



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique et Electronique

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour obtenir le Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Signaux et Images en Médecine

Présenté par : AYAD Soumia et BENSABA Wafa

Analyse des cellules sanguines via un terminal mobile

Soutenu le 23 juin 2013 devant le Jury

M.	BECHAR Hassane	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Président
M.	BESSAID Abdelhafid	<i>prof</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Mm.	KAZI TANI Adila	<i>Doctorante</i>	Université de Tlemcen	Co-encadreur
M.	MERZOUGUI Rachid	<i>MCA</i>	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2012-2013

Remerciement

Merci ALLAH de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et la volonté et la patience de mener à terme le présent travail.

Nous tenons à remercier Mr BESSAID Abdelhafid qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail de fin d'étude, nous avons apprécié votre aide et vos conseils si précieux. Votre rigueur scientifique et vos qualités pédagogiques nous ont aidés tout au long de la réalisation de ce travail. Nous vous prions de voir dans ce travail, l'expression de notre estime et de notre reconnaissance.

Nous tenons également à remercier Mr BECHAR Hassane qui nous a fait un grand honneur en présidant ce jury.

Nous exprimons également nos remerciements à Madame KAZI TANI Adila pour leur aide et leur précieux conseil en acceptant d'être Co-encadreur.

Nous adressons également nos remerciements à Mr MERZOUGUI Rachid pour son aide et sa disponibilité ainsi que son soutien durant la réalisation de ce travail en acceptant d'être examinateur.

Dédicaces

A ma mère

Pour son grand amour, ses sacrifices et toutes l'affection qu'elle ma toujours offerte.

A mon père

Pour sa patience et ses considérables sacrifices pour me parvenir à ce niveau.

Spécialement à Abdelillah mon mari pour ses encouragements sa patience et son aide.

A mes frères et ma sœur et leurs familles.

A mon binôme BENSABA Wafa.

À tous mes amis(e) de la promotion SIM.

À tous ceux qui ont participé à ma formation.

Que Dieu vous bénisse.

Soumia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma mère.

Mon cher père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protèges.

Mes adorables sœurs Yousra et Amina.

Mon cher frère Ismail.

Mes grandes mères, mon grand père, mes tante mes oncles.

Mes cousines Amel, Soumia, Asma, Fatima et Wissam.

Mon cousin Mohamed.

Mon binôme AYAD Soumia.

Tous mes ami(e)s de la promotion SIM.

Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Tous ceux qui me sont chers.

Tous ceux qui m'aiment.

Tous ceux que j'aime.

Wafa

Tables des matières

Introduction générale.....	2
<u>Chapitre 1 : Contexte de la télémédecine</u>	
1.1 Introduction.....	5
1.2 Les principales applications de la télémédecine.....	5
1.3 Les apports et les avantages de la télémédecine	6
1.4 Les freins au développement	7
1.5 Services mobiles de santé	8
1.5.1 Objectif	8
1.5.2 Principe de télémédecine sur des terminaux mobiles.....	10
1.6 Organismes, technologies et standards existants.....	10
1.6.1 Réseaux sans fil.....	11
1.6.2 Réseaux d'accès radio-mobiles	12
1.6.3 Modèle TCP/IP.....	14
1.6.4 WAP	15
1.7 Notre vision	15
1.8 Conclusion.....	16
<u>Chapitre 2 : Hématologie cellulaire</u>	
2.1 Introduction.....	18
2.2 Cytomorphologie des cellules sanguines	19
2.2.1 Le frottis sanguin.....	19
2.2.2 Le plasma	20
2.2.3 Les cellules sanguines	20
2.2.3.1 Les globules rouges.....	21
2.2.3.2 Les plaquettes.....	22
2.2.3.3 Les globules blancs.....	22
➤ Les granulocytes.....	22
➤ Les lymphoïdes.....	24
2.2.4 Quelques pathologies du sang.....	26
2.3 Conclusion	29

Chapitre 3 : Acquisition et traitement

3.1	Introduction.....	31
3.2	La chaine de traitement d'images.....	31
3.2.1	Processus d'acquisition des cellules sanguines	32
3.2.2	Prétraitements des images	32
3.2.3	La segmentation.....	35
3.2.3.1	La segmentation basée sur la morphologie mathématique.....	36
3.3	Extraction des caractéristiques	39
3.4	Conclusion.....	40

Chapitre 4 : Résultats et application

4.1	Introduction.....	42
4.2	Extraction des globules blancs (region of interest).....	43
4.3	Segmentation des globules blancs.....	45
4.4	Caractérisation des globules blancs.....	45
4.5	Application sur un terminal mobile.....	56
4.6	Conclusion.....	66

Conclusion générale.....	68
--------------------------	----

Bibliographie.....	69
--------------------	----

Webographie.....	70
------------------	----

Listes des figures

1.1: Plateforme des services de télémédecine.....	9
1.2: Architecteur du modèle TCP/IP.....	14
2.1 : Une goutte de sang sur une lame de verre.....	19
2.2 : Mise en contact de la lamelle avec le sang.....	20
2.3 : Réalisation de frottis sanguin.....	20
2.4 : Différentes cellules sanguines vus au microscope optique.....	21
2.5 : Aspect des érythrocytes en microscopie optique.....	21
2.6 : Aspect en microscopie électronique.....	21
2.7 : Les plaquettes sanguines.....	22
2.8 : Aspect des neutrophiles en microscopie optique.....	23
2.9 : Neutrophiles.....	23
2.10 : Aspect des éosinophiles en microscopie optique.....	23
2.11 : Eosinophiles.....	24
2.12 : Aspect des basophiles en microscopie optique.....	24
2.13 : Basophile.....	24
2.14 : Aspect des lymphocytes en microscopie optique.....	25
2.15 : Lymphocytes.....	25
2.16 : Aspect des monocytes en microscopie optique.....	26
2.17 : Monocytes.....	26
3.1 : La chaine classique du traitement d'images.....	32
3.2 : L'acquisition de l'image cellulaire.....	33
3.3 : Les notions de bassins versants, minimas et la ligne de partage de eux.....	38
3.4 : Construction de la L.P.E par inondation.....	38
4.1 : La structure proposée pour la segmentation du WBC dans notre cadre de travail.....	43
4.2 : Extraction de la région d'intérêt(a)image couleur initial(b) le canal vert de l'image.....	44
Couleur (c) histogramme du canal vert (d) masque binaire du noyau (e) centre de	
Gravité sur le masque binaire du noyau (f) extraction de la région d'intérêt.	
4.3 : (a) Image initiale,(b) sous-image de (a).....	45
4.4 : (a) Composante vert de l'image,(b)histogramme de la composante vert de l'image.....	45
(c) masque binaire du noyau,(d) masque binaire du cytoplasme et des hématies.	
4.5 : (a) Masque binaire du noyau obtenu après seuillage,(b) masque binaire du noyau.....	46
(après filtrage surfacique+bouchage des trous),(c) extraction du noyau.	

4.6 : (a) Masque binaire du cytoplasme obtenu après seuillage,(b) masque binaire du.....	46
Cytoplasme (après filtrage surfacique), (c) extraction du cytoplasme.	
4.7 : (a) Périmètre du noyau, (b) périmètre du cytoplasme, (c) segmentation du globule.....	47
Blanc.	
4.8 : (a) Image initiale, (b) sous-image (la région d'intérêt « globule blanc »), (c) la	48
composante vert de la sous-image, (d) masque binaire du noyau, (e) extraction du Noyau, (f) masque binaire du cytoplasme (après filtrage surfacique), (g) extraction Cytoplasme.	
4.9 : (a) Masque du cytoplasme et des hématies, (b) la fonction distance du masque.....	49
(c)LPE sur la fonction distance, (d) résultat de la segmentation de la LPE sur la Fonction distance, (e) masque binaire du cytoplasme, (f) extraction du cytoplasme (g) périmètre du cytoplasme, (h) périmètre du noyau, (i) segmentation du globule Blanc.	
4.10 : (a) Image de la région d'intérêt, (b) la composante vert de l'image, (c) masque du.....	49
Cytoplasme, (d) masque du noyau, (e) extraction du cytoplasme, (f) extraction du Noyau, (g) noyau segmenté.	
4.11 : (a) Canal vert de l'image, (b) gradient du canal vert de l'image,(c)LPE sur le.....	51
gradient du canal vert de l'image (sur-segmentation), (d) canal vert filtré, (e) gradient du canal vert filtré, (f) LPE sur le gradient du canal vert filtré (sur-segmentation).	
4.12 : (a) Marqueur interne, (b) marqueur externe, (c) la superposition des marqueur sur	52
L'image gradient, (d) résultat de LPE sur le gradient contenant les marqueurs, (e)masque binaire du noyau, (f) extraction du noyau , (g) segmentation du globule blanc.	
4.13 : L'application réalisée.....	57
4.14 : L'interface utilisateur.....	59
4.15 : (a) Lancement de l'application , (b) interface thème.....	61
4.16 : (a) Authentification, (b) authentification incorrecte.....	61
4.17 : (a) Menu d'accès, (b) connexion.....	62
4.18 : L'image 1 segmentée (contour de noyau et contour de cytoplasme).....	62
4.19 : (a) L'activation du bouton détails1, (b) l'image1 segmenté avec ses paramètres.....	63
Calculés tels que (la surface et le périmètre du noyau et cytoplasme, le diamètre, le rapport RNC).	
4.20 : (a) Le bouton NEXT , (b) la 2eme image à segmenter.....	63

- 4.21 : Fenêtre de la 2eme image à traiter , (a) image à traiter et l'image segmenté64
segmenté et ces paramètres, (c) le bouton **NEXT** pour passer a l'image suivante, (d) la
fenêtre de la 3eme bouton.
- 4.22 : (a) La fenêtre de la 3eme image à traiter, (b) image à traiter et l'image segmenté.....65
(c)L'image segmentée et ces paramètres, (d) le bouton **BACK** pour revenir à l'étape
précédente.

