connaissances en génie logiciel (projet SWEBOK, Guide to the Software Engineering Body of Knowledge). Il développe également la deuxième génération des méthodes de mesure de la taille fonctionnelle des logiciels et son utilisation en industrie pour des analyses de productivité, l'estimation de projets informatiques, ainsi que l'analyse de la qualité du logiciel. Divers autres projets portent sur les techniques de tests et de vérification de validation des logiciels.

(Source : <http://www.etsmtl.ca/Recherche/Chaires-unites-rech/Unites/GELOG>, 2010, consulté en ligne le 03 mars 2011)

3.3. Jewish General Hospital (JGH)

Depuis 1934, l'Hôpital général juif (HGJ) dispense des traitements d'avant-garde et prodigue des soins avec compassion à des patients d'origines culturelles et religieuses diverses, à Montréal ainsi que partout au Québec et même à l'extérieur de la province.



Ce centre hospitalier à vocation universitaire de 637 lits, affilié à l'Université McGill, est l'un des hôpitaux de soins actifs les plus grands et les plus occupés de la province, avec plus de 23 000 patients admis chaque année, 300 000 patients externes, 67 000 visites aux urgences et plus de 4000 naissances.

(Source : <http://www.igh.ca/fr/DossierSpecialHGJ>, 2010, consulté en ligne le 23 février 2011)

3.3.1. La clinique d'endocrinologie

La clinique joue un rôle majeur dans le projet, puisque c'est elle la bénéficiaire. C'est dans ses locaux que les trois kiosques libre-service seront disposés, que l'application sera implantée et que tous les tests en environnement réel seront menés.

La clinique regroupe 7 médecins et une dizaine de réceptionnistes. Elle compte plus de 16000 patients pour un débit d'environ 300 patients par jour.

Le Dr Marc Trifiro est le médecin en chef de la clinique d'endocrinologie. Il est aussi le parti prenant (stakeholder) le plus important à l'hôpital. Il participe activement à la défense du projet contre le département TI de l'hôpital et à sa réussite et prendra part à la majorité des tests de l'application.

3.3.2. Lady Davis Institute (LDI)

Le Lady Davis Institute est la branche de recherche de l'Hôpital Général Juif de Montréal. L'institut est en étroite collaboration avec l'université MC Gill de Montréal.



Fondé en 1969, le LDI rassemble plus de 175 chercheurs, ce qui en fait l'un des plus importants instituts de recherche biomédicale en Amérique du Nord. Le LDI se démarque par des avancées solides dans des domaines tels que le SIDA/VIH, le vieillissement, les maladies cardiovasculaires, le cancer et les sciences psychosociales. Il a ainsi contribué à la santé et au bien-être de millions de patients à Montréal, au Québec et à travers le monde.

Le LDI, en lui-même, ne joue pas un rôle dans le projet. C'est M. Chris Polykandriotis, analyste en informatique au LDI, qui participe activement au projet. Il a résolu beaucoup de problèmes majeurs pour l'installation de l'application au JGH. C'est lui qui a créé les accès aux postes du JGH pour le groupe d'utilisateur de l'entreprise Intégratik. Il a résolu les problèmes de droits d'accès sur les fichiers réseau pour permettre la mise à jour automatique de l'application. Il a aussi permis l'achat du serveur de base de données, des imprimantes et autres matériels obligatoires pour la réussite du projet.

3.4. Intégratik

La société Intégratik est une TPE (Très Petite Entreprise) fondée en 1989 et spécialisée dans les services et le développement de logiciels. Intégratik propose des produits dans de nombreux domaines tels que les services, manufacturiers, associations, fédérations, ou encore la vente au détail. Les produits majeurs d'Intégratik sont un CRM (Customer Relationship Management) et un ERP (Enterprise Resource Planning).

Tous les produits Intégratik reposent sur leur framework .NET performant permettant de réduire grandement le temps de développement des applications et d'avoir des applications cohérentes entre elles. Ce framework est le fruit du travail de chercheurs qui se sont inspirés de meilleures pratiques de génie logiciel.



Intégratik commence à s'ouvrir au domaine de la santé avec un nouveau logiciel permettant de gérer le parcours d'un patient dans une clinique et d'accélérer le processus d'enregistrement des patients. Ce logiciel, nommé « Patient Experience », se décompose en trois parties : un kiosque libre-service, une interface pour la réception et une interface pour le médecin. Le kiosque libre-service est l'interface avec le patient, représentée par un écran tactile et un scanner d'empreintes digitales. C'est auprès du kiosque que les patients s'enregistrent pour signaler leur arrivée au médecin et à la réception. Les patients peuvent s'identifier par leurs caractéristiques biométriques ou par leurs cartes d'hôpital. Une fois enregistrés, les patients apparaissent sur l'interface de la réception, le « Registration Book ». La réceptionniste peut choisir d'accepter le patient ou de le refuser. Une fois accepté, il apparaît sur l'interface du docteur qui peut aller chercher le patient dans la salle d'attente pour commencer l'examen. Le docteur remplit les tests, commentaires et dates de prochain rendez-

vous directement sur l'écran de son ordinateur dans la salle d'examen avec le patient. Une fois le rendez-vous fini, la réceptionniste « ferme » le dossier électronique du patient, ce qui clôt son expérience (sa visite) à la clinique et imprime des formulaires pour le suivi.

Les intervenants principaux d'Intégratik dans le projet sont :

- Claude Éthier, président d'Intégratik,
- Daniel Olano, chargé du projet JGH et développeur,
- Samuel Péloquin, analyste et développeur.

4. Présentation du poste et de la mission

4.1.Contexte

En 3^{ème} année d'école d'ingénieur à l'ESIGETEL, il nous est proposé de réaliser un stage d'une durée de 20 à 28 semaines permettant de mettre en œuvre les compétences acquises au cours du cursus. Étant en double diplôme en technologies de l'information grâce à l'accord entre l'ESIGETEL (Avon, France) et l'ÉTS (Montréal, Canada), je cherchais un projet en rapport avec le développement applicatif, les bases de données et la recherche. Je connaissais peu le domaine de la recherche et j'hésitais entre travailler et faire un doctorat après l'obtention de mon double diplôme ingénieur/maîtrise. J'ai pensé qu'un projet accueillant une part de recherche serait une bonne alternative pour mon orientation post diplôme.

Ainsi, en cherchant dans cette optique parmi les projets offerts par les enseignants de l'ÉTS, j'ai découvert le thème du Dr Alain April. Il proposait de construire des bases de données multimédias, de travailler dans le domaine de la recherche et de développer en C# pour de la reconnaissance faciale.

4.2.Mission

Voici l'énoncé initial de la mission comme indiqué dans la convention de stage :

Identification biométrique des patients, travail expérimental sur un logiciel .Net C# avec équipement de capture des données de diagnostic de traitement. Travail en laboratoire GELOG.

La mission qui m'est initialement proposée consiste en l'élaboration d'un système de reconnaissance faciale puis en la fusion d'un système de reconnaissance digitale fourni avec le système développé. Nous verrons qu'au fur et à mesure que le projet avance, ma mission va évoluer et s'adapter.

4.3.Poste

Pendant ce stage, j'ai occupé un poste d'ingénieur chercheur. Ainsi, j'ai pu développer, tester et installer l'application à l'hôpital, quérir des informations en parcourant la littérature de recherche et familiariser les utilisateurs avec la nouvelle application. En effet, lors de l'implantation d'un nouveau système, il est essentiel d'accompagner les usagers pour qu'ils se servent du système, qu'ils se l'approprient et qu'ils comprennent ce que remplace cet outil. Pour ce projet, j'ai d'une part aidé les patients à utiliser le kiosque libre-service et d'autre part, assisté les médecins et les réceptionnistes à employer le logiciel Patient Experience.

J'ai été amené à travailler en équipe avec M. Daniel Olano (Intégratik), M. Samuel Péloquin (Intégratik), M. Claude Éthier (Intégratik), M. Chris Polykandriotis (LDI). J'ai aussi rencontré M. Éric Granger (ÉTS) et M. Alain April (ÉTS) à plusieurs reprises pour des compléments d'information sur la biométrie.

4.4.Organisation

L'organisation du travail était régie, au début du projet, par un diagramme de GANTT (Figure 1) qui évoluait au fur et à mesure que ma recherche avançait. Ce tableau a été suivi et complété jusqu'au 27 septembre 2010, soit une semaine avant l'abandon de la recherche sur la reconnaissance faciale. Il était prévu pour couvrir la totalité du projet (du 9 septembre 2010 au 4 mars 2011), en prenant en compte, la recherche et le développement du prototype. Ce n'est pas un diagramme purement réel puisqu'il évoluait en fonction du résultat de mes recherches. Je le modifiais à chaque fois que je trouvais une autre piste à explorer.

Après l'abandon du projet de reconnaissance faciale, je n'ai pas recréé de diagramme de Gantt. J'ai suivi toutes les pistes de recherches sur la reconnaissance des empreintes digitales et sur les métriques importantes pour évaluer les systèmes biométriques. L'organisation du travail s'est alors fait au jour le jour. J'ai alors mis en place un journal de bord quotidien me permettant de suivre l'évolution de mes recherches et les pistes abandonnées ou à explorer plus tard. J'ai consigné dedans tous mes travaux journaliers et chaque semaine, je faisais un résumé de la semaine passée avec un inventaire des objectifs pour la nouvelle semaine. Ce journal est beaucoup plus complet que n'importe quel diagramme de Gantt. Il m'a permis de suivre très précisément l'avancée du projet, de répertorier les échanges de mails avec les différents intervenants et de me souvenir des divers artéfacts que j'ai conçus. J'aurai pu recréer un diagramme de Gantt réel à partir du journal de bord, mais le résultat n'aurait pas été satisfaisant. En effet, soit les informations sont trop nombreuses et c'est illisible, soit il en manque et c'est inutile.

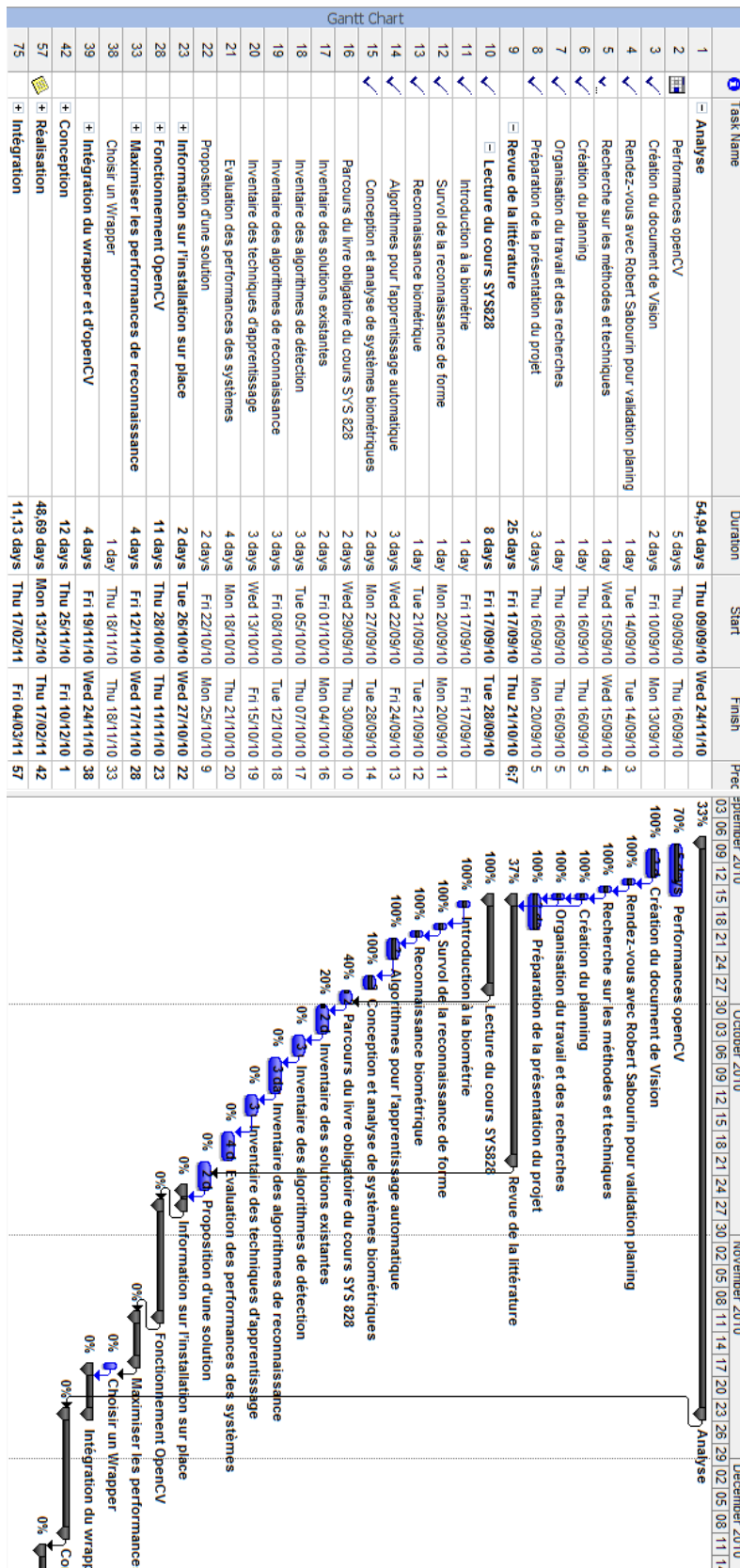


Figure 1 : Diagramme de Gantt prévisionnel/réel (09/09/2010 - 04/03/2011)

5. Présentation du travail réalisé

5.1.Introduction

Dans cette cinquième partie, je vais aborder le travail réalisé lors du projet. Il se décompose en trois sections principales disposées selon l'ordre chronologique de leur réalisation.

- La méthodologie de recherche consiste en l'élaboration du Cadre de Basili. Ce cadre permet de dresser un sommaire concis du projet tout en identifiant le positionnement et les limites de ce dernier. Il donne donc à une personne externe un aperçu rapide du projet.
- La revue de la littérature aborde l'aspect recherche du projet et comment la littérature actuelle a dirigé les choix technologiques de celui-ci, dans le choix de la modalité biométrique ou encore la sélection des indicateurs de performance, par exemple.
- La section sur le développement est divisée en deux parties :
 - Technique avec le prototype expérimental et la méthodologie expérimentale, et
 - Pratique avec les deux études de cas.

5.2.Méthodologie de recherche

5.2.1. Introduction

Cette section traite du Cadre de Basili, modifié pour la recherche en génie logiciel. Il se décompose en quatre parties abordant différents aspects du projet.

- La partie définition permet de connaître d'entrée le contexte, les objectifs et la portée du projet.
- La planification correspond à mes recherches dans la revue de la littérature et mes activités d'investigation.
- Le développement contient tout ce que j'ai réalisé ou contribué à accomplir.
- Sous le nom « interprétation », la dernière partie du cadre de Basili recense, tous les résultats obtenus suite aux expérimentations effectuées lors du projet.

Dans les paragraphes suivants, les items abordés dans le cadre seront abordés plus en détail.