Listes des tableaux

- Tableau 4. 1: Quelques paramètres de forme calculés.....54
- Tableau 4. 2: Exemple des résultats de la mesure du diamètre ainsi que le rapport RNC....55
des globules blancs.

Liste des abréviations

EDGE: Enhanced Data for GSM Evolution.

FAS: Filter Alterné Séquentiel .

GSM: Global System for Mobile communication.

GPRS: General Packet Radio Service .

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access.

HSUPA : High Speed Uplink Packet Access .

TTP : Hypertext Transfer Protocol.

HTML : HyperText Markup Language.

IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers.

IP : Internet Protocol.

LTE : Long Term Evolution.

LPE : La ligne de partage des eaux.

MGG : Grünwald Giemsa.

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

TCP : Transport Control Protocol.

UDP : User Datagram Protocol.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System.

UWB : Ultra WideBand .

WAP : Wireless Application Protocol.

WBC : white blood cell.

WLAN: Wireless Lan Area Networks.

WPAN:Wireless Personal Area Networks .

Résumé

Notre projet «Analyse des cellules sanguines via un terminal mobile » consiste à appliquer des méthodes de segmentation des images médicales dans notre projet nous exploitons des images de frottis sanguin nous intéressons plus particulièrement aux globules blancs donc il faut appliquer des techniques performantes et efficaces pour entourer et isoler les globules blancs au reste des composantes du sang et du calculer certaines caractéristiques qui aident le médecin à donner une meilleure interprétation de ces images .ainsi ce projet consiste à développer une application qui permette à un médecin de télécharger ces images et ces caractéristique qui sont stockés dans un serveur sur un terminal mobile à distance.

Mot de passe : cellules sanguines, segmentation, caractérisation, terminal mobile.

Introduction générale

Introduction générale

L'une des principales sources de changement dans le système de santé est actuellement la numérisation et la mise en réseau technique, se traduisant par le développement de la télémédecine. [1]

La télémédecine est plus bénéfique pour les populations vivant dans des communautés isolées et dans des régions éloignées souffrant d'une pénurie de spécialistes ou dans des zones où l'accès aux soins est difficile et elle est actuellement appliquée dans pratiquement tous les domaines médicaux. [2]

L'utilisation de tout moyen technique et de toute méthode permettant à distance la pratique médicale [3] a pour finalité l'amélioration de la qualité des services de santé, par la diffusion croissante de l'internet et des autres technologies de communications (téléphone mobile,...). [4]

Le développement, plus récent, de la téléphonie mobile accentue le mouvement d'appropriation progressive du domaine de la santé et est devenu un outil indispensable et efficace pour les services de télémédecine. L'exploitation de ces nouveaux terminaux introduit de nouvelles problématiques [5] et crée de nouveaux besoins. Ils permettent à des usagers (éventuellement mobiles) l'accès à des services indépendamment de leurs positions physiques.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude nous nous intéressons à l'analyse des images médicales à distance pour l'aide au diagnostic et à la télé-expertise (médecin traitant). Il s'agit de concevoir et de développer un service de téléconsultation des images de frottis sanguin analysés (segmentés et caractérisés) par un serveur à distance sur un terminal mobile.

Les travaux menés dans ce cadre et les résultats obtenus sont regroupés dans un projet de fin d'étude de la manière suivante :

Le premier chapitre a pour but de situer le contexte de ce projet. Il se propose d'éclairer la notion de télémédecine en envisageant les possibilités qu'offrent ses différentes applications en particulier la télé-expertise.

Le deuxième chapitre est consacré à quelques généralités sur le domaine médical de l'hématologie cellulaire. Nous présentons, dans ce chapitre, les différentes cellules présentes dans le sang ainsi que quelques maladies pouvant atteindre ces cellules.

Le troisième chapitre aborde les différentes méthodes de traitement des images. Nous invoquons ici le schéma classique du traitement d'une image (acquisition, prétraitement, segmentation et caractérisation), ainsi qu'une introduction à la morphologie mathématique qui sera utilisée dans notre travail.

Le dernier chapitre sera dédié à notre application qui consiste à appliquer des méthodes de segmentation et d'extraction de caractéristiques sur des images de frottis sanguin et les télécharger à distance sur un terminal mobile.

Chapitre 1

Télémédecine

1.1 Introduction

La télémédecine est définie comme la partie de la médecine qui utilise la transmission par télécommunication d'informations médicales (images, enregistrement, etc.). Elle illustre l'apport des nouvelles technologies de l'Information et de la Communication dans le domaine de la Santé.

La télémédecine est donc une forme de pratique médicale et coopérative mettant en rapport à distance un patient et un médecin ou plusieurs professionnels de la santé grâce aux technologies de l'information et de la communication [6].

Dans les années 60, cette médecine à distance s'est d'abord développée pour répondre à l'isolement géographique de certaines populations, dans des zones rurales des Etats- Unis, au Texas et en Géorgie, ou dans le nord de la Norvège. Puis d'autres avantages potentiels sont apparus: la possibilité d'améliorer les réseaux ville-hôpital ou inter-hôpitaux, de faciliter les discussions en temps réel entre praticiens autour de cas complexes; d'éviter des déplacements inutiles aux patients. [7]

1.2 Les principales applications de la télémédecine

Les domaines d'applications de la télémédecine se réfèrent aux actes médicaux réalisés à distance au moyen d'un dispositif utilisant les technologies de l'information et de la communication. Nous présentons dans ce document cinq catégories d'applications en télémédecine :

- ❖ **Téléconsultation** : La téléconsultation est l'évaluation d'un patient, ou des données concernant un patient, sans interaction physique directe, via un système de télécommunication.

La téléconsultation est considérée comme une téléconsultation de type I lorsqu'un patient consulte un médecin par un réseau de communication interposé, et comme une téléconsultation de type II quand le médecin consulté sollicite un avis diagnostic (télédiagnostic) et/ou thérapeutique (télé-expertise) auprès d'un autre praticien.

- **Le télédiagnostic** désigne le transfert des données d'un examen diagnostic pour une aide à l'interprétation.

- **La télé-expertise** désigne l'aide à la décision médicale apportée à un médecin par un autre médecin situé à distance, à partir des éléments d'informations de caractère multimédia qui lui sont transmis par un dispositif multimédia. Lorsque les télécommunications concernent spécifiquement une pathologie, on parlera par exemple de télé-cardiologie, de télé-dermatologie ou télé-cytologie, etc. [3].
- ❖ **Télesurveillance** : La télesurveillance a pour but de permettre à un professionnel médical d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical d'un patient et dans le cas échéant, de prendre des décisions relatives à la prise en charge de ce patient. L'enregistrement et la transmission des données peuvent être automatisés ou réalisés par le patient lui-même ou par un professionnel de santé. [8]
- ❖ **Télé-chirurgie** : La télé-chirurgie comporte l'assistance au geste opératoire, y compris la préparation de l'opération par des simulations en imagerie en trois dimensions et la manipulation à distance. La télé-chirurgie offre la possibilité d'opérer à distance et comporte deux aspects : l'assistance chirurgicale à distance d'un médecin expert et la chirurgie à distance assistée par ordinateur ou par robot. Les deux types de télé-chirurgie nécessitent la transmission, en temps réel, des images d'un patient. [3]
- ❖ **Téléformation** : La téléformation répond à un besoin de formation continue pour le personnel médical. Elle offre un service de formation à des étudiants ou à des professionnels de santé, comporte une part de transfert de compétences entre l'expert et le médecin traitant via le réseau, consultation des informations médicales (bases de données, imagerie, cours de formation) et visioconférences dans les universités (téléenseignement) et réunions. [9]
- ❖ **Téléassistance** : La téléassistance peut être un acte médical lorsqu'un médecin assiste à distance un autre médecin en train de réaliser un acte médical. Le médecin peut également assister un autre professionnel de santé qui réalise un acte de soins où d'imagerie, voire dans le cadre de l'urgence, assister à distance un secouriste ou toute personne portant assistance à une personne en danger en attendant l'arrivée d'un médecin.[10]