5.2.2. Cadre de Basili

5.2.2.1. Définition

Motivation	Objectifs	Buts	Utilisateurs de la recherche	Domaine	Portée
Tenter d'identifier les patients d'un hôpital avec leurs traits biométriques	Investiguer la possibilité de reconnaître les patients avec leurs empreintes digitales	Évaluer la performance du système Développer un protocole expérimental	Laboratoire GELOG (ETS), Hôpital Général Juif de Montréal (JGH), Intégratik	Biométrie	15000 utilisateurs pour système 4 utilisateurs pour la méthodologie

Project Positioning Model

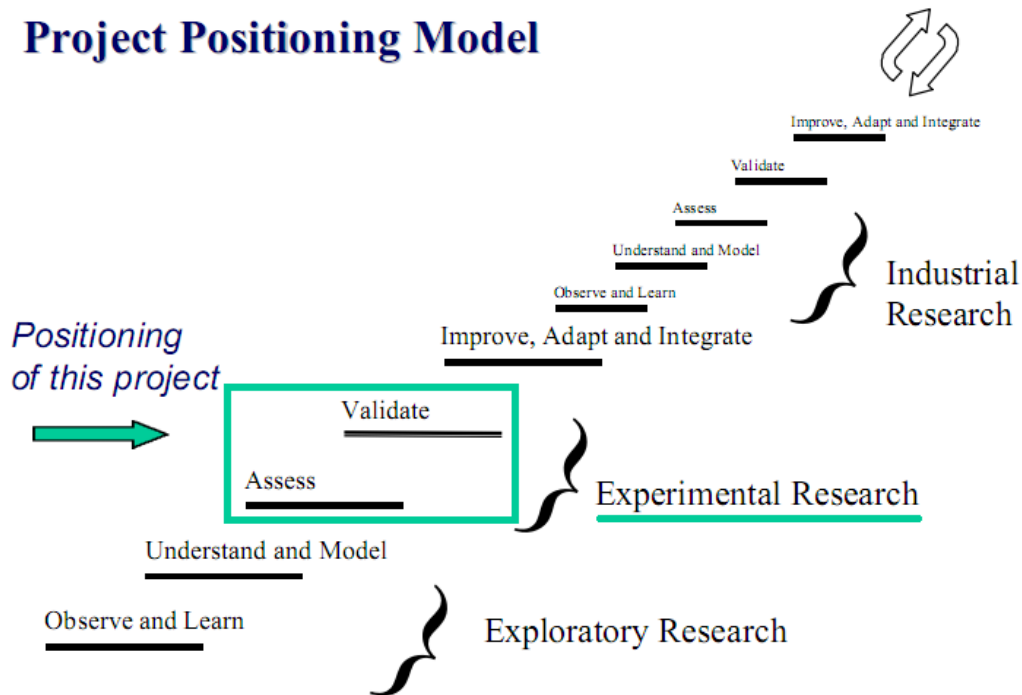


Figure 2 : Positionnement du projet

5.2.2.2. Planification

Étape	Entrée	Sortie
Introduction à la biométrie et état de l'art	Revue de la littérature des éléments suivants : ➤ Les différentes modalités ➤ Enjeux ➤ Acceptation par les utilisateurs ➤ Coûts et précision	Meilleure compréhension des enjeux et de la biométrie et plus précisément des empreintes digitales
Identifier les indicateurs importants pour l'évaluation des performances	Revue de la littérature Discussions avec un docteur en biométrie	Métriques et courbes intéressantes pour l'évaluation d'un système de reconnaissance des empreintes digitales

5.2.2.3. Développement

Développement	Validation	Analyse
Récolte d'empreintes au JGH (phase I : inscription) dans un hôpital Canadien (JGH)	Test du logiciel « Patient Experience » comprenant le module de reconnaissance des empreintes digitales (Verifinger)	979 patients testés : ➤ 589 patients inscrits au système ➤ 230 échecs d'inscription ➤ 160 patients non compris dans la Base de données de l'application
Scripts de création de vue pour les statistiques journalières et mensuelles	Procédures manuelles de test pour valider le script de statistiques	➤ 58 patients ont eu du mal à s'inscrire (à cause de leurs empreintes) ➤ Temps moyen pour l'inscription : 1 min 03 sec
Script de création de vue pour les statistiques de réussite/échec par tranche d'âge	Vérification manuelle des résultats	➤ 75% des échecs d'enregistrement sont des personnes de plus de 71 ans ➤ La moyenne d'âge pour les patients de la clinique est de 60 ans
Préparation du deuxième cas d'étude (scanneur Lumidigm)	Test de l'application existante avec le nouveau scanner (Lumidigm) Test de la lecture avec des empreintes digitales partielles, couvertes de substances visqueuses ou autres Test d'identification : image d'inscription avec l'ancien scanner et lecture de l'image avec le nouveau scanner	Le scanner fonctionne bien avec l'application si on ajoute les drivers Verifinger adéquats et les drivers Windows. Réussi à lire les empreintes de mes doigts ayant des cicatrices, ce que le TCRU1C ne peut pas faire. Le scanneur est capable de reconnaître dans certaines mesures une vraie empreinte digitale d'une fausse empreinte Les anciennes images sont compatibles avec le nouveau scanner : un patient enregistré avec l'ancien scanner est reconnu par le nouveau
Correction de bugs dans l'application (phase II : identification)	Test des cas d'utilisations usuels et des cas particuliers pertinents	Correction des bugs identifiés effectuée avec succès
Créer/choisir/adapter un protocole d'évaluation de système de reconnaissance des empreintes digitales	Application du protocole aux deux cas d'études	Futur
Modification du système de reconnaissance des empreintes digitales pour prendre en compte l'enregistrement des empreintes de passage	Procédure de test afin de valider le fonctionnement de la sauvegarde	Non applicable

Récolte des échantillons de données au JGH (phase II : identification)	Test du logiciel « Patient Experience », phase II (identification)	Futur (Statistiques)
Ajout des indicateurs pour le nombre d'essai d'identification et la réussite ou non de l'identification	Procédure de test de tous les cas d'utilisations pour vérifier que les indicateurs sont tous bien appelés au bon moment	Les indicateurs fonctionnent correctement
Indicateurs de performance du système	Test au laboratoire avec le patient de test puis test au JGH avec des patients du Dr Trifiro et du Dr Tamilia	Hors cadre – travaux futurs. Les indicateurs pour le kiosque libre-service sont bien installés. Il reste à ajouter les indicateurs calculés à partir des autres. Les indicateurs pour la réception ne sont pas encore tous en place.

5.2.2.4. Interprétation

Contexte	Extrapolation	Travaux futurs
Évaluation initiale des résultats de la phase I	Base de données des empreintes du JGH	Statistiques permettant de mettre en évidence un problème au niveau de la lecture des empreintes des personnes âgées
Évaluation initiale des résultats de la phase II	Base de données des empreintes du JGH	Statistiques permettant de mettre en évidence un problème au niveau de la lecture des empreintes des personnes âgées
Cette recherche est limitée par 2 cas d'études (scanner TCRU1C d'UPEK et scanner Venus de Lumidigm)		➤ Analyse des indicateurs de performances ➤ Amélioration du système en modifiant une partie du système (possibilité de fusion, nouvel algorithme de reconnaissance...)

5.2.3. Conclusion

Réaliser le cadre de Basili, sans aucune connaissance préalable, m'a pris quatre jours. Ce temps inclut la recherche d'informations, la soumission d'une première version à M. Alain April et la correction de celle-ci pour obtenir la version finale.

Dans la prochaine section, la partie recherche sera abordée avec la revue de la littérature.

5.3.Revue littéraire : Identification des patients par leurs empreintes digitales

5.3.1. La biométrie – généralités

5.3.1.1. Identification et vérification

Il existe deux types d'applications biométriques : l'identification et la vérification.

La vérification, c'est la confrontation d'une image par rapport à une autre. Le but est de vérifier que la personne est bien celle qu'elle prétend être. Par exemple, sur les ordinateurs portables, il existe souvent, maintenant, des dispositifs de lecture d'empreinte digitale ou une webcam servant à s'authentifier sur la machine. Lors du choix d'une session, le logiciel tente de vérifier que c'est un utilisateur légitime qui s'authentifie.

L'identification, permet trouver une personne parmi n personnes, avec $n \geq 2$. Un système de reconnaissance des personnes non admises ou dangereuses est un exemple de système d'identification. Par exemple, dans une liste de personnes, le système cherche à identifier si une de ces personnes est présente dans une salle à l'aide d'une caméra ou tout autre dispositif biométrique.

Le projet porte sur un système d'identification.

5.3.1.2. Inscription

Pour fonctionner, une application biométrique a besoin d'une phase d'inscription, aussi appelée apprentissage ou abonnement au système. Cette phase permet d'associer une personne du système à son trait biométrique. Elle peut demander plusieurs échantillons par personne. Il est reconnu que plus on donne d'échantillons, meilleure sera la reconnaissance puisque l'on diminue les chances de bruit lors de la sauvegarde du trait.

5.3.1.3. Faux positif et vrai négatif

Un faux positif revient à donner l'accès au système à une personne non légitime. Par exemple, le patient A fait partie de la clinique (est enregistré dans le système). Le patient B se présente devant le système biométrique et le système l'invite à entrer comme étant le patient A.

Un vrai négatif revient à refuser l'accès à une personne légitime. Même scénario que précédemment : le patient A est dans le système, il se présente devant le système biométrique et se fait refuser l'entrée.

5.3.2. La biométrie – reconnaissance du visage

5.3.2.1. Introduction

Au début du projet, je devais étudier les possibilités de fusion du système de reconnaissances des empreintes digitales avec la reconnaissance faciale. Pour ce faire, je devais apprendre la base en biométrie, comprendre les différents modules qui interviennent dans le processus d'identification et découvrir comment fusionner différentes modalités biométriques. Je devais aussi vérifier le niveau atteint par l'art en reconnaissance faciale.

La reconnaissance faciale avait été retenue pour le projet par son aspect non intrusif. En effet, l'utilisateur du système n'a pas besoin de faire des actions spécifiques, comme positionner son œil

devant un scanner de reconnaissance de la rétine. Il lui suffit d'attendre devant la machine pour que les images soient analysées. Cette opération est presque invisible pour l'utilisateur.

Je me suis restreint ici aux principes de base de la reconnaissance faciale, en expliquant les parties principales d'un tel système.

5.3.2.2. La reconnaissance faciale

5.3.2.2.1. Boite blanche

Dans le cas d'une boîte blanche, comme tous les composants sont accessibles, le choix porte sur le type de composant devant être inclus dans le système. Le schéma suivant montre les différents composants du système.

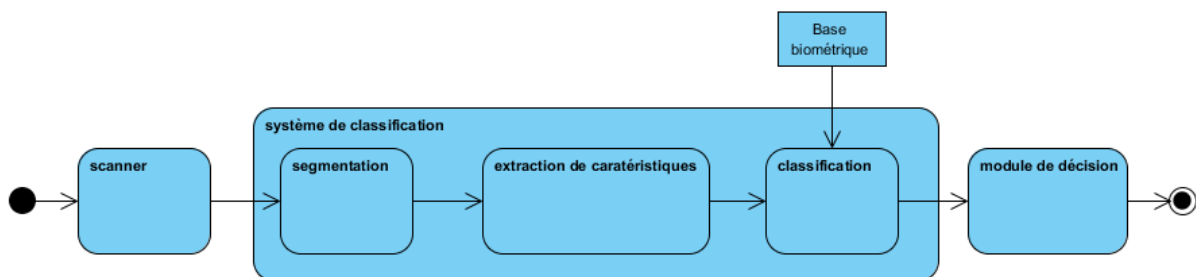


Figure 3 : Système de reconnaissance faciale, boîte blanche

Les possibilités pour chaque composant, leurs fonctions, avantages et inconvénients sont discutés dans les sous-parties suivantes.

Le scanner

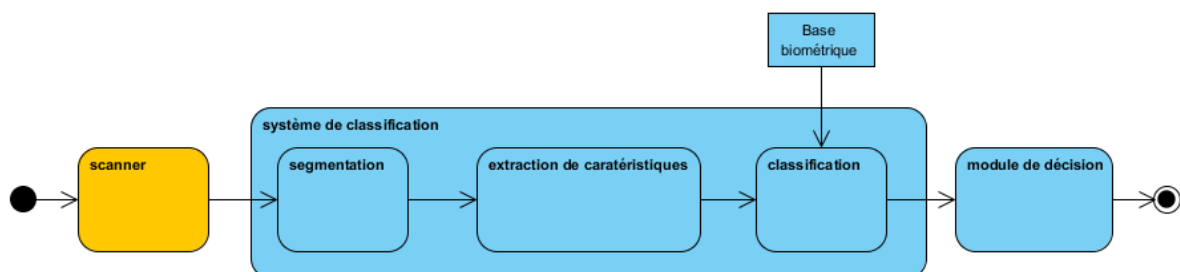


Figure 4 : Système de reconnaissance faciale, scanner

Il représente le dispositif d'acquisition des données biométriques. Dans notre cas, ce serait une Webcam intégrée au moniteur du kiosque libre-service. La qualité de la webcam influe beaucoup sur les résultats de la reconnaissance. Ainsi, plus la résolution est grande, plus l'image est de bonne qualité et plus il est facile d'en extraire les caractéristiques. Or, très souvent la tête de la personne à identifier ne remplit pas entièrement l'espace sur la photo, ce qui diminue le nombre de détails sur l'image dont on va extraire les caractéristiques.

Les conditions extérieures doivent aussi être les plus adéquates possibles, notamment :

- la luminosité doit être suffisante,
- l'angle d'inclinaison pour prendre la photo doit être minimal (le mieux serait de pleine face),
- l'arrière-plan doit être identique pour de meilleures performances d'extraction des visages.

Ces conditions sont extrêmement exigeantes et influent de façon draconienne sur les performances du système.

La webcam présente deux problèmes : l'impossibilité de la choisir puisque le kiosque a déjà été acheté et l'absence d'information de celle-ci sur le site du vendeur ou du constructeur. Après avoir contacté le support pour plus de renseignements, ne sachant pas, ils ont indiqué qu'il fallait demander au constructeur, qui lui n'a jamais répondu. J'ignore donc les caractéristiques de la caméra actuelle.

La segmentation

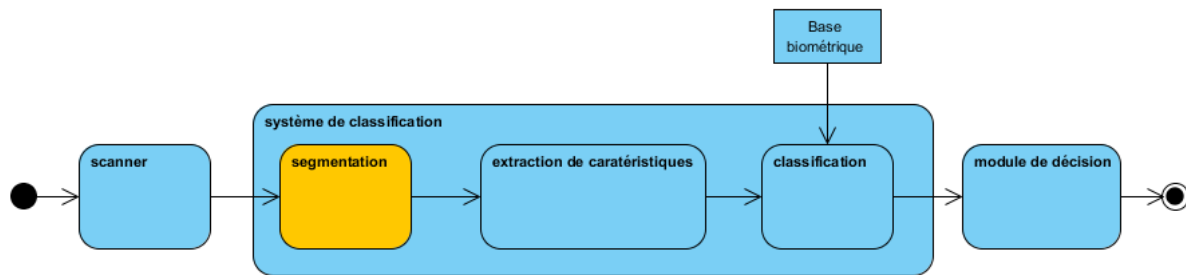


Figure 5 : Système de reconnaissance faciale, segmentation

Cette étape permet d'extraire le visage de l'image. Elle contient l'application de nombreux filtres et traitements. Par exemple, les images sont souvent converties en noir et blanc avant tout autre traitement, ensuite un algorithme permet de chercher tous les visages qui pourraient exister dans l'image en cherchant toutes les rotations possibles. Des traitements existent aussi pour repérer des visages étirés ou autres. Il faut aussi détecter les visages qui n'appartiennent pas à des personnes (statues, photos et autres) pour éviter les faux positifs. On recense quatre principales méthodes de segmentation basées sur :

- les connaissances,
- les prototypes,
- les traits invariants et
- l'apparence.

Méthode basée sur les	Avantages	Inconvénients
Connaissances (top-down)	➤ bonne performance si l'arrière-plan est simple ➤ facile de décrire des règles simples et le lien entre les traits d'un visage ➤ du niveau 1 à 3 : une réduction graduelle de la complexité de calcul	➤ <u>heuristique</u> : difficile de traduire les connaissances humaines en règle <i>précises</i> ➤ <u>nombre de règles</u> : difficile de s'étendre pour détecter plusieurs poses (doit énumérer tous les cas possibles)
prototypes (template matching)	➤ bonne performance quand le scénario est simple ➤ coût modique de calcul	➤ <u>bonne performance</u> : on doit initialiser les prototypes près des images de visages ➤ <u>synthèse</u> : il est difficile d'énumérer des prototypes pour différents scénarios

		➤ inadéquats pour détecter les variations de pose, échelle et forme
traits invariants (bottom-up)	➤ les traits sont invariants aux changements de pose et d'illumination	➤ difficile de localiser lors de corruptions (illumination, bruit, occlusion) ➤ difficiles de détecter les traits dans un arrière-plan complexe
l'apparence	➤ précision très élevée: modélisation implicite avec algorithmes d'apprentissage automatique ➤ robustesse au bruit, incertitude et variations ➤ peut entraîner avec différentes poses et orientations	➤ pour une bonne performance, on a besoin d'un grand nombre d'échantillons positifs et négatifs

Dans mon cas, d'après les avantages et inconvénients de chaque méthode, les procédures basées sur « **les traits invariants** » et sur « **l'apparence** » semblent les plus indiquées.