1.3 Les apports et les avantages de la télémédecine

L'utilisation des nouvelles technologies en médecine permet de rapprocher les patients situés en zones éloignées des professionnels de la santé sans que ceux-ci soient physiquement

présents auprès du patient. Toutefois, pour que ces consultations « virtuelles » se fassent dans le respect du code de déontologie de la pratique médicale, il faut prendre en considération plusieurs facteurs comme le lieu où se pose l'acte médical, la confidentialité de la consultation mais aussi la sécurité des données du dossier médical du patient. De plus, comme la télémédecine permet d'ouvrir les frontières et de faire appel à l'expertise d'un collègue situé dans un autre pays, il est nécessaire de se poser la question de la responsabilité du praticien. Il est important en effet de savoir si l'acte médical doit répondre aux normes et au code de déontologie du pays (ou de la région) où se trouve le patient ou bien de l'endroit où se trouve le médecin. [11]

Dans le domaine médical la télémédecine a apporté une amélioration dans le suivi de ces patients que nul ne peut remettre en cause. Bien plus, elle représente l'apport d'une nouvelle technologie qui concilie partage des connaissances entre professionnels de santé, mutualisation des données biologiques, radiologiques, échographiques. Elle évite le transport des patients entre deux établissements hospitaliers complémentaires, permet leur suivi sans les déplacer et favorise le dialogue entre les praticiens en charge de ces malades à un moment ou à l'autre de leur problème de santé.

En résumé, la rapidité, la proximité, la précision que cette évolution apporte aux patients dans un cadre sécurisé, confidentiel et toujours respectueux de l'éthique médicale à laquelle aucun praticien ne saurait se soustraire. [12]

1.4 Les freins au développement

Le développement de la télémédecine est confronté à des problèmes d'ordre culturel, juridique ou éthique, et à des réticences de la part des différents acteurs.

Dans le cadre de la télé-expertise par exemple, l'avis consultatif d'un confrère, même s'il s'agit d'un acte de prudence, ne dégage cependant en rien le médecin traitant de sa responsabilité vis-à-vis de son patient, ce qui le rend plus vulnérable en termes de responsabilité civile. Le choix de la politique tarifaire de la télémédecine est également un problème important à résoudre.

Une autre crainte est celle de la fuite des compétences médicales des centres de soins les plus isolés. La délocalisation d'opérations médicales est en effet accompagnée du risque de regroupement des meilleurs spécialistes dans quelques grandes unités.

La télémédecine nécessite en particulier un traitement personnalisé des informations, dans le contexte d'un patient, et prend ainsi en compte bien peu de règles d'interprétation générales issues de connaissances médicales. [13]

1.5 Services mobiles de santé

Le travail de notre projet de fin d'étude s'inscrit dans le cadre des services de santé sur des terminaux mobiles qui satisfont les objectifs et les besoins de la télémédecine. Ces applications prennent en compte, en particulier, des éléments de surveillance permanente de gestion des besoins des patients la prise en charge de diagnostic et de détection des situations critiques. Ainsi, nous pouvons être en mesure d'analyser et suivre à distance l'évolution de l'état de santé des patients tout en assurant la mobilité.

1.5.1 Objectif :

L'objectif de telles plateformes de services de télémédecine est de permettre aux patients de vivre dans des conditions plus performantes, dans un environnement de confort et de sécurité.

Cette plateforme envisagée permet, à tout moment et en tout lieu, à un médecin spécialiste d'être en contact permanent avec ses patients quelque soit leurs positions physiques, pourvu qu'il dispose d'un terminal mobile.

De nos jours les services mobiles sont de plus en plus nombreux (voir la **Figure1.1**), chaque fois on entend qu'un nouveau service mobile est apparu dans un secteur donne que ce soit médical, commercial ou industriel, etc. Ces nouveaux services mobiles font appel souvent à l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC). [9]

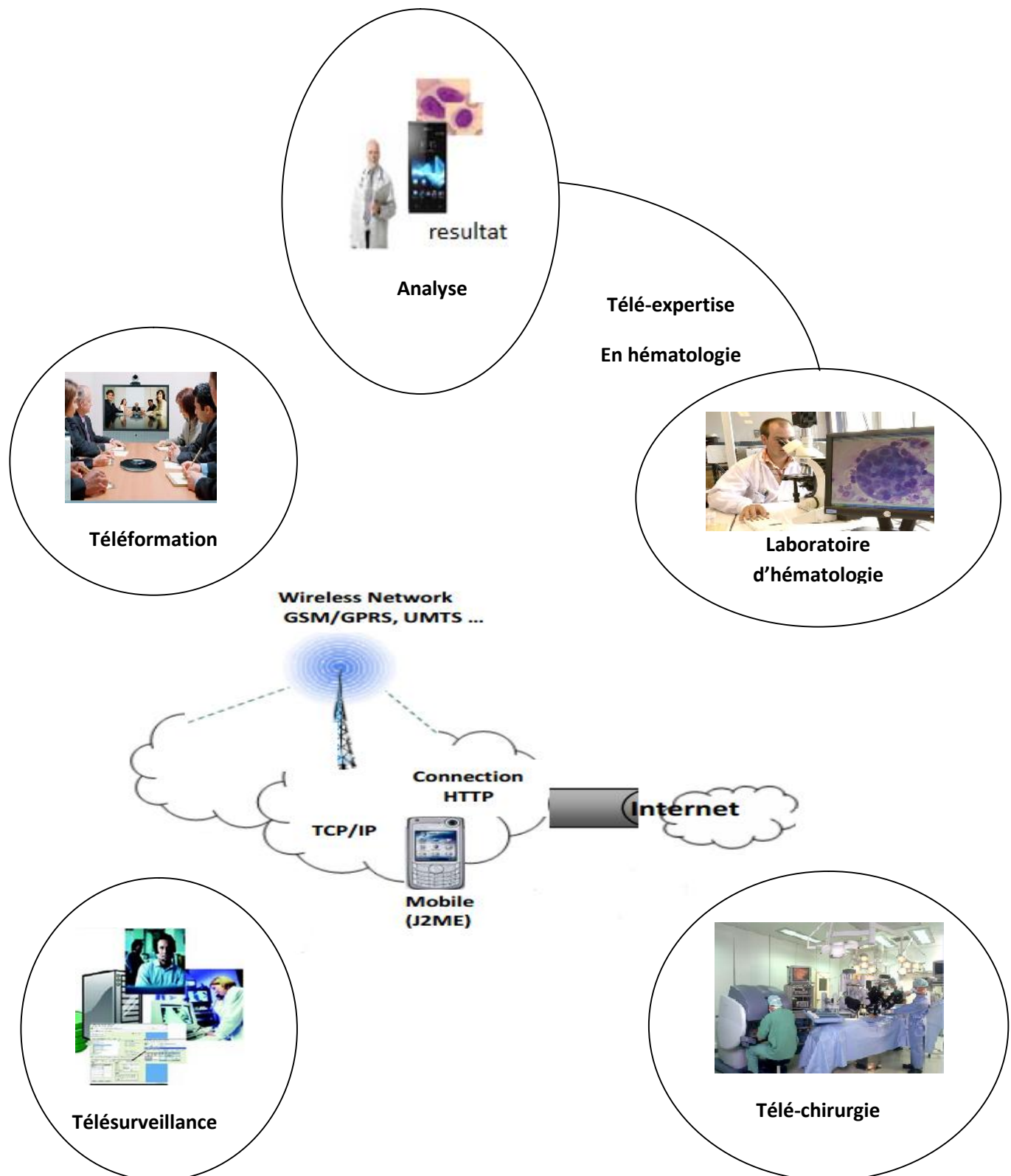


Figure 1. 1:Plateforme de services de télémédecine.

1.5.2 Principe de télémédecine sur des terminaux mobiles

Le développement des services sur les terminaux mobile destinés à plusieurs spécialités et plus particulièrement à l'hématologie consiste en l'étude des cellules du sang. Pratiquée dans des laboratoires d'analyses médicales spécialisés ou non, cette discipline est en première ligne pour la prise en charge des hémopathies .Ces services s'appuient sur un système d'information global comprenant les éléments suivants :

- Système d'acquisition : L'acquisition d'une image de cellule de sang se fait par une caméra montée sur un microscope optique et connectée à un ordinateur de bureau.
- Système d'analyse des données : La grande quantité de données (images) collectées nécessite un traitement pour l'extraction d'informations pertinentes permettant à l'aide au diagnostic et à la décision
- Des services importants développés sur les terminaux mobiles caractérisent la plateforme déployée pour les utilisateurs selon le type d'application et le domaine d'utilisation. Ils implémentent un traitement spécifique, au niveau de chaque entité définie responsable de l'acquisition du stockage et du traitement des images acquises. Ces services permettent aussi la gestion d'une base de données relative à chaque patient, le transfert immédiat des données(image, texte...).
- Un transfert immédiat d'informations en temps réel à travers les réseaux sans fil universels, tout en assurant la mobilité, la sécurité et la fiabilité. Les échanges de données entre les différentes entités communicantes dans la plateforme conçue doivent être clairs, exactes (sans erreurs), fiables et efficaces afin de mieux exploiter les services proposés et améliorer les performances ciblées de la plateforme.
- L'exploitation des terminaux mobiles dans des domaines extra communication vocale. Le principe est donc de détourner ces appareils de leur fonction de base et d'en faire des outils pour la génération des services de la télémédecine. Ce qui permet de développer des plateformes mobiles des services à valeurs ajoutées et par conséquent d'insérer d'autres options sur ce type de terminaux.