Le procédé basé sur les traits invariants semble davantage répondre aux besoins de l'application, mais cette méthode s'alourdit si l'arrière-plan est complexe. Par ailleurs, le problème majeur de la méthode basée sur l'apparence repose sur la quantité d'échantillons positifs nécessaires pour avoir de bonnes performances.

Pour le moment, la place du kiosque n'est pas définitive et le meuble qui doit l'accueillir n'est pas encore commandé. J'ignore donc à quoi ressemblera l'arrière-plan (il est fonction de la hauteur du meuble, de l'inclinaison de l'écran...). Je constate cependant qu'il est impossible d'avoir une grande quantité d'échantillons pour l'application. En effet, l'apprentissage doit être rapide (le processus total, apprentissage et authentification, doit durer moins de 2 minutes, temps fixé par l'hôpital).

Extraction de caractéristique

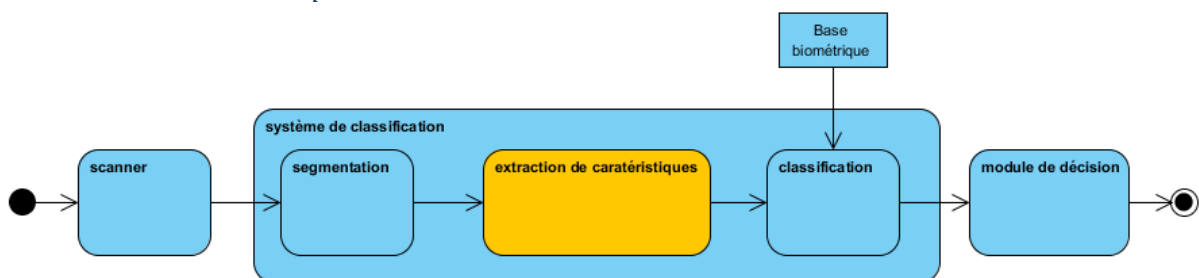


Figure 6 : Système de reconnaissance faciale, extraction de caractéristiques

L'extraction de caractéristiques est l'étape où l'on ressort les traits biométriques du visage et où l'on crée les templates (le cas échéant, certaines méthodes conservent directement les images du visage). De nombreuses méthodes s'appuient sur des caractéristiques variées. Comme, par exemple, la distance entre les yeux ou encore la position des yeux, du nez et de la bouche.

Voici un inventaire non exhaustif des méthodes d'extraction de caractéristiques, regroupé sous les deux accès possibles :

- Approches basées sur l'apparence (approches globales) :
 - Eigenfaces : projection « Principle Component Analysis » (PCA)
 - Fisherfaces : projection « Linear Discriminant Analysis » (LDA)
 - ICA, PCA probabiliste, PCA à noyaux, etc.
- Approches basées sur les traits (approches locales) :
 - méthodes génériques : reposent sur les contours, lignes, courbures, etc.
 - méthodes basées sur les prototypes : utilisées pour détecter les traits faciaux (bouche, nez, yeux)
 - méthodes basées sur les modèles : considèrent les contraintes géométriques 2D ou 3D sur les traits

Je n'ai pas examiné plus en détail ces méthodes dont les avantages et inconvénients sont difficiles à déterminer.

Classification

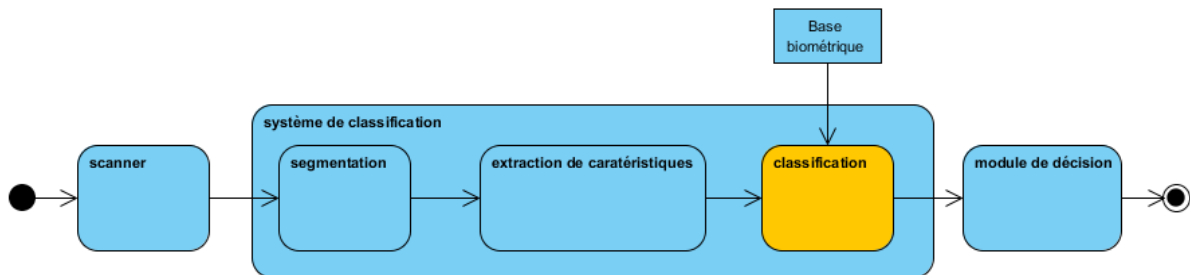


Figure 7 : Système de reconnaissance faciale, classification

Le module de classification permet de classer les gabarits en fonction de traits caractéristiques dominants. En phase d'apprentissage, la classification les sauvegarde dans la catégorie appropriée de la base biométrique. En fonctionnement normal, l'application cherche dans cette base, les templates correspondants. Elle retourne ensuite, soit un résultat de correspondance associée au gabarit soit une liste de templates avec des résultats ou encore juste le template avec le plus haut score sans aucune autre information. La sortie de ce module sera interprétée par le module de décision.

Le procédé employé dans ce module est lié à la méthodologie utilisée pour l'extraction de caractéristiques. Les méthodes principalement adoptées sont les suivantes :

- Approche basée sur l'apparence
 - Reconstruction
 - Classification d'un visage inconnu
- Approche basée sur les traits
 - Construction d'un modèle
 - Classification d'un visage inconnu
- Méthodes hybrides

Les méthodes hybrides s'appuient sur les avantages des deux autres approches. Cependant, je n'ai pas trouvé d'exemple précis de leur application. Un exemple d'approche basée sur l'apparence serait

de classer les gabarits en fonction de la forme du visage. Pour l'approche basée sur les traits, se serait selon la distance entre les yeux.

Module de décision

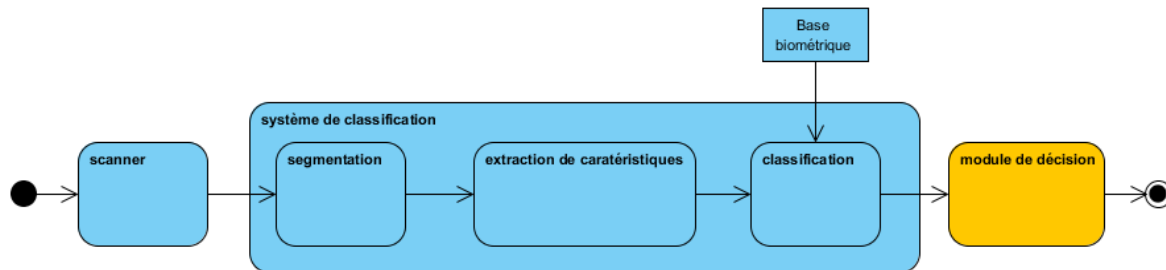


Figure 8 : Système de reconnaissance faciale, module de décision

C'est dans ce module, vraiment spécifique à l'application, que l'on détermine, en fonction du résultat du système de classification, ce que l'on fait. On y définit nos propres règles d'acceptation, de refus, d'avertissement... Par exemple, dans une application d'identification de criminel, un seuil est fixé pour savoir s'il faut ou non lever une alerte.

Fixer ce seuil n'est pas chose aisée. En effet, plus je réduis le nombre de faux positifs (seuil de correspondance haut), plus je diminue le nombre de vrais négatifs. De même, plus le seuil est fixé bas et plus il y aura de faux positifs. L'équilibre est difficile à trouver.

Dans mon projet, un faux positif n'est pas critique, cependant le système vise aussi à limiter les fraudes comme l'échange de cartes d'hôpital (équivalent de notre carte vitale en France). Je devrais en tenir compte lors du choix du seuil.

5.3.2.2.2. Boîte noire

La solution boîte noire serait de prendre un kit de développement (SDK) ou cadriciel (framework) comme support de reconnaissance faciale. Cette possibilité diminue le temps de développement mais limite grandement les opportunités au niveau du choix des méthodes utilisées dans chaque module. Certains SDK gratuits tels que OpenCV permettent de choisir entre plusieurs méthodologies et algorithmes implémentés.

Dans le document joint en ANNEXE 1, je compare les différents SDK disponibles sur le marché. Pour chaque SDK, j'ai consulté le site internet et demandé parfois des compléments d'informations par email. Les réponses suivantes ont nécessité beaucoup de temps pour être récupérées puisque les entreprises ou groupes de recherche n'ont pas répondu de suite. Certaines sociétés ont réagi plus de deux mois plus tard. Mon but étant d'établir un inventaire non exhaustif des SDK disponibles sur le marché qui pouvaient être utilisés pour le projet, j'ai pris en compte les SDK gratuits et payants :

- permettant de faire de l'identification,
- proposant un algorithme d'apprentissage,
- et compatibles C# (langage de développement utilisé chez Intégratik).

Durant cette recherche d'informations et suite à la prise de contact avec des entreprises, j'ai contacté le Yahoo groupe d'OpenCV. Je leur ai demandé ce qu'ils pensaient de la faisabilité du projet et si c'était possible de le réaliser avec OpenCV. Un des responsables du groupe, M. Shervin Emami, expert en reconnaissance faciale, m'a répondu que le projet n'était pas réalisable par la technologie

actuelle. Pour être envisageable, le système d'identification avec une image d'inscription devrait se limiter à 20 personnes. Par ailleurs, il m'a suggéré de me concentrer sur la reconnaissance des empreintes digitales plutôt que de fusionner la reconnaissance faciale, peu fiable, avec un système de reconnaissance fiable.

Informé de ces problématiques, M. Alain April m'a mis en contact avec des experts métier de l'ÉTS, M. Éric Granger et M. Robert Sabourin. Tous deux ont confirmé les propos de M. Shervin Emami, ce qui a mis fin au projet de reconnaissance faciale et de fusion.

5.3.2.3. Conclusion

La reconnaissance faciale n'est pas adaptée pour le projet :

- Trop d'utilisateurs concernés, d'où un mauvais taux de reconnaissance
- Résolution de la caméra inconnue
- Peu d'échantillons pour l'entraînement
- L'application prendrait trop de temps pour traiter l'identification

Il serait possible d'améliorer la reconnaissance des empreintes digitales en combinant le système avec le numéro de la carte d'hôpital qui permet de faire de la vérification et non de l'identification. Cependant cette solution n'est pas envisageable par Intégratik qui souhaite que le système soit le moins contraignant et le plus rapide possible. L'adjonction de la carte d'hôpital lors de l'identification biométrique ajoute une étape et de la complexité pour l'utilisateur.

En date du 6 octobre 2010, au vu des résultats de la recherche et des conversations avec des experts métier M. Éric Granger et M. Shervin Emami, le projet est déclaré non viable et abandonné.

Suivant les conseils de ces experts, je me suis concentré sur les empreintes digitales. Ma nouvelle mission consistait à trouver comment mesurer les performances et améliorer le système de reconnaissances des empreintes digitales actuel.

5.3.3. La biométrie – empreintes digitales

5.3.3.1. Introduction

Dans le but de trouver comment améliorer les performances du système, je devais savoir où je pouvais agir sur le système.

L'application Patient Experience utilise Verifinger SDK (Neurotechnology) comme interface de reconnaissance des empreintes digitales, c'est donc un système boîte noire. Verifinger permet de :

- faire le lien avec le scanner (utilisation possible de plusieurs scanners de marque et de type différent),
- extraire les caractéristiques de l'empreinte,
- créer les gabarits,
- et de vérifier la correspondance entre les différents templates.

Le scanner actuel est un TCRU1C de la marque UPEK. Il est identique à celui que les médecins utilisent pour s'authentifier sur leurs ordinateurs de bureau.

Mes points d'action pour améliorer les performances du système se situent donc au niveau du scanner, de l'algorithme de reconnaissance et/ou de la sécurité. Ces trois points seront traités plus en détail dans les parties suivantes.

5.3.3.2. Scanner

Le scanner est très important pour le système. La qualité de l'image qu'il retransmet permet de créer les gabarits qui seront ensuite comparés entre eux. Moins la qualité de l'image est bonne moins le template sera précis et moins les performances de reconnaissances seront bonnes. Ainsi, la qualité du scanner influe très lourdement sur la qualité finale du système. De plus, lors de l'inscription au système, si le scanner n'est pas capable de lire certaines empreintes digitales, des patients ne pourront tout simplement pas utiliser la borne avec leur empreinte digitale.

Dans les sections suivantes, nous allons voir les différents types de scanners disponibles sur le marché et ce qui contribue à une bonne qualité d'image.

Type de scanner

Cette section est basée sur l'article de Wikipédia, [Fingerprint recognition](#) du 28 janvier 2011, consulté en ligne le 18 février 2011.

Optique

Le principe est de capter une image de l'empreinte en utilisant la lumière visible, comme le font les appareils photo numériques actuels. C'est d'ailleurs une caméra numérique spécialisée qui prend la photo. La surface transparente au-dessus du capteur représente la zone d'acquisition de l'empreinte, c'est-à-dire, l'endroit où l'on pose le doigt. À l'intérieur du capteur, se trouve une couche de phosphore qui émet de la lumière en direction de la zone d'acquisition. Cette lumière est réfléchiée vers un capteur CCD (Charge Coupled Device) qui saisit une image visuelle de l'empreinte digitale.

Mais une zone d'acquisition sale ou rayée peut diminuer la qualité de l'image de l'empreinte digitale. Il est également nécessaire que le doigt soit propre, ni trop gras, ni trop sec. Comme c'est une image visuelle du doigt, un doigt sale ne donnera pas assez d'informations pour créer un bon gabarit. De même, une personne âgée qui a de la corne ou un travailleur manuel qui a les doigts abîmés et érodés rencontrera des problèmes pour la lecture de ses empreintes digitales. Un tel type de capteur peut être aussi facilement trompé par une image d'une empreinte digitale s'il n'est pas couplé avec un détecteur de spoofing (détection de fausses empreintes digitales). L'avantage principal, par rapport aux capteurs capacitifs, des scanners optiques provient de leur insensibilité aux décharges électrostatiques.

Ultrasonique

Les scanners à ultrasons adoptent le principe de l'échographie médicale pour créer des images visuelles de l'empreinte digitale. Contrairement à l'imagerie optique, les scanners ultrasoniques utilisent des très hautes fréquences pour pénétrer l'épiderme de la peau et ainsi obtenir une image, non pas de la surface, mais à quelques millimètres en dessous. En effet, la couche sous-cutanée présente les mêmes caractéristiques que les empreintes digitales épidermiques. De plus, le fait de prendre une image dans le derme élimine l'obligation de recueillir des empreintes propres, non abîmées ou érodées ou d'avoir une zone d'acquisition constamment propre. Pour effectuer cette réalisation, des transducteurs piézoélectriques produisent des ondes sonores hautes fréquence, qui

sont ensuite mesurées par d'autres capteurs qui vont les interpréter pour former une image de l'empreinte.

L'exemple suivant illustre les avantages du scanner ultrasonique par rapport au scanner optique :

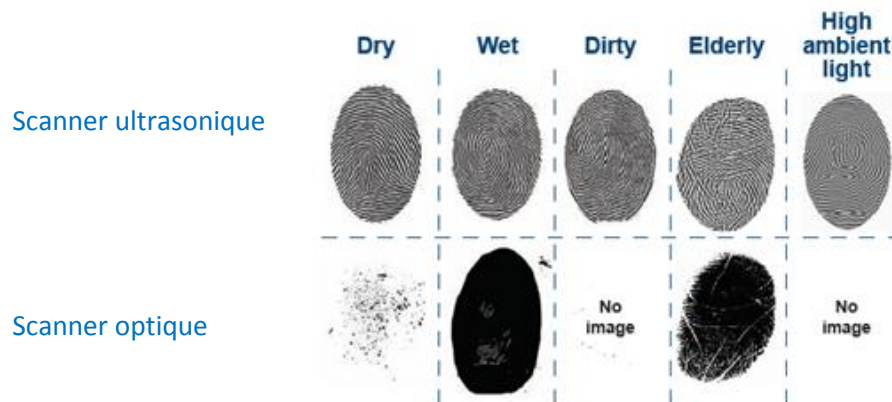


Figure 9 : Comparaison scanner optique/ultrasonique
(<http://www.lumidigm.com/download/Lumidigm-Venus-Series-Datasheet-v1.4.pdf>)

Capacitif

Les senseurs capacitifs utilisent les principes de la capacité ($C = \frac{Q}{V}$, avec C la capacité en Farads, Q la charge en Coulombs et V la tension en Volts) pour former les images. Ce type de scanner présente une zone d'acquisition correspondant à une matrice de pixels. Chacun d'entre eux agit comme une plaque d'un condensateur à éléments parallèles, l'une symbolisant la couche dermique conductrice, l'autre, la couche épidermique, non conductrice qui agit comme diélectrique.