1.6 Organismes, technologies et standards existants

Notre travail nécessite de présenter quelques technologies existantes et qu'il faille étudier par la suite.

1.6.1 Réseaux sans fil

Ces dernières années ont vu le monde devenir de plus en plus mobile. En conséquence, les réseaux utilisés traditionnellement se sont montrés inadaptés à résoudre les problèmes posés par notre nouveau style de vie collective. Si des utilisateurs doivent être connectés à un réseau par des câbles physiques, leurs déplacements en sont dramatiquement réduits. Une connexion sans fil n'impose pas autant de restrictions et accorde une plus grande liberté de mouvement à l'utilisateur du réseau. Ainsi, les technologies sans fil commencent à gagner du terrain par rapport aux réseaux traditionnels câblés.

1.6.1.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1) :

Le Bluetooth est une spécification de l'industrie des télécommunications. Elle utilise une technologie radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques. Elle a été conçue dans le but de remplacer les câbles entre les ordinateurs et les imprimantes, les scanners, les claviers, les souris, les téléphones portables, les autoradios et les appareils photo numériques. [15]

1.6.1.2 Zig Bee (IEEE 802.15.4) :

Le Zig Bee est un protocole de haut niveau permettant la communication de petites radios, à consommation réduite, basée sur la norme IEEE 802.15.4 pour les réseaux à dimension personnelle (WPAN). Cette technologie a pour but la communication de courte distance telle que le propose déjà la technologie Bluetooth, tout en étant moins chère et plus simple.[16]

1.6.1.3 Wifi (ou IEEE 802.11) :

Le Wifi est un réseau local sans fil, répondant à la norme IEEE 802.11, standard International décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN). Grâce au Wifi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit : dans la pratique, le Wifi permet de relier des ordinateurs portables, des ordinateurs de bureau, Smartphone, tablettes, PDA, ou tout type de périphérique à une liaison haut débit si l'utilisateur n'est pas trop éloigné d'un point d'accès.

1.6.1.4 UWB (IEEE 802.15.3) :

L'UWB (Ultra Wide Band) est une technique de modulation radio qui est basée sur la transmission d'impulsions de très courte durée, souvent inférieure à la nanoseconde. Ainsi, la

bande passante atteint de très grandes valeurs [16]. Elle est envisagée pour la liaison PC et ses périphériques nécessitant un très haut débit et une faible portée. Cette technologie ouvre la voie à de nombreux travaux dans le domaine médical, tel que la conception des réseaux de capteur intelligent, la surveillance médicale, la médecine préventive, la sécurité personnelle, la localisation des patients, etc. [9]

1.6.2 Réseaux d'accès radio-mobiles

De nos jours, nous avons à faire à plusieurs types de réseaux locaux sans-fil et de réseaux mobiles. Ces deux appellations sont souvent utilisées pour signifier la même chose alors qu'il s'agit de termes différents. La portée des réseaux sans-fil est faible, et ne permettent pas des déplacements importants. En revanche, les réseaux mobiles proposent une portée plus conséquente, et permettent des utilisations lors de déplacements importants avec une certaine vitesse.

▪ GSM (2G) :

Le réseau radio mobile GSM représente le premier système standardisé qui utilise une technique de transmission numérique pour le canal radio: Ce point représente une caractéristique particulière du réseau, parce que tous les systèmes radio cellulaires précédents utilisaient des techniques de transmission analogiques. Une autre caractéristique essentielle du système est le roaming (itinérance), c'est à dire la possibilité offerte à l'utilisateur mobile d'accéder aux services GSM même dans le cas où il se trouve à l'extérieur de la zone de couverture de son réseau de souscription, en tant qu'utilisateur visiteur.

Le GSM acquiert une influence majeure dans le monde des télécommunications : de nombreux pays européens et non-européens l'ont adopté. [17]

▪ GPRS (2.5G) :

Ce standard est une évolution de la norme GSM. On parle généralement de 2.5 pour classer ce standard. Cette norme autorise le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kb/s, 40 kb/s en pratique. Grâce au mode de transfert par paquets, les transmissions de données n'utilisent le réseau que lorsque c'est nécessaire. Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût. Le GPRS a permis d'initier l'internet mobile. [18]

▪ HSCSD où EDGE :

Cette technologie est une évolution des technologies GSM et GPRS a été développé au cours de l'année 2005. Avec des débits réels de l'ordre de 177 Kbits/s (3 fois plus que le GPRS).EDGE se place entre le GPRS et la 3G [19].Il introduit une nouvelle modulation : 8-Phase Shift Keying (8-PSK) qui permet d'améliorer l'efficacité spectrale et la capacité du réseau.

▪ UMTS (3G) :

L'UMTS est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G) européenne. Le procédé employé pour faire transiter la voix et les données a été entièrement reconsidéré. Ce nouveau standard permet d'atteindre un débit 10 Mb/s en réception et à 5Mb/s en émission. Afin de faire transiter toutes ces données, une nouvelle bande fréquences a été allouée à l'UMTS dans le spectre radio, aux alentours de 2100 MHz. [20]

▪ HSDPA (3.5G) :

Cette technologie est développée pour la téléphonie mobile (3.5G ou 3G+ en mode HSDPA UMTS). Elle se caractérise par des performances dix fois plus avantageuses à la 3G standard. Le HSDPA est une innovation logicielle, qui permet d'atteindre des performances en matière de réseaux DSL, car le HSDPA offre la possibilité de télécharger à des débits de l'ordre de 14,4Mbit/s. [20]

▪ HSUPA (3.75G) :

C'est une technologie de téléphonie mobile compatible avec la troisième génération (3G), dont les définitions ont été diffusées par 3GPP est une technologie de téléphonie mobile compatible avec la troisième génération (3G).L'avantage de cette technologie est qu'il permet de transférer un contenu de grande taille (notamment des éléments multimédias) à destination des téléphones mobiles et des interfaces de partage via les réseaux internet 3G. [20]

▪ 4G :

La technologie 4G promet l'arrivée de la quatrième génération des réseaux mobiles, qui permettra de transporter plus de données et de démocratiser de nombreux usages comme l'Internet ou la TV sur mobile.

Appelé à remplacer progressivement la 3G actuelle, le réseau de quatrième génération (où 4G) promet, en théorie, des débits bien plus élevés. Basée sur la technologie LTE, la 4G peut offrir des débits descendants atteignant les 100 mégabits par seconde (Mbits/s), contre environ 7,2 Mbits/s pour la norme HSDPA, l'une des dernières évolutions du standard 3G. [21]

1.6.3 Modèle TCP/IP

Le modèle TCP/IP ou «*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* » est un protocole de transport fiable, en mode connecté, c'est-à-dire qu'il permet l'établissement d'une session de communication entre deux parties qui veulent échanger des données. [22]

Le modèle TCP/IP peut en effet être décrit comme une architecture réseau à 4 couches (voir la **Figure1.2**) :

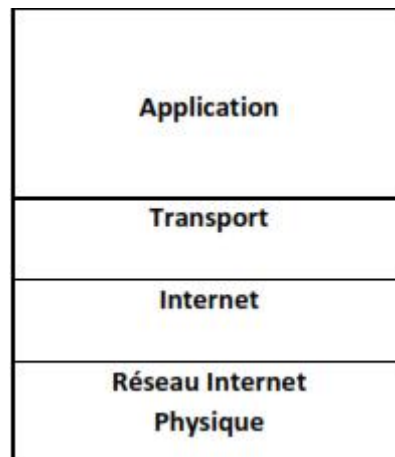


Figure 1. 2:Architecteur du modèle TCP/IP. [9]

- **Protocole IP:** est un protocole qui se charge de l'acheminement des paquets pour tous les autres protocoles de la famille TCP/IP. Il fournit un système de remise de données optimisé sans connexion.

Le protocole IP travaille en mode non connecté, c'est-à-dire que les paquets émis par le niveau 3 sont acheminés de manière autonome (datagrammes), sans garantie de livraison.

- **protocole UDP:** est un complément du protocole TCP qui offre un service de datagrammes sans connexion qui ne garantit ni la remise ni l'ordre des paquets délivrés. Les messages (ou paquets UDP) sont transmis de manière autonome (sans garantie de livraison.).

Le protocole UDP prend également en charge l'envoi de données d'un unique expéditeur vers Plusieurs destinataires.