Voici un schéma de la peau qui simplifie la compréhension :

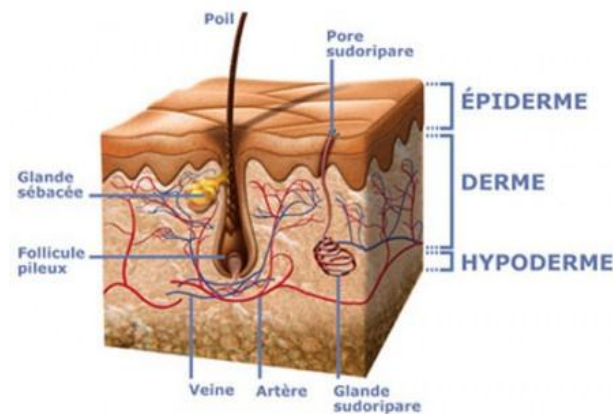


Figure 10 : Schéma de la peau

(Source : http://www.news-de-stars.com/beaut%E9/dossier-peau-generalites-sur-la-peau_mrm105468.html, publié le 27 juillet 2010, consulté en ligne le 2011-02-21)

L'épiderme est la couche tissulaire externe non conductrice de la peau. Le derme est la couche conductrice de la peau, situé directement sous l'épiderme.

L'épiderme joue donc le rôle de l'air pour un condensateur à plaque parallèle. Le derme et la zone d'acquisition correspondent aux plaques conductrices du condensateur.

Il existe deux sous catégories de ce scanner : le capacitif passif et le capacitif actif.

Capacitif passif

Chaque pixel est utilisé pour connaître la capacité, en un point de la matrice, de la zone d'acquisition. La capacité varie entre les crêtes et les vallées à cause de la différence de volume de l'épiderme et aussi à cause de la présence d'air entre l'épiderme et la zone d'acquisition dans le cas des vallées. On obtient ainsi une matrice de capacité permettant de créer une image de l'empreinte digitale.



Figure 11 : Photo d'une empreinte digitale

(Source : <http://www.ac.eu.org/spip.php?article1884>, publié le 28 mars 2008, consulté en ligne le 21 février 2011)

Les crêtes sont les parties dessinées en noir sur l'image. Les vallées sont les bandes blanches entre les crêtes.

Capacitif actif

La particularité du scanner capacitif actif est qu'il utilise un cycle de charge pour appliquer une tension sur la peau avant de mesurer les capacités. Cette tension permet de charger le véritable condensateur. Le champ électrique, compris entre le doigt et le scanner, suit le chemin des crêtes de la couche dermique. Lors de la décharge, la différence de tension entre la couche dermique et la tension de référence détermine la capacité. C'est ce calcul, couplé avec les équations physiques de la capacité qui permettent de former l'image de l'empreinte digitale.

Comme cette méthode mesure les crêtes au niveau de la couche dermique, elle présente les mêmes avantages que le scanner ultrasonique. Elle élimine le besoin d'exposer une peau nette, non endommagée et une zone d'acquisition propre.

Facteurs participant à une bonne qualité d'image

D'après les spécifications de qualités d'images préconisées par le FBI et énoncées dans le tableau 2.1. *A review of IAFIS and PIV IQS. For the parameter definitions, see Section 2.5* du livre Handbook for Fingerprint Recognition (Springfield, second edition, Springer, Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salid Prabhakar), voici certains des éléments qui participent à une bonne qualité d'image :

- la taille de la zone d'acquisition de l'empreinte,
- la résolution, et
- le type de capteur.

Taille de la zone d'acquisition de l'empreinte

La taille de la zone d'acquisition est importante puisque cette zone permet de prendre ou non l'empreinte digitale entière. Le risque, si l'empreinte n'est pas entière, est que l'utilisateur peut ne pas présenter la même zone à chaque fois, ce qui mène à de vrais négatifs. Ainsi, d'après la norme publiée par le FBI, la zone d'acquisition est le paramètre le plus important lors du choix du scanner. Pour que l'empreinte soit complète, il faut une zone d'acquisition minimum de $2.54 \times 2.54 \text{ cm}^2$ ($1 \times 1 \text{ inch}^2$).

La plupart des scanners commerciaux ont une zone d'acquisition plus petite, pour des prix moins élevés, ce qui diminue la taille du lecteur d'empreinte.

La résolution

La résolution est mesurée en dpi (dots ou pixel per inch, points par pouce). La résolution minimum est de 500dpi pour satisfaire la norme du FBI. Plus la résolution est basse, plus il est difficile de discerner les vallées et crêtes et d'isoler les minuties. Le grand minimum au niveau des algorithmes est une résolution entre 250 et 300 dpi. En dessous de ce seuil, les algorithmes ne sont plus capables de « voir » les minuties.

Les scanners à 1000dpi commencent à remplacer ceux à 500 dpi : ils permettent de voir les pores, les points, et d'autres détails non exploitables auparavant.

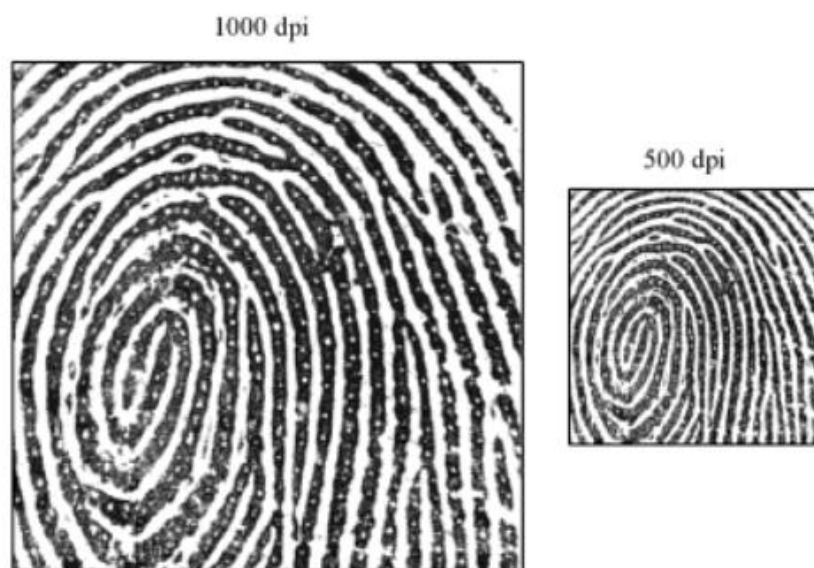


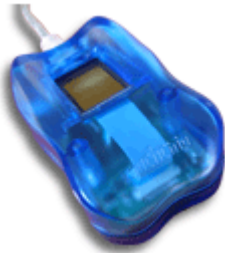
Figure 12 : Différence entre une image à 1000dpi et une image à 500dpi

(Source : *Handbook of Fingerprint Recognition*, figure 2.16 p75, Springfield, second edition)

Type de capteur

Le type de scanner retenu est donc très important pour la qualité des images. C'est encore plus vrai quand beaucoup de personnes l'utilisent. La zone d'acquisition a de très fortes probabilités d'être plus vite salie ou rayée. Les scanners, non gênés par des doigts sales, cornés, abîmés ou par la propreté de la zone d'acquisition, sont alors nécessaires.

Le scanner actuel : TCRU1C de la compagnie UPEK



Le scanner actuellement utilisé avec l'application est le TCRU1C d'UPEK. C'est un scanner capacitif passif qui présente une zone d'acquisition de 13 x 18 mm² (0.5" x 0.7") à 508 dpi.

5.3.3.3. Algorithme de reconnaissance

L'algorithme de reconnaissance, c'est la boîte qui vient directement après le scanner. Il prend en charge l'image issue du scanner et s'occupe de l'inscrire dans le système ou d'identifier la personne. L'algorithme de reconnaissance des empreintes digitales qui a été choisi pour la première version de l'application est Verifinger de Neurotechnologie. C'est un algorithme boîte noire. Il a été testé par un organisme public lors d'une compétition mondiale (FVC, Fingerprint Verification Competition, présenté en [5.3.4.1](#)) et présente de très bons résultats, visibles sur le lien : <https://biolab.csr.unibo.it/FvcOnGoing/UI/Form/PublishedAlgs.aspx>.

5.3.3.4. Sécurité

La sécurité des données biométriques est essentielle. Actuellement elle est assurée par :

- Le fait que les informations sont stockées sur un serveur distant : le vol d'une machine ne compromet pas l'accès aux données d'un patient.
- Les informations des patients et les données biométriques (gabarit et images) sont stockées sur deux bases de données différentes.
- Le lien entre les deux bases de données, à savoir le NRIPATIENT (Numéro d'identification du patient) est encrypté sur la base biométrique.
- Les enregistrements ne sont pas insérés dans la base de données dans le même ordre et les timestamps de modification des enregistrements sur la base de données biométriques sont aléatoires. (On ne pouvait pas enlever ces timestamps qui sont nécessaires au framework).

5.3.3.5. Conclusion

Lors de l'analyse des facteurs susceptibles d'être modifiés dans les versions futures, le scanner a retenu particulièrement mon attention. Le type de scanner et les résultats obtenus lors de la phase apprentissage (décrits dans la partie [5.4.3.4 Collecte des empreintes digitales](#)) ne sont pas adéquats vis-à-vis de l'application du système.

Ainsi, la première modification en vue d'améliorer le système sera de remplacer le scanner existant par un autre possédant une plus grande zone d'acquisition, une résolution minimale de 500 dpi et qui n'est pas affecté par l'état du doigt.

Suite à mes recherches pour trouver un tel scanner, j'ai retenu le Venus de la compagnie Lumidigm. Le prix compte également pour beaucoup dans la sélection, puisqu'il en faut trois, un pour chaque kiosque libre-service. De plus un scanner très performant, mais hors de prix n'est pas une bonne solution. J'ai donc formulé une proposition de scanner en présentant les atouts et défauts de ces derniers, dans le cas du projet. Cette proposition est consultable en Annexe 2.

Après étude de la proposition, M. Alain April a autorisé l'achat d'un Venus pour tester les gains réels pour le système.

5.3.4. Les méthodes expérimentales pour les projets de reconnaissance des empreintes digitales

Définir une méthode expérimentale est essentiel dans ce type de projet, puisque cela permet de reproduire exactement les expérimentations menées et ainsi de parfaitement comparer deux systèmes. En effet, tout est décrit dans la méthodologie : le protocole à suivre, l'environnement physique, la composition et la taille des échantillons de test... Reproduire le plus fidèlement possible une expérimentation permet aussi à d'autres institutions ou chercheurs de valider les résultats obtenus.

Dans le cadre de ce projet, la méthodologie expérimentale permettra de suivre l'évolution du système et de valider ou non les améliorations apportées au système. En effet, lors de chaque modification, le système entier devra passer à travers la méthodologie pour le comparer au précédent. Cette méthodologie sera amenée à évoluer. C'est une première ébauche, les cas spéciaux de chaque perfectionnement enrichiront la méthodologie et permettront de la compléter.

Pour les méthodologies de validation de systèmes biométriques axées sur les empreintes digitales, trois noms sortent du lot : la FVC (Fingerprint Verification Competition), le CISDA (Computational Intelligence for Security and Defence Applications) et le NIST (National Institute of Standards and Technology). La méthodologie expérimentale sera basée sur les méthodologies utilisées par ces instituts. Elle doit être adaptée au projet et donc ne pas être trop lourde à mettre en place.

5.3.4.1. FVC onGoing : Fingerprint Verification Competition

FVC onGoing est un système automatisé d'évaluation en ligne des algorithmes de reconnaissance des empreintes digitales. Ils proposent de confronter un algorithme à différentes bases de données pour extraire les métriques usuelles d'évaluation de ce type d'algorithme. Dans ces métriques, on retrouve, entre autres :

- FMR (False Match Rate) à 100, 1000 et 10000 : le plus bas taux de faux rejet pour un taux de faux positifs fixé à 1%, 0.1% et 0.01%. Un faux positif équivaut à identifier une personne A comme étant la personne B. Un faux rejet correspond à la non-reconnaissance d'une personne inscrite au système.
- EER (Equal Error Rate) : le taux d'erreur équivalent. Ce taux correspond à la l'intersection entre les courbes des faux positifs (FMR) et des faux rejets (FNMR ou FRR, False Rejection Rate).

- Le nombre de rejets pendant le test avec les empreintes véritables (appartenant à des personnes inscrites au système)
- Le nombre de rejets pendant le test avec les empreintes des imposteurs (appartenant à des personnes non inscrites au système)
- Le plus bas FNMR pour FMR = 0%
- Le plus bas FMR pour FNMR = 0%
- Le temps moyen pour l'apprentissage d'une image
- Le temps moyen utilisé pour comparer les empreintes
- La taille moyenne sur le disque dur des templates utilisés
- La consommation maximum de mémoire de l'algorithme

Le but de ce système est de suivre l'évolution des algorithmes de reconnaissance des empreintes digitales et permettre de comparer leur efficacité respective.

La FVC était à la base une compétition qui réunissait physiquement les entreprises souhaitant confronter leurs algorithmes aux autres entreprises. La FVC a eu lieu en 2002, 2004 puis 2006. Pour des raisons de simplicité évidente et de modernité, la FVC a évolué vers une version en ligne pour supprimer les déplacements inutiles. C'est de là qu'est née la FVC onGoing.

Les protocoles d'évaluation des algorithmes ne sont pas partagés sur le site de la FVC Ongoing. Les modalités de tests des algorithmes ne sont pas communiquées. Les machines utilisées ne sont pas connues, ni la composition des bases de données d'empreintes, ni la taille des bases de données d'empreintes.

J'ai demandé des informations supplémentaires par email, mais je n'ai jamais eu de réponse. De ce fait, je n'ai retenu que les métriques de cette évaluation de performances pour algorithmes.

5.3.4.2. CISDA

Le but principal de la méthodologie est de comparer le système avec les autres systèmes présents sur le marché. Cela permet de savoir où le niveau de performance se situe au niveau du marché et donc de savoir s'il est pertinent ou non.

Le but secondaire est de fournir un protocole permettant de mettre en évidence les différences de performances entre les différentes modifications apportées au système de reconnaissance d'empreintes digitales. Cette méthodologie doit prendre en compte le maximum de métriques pour permettre de comparer les différentes évolutions du système, et ce quel que soit le niveau des modifications apportées.

Dans un premier temps, le but de cette méthodologie est de mettre en évidence la différence de performance que peut apporter le scanner. Dans cet objectif, la méthodologie est appliquée sur deux systèmes similaires dont la seule différence est le scanner d'empreintes digitales. Le premier système est équipé d'un scanner de type capacitif de chez UPEK. Le deuxième est pourvu d'un capteur de type optique créé par la compagnie Lumidigm.

La méthodologie est inspirée de l'article de recherche du CISDA 2009 « Evolution and Evaluation of Biometric Systems », Dmitry O. Gorodnichy. L'approche proposée par les auteurs est globale et comprend toutes les évolutions au niveau des équipements et machines. Seulement calculer le FAR

(False Acceptance Rate) et le FNMR (False Non Match Rate) ne suffit plus, il faut une approche globale basée sur toutes les données mesurées lors des tests.

5.3.4.3. NIST

À cause des contraintes de temps et d'une erreur de commande, je n'ai pas eu le temps d'étudier la méthodologie du NIST. Lors de la commande, j'ai demandé le chapitre 4 portant sur l'interopérabilité au lieu du chapitre 2 concernant la méthodologie. L'intitulé exact de la norme qui semblait répondre à mes attentes en terme d'informations est la suivante : ISO/IEC 19795 Information technology -- Biometric performance testing and reporting -- Part 2: Testing methodologies for technology and scenario evaluation (ISO/IEC 19795-2:2007).

5.3.5. Conclusion

Voici la liste des points importants pour la revue de la littérature :

- abandon de la reconnaissance faciale pour le projet,
- améliorer la reconnaissance des empreintes digitales en changeant le scanner d'empreintes digitales,
- créer une méthodologie pour évaluer les gains des améliorations :
 - la méthode proposée par le CISDA est trop poussée pour le projet, je vais donc en faire une version allégée qui pourra être complétée si besoin est par la suite.
 - La FVC ne diffusant pas sa méthode d'évaluation sur internet, ni sur demande, je ne m'appuierais que sur certains indicateurs disponibles sur leur site.

5.4. Développement du prototype expérimental, de la méthodologie expérimentale et des études de cas

Dans ce chapitre, j'explique comment la revue littéraire m'a permis de préparer l'expérimentation. Tout d'abord, je relate ma contribution dans le développement du prototype expérimental du kiosque libre-service. Ensuite, je déroule le développement de la méthodologie expérimentale, puis la préparation de l'étude de cas, pour finir par l'interprétation des résultats.

5.4.1. Développement du prototype expérimental

Je vais commencer cette section avec un rappel du fonctionnement de l'application, afin de positionner mes différentes contributions dans l'application.

Tout d'abord, l'application est passée par deux phases qui ont des fonctionnalités distinctes : la première période consistait en l'inscription des patients, la deuxième, à l'identification et l'inscription des patients.

Dans la première phase, le patient se présentait devant le kiosque pour enregistrer son empreinte dans le système et créer le lien entre son dossier patient et son empreinte. Les difficultés rencontrées durant cette phase provenaient essentiellement de la base de données fournie. L'hôpital ne souhaitant pas que l'application Patient Experience soit liée aux autres systèmes, la base de données remise, qui contenait les patients, n'était qu'une base de données partielle, non mise à jour régulièrement (copie partielle de celle de l'hôpital). Ainsi, beaucoup de patients ne pouvaient pas utiliser le système puisque leur dossier ne figurait pas dans la base de données. Le processus d'inscription était simple : le patient choisissait la langue (français ou anglais), entrait son numéro de

carte d'hôpital, sa date d'anniversaire, signait physiquement le consentement d'utilisation, acceptait le consentement sur l'application puis enregistrait son empreinte en posant son doigt sur le capteur.

La seconde phase est beaucoup plus complexe puisqu'elle implique deux autres niveaux en plus du kiosque : les réceptionnistes et les médecins. Le kiosque suit un processus un peu plus complexe que précédemment, permettant l'identification des patients et l'inscription s'ils le souhaitent de leur empreinte digitale. Ce processus est détaillé avec les indicateurs qui lui sont associés dans la section [5.4.1.4 Mise en place des indicateurs](#). Une fois enregistré, le patient peut aller s'asseoir, puisque la réception est automatiquement prévenue de son arrivée. Du côté de l'accueil, l'application se présente sous forme de listes, organisées par étape de passage dans la clinique :

- Check-in : cette liste recense tous les patients qui se sont identifiés auprès du kiosque. Les réceptionnistes choisissent de les accepter ou de les refuser en fonction de si ils possèdent ou non un rendez-vous et s'il reste de la place. Selon l'action choisie, les formulaires adéquats sont imprimés.
- Waiting room : dans cet état, on trouve tous les patients présents dans la salle d'attente. La seule action que les réceptionnistes peuvent effectuer ici, est de signaler au docteur que le patient a décidé de partir.
- In examination : cette liste permet de savoir quels sont les patients actuellement en consultation avec le médecin. Les réceptionnistes ne peuvent rien faire dans cette liste.
- To close : c'est dans cette énumération que l'on termine l'expérience du patient dans la clinique.
- Open : cette liste montre tous les patients qui sont actuellement dans la clinique (les patients pour qui l'expérience n'est pas terminée).
- Log book : elle regroupe tous les patients qui sont venus à la clinique dans la journée courante.

Pour le médecin, l'application se présente aussi sous forme de listes. Lorsqu'il appelle un patient, il accède à son dossier dans cette liste. Le dossier patient passe alors en « In examination » et le médecin peut remplir les tests et noter éventuellement le prochain rendez-vous.

Lorsque je suis arrivé dans le projet, le prototype expérimental était déjà bien avancé et permettait, grâce à Verifinger, d'inscrire et d'identifier des patients. Ma contribution ne s'est pas limitée au kiosque libre-service, mais s'est étendue sur toute l'application. Vous vous demandez peut-être pourquoi je ne me suis pas concentré sur le kiosque libre-service. La raison est simple. Si l'application ne fonctionne pas complètement, c'est-à-dire si tous les modules ne communiquent pas parfaitement (kiosque, réception et médecin), l'implantation n'aura pas lieu et sans implantation, pas de récolte d'empreintes, ni d'indicateurs. Mon projet dépend donc de l'application complète et non juste du bon fonctionnement du kiosque. Ainsi, pour accélérer à la récolte des empreintes et pour avancer dans mon projet, j'ai aidé à la réalisation de l'application Patient Experience à tous les niveaux de l'application.

5.4.1.1. Correction de bugs

Une bonne partie de mon travail a consisté à corriger les bugs qui empêchent les implantations et donc retardent l'avancé de mon projet. Dans le but d'accélérer les implantations, j'ai aidé à la correction et à la recherche des dysfonctionnements. Les bugs ne sont pas méchants dans le sens où ils ne font pas forcément planter l'application, mais implanter une application qui ne fonctionne pas parfaitement n'est pas idéal. Cela laisse souvent une mauvaise impression au client, ici l'hôpital, ce qu'Intégratik ne souhaite pas.

Cette contribution s'est surtout concentrée au début du projet dans la phase d'inscription au système.

5.4.1.2. Amélioration des fonctionnalités

Entre deux implantations, de nouvelles fonctionnalités demandées par les médecins ou les réceptionnistes ont été ajoutées. Cette partie traite de certaines de ces améliorations.

Les formulaires qui sont imprimés, une fois les patients acceptés (passage du statut check-in à waiting room), doivent être remplis par l'application. Ces formulaires sont au format PDF. Pour les rendre facilement éditables en C#, j'ai utilisé Adobe pro X pour créer des champs interactifs. Une fois les champs sélectionnés, la propriété du champ est modifiée comme souhaité. Les « checkbox » doivent être cochées ou décochées. Les champs textes sont à compléter. Ainsi, sur le formulaire qui est imprimé lors de l'acceptation du patient, les informations sont saisies (le nom, prénom, carte d'hôpital...) du patient. C'est aussi le cas pour le formulaire des tests médicaux imprimé à la fin de l'expérience. J'ai créé tous les champs nécessaires à partir du formulaire papier original. Une fois créés, j'ai vérifié tous les tests un par un pour être sûr de ne pas imprimer les mauvais tests. Pour des gains de temps et de papier, j'ai utilisé l'imprimante XPS de Windows 7.

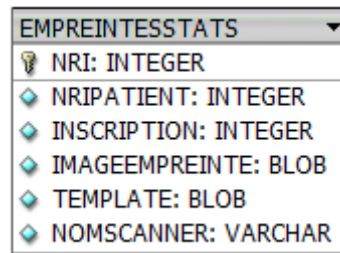
Les médecins peuvent choisir des tests pour les patients. Cependant, les tests sont souvent identiques dans le cas de maladies analogues. Ainsi, les médecins nous ont préparé une liste de protocoles de tests adaptés aux différentes maladies. J'ai alors créé ces protocoles pour que lorsque l'on sélectionne un protocole, tous les tests associés se cochent automatiquement. Une fois les protocoles demandés conçus, nous sommes allés plus loin en proposant une interface pour que les médecins puissent créer eux-mêmes, leurs propres protocoles. Ils peuvent ainsi choisir un protocole (ou en créer un nouveau) et modifier ou ajouter des tests. Une fois les tests constitués, ils sont disponibles dans la liste de sélection des protocoles. De plus, seul le médecin qui a fabriqué son protocole peut le voir. Ainsi, on ne surcharge pas la liste de protocole des autres médecins.

J'ai ensuite ajouté dans l'application l'heure de rendez-vous pour faciliter à différents niveaux la gestion des patients. Au départ, elle n'était pas dans le système. J'ai fait en sorte d'ajouter cette information aux endroits adéquats sans provoquer de bugs.

Chaque modification entraîne une longue phase de tests permettant de voir si l'ajout de la fonctionnalité n'a pas entraîné des bugs dans les autres fonctionnalités. Ces tests ne sont pas automatisés par des tests unitaires ou autres. C'est donc au développeur de passer à travers les divers protocoles de tests. D'où l'utilisation des données de tests en [5.4.1.5 Génération des données de test](#).

5.4.1.3. Sauvegarde des images des empreintes

Après avoir lu les articles de recherches sur la méthodologie du CISDA, j'ai vu qu'il fallait enregistrer les empreintes de passage et les empreintes d'inscription pour obtenir des données de tests. Seules les images des empreintes d'inscription au système étaient sauvegardées. Ainsi, j'ai inclus un module qui gère la sauvegarde des empreintes des patients. J'ai changé la structure de la base de données pour voir une table utilisée pour mes recherches et une autre table utilisée par l'application. Ainsi, une fois la recherche finie, il sera facile de supprimer ce module sans toucher au reste. J'ai donc créé une table composée des empreintes et des informations relatives à ces empreintes. La modélisation de la table est présentée ci-dessous.



EMPREINTESSTATS	
NRI:	INTEGER
NRIPATIENT:	INTEGER
INSCRIPTION:	INTEGER
IMAGEEMPREINTE:	BLOB
TEMPLATE:	BLOB
NOMSCANNER:	VARCHAR

Figure 13 : Table EMPREINTESSTATS

Présentation des champs de la table :

- NRIPATIENT représente le numéro d'identification crypté du patient.
- INSCRIPTION fait office de booléen indiquant si l'image enregistrée est une image ayant servi à l'inscription ou non.
- IMAGEEMPREINTE correspond à l'image de l'empreinte digitale, comme lue par le scanner
- TEMPLATE désigne le template créé par Verifinger.
- NOMSCANNER permet de savoir avec quel scanner a été prise l'image. C'est important de le savoir si on essaie de faire correspondre une image prise avec l'ancien scanner avec une du nouveau. Cela permet de savoir jusqu'à quel point la compatibilité fonctionne.

La sauvegarde dans la table est effectuée soit lors de l'inscription au système, une fois l'inscription réussie, soit lors de l'identification, une fois que le patient a confirmé son identité. Je disposerai donc d'une image d'inscription et de plusieurs images de passage par patient. La stratégie adoptée pour acquérir le maximum d'images de passage en peu de temps est de proposer au patient de tester le système une fois qu'il est inscrit ou identifié, en lui demandant de vérifier que l'application le reconnaisse bien. Dès qu'il confirme que l'application l'a bien identifié, on obtient une nouvelle image de passage.

5.4.1.4. Mise en place des indicateurs

Les indicateurs sont essentiels pour la recherche et pour l'application elle-même. Les indicateurs pour l'application permettent de savoir tout ce qui se passe lors des différents processus et donc de comprendre ce qui s'est passé lors d'un problème notamment. Dans le cas des indicateurs pour la recherche, ils contribuent à mesurer la performance du système en terme de biométrie. Après l'analyse avec M. Samuel Péloquin (Intégratik) des indicateurs préalablement identifiés par M. Daniel Olano (Intégratik), nous avons affiné les indicateurs pour l'application. En m'appuyant sur la revue de la littérature et sur les discussions avec le Dr Éric Granger (ÉTS), j'ai sélectionné les indicateurs pour

leur performance au niveau biométrique. Voici les indicateurs primordiaux pour l'évaluation des performances :

- le nombre d'essais d'identification avec les empreintes digitales,
- la réussite ou non de l'identification,
- et la réussite ou l'échec de l'inscription.

Ces données permettent de construire un graphique du taux de détection en fonction du nombre d'essais. Il permet de mesurer l'efficacité du système. Ainsi, moins il faut d'essais pour atteindre 100% de détection, plus le système est efficace.

Pour mettre en place les indicateurs, Samuel et moi avons créé des pseudo-diagrammes d'activités permettant de bien voir où il fallait implanter les indicateurs. Je parle de pseudo-diagrammes parce qu'ils ne respectent pas forcément les spécifications SQL. Leur but est surtout d'aider à la compréhension. Les diagrammes pour le kiosque libre-service et pour la réception sont ajoutés ci-après. Samuel a créé les méthodes utilisées pour sauvegarder les indicateurs dans la base de données. J'étais chargé de les implanter aux bons endroits dans le code. Ma partie du travail peut sembler très simple mais ce n'est pas le cas du tout. Le code ressemble très franchement à ce que l'on appelle communément un plat de spaghettis. Toute la réception est gérée en une seule classe et il en est de même pour le kiosque. De plus, pour le kiosque, il n'y a que trois boutons qui sont renommés à la volée pour changer leur comportement. Pour ajouter encore un peu plus de complexité, le code n'est pas du tout commenté. Implanter les indicateurs m'a donc pris trois jours complets, le temps d'essayer de comprendre le code, d'ajouter les indicateurs et de tester le tout.