- **Protocole TCP:** TCP est probablement le protocole IP de niveau supérieur le plus répandu. TCP fournit un service sécurisé de remise des paquets. TCP fournit un protocole fiable, orienté connexion, au-dessus d'IP (ou encapsulé à l'intérieur d'IP). TCP garantit l'ordre et la remise des paquets, il vérifie l'intégrité de l'en-tête des paquets et des données qu'ils contiennent. TCP est responsable de la retransmission des paquets altérés ou perdus par le réseau lors de leur transmission. Cette fiabilité fait de TCP/IP un protocole bien adapté pour la

transmission de données basée sur la session, les applications client-serveur et les services critiques tels que le courrier électronique. [23]

- **Le protocole http:** Est un protocole permettant d'envoyer des pages web à un ordinateur équipé d'un navigateur. Ce navigateur peut lire des documents, texte, graphiques, audio ou vidéo. [24]

1.6.4 WAP

La technologie WAP a pour but de permettre à des terminaux mobiles (les téléphones portables par exemple) d'accéder à des documents circulant par des réseaux sans fil. Il s'agit donc de permettre à n'importe quel terminal mobile de pouvoir formater des documents. C'est pour cela qu'un protocole universel a été mis en place: le WAP. Il se propose de définir la façon par laquelle les terminaux mobiles accèdent à des services Internet, et cela à un niveau au-dessus de la transmission des données, celle-ci étant spécifique à chaque opérateur de téléphonie. Le WAP définit aussi la manière dont les documents doivent être structurés, grâce à un langage dérivant du HTML. [25]

1.7 Notre vision

Le cout de la santé représente un poids considérable dans le bilan économique à l'échelle internationale. Aussi dans de nombreux pays, le vieillissement ou les chocs psychologiques de la population tend à accroître fortement le nombre de personnes nécessitant un suivi médical, voire des soins plus au moins intensifs et de ce fait le cout global des soins médicaux.

Comme toutes les technologies, la téléphonie mobile a évolué et les possibilités offertes sont bien plus importantes. Actuellement, la majorité des utilisateurs des téléphones portables n'exploitent que les fonctions de base de ces appareils, à savoir téléphoner et envoyer des messages. Ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'applications.

Dans ce contexte, nous proposons d'étendre l'utilisation des téléphones portables à des domaines hors communications vocales. L'idée est de détourner ces appareils de leur fonction de base et d'en faire des outils pour les services de santé, puisque aujourd'hui un simple Smartphone peut contribuer efficacement à la sauvegarde des vies humaines. Il s'agit d'un service de télé-expertise mobile destiné aux médecins spécialistes, professionnels de santé...

Ce service représente un exercice collectif de la médecine qui unit et coopère entre les différentes disciplines médicales. Il permet de faciliter la tâche au médecin traitant et d'assurer le rôle essentiel de pivot qui est le sien dans le diagnostic et le suivi des patients plus particulièrement en hématologie.

1.8 Conclusion

La télémédecine va devenir un outil permettant de résoudre en partie la problématique de pénurie de médecins spécialistes dans certains territoires, et d'améliorer la qualité des soins des services de santé. Le plus grand avantage de la télémédecine réside dans l'accès aisé à des informations médicales n'importe où et n'importe quand.

Cette étude modeste nous a permis de nous familiariser avec le domaine de la télémédecine d'une manière générale et plus particulièrement à la télé-expertise en hématologie.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter quelques généralités sur le domaine médical de l'hématologie cellulaire.

Chapitre 2

Hématologie cellulaire

2.1 Introduction

L'hématologie est un terme issu du grec *beime* : sang et logos et c'est une spécialité médicale consacrée à l'étude du sang du point de vue anatomique, histologique (cellule sanguine), physiologique (mécanisme biologique) et pathologique (concernant les maladies).

L'hématologie est souvent associée à l'immunologie, autre spécialité médicale destinée à étudier les mécanismes de défense immunitaire de l'homme et des animaux (on parle alors de immuno-hématologie). Plus précisément, l'hématologie se consacre à l'étude du sang mais également à celle de la moelle osseuse et des ganglions lymphatiques de façon générale.[26]

Le sang est un liquide plus ou moins épais de couleur rouge qui circule dans les vaisseaux à travers tout l'organisme où il joue des rôles essentiels et multiples : nutrition, respiration, régulation, défense... C'est un tissu vivant, composé de cellules, qui baignent dans un liquide appelé plasma. Le volume de cette masse sanguine (qui varie en fonction du sexe, du poids et de la taille) se situe en général, pour un adulte, entre 3,5 et 5 litres.[27]

Une lame colorée d'échantillon de sang normale est généralement composée de globules rouges, globules blancs et le plasma comme un fond. Chaque cellule WBC (white blood cell, globules blancs) est naturellement différente en taille et en forme de noyau.

Le sang exécute de nombreuses fonctions importantes. Par la voie de l'hémoglobine contenue dans les érythrocytes (globules rouges), il transporte de l'oxygène vers les tissus et recueille le gaz carbonique (CO_2). Il transporte aussi des substances nutritives (p. ex. les aminoacides, sucres et sels minéraux) et rassemble la matière excrétée qui sera éliminée par le filtre rénal. Le sang transporte également des hormones, des enzymes et des vitamines. Il assure la défense de l'organisme grâce à l'activité phagocytaire des leucocytes (globules blancs), au pouvoir bactéricide du sérum et à la réaction immunitaire dont les lymphocytes sont les protagonistes. [26]

Les recherches et les études sur les leucocytes ou globules blancs du sang représentent un problème important en hématologie, il est considéré comme le plus difficile et compliqué dans le traitement et analyse d'images médicales que se soit pour la segmentation des composantes cellulaires dans le but d'une classification ou d'un comptage des cellules sanguines. [28]

Les globules blancs sont les cellules les plus importantes dans un système immunitaire et en générale on les trouve dans tout le corps. Leur fonction est d'éliminer un corps étranger

dans le système de circulation sanguine. En général, une augmentation ou la diminution du nombre total des globules blancs par rapport au niveau normal peut être utilisé comme un indicateur statistique primaire pour une infection ou une maladie inflammatoire dans le corps humain. [26]

2.2 Cytomorphologie des cellules sanguines

Le sang est constitué de cellules spéciales en suspension dans un liquide appelé plasma. Le sang représente environ 1/12 de la masse corporelle d'un homme adulte. Il est constitué à 55 % de plasma et à 45 % de cellules appelées éléments figurés [29]. Leur morphologie peut être étudiée sur un frottis coloré au May Grünwald Giemsa (MGG).

2.2.1 Le frottis sanguin

Le frottis est préparé à partir d'une goutte de sang étalé sur une lame. La meilleure technique consiste à prélever une goutte au bout du doigt et à faire un étalement de cellules fraîches. Le plus souvent, pour des raisons pratiques, le frottis est fait à partir d'une goutte de sang prélevé dans le tube pour hémogramme.

Le frottis doit être correctement étalé, afin de bien séparer les cellules. Il sera ensuite séché mais non fixé puis coloré.

Afin d'observer au microscope la structure des cellules sanguines, il faut passer par les principales étapes suivantes :

1 Réalisation d'un frottis sanguin

- Dépôt d'une goutte de sang sur une lame de verre, il est important que le sang ne soit pas en quantité excessive, sinon les globules rouges pourraient cacher les leucocytes (globules blancs). (Voir la **Figure2.1**)

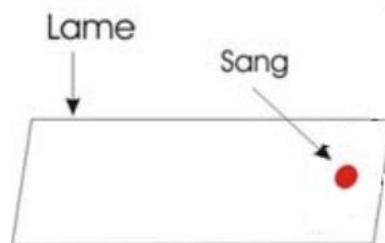


Figure 2. 1:Une goutte de sang sur une lame de verre.

- Mise en contact de la lamelle avec le sang (voir la **Figure2.2**).



Figure 2. 2:Mise en contact de la lamelle avec le sang.

- Réalisation du frottis (voir la **Figure2.3**).

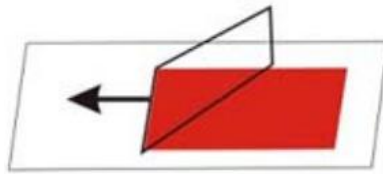


Figure 2. 3:Réalisation du frottis sanguin.

- 2 Coloration: pour pouvoir observer et reconnaître les différents types de leucocytes, il faut d'abord les colorer. A cette fin, on utilise généralement le colorant MGG. Il s'agit d'un mélange de colorants constitué à partir du bleu de méthylène et de l'éosine.
- 3 Observation du frottis coloré au microscope optique. [26]

2.2.2 Le plasma

C'est finalement le diluant des cellules et de tout ce qui circule dans le sang. Il est constitué d'eau salée. Ce liquide contient aussi bien des éléments nutritifs que des déchets. En effet, c'est lui qui est le véritable outil de communication entre les différents organes de l'organisme. Lorsqu'une cellule fabrique un produit comme une hormone, celle-ci va passer dans le sang et selon sa taille sera prise en charge par une protéine transporteuse, ou diluée dans le plasma. De la même façon, tous les déchets qui proviennent de cette fabrication vont être rejetés dans le sang. Tout se passe un peu comme si les cellules n'avaient pas de tout-à-l'égout étaient obligées de déverser dans le sang leurs produits et leurs déchets. [30]

2.2.3 Les cellules sanguines

On observe dans le sang des cellules spéciales réparties entre érythrocytes (globules rouges) et leucocytes (globules blancs). On y trouve aussi des plaquettes, qui ne sont pas considérées comme de véritables cellules. Voyons maintenant les différentes catégories de cellules sanguines.