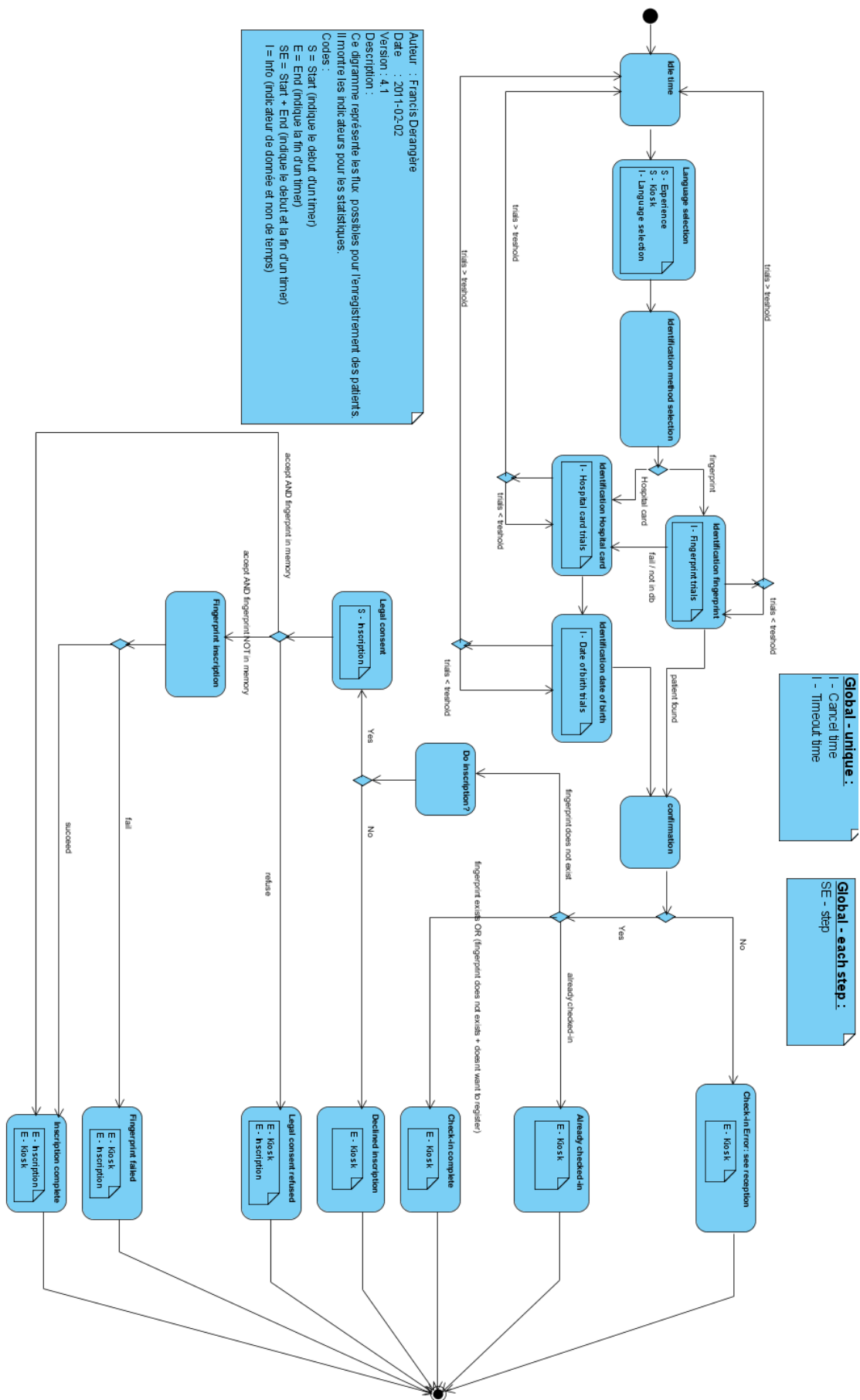


Figure 14 : Indicateurs du kiosque

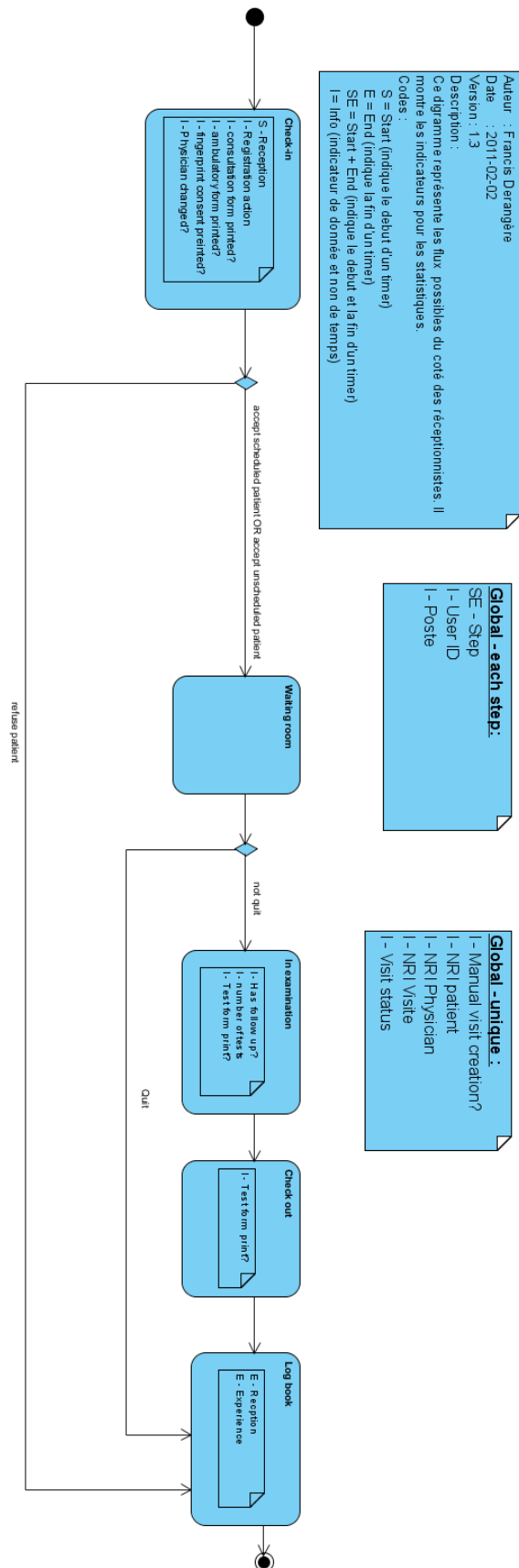


Figure 15 : Indicateurs de la réception

5.4.1.5. Génération de données de test

Pour gagner du temps lors des tests de l'application, nous avons besoin de données de test. Par exemple, des patients dans toutes les listes de la réception ou encore la liste des tests médicaux et leur description. Ces données sont générées à partir de scripts SQL commentés expliquant comment les utiliser et comment les exécuter. Prenons pour exemple les patients répartis dans les différentes listes. Le traitement initial est de modifier la date avant de l'exécuter : sans cette étape, il n'y aura aucune donnée dans le log book puisqu'il n'affiche que les patients de la journée en cours. Ainsi, le champ date à modifier, sous la forme YYYY-MM-DD, est facile à remplacer avec un « Ctrl+H ».

Les données de tests sont très importantes pour l'application et doivent être cohérentes. Si elles ne sont pas cohérentes, on peut ne pas voir des problèmes applicatifs et ainsi passer à côté de bugs.

5.4.1.6. Scripts SQL de création de vue

Pour réaliser les statistiques avec les indicateurs lors de la phase I, Daniel Olano utilisait EMS SQL Manager pour importer les données de la table des indicateurs dans MS Excel. Après l'avoir vu mettre une demi-journée pour traiter les données, je lui ai proposé de créer des scripts de création de vues permettant de calculer les données qui lui étaient nécessaires pour l'analyse des résultats l'application. Les scripts permettaient de faire des statistiques journalières ou mensuelles en créant et exploitant des vues. Quatre vues sont créées par le script :

- Patient registered : tous les indicateurs et informations non confidentielles des patients qui se sont inscrits au système.
- Patient not in db : tous les indicateurs et informations non confidentielles des patients qui ont voulu s'inscrire au système et qui ne sont pas présents dans la base de données
- Fingerprint fail : tous les indicateurs et informations non confidentielles des patients qui n'ont pas pu s'enregistrer dans le système à cause d'un problème de lecture de leur empreinte.
- Sommaire : récapitule le nombre de patients pour chaque vue en une vue sommaire.

Utiliser le script fait gagner beaucoup de temps pour formaliser les statistiques et les présenter aux différents partis prenants.

5.4.1.7. Problèmes rencontrés

Certains patients ne peuvent pas utiliser le système parce qu'ils ne sont pas dans la base de données que nous fournit l'hôpital. Comme certaines données sur le dossier des patients sont jugées sensibles, l'hôpital ne souhaite pas que le système soit intégré avec les autres systèmes de l'hôpital. Ainsi, on ne dispose qu'une copie partielle (informations nécessaires au bon fonctionnement de l'application) de la base de données des dossiers des patients. Ceux qui ne sont pas dans cette base de données ne peuvent donc pas s'identifier sur notre système ce qui entraîne une grosse perte d'image d'empreintes.

Pour ce qui est du développement pur du prototype, il fallait qu'il s'intègre dans le système déjà développé par Intégratik. Or le cadriciel n'est ni commenté ni documenté et le code n'est pas commenté dans la grande majorité des cas. Et comme il faut absolument utiliser leur cadriciel pour intégrer les modules du projet, cela n'a pas été facile. J'ai beaucoup travaillé avec Samuel Péloquin et Daniel Olano qui m'ont aidé à utiliser le cadriciel et intégrer mon code à leur application.

5.4.2. Développement de la méthodologie expérimentale

La méthodologie s'est construite en suivant les pistes sorties lors des rendez-vous avec Alain April et Éric Granger. Chaque rendez-vous apporte des pistes différentes et des articles de recherche. C'est en lisant ces articles et en approfondissant les notions évoquées lors des entretiens. La série d'itérations a donné cette méthodologie, qui est très largement inspirée de la piste dégagée au premier entretien : l'article du CISDA (Evolution and Evaluation of Biometric System, 2009).

5.4.2.1. La méthodologie

Le CISDA propose une méthodologie décomposée en quatre étapes. L'étape préliminaire correspond à la préparation des données. La première étape est l'encodage des images. Ensuite, il y a l'étape de correspondance et pour finir, une analyse multi ordre.

Étape 0 : Préparation des données

La préparation des données consiste en la sélection des échantillons de données de tests pour l'inscription et le passage. Les échantillons doivent être de taille (N) différente pour mesurer le comportement de système avec peu d'utilisateurs et beaucoup d'utilisateurs. Par exemple, on peut choisir des échantillons de 100, 500 et 1000 empreintes pour l'inscription. Il doit y avoir plusieurs empreintes de passage (K) pour chaque image d'inscription.

Pour les étapes suivantes, il faut utiliser un échantillon à la fois en commençant par le plus petit et mesurer le temps entre chaque étape. Si la durée dépasse celle prévue, il n'est pas nécessaire de continuer avec des échantillons de plus grande taille. Voici un exemple de temps pour les étapes avec un système pour la reconnaissance des iris.

N	100	500	1000	5000	10k	20k	50k
Étape 1	5'	30'	1h	6h	12h	1d	3d
Étape 2	0.5-20'	1'-6h	5'-1d	2h-1w	4h-1m	8h-4m	3d-1y+
Étape 3	10'-3h	30'3d	1h-2w	8h-50w	17h-4y	1.5d-16y	5d-100y

(Source : TABLE VI Time required to encode and match datasets of different sizes, *Evolution and Evaluation of Biometric System*, CISDA 2009)

Étape 1 : Encodage des images

Dans cette étape le système acquiert l'image. Ce qui est intéressant à cette étape, c'est de connaître les échecs d'acquisition pour les images de passage et pour les images d'inscription. C'est aussi ici que l'on trouve normalement des indicateurs sur la qualité des images.

Pour le système actuel, les indicateurs de qualité d'image ne sont pas disponibles (Verifinger est une boîte noire). Il en sera de même pour le prochain système avec le nouveau capteur. Il y a cependant une petite différence, le capteur possède un détecteur de qualité intégré permettant de valider ou non l'envoi de l'image à l'application.

Seuls les indicateurs de réussite ou d'échec de l'inscription (FTA.E, Failure To acquire. Enroll) ou du passage (FTA.P, Failure To acquire. Passage) seront alors pris en compte.

Étape 2 : Correspondance

Le but ici, est d'obtenir tous les résultats pour toutes les données disponibles en utilisant la configuration et les seuils par défaut puis d'autres configuration/seuils possibles. Tester avec les configuration/seuils par défaut puis des configuration/seuils fixés permet de valider si la configuration et les seuils définis apportent vraiment un gain pour l'application.

Étape 2a :

Dans cette sous étape, il faut recueillir, si disponible, tous les résultats (scores) pour l'échantillon d'inscription. Il faudra aussi mesurer le taux d'acceptation (FAR, False Acceptance Rate) et le taux de réjection (FRR, False Rejection Rate).

Tous les scores devraient être très élevés (proche de 100% pour la correspondance) et les taux FAR et FRR devraient être proches de zéro puisque ces images ont servi à l'inscription.

$$FAR = \frac{\#False\ Accepts}{(N - FTA.E)}$$

$$FRR = \frac{\#False\ Rejects}{(N - FTA.E)}$$

Pour le système actuel avec le scanner TCRU1C et pour celui avec le scanner Venus, les scores ne seront pas disponibles. Verifinger retourne seulement le template qui obtient le plus haut score.

Étape 2b :

Mêmes métriques que précédemment, il faut recueillir, si disponible, tous les résultats (scores), le FAR et le FRR pour l'échantillon de passage.

C'est ici que la configuration joue, les seuils fixés influent sur le FAR et FRR. Les deux taux étant dépendants l'un de l'autre.

$$FAR = \frac{\#False\ Accepts}{(P - FTA.P)}$$

$$FRR = \frac{\#False\ Rejects}{(P - FTA.P)}$$

Remarque :

Normalement, pour cette 2^{ème} étape, il faudrait aussi relever les scores pour des échantillons d'impoteurs de la même taille que l'échantillon actuel. Seulement, pour avoir des échantillons d'impoteurs, il faudrait le double de données : chaque échantillon doit avoir son équivalent en taille d'impoteur. Ce qui n'est pas envisageable pour le moment. L'autre alternative serait d'acheter une base de données d'un organisme tel que le NIST pour avoir facilement les impoteurs. Mais cette solution impliquerait de modifier le logiciel pour avoir une interface permettant de le tester. Cette interface devrait pouvoir prendre un dossier d'image en entrée et donner en sortie le nom de la personne identifiée ou « échec ». Pour le moment, une telle interface n'est pas en place. Il n'y a donc pas de test pour les impoteurs. Ceci implique un grand manque pour l'interprétation des courbes dans l'étape suivante puisque l'on connaît la répartition des scores des patients légitimes mais pas des impoteurs.

Étape 3 : Analyse multiordre

Étape 3.a : Ordre-0

Il n'y a pas d'analyse en tant que telle dans cette sous étape, il n'y a que de la visualisation graphique utilisant les données brutes tirées des étapes précédentes. Ce niveau d'analyse permet d'identifier un éventuel problème avec les données ou avec l'algorithme de reconnaissance. Il ne permet pas de quantifier ni de qualifier la performance du système.

Les graphiques qui sont réalisés représentent la fonction de distribution des probabilités (PDF, Probability Distribution Function) dont voici l'allure :

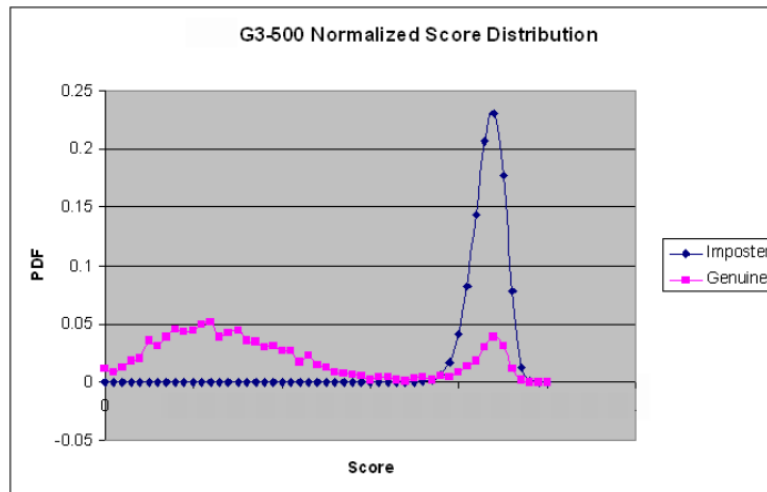


Figure 16 : Fonction de distribution des probabilités

(Source : Figure 9, CISDA 2009 « *Evolution and Evaluation of Biometric Systems* »)

Sur la figure 9 on retrouve la distribution des imposteurs et celle des véritables patients. C'est ici qu'on mesure la perte d'information créée par le manque des échantillons des imposteurs.

Remarque :

Il reste trois autres ordres pour compléter la méthodologie permettant d'évaluer un système biométrique. Ces autres ordres sont décrits en détail dans l'article sur la méthodologie du CISDA. Faute de temps, je n'aborde aucun de ces ordres dans la méthodologie actuelle.

5.4.2.2. Les métriques, significations et acronymes

P = Taille de l'échantillon de passage

N = Taille de l'échantillon d'inscription

FTA.P = Nombre d'échecs d'acquisition pour l'échantillon de passage

FTA.E = Nombre d'échecs d'acquisition pour l'échantillon d'inscription

FAR = Taux de fausses acceptations

FRR = Taux de faux rejets

5.4.3. Préparation de l'étude de cas : application de la méthodologie au 1er capteur

5.4.3.1. Environnement physique

L'environnement de test est la clinique d'endocrinologie de l'hôpital Général Juif (JGH) de Montréal. La clinique reçoit plus de 300 patients par jour pour 5 médecins. Le docteur Marc TRIFIRO est l'un d'entre eux. Les 16000 patients de la clinique vont permettre de recueillir les empreintes pour créer les échantillons de test.

Dans cette clinique, il y a quelques spécificités à noter :

- La fréquence des rendez-vous avec le docteur pour un patient est de l'ordre d'une fois tous les six mois ou une fois tous les ans.
- Du fait de la nature des problèmes médicaux que la clinique traite, les patients ont pour la grande majorité au-delà de 40 ans. Ceci implique des empreintes digitales moins facilement lisibles par le scanner.