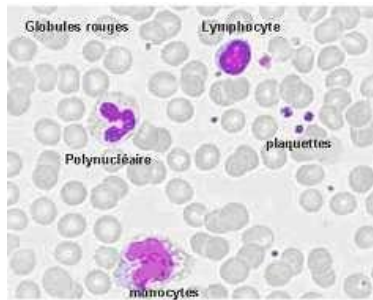


Figure 2. 4: Différentes cellules sanguines vues au microscope optique.

2.2.3.1 Les globules rouges

Ces cellules, également appelées érythrocytes ou hématies, sont les plus nombreuses dans le sang : leur concentration est de l'ordre de 5 millions par millimètre cube. Leur rôle est de transporter l'oxygène des poumons vers les tissus et, en retour, de capter le gaz carbonique au niveau des tissus afin de l'éliminer par les voies respiratoires [27]. Il s'agit d'une cellule de 5 à 7 μ de diamètre d'aspect homogène, coloré en orangé au May Grünwald Giemsa. Son épaisseur est de 1,8 μ m. Son volume moyen est de 90 fentolitres (μ m³). [31]

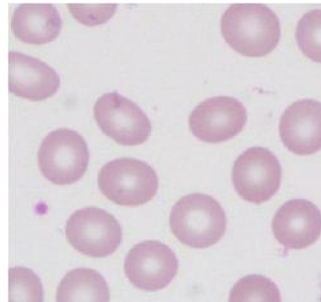


Figure 2. 5: Aspect des érythrocytes en microscopie optique.

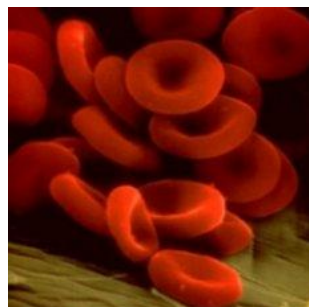


Figure 2. 6: Aspect en microscopie électronique.

2.2.3.2 Les plaquettes (ou Thrombocytes)

Les plaquettes sanguines ou thrombocytes sont des fragments cellulaires anuclées de 2 à 5 μm de diamètre [31]. Les plaquettes jouent un rôle essentiel dans la coagulation lors de la rupture d'un vaisseau sanguin. Leur durée de vie n'est que de quelques jours. [32]

A l'occasion de certaines maladies, le patient peut manquer de plaquettes. C'est particulièrement le cas lors des leucémies et des chimiothérapies. La transfusion de plaquettes peut également être nécessaire lors de certaines interventions chirurgicales lourdes. Leur concentration dans le sang est de 200 000 à 400 000 par millimètre cube. [27]

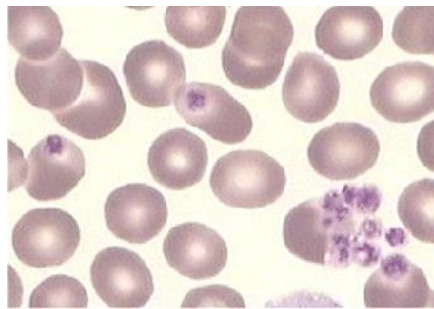


Figure 2. 7:les plaquettes sanguines.

2.2.3.3 Les globules blancs (leucocytes)

Egalement appelés leucocytes, les globules blancs jouent un rôle dans la défense de l'organisme contre les agressions extérieures (bactéries, virus, cellules étrangères, etc.) [27]. Ils sont beaucoup moins nombreux dans le sang que les globules rouges. La densité des leucocytes dans le sang est de 5000 à 7 000/mm³. Malgré leur diversité, elles ont toutes une origine commune les cellules souches de la moelle osseuse et elles sont présentes dans le sang, la lymphe, les organes lymphoïdes (ganglions, rate, ...) et de nombreux tissus conjonctifs de l'organisme. [33]

Les leucocytes se divisent en deux catégories : les granulocytes et les cellules lymphoïdes où agranulocytes.

➤ Les granulocytes (où polynucléaires)

Ce groupe de cellules possède des caractéristiques communes. Elles contiennent un noyau plurilobé [31]. Leur cytoplasme est riche en granules qui prennent des couleurs particulières les rendant faciles à reconnaître [26]. Les granulocytes représentent 70% des leucocytes. On distingue trois types de granulocytes: les neutrophiles, les basophiles et les éosinophiles.

▪ *Neutrophiles*

Ce sont les polynucléaires les plus nombreux - 40 à 75 % de l'ensemble des globules blancs. Les neutrophiles ont un diamètre de 12 à 15 μm , leur durée de vie est de l'ordre de 24 heures.

La fonction de ces neutrophiles est la défense non spécifique de l'organisme et notamment la lutte antibactérienne [31].



Figure 2. 8: Aspect des neutrophiles en microscopie optique.

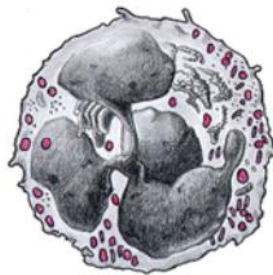


Figure 2. 9: Neutrophiles.

▪ *Eosinophiles*

Ces cellules représentent 1 à 3 % des globules blancs. Elles ont une demi-vie dans le sang circulant de 4 à 5 heures puis passent dans les tissus (peau, poumon, tractus digestif) où elles restent 8 à 10 jours. La proportion d'éosinophiles dans les tissus est 100 fois plus importante que celle du sang [31].

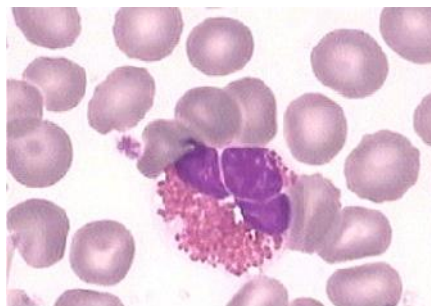


Figure 2. 10: Aspect des éosinophiles en microscopie optique.



Figure 2. 11: Éosinophiles.

▪ *Basophile*

Ces cellules sont les moins nombreuses des polynucléaires, (0 à 1 % de l'ensemble des globules blancs). Les basophiles ont un diamètre de 10 à 14 μm , leur durée de vie de ces cellules est de 3 à 4 jours [31].

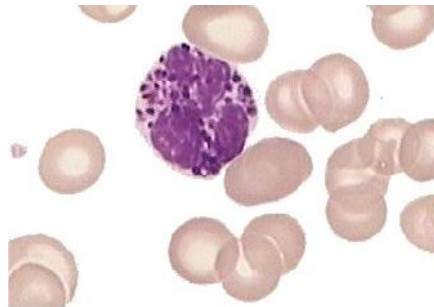


Figure 2. 12: Aspect des basophiles en microscopie optique.

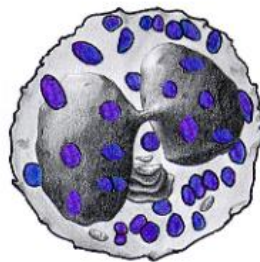


Figure 2. 13: Basophile .

➤ **Lymphoïdes (Agranulocytes)**

Étant donné que normalement ces cellules semblent dépourvues de granules, on les appelle aussi agranulocytes. Elles ont un noyau compact et un cytoplasme transparent. Il existe deux types de cellules lymphoïdes : les lymphocytes et les monocytes. Leur apparence est semblable, mais leur origine est différente. En fait, alors que les lymphocytes proviennent des organes lymphatiques, les monocytes ont la même origine que les granulocytes [26].

▪ Les lymphocytes

Les lymphocytes ont une taille variable. On distingue parfois les petits lymphocytes qui ont le diamètre d'un globule rouge (6 à 8 μ) et les grands lymphocytes, de 10 à 15 μ de diamètre.

Ce sont des cellules à noyau arrondi ou ovoïde. La chromatine est dense, sans nucléole. Le cytoplasme est souvent assez basophile (coloration bleue). Il est peu abondant dans les petits lymphocytes, et un peu plus abondant dans les grands lymphocytes mais le rapport nucléocytoplasmique est rarement inférieur à 75%. [35]

Dans le sang, les lymphocytes comptent pour de 20 à 40% de tous les leucocytes et sont un peu plus gros que les globules rouges. Les lymphocytes sont les principaux éléments du système immunitaire, qui assure la défense contre les attaques de micro-organismes pathogènes comme les virus, bactéries, champignons et protistes. Les lymphocytes produisent aussi des anticorps et les disposent sur leur membrane. [26]

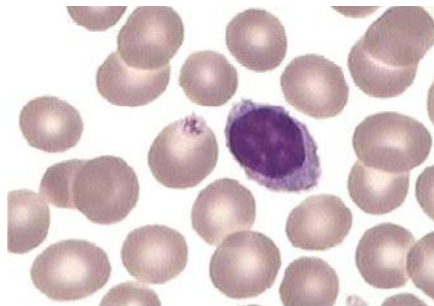


Figure 2. 14:Aspect des lymphocytes en microscopie optique.