5.4.3.2. Photos de l'environnement

La clinique d'endocrinologie



Figure 17 : Salle d'attente

Le système : le kiosque libre-service



Figure 18 : le kiosque libre-service avec le scanner TCRU1C

5.4.3.3. Échantillons de test

Les échantillons de test se composent en trois échantillons par capteur de tailles différentes : 100, 500 et 1000 empreintes digitales recueillies avec chacun des capteurs. Ces échantillons sont composés uniquement d'empreintes ayant servi à l'inscription au système.

À chacune des empreintes des échantillons correspondent 3 images dites de passages. Ces images n'ont pas servi pour l'inscription au système. Elles sont recueillies lorsque le patient revient interagir avec le système après son inscription au système.

Nous aurons donc 6 échantillons par scanner : 3 échantillons d'inscription (100, 500 et 1000 empreintes) et 3 échantillons de passage (300, 1500 et 3000 empreintes).

Un code a été attribué aux échantillons pour mieux les reconnaître et dissiper les ambiguïtés possibles. Les échantillons d'inscription au système seront nommés respectivement I100, I500 et I1000 pour les échantillons d'inscription de 100, 500 et 1000 empreintes. De même, les échantillons de passages seront nommés P300, P1500 et P3000 pour les échantillons de passage de 300, 1500 et 3000 empreintes.

Pour des gains de temps, je propose d'utiliser les empreintes des plus petits échantillons pour composer les plus gros. On aurait donc I100 inclus dans I500 lui-même inclus dans I1000. Ainsi, le nombre total d'empreintes à collecter pour l'inscription est de 1000 au lieu de 1600 si on ne réutilise pas les empreintes des autres échantillons. C'est le même principe pour les empreintes de passage : P300 est inclus dans P1500 qui est lui-même inclus dans P3000. On ne doit donc récolter que 3000

empreintes de passage au lieu de 4800. De plus cette technique ne biaise pas les tests puisque l'on cherche surtout à voir le comportement de l'application lorsqu'il y a beaucoup de données.

5.4.3.4. Collecte des empreintes digitales

Processus d'inscription au système

Le processus d'inscription au système correspond à la phase I de l'implantation dans la clinique. Dans cette phase, les patients avaient la possibilité d'enregistrer leur empreinte digitale pour que la prochaine fois, lorsque le système complet serait en place, ils aient juste à se présenter au kiosque et poser leur empreinte sur le scanner pour signaler leur arrivée à la réception. Cette phase s'est déroulée du 1^{er} octobre 2010 au 1^{er} novembre 2010. Lors de cette phase, nous avons recueilli 492 empreintes avec le scanner TCRU1C d'UPEK.

Lors de la phase II (identification), nous avons aussi récolté 49 empreintes d'inscription de patients se sont inscrits au système. Une fois encore le scanner utilisé a été le TCRU1C d'UPEK.

Collecte des empreintes de passage

Le développement du module de sauvegarde des empreintes de passage s'est terminé le 20 décembre 2010. La collecte des empreintes de passage aurait dû commencer à partir du 17 janvier 2011, lors de l'implantation prévue ce jour. Cependant, le kiosque libre-service n'a pas été utilisé avec les empreintes digitales jusqu'à la fin du projet le 4 mars 2011.

5.4.3.5. Problèmes de lecture des empreintes

Les personnes âgées de plus de 70 ans représentent environ 65% des échecs d'inscription au système.

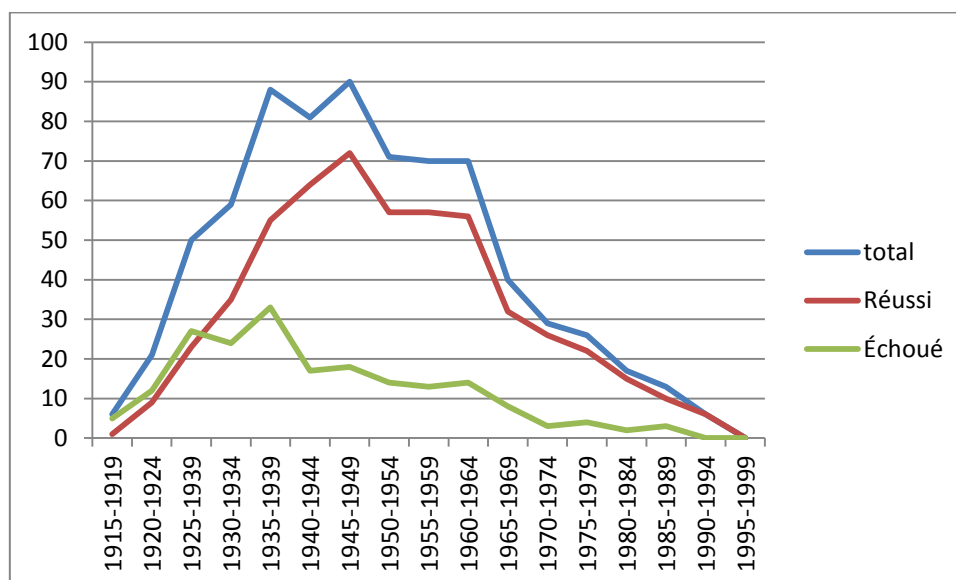


Figure 19 : Graphique des statistiques d'inscription au système en fonction de la tranche d'âge

Sur le graphique, on trouve le nombre d'inscriptions en ordonnée et l'année de naissance du patient en abscisse. Pour nous faire une idée de l'âge des patients, nous étions en 2010 lors de la création de ce graphique.

Le problème vient du fait que les personnes âgées ont des doigts abîmés, calusés et souvent cornés. Le scanner n'est pas capable de lire les empreintes digitales. C'est aussi le cas de travailleurs manuels qui ont les doigts abîmés par leur travail. Leurs doigts sont souvent secs, avec des de la corne et des cicatrices.

5.4.4. Problèmes rencontrés

Le pire problème rencontré, qui a beaucoup retardé le projet est le vol du kiosque libre-service et du scanner à l'hôpital dans la nuit du 5 novembre 2010. La récolte d'empreinte et autre a donc été stoppée jusqu'au 18 janvier 2011. L'utilisation du système n'a duré que pour la journée. Lors de l'implantation suivante ayant eu lieu le 20 janvier 2011, le module de lecture d'empreinte digitale n'a pas été utilisé. Ni lors des deux implantations suivantes le 15 février 2011 et le 22 février 2011. Ainsi la quantité de données et le temps restant n'ont pas été suffisants pour appliquer la méthodologie.

Pour ce qui est de la mise en place du scanner Venus de Lumidigm, Alain April m'a demandé de vérifier la sécurité du scanner avant de faire que ce soit. Les mesures de sécurité en place pour le scanner étant nulles pour le moment, le Venus de Lumidigm n'a pas été installées. Seul le kiosque est protégé par une chaîne attachée au bureau depuis le vol du premier kiosque. Normalement, l'hôpital est censé commander un meuble qui sécurise le kiosque et le scanner depuis le début du projet. Cependant, il n'est toujours pas en place à la fin de ma contribution. L'installation reviendra alors à quelqu'un d'autre quand les mesures de sécurité adéquates seront en place.

5.4.5. Interprétation des résultats

Il n'y a pas d'interprétation des résultats à proprement parler puisqu'il n'y a pas vraiment de résultats. Au 3 mars 2011, nous avons récolté 589 empreintes digitales d'inscription, aucune empreinte de passage et aucune empreinte pour les imposteurs. La méthodologie expérimentale n'a pas pu être appliquée du fait du manque de données.

La solution d'achat d'une base de données de référence du NIST ou d'un autre institut a été envisagée, mais n'a pas été choisie puisque cela implique de passer outre le scanner et donc de ne pas valider la modification apportée au système. De plus il serait nécessaire de modifier le logiciel pour présenter une interface de test comme discuté en remarque dans l'étape 2a de la méthodologie.

La récolte d'empreinte avec le premier capteur a confirmé le problème de la lecture d'empreinte en échouant à la lecture des empreintes digitales de 23.5% des patients soit 230 patients sur 979 ayant utilisé le système. Cela a aussi soulevé les problèmes suivants :

- l'hôpital n'est pas encore prêt en termes de sécurité pour l'installation du nouveau scanner.
- la base de données des dossiers des patients limite la collecte d'empreintes, 160 patients sur 979 n'étaient pas dans la base de données, soit 16.3% des patients qui ont utilisé le système.
- si on cumule les échecs de lecture et les patients non présents dans la base de données, on obtient près de 40% des patients qui ont utilisé le système (390 patients pour être exact), ce qui représente presque les empreintes manquantes pour avoir tous les échantillons d'inscription.
- l'utilisation des empreintes digitales n'est pas la priorité de l'hôpital ni d'Intégratik, c'est juste un module attrayant. La priorité est un système permettant l'accélération des

processus administratifs de la réception, ce qui est le cas avec le processus utilisant la carte d'hôpital plutôt que les empreintes digitales.

5.4.6. Travaux futurs

5.4.6.1. Méthodologie

Pour commencer, il faut prendre en compte les échantillons d'impoteurs dans l'étape préliminaire (étape 0). Ensuite, il faut compléter les analyses multi-ordre en se basant sur l'article du CISDA « Evolution and Evaluation of Biometric Systems » de 2009. Pour finir, la méthodologie sera amenée à être modifiée et améliorée pour prendre en compte de nouveaux paramètres apportés par les différentes modifications apportées du système.

5.4.6.2. Système actuel

Il faut finir d'évaluer le système avec le scanner TCRU1C en appliquant la méthodologie. Il faut compléter les échantillons d'inscription et recueillir les échantillons de passages d'impoteurs. L'application devra avoir une interface de test pour que les échantillons d'impoteurs puissent être achetés dans une base de données de référence.

Ensuite il faudra valider le changement du scanner avant de pouvoir continuer à apporter des modifications au système.

5.4.6.3. Système futur

Le changement de l'algorithme Verifinger par un algorithme développé par des étudiants et chercheurs de l'ÉTS serait une bonne alternative pour les travaux futurs. En effet, cela donnerait plus de contrôle sur un aspect important du système et libérerait des contraintes de licences commerciales.

Une autre piste intéressante pour améliorer le système serait de chercher à diminuer le nombre de faux positifs et de vrai négatif en essayant la fusion avec une autre modalité fiable. La fusion reste une bonne approche si elle est utilisée avec des modalités de même précision. Suivant comment la fusion est mise en œuvre les résultats peuvent être très intéressants en terme de précision. L'ÉTS possède des algorithmes de reconnaissance de signatures développés en interne par les chercheurs. Ces algorithmes sont performants et pourraient bien être une solution pour la fusion avec les empreintes digitales.

6. Conclusion

Grâce à ce projet de recherche, je suis entré en contact avec le domaine de la biométrie, j'ai pu apprendre ses enjeux et ses limites à travers la littérature et les échanges avec des experts du domaine. J'ai aussi été confronté au domaine médical en participant aux implantations successives de l'application dans la clinique d'endocrinologie. La confidentialité des données joue un rôle majeur dans le secteur des technologies de l'information dans le domaine médical. Ainsi, j'ai pu assister à la résistance du département TI aux implantations et parallèlement aux demandes d'intégration du système aux autres systèmes de l'hôpital.

J'ai été amené à beaucoup travailler en équipe avec différents intervenants français et anglais dans différents environnements :

- M. Samuel Péloquin, M. Daniel Olano et M. Claude Éthier à Intégratik pour développer le prototype expérimental du système de reconnaissance des empreintes digitales ;
- M. Alain April et M. Éric Granger de l'ÉTS pour élaborer la méthodologie et orienter mes recherches ;
- En anglais, avec le Dr Marc Trifiro et M. Chris Polykandriotis au JGH lors des implantations et des tests utilisateurs en environnement réel.

Après avoir goûté au domaine de la recherche, je ne pense pas m'orienter dans ce domaine. J'ai particulièrement apprécié le travail d'équipe sur le prototype du logiciel, les implantations et les tests utilisateurs en environnement réel. J'aime développer et faire vivre mes applications.

7. Bibliographie

- École de Technologie Supérieure (ÉTS), 2011, En ligne. Consulté le 9 février 2011

<http://etsmtl.ca/A-propos/ETS-en-bref/Presentation>

- Cadre de Basili, Basili, V. R., Selby, R.W., Hutchens, D.H., Experimentation in Software Engineering, IEEE Trans. On Software engineering, Vol. SE-12, No. 7, July 1986, pp. 733-743
- Cadre de Basili adapté au génie logiciel, Pierre Bourque (2000), UQAM. En ligne. Consulté le 10 février 2011

<http://www.gelog.etsmtl.ca/publications/pdf/532.pdf>

- CISDA

<http://ottawa.ieee.ca/ci/cisda2010/index.html>

- CISDA 2009 « Evolution and Evaluation of Biometric Systems », Dmitry O. Gorodnichy

<http://videorecognition.com/doc/publications/09-cisda-evol-eval-P.pdf>

- Fingerprint recognition - Wikipedia, 28 Janvier 2011, En ligne. Consulté le 18 février 2011

http://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint_recognition

- FVC onGoing :

<https://biolab.csr.unibo.it/fvcongoing/UI/Form/BenchmarkAreas/BenchmarkAreaFMISO.aspx>

- Intégratik, 2010, En ligne. Consulté le 9 février 2011

<http://www.integratik.com/fr/>

- Jewish General Hospital, 2010, En ligne. Consulté le 9 février 2011

<http://www.jgh.ca/fr/Missionetvaleurs>

- Lady Davis Institute, 2010, En ligne. Consulté le 9 février 2011

<http://www.ladydavis.ca/>

- NIST

<http://www.itl.nist.gov/iaui/894.03/fing/fing.html>

- [Dossier peau] Généralités sur la peau, publié le 27 juillet 2010, consulté en ligne le 21 février 2011

http://www.news-de-stars.com/beaut%E9/dossier-peau-generalites-sur-la-peau_mrm105468.html,

8. Annexes

ANNEXE 1 : Comparatif des SDK de reconnaissance faciale

ANNEXE 2 : Proposition de scanner

ANNEXE 1 : Comparatif des SDK de reconnaissance faciale

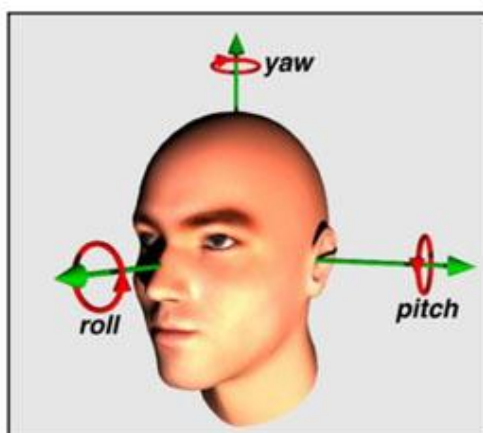
Liste des entreprises proposant des SDK pour la reconnaissance faciale

Nom	Site internet	Commentaire
Avalon Biometrics	http://www.avalonbiometrics.com/	Que de la quality assurance pour les images pas de matcher ni d'identification
Ayonix	http://www.ayonix.com/	Aucune information
Betaface	Betaface.com	
Cognitec systems	http://www.cognitec-systems.de/	Trop cher
Cross Match Tech	Cross Match Technologies, Inc.	Pas de SDK
Cybuya	Cybula Ltd.	Pas de SDK / reconnaissance 3D
Geometrix	Geometrix, Inc.	Site internet non disponible
Luxand	http://www.luxand.com/	
L-1 identity solutions	L-1 Identity Solutions, Inc.	Ne cible pas trop les entreprises, plus le gouvernement
Neurotechnology	http://www.neurotechnology.com/	
Omniperception	http://www.omniperception.com/	
OpenCV	http://opencv.willowgarage.com/	
Pitt Patt	Pittsburgh Pattern Recognition	
Sensible vision	http://www.sensiblevision.com/	Aucune information
Visage technology	http://www.visagetechologies.com/	Pas d'identification ni apprentissage

Hypothèses

- L'installation se fait sur les 3 PC de l'hôpital
- Base de données de 50,000 patients
- Configuration de la machine :
 - Intel Pentium G6950 Processor (2.8GHz,3M Cache)
 - 2GB PC3-10600 1333MHz SoDIMM (1 DIMM)
 - Integrated Webcam
 - SATA 320GB 7200 RPM/3Gb/8M