Figure 2. 15: Lymphocytes.

▪ Monocytes

Les monocytes appartiennent au système des phagocytes mononucléés. Ces cellules représentent 2 à 10 % des leucocytes sanguins. Leur diamètre est de 15 à 20 μ de diamètre. Le noyau est irrégulier, réniforme parfois lobé mais non segmenté. Le cytoplasme est de forme très irrégulière et contient de nombreuses et fines granulations, il peut être vacuolisé.

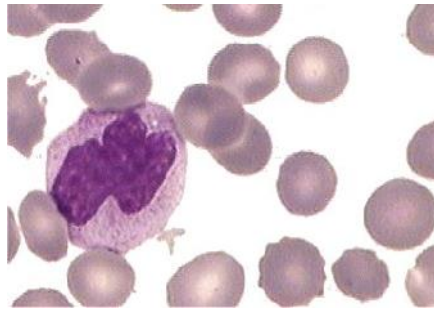


Figure 2. 16: Aspect des monocytes en microscopie optique.

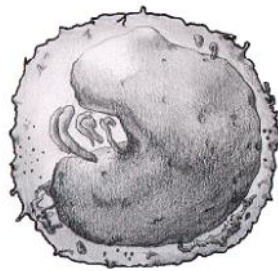


Figure 2. 17:Monocytes.

2.2.4 Quelques pathologies du sang

Les maladies du sang appelées également hémopathies, restent peu connues du grand public. Elles résultent d'un dysfonctionnement dans la production du sang ou de ses composants. Elles nécessitent souvent l'utilisation thérapeutique de produits sanguins.

▪ *Aplasie médullaire*

C'est une maladie rare qui touche environ une personne sur 500 000 (une centaine de nouveaux cas par an), l'aplasie médullaire affecte surtout les enfants ou les jeunes adultes et se caractérise par un arrêt du fonctionnement de la moelle osseuse. Elle peut être déclenchée par certaines infections virales (hépatite par exemple) ou par des agents toxiques professionnels ou médicamenteux. Cependant, son origine est le plus souvent méconnue.

L'aplasie est une affection de l'hématopoïèse, c'est à dire un défaut ou une absence de fabrication au niveau de la moelle osseuse des cellules qui, elles-mêmes, vont produire les cellules du sang (globules rouges, blancs et plaquettes). [35]

▪ **Syndromes myélodysplasiques**

Ce syndrome correspond à une anomalie de la moelle osseuse qui entraîne une perturbation de la formation des globules rouges, des globules blancs et des plaquettes. Cette anomalie, anciennement nommée état pré-leucémique, est susceptible d'évoluer vers une leucémie aiguë de type myéloblastique. La maladie s'observe surtout après 50 ans, la majorité des patients a plus de 65 ans avec une légère prédominance masculine, le plus souvent sans circonstance déclenchant évidente. Cependant, dans 15 à 20% des cas, les syndromes myélodysplasiques sont consécutifs à l'utilisation d'une chimiothérapie et/ou d'une radiothérapie. Dans ce cas, ils ne présentent aucune relation avec l'âge. Les enfants sont très rarement atteints de syndrome myélodysplasique. [35]

▪ **Leucémies :**

Les leucémies sont liées au dysfonctionnement de la moelle osseuse qui produit les cellules du sang. Chez le patient atteint, des cellules de la moelle osseuse deviennent cancéreuses, se reproduisent plus rapidement et empêchent la production normale des cellules du sang. On distingue :

- **Les leucémies «aiguës» :** liées à la cancérisation d'une cellule de la moelle à un stade très jeune (apparition de leucoblastes) qui envahit la moelle et l'empêche de fonctionner normalement. Elles entraînent des baisses de globules rouges, de plaquettes et de globules blancs. Ces leucémies ont une évolution spontanée rapidement mortelle.
- **Les leucémies «chroniques» :** sont dites myéloïdes ou lymphoïdes (excès de lymphocytes). Leur évolution spontanée est lente. Elles représentent 15 à 20% des cas de leucémie.

Selon l'avancée de la maladie, les cellules leucémiques peuvent envahir d'autres organes comme les ganglions lymphatiques, la rate, le foie, les testicules ou le système nerveux central. [35]

▪ **Lymphomes**

C'est une maladie du sang et des ganglions, le lymphome est la forme de cancer du sang la plus répandue.

Il se développe dans le système lymphatique, organe de défense de l'organisme composé des vaisseaux et des ganglions lymphatiques, de cellules lymphatiques qui circulent dans le sang et la lymphe. Les organes lymphoïdes comme la rate, le foie, la moelle osseuse font également partie du système lymphatique.

Il existe une trentaine de types de lymphomes différents. Cependant, deux grandes catégories se distinguent :

- **Le lymphome hodgkinien** (maladie de Hodgkin) : Cette maladie se caractérise par la présence de certaines cellules cancéreuses anormales appelées cellules géantes de Sternberg, typiques de la maladie. [35]
- **Le lymphome non hodgkinien** : c'est une tumeur maligne du système lymphatique, qui représente près de 90% des cas de lymphome. On compte chaque année dans le monde 287 000 cas de lymphomes non hodgkiniens et 161 000 décès. [35]

▪ **Myélome**

C'est une maladie maligne, le myélome est une tumeur touchant une cellule hématologique particulière, le plasmocyte, cellule qui a pour fonction, à l'état normal, de former les anticorps nécessaires aux défenses anti-infectieuses.

Comme pour la plupart des autres tumeurs hématologiques, l'origine du myélome n'est pas connue à ce jour et la maladie n'est pas héréditaire. Elle touche plus particulièrement les sujets âgés. [35]

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné des généralités sur l'anatomie et l'hématologie; de façon générale. Nous avons aussi parlé de la cytomorphologie des cellules sanguines (les globules blancs, les globules rouges, les plaquettes) de leurs structures et fonctions dans le corps humain.

Dans le chapitre suivant on va vous présenter les différentes étapes d'analyse d'image (acquisition, segmentation puis caractérisation).

Chapitre 3

Acquisition et traitement

3.1 Introduction

L'analyse des cellules sanguines dans les images microscopiques peut fournir des informations utiles concernant la santé des patients. Cette analyse est d'un intérêt capital car le diagnostic dépend de la bonne reconnaissance des cellules anormales ou suspectes. Or cela est difficile et reste toujours un processus très long qui demande énormément de concentration et dépend des compétences et l'expérience de l'expert qui effectue l'analyse, provoquant parfois des erreurs de diagnostic.

Pour pallier à cet inconvénient, une approche est indispensable pour aider le cytotechnicien en utilisant un système semi-automatique lui permettant de confirmer son analyse visuelle, en se référant aux techniques de traitement et d'analyse d'image par ordinateur.[29]

Il existe des systèmes informatiques et semi automatiques permettant de réaliser la détection de cellules anormales d'un prélèvement cytologique. Pour établir un tel système il faut passer par plusieurs étapes : Acquisition des images, la segmentation, l'extraction de caractéristique et la classification.

Notre approche se concentre sur les deux premières étapes de l'analyse automatique, la segmentation, et l'extraction de caractéristique.

3.2 La chaîne de traitement d'images

Une chaîne de traitement commence par l'acquisition de données physiques sous la forme d'une image. Cette image peut être : numérique ou analogique.

La chaîne de traitement est composée de trois étapes essentielles:

1. l'étape de prétraitement qui consiste à améliorer la qualité de l'image acquise. Il peut s'agir d'éliminer le bruit ou de rehausser le contraste.
2. l'étape de segmentation qui sera détaillée dans la suite de ce travail.
3. l'étape d'interprétation qui consiste à extraire l'information sémantique de l'image en identifiant les différents objets qui la constituent.

Le schéma de la **Figure3.1** illustre la chaîne de traitement d'images avec ses différentes étapes :

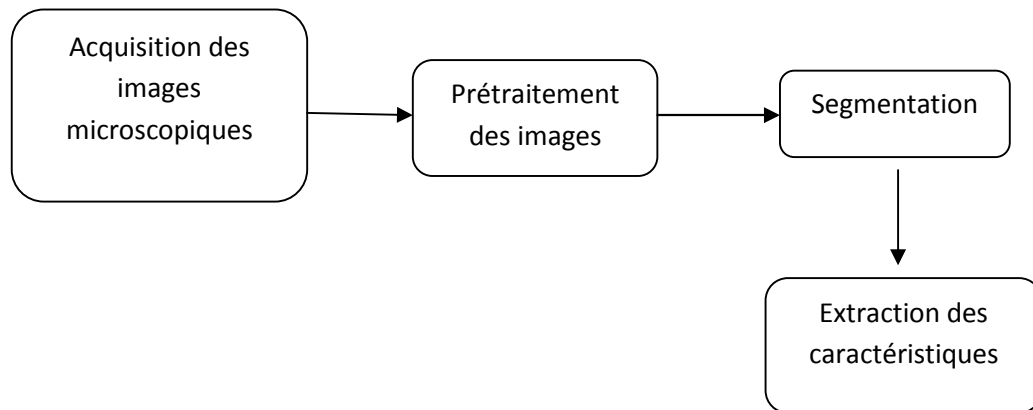


Figure 3. 1: La chaine classique du traitement d'images.