Définitions



$-90^\circ < y < -45^\circ$	$-45^\circ < y < -15^\circ$	$-15^\circ < y < +15^\circ$
1.LEFT_EYE 2.EYE_NOSE 3.NOSE_BRIDGE 4.MOUTH	1.LEFT_EYE 2.RIGHT_EYE 3.NOSE_TOP 4.NOSE_BRIDGE 5.NOSE_TIP 6.NOSE_BASE	1.LEFT_EYE 2.RIGHT_EYE 3.NOSE_TOP 4.NOSE_BRIDGE 5.NOSE_TIP 6.NOSE_BASE

OmniPerception

Site internet

http://www.omniperception.com/products/affinitytm_sdk

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages			
Vitesse de détection			
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#		Oui	
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)		Photos/vidéo	
Vérification de la qualité des images			
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage			
Temps d'apprentissage		3sec maxi	
Extraction de caractéristiques		Template	
Taille des caractéristiques sur le disque			
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance		-15..15° rotation -15..15° yaw -15..15° pitch	<u>Futur</u> : -15..15° rotation <u>Futur</u> : -40..40° yaw <u>Futur</u> : -25..25° pitch
Résolution minimum des images		20 pixels entre les yeux minimum 50 pixels correct	
Génération d'images ISO 19794-5		Oui	
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence		40,985\$ (25,000£) <u>Partenaire</u> : 8,197\$ (5,000£)	
Prix total		40,985\$ (25,000£) Partenaire : 8,197\$ (5,000£)	

Visage technologies

Site internet

<http://www.visagetechnologies.com/products.html>

Tableau des caractéristiques

Caractéristique		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages			
Vitesse de détection			
Application			
Identification (1 : n)		Non	
Compatible C#			
Apprentissage		Non	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)			
Vérification de la qualité des images			
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage			
Temps d'apprentissage			
Extraction de caractéristiques			
Taille des caractéristiques sur le disque			
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance			
Résolution minimum des images			
Génération d'images ISO 19794-5			
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence			
Prix total			

Cognitec

Site internet

<http://www.cognitec-systems.de/FaceVACS-SDK.19.0.html>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages			
Vitesse de détection			
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#		Oui (dvp en C++)	
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)			
Vérification de la qualité des images		Oui (méthodes disponibles)	
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage		1 8-12 (toutes différentes de quelques degrés 10-15 horizontal et vertical)	
Temps d'apprentissage			
Extraction de caractéristiques			
Taille des caractéristiques sur le disque			
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance			
Résolution minimum des images			
Génération d'images ISO 19794-5		Oui	
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence			
Prix total		\$34,800 pour 50k personnes dans la BDD \$24,360 (si partenaire)	

Luxand

Site internet

<http://www.luxand.com/facesdk/>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages		Oui	
Vitesse de détection		0.7 sec	
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#		Oui	
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)		photo/vidéo	
Vérification de la qualité des images			
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage			
Temps d'apprentissage		0.117 seconds (8.5 FPS) (at webcam resolution)	
Extraction de caractéristiques		Template	
Taille des caractéristiques sur le disque		16kb	
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance		-30..30 degrees of in-plane rotation -10..10 degrees out-of-plane rotation	
Résolution minimum des images			
Génération d'images ISO 19794-5			
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR		0.017	0.044
FRR		0.016	0.044
EER		0.57	0.4
Coûts			
Prix par licence		300\$	
Prix total		900\$	

Plus d'informations sur les coûts : <http://www.luxand.com/facesdk/order/>

Test

- L'application plante (freeze) au bout de quelques minutes d'utilisation... dommage
- Peu robuste à l'occlusion de la face,
 - Ne pas masquer la bouche, le front ou les yeux
- Peu robuste à la rotation, pitch et yaw
- Robuste aux expressions du visage
- Prend entre 55 et 70% du CPU sur chaque cœur
- Apprentissage rapide

Neurotechnology

Site internet

<http://www.neurotechnology.com/verilook.html>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages		Oui	
Vitesse de détection		0.01-0.14sec	
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#		Oui	
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)		Photos/Vidéo	
Vérification de la qualité des images		Oui (par la fixation d'un seuil de qualité)	
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage			
Temps d'apprentissage		0.062sec	
Extraction de caractéristiques		Template	
Taille des caractéristiques sur le disque		2.3k minimum	
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance		360° pour la rotation -15..15 pitch -15..15 yaw	
Résolution minimum des images		640x480 pixels	
Génération d'images ISO 19794-5			
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence		339€ ~ 455\$	
Prix total		1365\$	

Test

L'application de test fonctionne avec :

- Entre 50% et 60% sur chaque cœur du processeur (Core 2 duo P9600 @ 2.67GHz)
- Apprentissage d'une photo en 3,7sec
- Très sensible aux conditions d'éclairage
- Pas sensible aux yeux fermés pour la détection et la reconnaissance
- Faible angle de rotation pour la reconnaissance (environ 40 degrés max)
- Robuste à l'occlusion pour la détection
- Pour la reconnaissance :
 - Occlusion du bas de la face (tout jusqu'au nez) : correct
 - Occlusion des yeux : non
 - Occlusion partiel d'un œil : oui
 - Occlusion du total du front : oui

Betaface

Site internet

<http://www.betaface.com/Solution.aspx>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages			
Vitesse de détection			
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#		Oui	
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)		Photos/vidéo	
Vérification de la qualité des images			
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage		5 frames of vidéo	
Temps d'apprentissage		1 sec (temps moyen)	
Extraction de caractéristiques			
Taille des caractéristiques sur le disque			
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance		360 degrés rotation -15..15 pitch -15..15 yaw	
Résolution minimum des images		Face detection : 25x25 pixels Face recognition : 120x120pixels	
Génération d'images ISO 19794-5			
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence			
Prix total		7,042\$ (4,995€) 2 PC licence	

Test

<http://www.betaface.com/Demo.aspx>

Pitt Patt

Site internet

<http://www.pittpatt.com/products/>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques		Présence	
Détection des visages			
Plusieurs visages		Oui	
Vitesse de détection			
Application			
Identification (1 : n)		Oui	
Compatible C#			
Apprentissage		Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)		Photos/vidéo	
Vérification de la qualité des images			
Méthode de fusion possible			
Apprentissage			
Nombre d'images pour l'apprentissage		Minimum 1	
Temps d'apprentissage			
Extraction de caractéristiques			
Taille des caractéristiques sur le disque			
Spécifications de reconnaissance			
Angle max de reconnaissance		Yaw: +/- 20 degrees Pitch: +/- 20 degrees Roll: +/- 45 degrees	
Résolution minimum des images		16 pixels between the eyes minimum (24 recommandés)	
Génération d'images ISO 19794-5			
Performances			
Test NIST		FERRET fb	FERRET dup
FAR			
FRR			
EER			
Coûts			
Prix par licence			
Prix total			

Test

http://demo.pittpatt.com/detection_demo/

La démo de face tracking ne fonctionne pas sur mon ordinateur portable, la vidéo s'affiche mal (problème de bruit et de répétition de l'image sur elle-même)

OpenCV

Site internet

<http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

Tableau des caractéristiques

Caractéristiques	Présence	
Détection des visages		
Plusieurs visages	Oui	
Vitesse de détection		
Application		
Identification (1 : n)		
Compatible C#	Oui (wrapper)	
Apprentissage	Oui	
Type de reconnaissance (photo/vidéo)	photo/vidéo	
Vérification de la qualité des images		
Méthode de fusion possible		
Apprentissage		
Nombre d'images pour l'apprentissage		
Temps d'apprentissage		
Extraction de caractéristiques		
Taille des caractéristiques sur le disque		
Spécifications de reconnaissance		
Angle max de reconnaissance		
Résolution minimum des images		
Génération d'images ISO 19794-5		
Performances		
Test NIST	FERRET fb	FERRET dup
FAR		
FRR		
EER		
Coûts		
Prix par licence	Free	
Prix total	Free	

Tableau récapitulatif

Voir le document Excel : « [comparatif des solutions \(SDK\) de reconnaissance faciale RESUME.xlsx](#) »

Bibliographie et références

- Méthodes de reconnaissance : <http://www.face-rec.org/algorithms/>
- Évaluation des méthodes de rec : <http://www.cs.colostate.edu/evalfacerec/index10.php>
- p262 : livre
- Face Rec Vendor Teest : <http://www.frvt.org/>
- Liste des vendeurs : <http://www.face-rec.org/vendors/>

ANNEXE 2 : Proposition de scanner

Introduction

Après les événements qui se sont déroulés récemment à l'Hôpital Général Juif, le rachat du matériel est le moment propice pour choisir un équipement plus performant. Je leur Nous suggère d'investir dans l'achat d'un nouveau scanner d'empreintes digitales : le **Venus** de la compagnie Lumidigm.

Sur les 737 patients ayant testé le système, depuis le début des tests le 1^{er} novembre 2010, nous cumulons à cause du scanner TCRU1C de UPEK :

- 26,7% d'échecs d'inscription (197 patients) dus à des empreintes illisibles.
- 7% de difficultés d'inscription (38 patients) dues à des empreintes partiellement lisibles.

Le Venus de Lumidigm permettrait de réduire le nombre d'échecs d'inscription, d'obtenir de meilleures performances en terme de reconnaissance et de réduire le nombre de patients frustrés par l'échec de leur inscription au système ou la difficulté du capteur à lire leur empreinte.

Statistiques

Sur les 26,7% d'échecs d'inscription mentionnés précédemment, les patients de plus de 71 ans représentent 65,48%. Le reste des échecs autres échecs sont dus correspond aux patients qui ont des empreintes humides ou aux travailleurs manuels.

Grâce au scanner Venus, on devrait être capable de réduire considérablement le nombre des échecs d'inscription ainsi que le nombre de patients qui ont des difficultés pour enregistrer leur empreinte.

Le tableau suivant montre les statistiques, par tranche d'âge, obtenues jusqu'au 18 novembre avec le système. Le problème devient évident pour les personnes âgées. La colonne « pourcentage cumulatif des échecs » indique la proportion des échecs pour un âge au-delà d'une certaine limite. Par exemple, les patients de plus de 81 ans totalisent 91,37% des échecs à l'inscription au système.

Statistiques par tranches d'âge au 18 novembre 2010							
Années naissance	Groupe d'âge	échoué	réussi	total	% échoué	% réussi	% cumulatif des échecs
1915-1919	91-95	5	1	6	83,3%	16,7%	100,00%
1920-1924	86-90	12	9	21	57,1%	42,9%	97,46%
1925-1939	81-85	27	23	50	54,0%	46,0%	91,37%
1930-1934	76-80	24	35	59	40,7%	59,3%	77,66%
1935-1939	71-76	33	55	88	37,5%	62,5%	65,48%
1940-1944	66-70	17	64	81	21,0%	79,0%	48,73%
1945-1949	61-65	18	72	90	20,0%	80,0%	40,10%
1950-1954	56-60	14	57	71	19,7%	80,3%	30,96%
1955-1959	51-55	13	57	70	18,6%	81,4%	23,86%
1960-1964	46-50	14	56	70	20,0%	80,0%	17,26%
1965-1969	41-45	8	32	40	20,0%	80,0%	10,15%
1970-1974	36-40	3	26	29	10,3%	89,7%	6,09%
1975-1979	31-35	4	22	26	15,4%	84,6%	4,57%
1980-1984	26-30	2	15	17	11,8%	88,2%	2,54%
1985-1989	21-25	3	10	13	23,1%	76,9%	1,52%
1990-1994	16-20	0	6	6	0,0%	100,0%	0,00%
TOTAL		197	540	737	26,7%	73,3%	

Explications

En terme de biométrie, trois facteurs sont essentiels pour la reconnaissance correcte d'une empreinte : La zone d'acquisition de l'empreinte, la qualité de l'image obtenue ainsi que la performance de l'algorithme de comparaison.

Le troisième facteur n'étant pas la cause de nos problèmes d'échecs d'inscriptions je m'attarderai sur les deux premiers et examinerai en quoi le scanneur Venus de Lumidigm pourrait diminuer ceux-ci.

Zone d'acquisition de l'empreinte

La zone d'acquisition de l'empreinte digitale est reconnue comme étant le point primordial pour les scanneurs. En effet, plus cette zone est grande, plus l'image contient d'informations sur l'empreinte, et plus les renseignements sont nombreux, plus l'identification du patient est aisée.

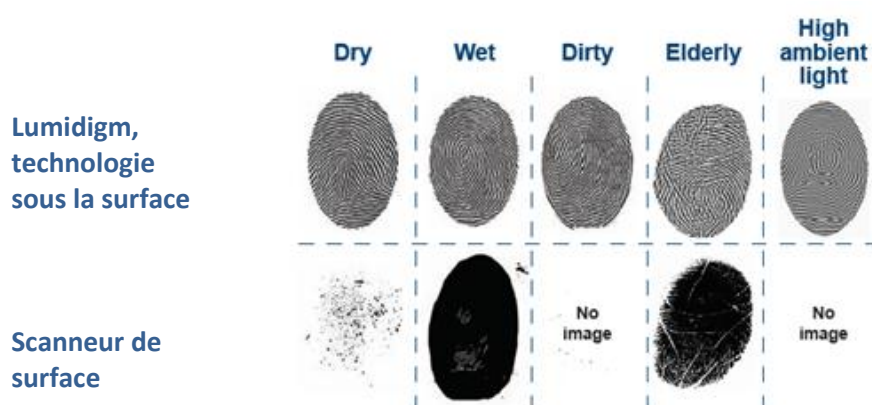
Ainsi, lorsque l'on compare la zone d'acquisition des deux capteurs, on remarque que le Venus de Lumidigm offre une zone d'acquisition deux fois plus importante que celle du TCRU1C d'UPEK.

Scanneur	Résolution (dpi)	Taille d'image (inches ²)	Nombre de points	Valeur	Prix
TCRU1C (Upek)	508	$\pi * \frac{0.5}{2} * \frac{0.7}{2} = 0.27489$	70,939.2	100%	160\$
Venus (Lumidigm)	500	$\pi * \frac{0.7}{2} * \frac{1.1}{2} = 0.60475$	151,189	213%	616\$

Qualité de l'image

La technologie de Lumidigm permet de prendre non pas une image de l'épiderme mais une image à quelques millimètres en dessous de la surface de la peau grâce à un rayon lumineux. Ce procédé améliore la reconnaissance des empreintes digitales en obtenant des images de meilleure qualité pour les doigts dont la surface des empreintes est abîmée (doigts humides, secs, sales, cornés, âgés...).

Le tableau suivant montre la différence entre un capteur utilisant la technologie Lumidigm et un capteur dépourvu de cette technologie.



Compatibilité du système

	Windows 32 bits	Windows 64 bits
TCRU1C (UPEK)	Compatible	NON Compatible
Venus (Lumidigm)	Compatible	Compatible

L'ancien capteur n'est pas compatible avec les versions 64bits des systèmes d'exploitation de Microsoft. Le Venus propose une compatibilité complète avec les versions 32 bits et 64 bits de Windows.

Conclusion

Le Venus offre :

- une zone d'acquisition deux fois plus grande,
- la technologie pour lire les empreintes des patients aux empreintes problématiques (travailleurs manuels, personnes âgées, empreintes humides...),
- une qualité d'image supérieure,
- une compatibilité avec les systèmes accrue.

Ce scanner permettrait d'améliorer grandement l'expérience patient en réduisant les difficultés d'inscriptions ainsi que le taux d'échec dû à des empreintes problématiques. Le taux d'échec réduit permettrait ainsi d'offrir le service automatisé avec empreintes à plus de patients.

Liens

- Site internet Lumidigm : <http://www.lumidigm.com/>
- Venus :
 - <http://www.lumidigm.com/venus-series/>
 - <http://www.biometric-supply.com/lumidigm-venus-ip65.html>
- Site internet UPEK : <http://www.upek.com/>
- TCRU1C : <http://www.biometric-supply.com/upek-touchchip-tcru1c.html>