3.2.1 Processus d'acquisition des cellules sanguines

L'acquisition d'une image de cellule de sang se fait par un microscope en passant par les étapes suivantes :

- On prend du sang d'un patient.
- Etalement d'une goutte sur la lame.
- Fixation : La procédure de fixation permet :
 - D'augmenter la visibilité des cellules,
 - D'accentuer les particularités morphologiques des cellules,
 - De conserver l'échantillon en vue d'expériences ultérieures.
- Coloration : Après la fixation, vient l'étape de coloration (par Bleu de méthylène ou Eosine) qui met en évidence certaines structures afin d'en faciliter l'étude.
- Acquisition par un microscope.
- Puis l'image est transférée sur un ordinateur.
- Une meilleure acquisition de l'image d'un frottis sanguin permet d'avoir une bonne qualité en termes d'exploitation des informations que contient cette dernière. Même avec une meilleure acquisition nous avons besoin d'appliquer des traitements sur l'image. Afin de rendre nos résultats plus fiables.

La Figure suivante montre l'acquisition de l'image cellulaire :

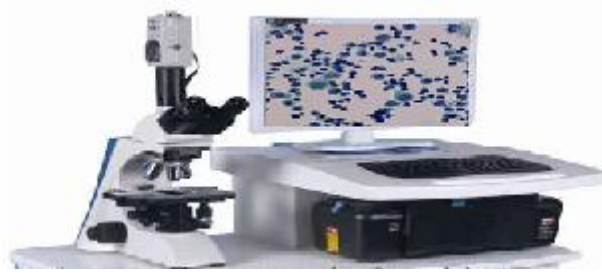


Figure 3. 2: L'acquisition de l'image cellulaire.

3.2.2 Prétraitements des images

Après l'acquisition des images, le premier objectif du traitement est l'élimination des informations non pertinentes pour obtenir de meilleurs résultats. Nous présentons quelques techniques pour ce faire :

➤ Restauration d'image

La restauration d'images est la première étape de tout traitement d'image. Elle permet de diminuer le bruit introduit lors de l'acquisition (Bougé, dérive lumineuse, flou, poussière) ou dû à la compression des données. Néanmoins, si l'information essentielle n'est pas présente sur l'image initiale, elle ne pourra pas être retrouvée par la suite. Il est donc toujours important d'assurer, autant que possible, une bonne acquisition des données. [37]

✓ Restauration d'image par filtrage

Le filtrage permet de réduire les variations d'intensité au sein de chaque région de l'image tout en respectant l'intégrité des scènes.

1. Filtrage linéaire : Un filtre linéaire transforme un ensemble de données d'entrée en un ensemble de données de sortie selon une opération mathématique appelée convolution. Lorsqu'il s'agit de données numérisées comme dans le cas du traitement d'image, la relation entre les valeurs des pixels de sortie et celle des pixels d'entrée est décrite par un tableau de nombres, généralement carré, appelé matrice de convolution.

- **Filtres passe-bas (lissage) :** ont un rôle de lissage du signal, ils adoucissent les variations brutales d'intensité. Comme ils éliminent simplement le bruit, ils modifient assez peu l'image et gardent généralement intacte l'intensité moyenne de l'image.

- **Filtres passe-haut (accentuation) :** ont pour but de rehausser les frontières, ils mettent en valeur les points isolés ou les limites des objets, alors que les autres points sont mis à 0 (en noir). Ceci permet d'accentuer les contrastes, les reliefs et tend à supprimer le flou de l'image.

2. Filtres non linéaires : Ils sont conçus pour régler les problèmes des filtre linéaires, surtout en ce qui concerne la mauvaise conservation des contours, leur principe est le même que les filtres linéaires, il s'agit toujours de remplacer la valeur de chaque pixel par la valeur d'une fonction calculée dans son voisinage. La différence est que cette fonction n'est plus linéaire mais une fonction quelconque.

- **Filtre médian :** Le filtrage médian est un filtre non linéaire de la famille des filtres d'ordre. Son objectif est la réduction du bruit impulsionnelle. Son principe consiste à remplacer un pixel par la médiane de ses voisins.
- **Filtre maximum :** On applique le même traitement que celui du filtre médian mais la valeur du pixel du centre va être remplacée par le maximum.
- **Filtre minimum :** On applique le même traitement que celui du filtre médian mais, cette fois, la valeur du pixel du centre va être remplacée par le minimum.

✓ Amélioration d'image

- **Egalisation d'histogramme :** L'histogramme d'une image est une fonction discrète. Elle représente le nombre de pixels en fonction du niveau de gris. Tandis que L'égalisation d'histogramme permet de d'harmoniser la répartition des niveaux de luminosité de l'image, de telle manière à tendre vers un même nombre de pixel pour chacun des niveaux de l'histogramme. Cette opération vise à augmenter les nuances dans l'image.
- **Rehaussement de contraste :** Le principe de rehaussement consiste à mesurer les différences entre le niveau de gris d'un pixel et celui de son voisinage et à les augmenter. L'opération de rehaussement de contraste devra, réduire le bruit dans les zones stationnaires et éviter les phénomènes de dépassement.[29]

3.2.3 La segmentation

Évaluation des frottis sanguin est un test clinique courant. La plupart du temps, les hématologues sont intéressés par les globules blancs (WBC) seulement. Les techniques de traitement numérique d'image peuvent les aider dans leur analyse et le diagnostic. Par exemple, les maladies comme la leucémie aiguë est détecté en fonction de la quantité et de l'état des WBC (White Blood Cell).

La segmentation est une étape importante et primordiale dans le processus de traitement et d'analyse d'images et qui a pour but de partitionner une image en régions homogènes et regroupés des pixels ayant des propriétés communes suivant des critères prédéfinis.

Généralement, les méthodes de segmentation sont regroupées en deux grandes classes : approche contour et approche région. Chacune ayant des avantages et ses domaines d'application et elles sont par fois complémentaires.

a-Approche contour: basée sur la recherche de discontinuités locales ou de transitions détectables de certains paramètres (couleur, intensité, texture) entre différentes zones et régions. Cette approche a en général l'avantage de fournir des contours bien localisés et donner de bons résultats lorsque les régions ont des intensités moyennes différentes. Les méthodes qui extraient les régions sont peu précises sur les contours. [39]

b-Approche région: basée sur la manipulation directe des régions et regroupements de pixels ayant des attributs communs (couleur, texture,) ces méthodes aboutissent directement à une partition de l'image où chaque pixel est affecté à une région unique, dans cette approche les méthodes de classification sont beaucoup utilisées.

La segmentation correcte de l'isolement des globules blancs. Il est également un problème difficile et complexe en raison de la nature complexe des cellules et de l'incertitude dans les images microscopiques.

L'analyse automatique de globules blancs nécessite un bon algorithme de segmentation bon pour localiser les globules blancs. De nombreuses méthodes classiques de segmentation d'images sont basées sur la sélection de seuillage, détection de contours ou d'une région en pleine croissance. Les techniques de seuillage ne peuvent pas toujours produire des résultats significatifs étant donné qu'aucune information spatiale n'est utilisée lors de la sélection du seuil de segmentation. Ils sont généralement combinés avec l'utilisation de la morphologie mathématique pour améliorer la précision de la segmentation [40].

L'objectif principal de cette partie est de segmenter le WBC pour ses deux éléments dominants: le noyau et le cytoplasme par la morphologie mathématique en particulier la ligne de partage des eaux(LPE).

3.2.3.1 La segmentation basée sur la morphologie mathématique

La morphologie mathématique(MM) est une théorie d'analyse des structures spatiales dont les premiers concepts ont été introduits par Serra [41] pour étudier la forme et la structure des objets dans l'image. Les outils de morphologie mathématique proposés ont été développés au départ pour le traitement d'images binaires en faisant appel à la morphologie mathématique ensembliste.

Leur utilisation a été ensuite étendue aux images en niveaux de gris : on parle à ce moment, de morphologie mathématique fonctionnelle. Désormais, certains opérateurs fonctionnent sur les images couleurs comme la ligne de partage des eaux.

La ligne de partage des eaux (LPE) est l'outil de base pour la segmentation d'images par morphologie mathématique. Elle a été utilisée pour segmenter des images en niveaux de gris dans un premier temps. Puis son extension aux images couleur présentée par Meyer [42] a permis d'ouvrir une nouvelle voie dans le traitement des images couleur. Avant de considérer la ligne de partage des eaux, nous allons effectuer quelques rappels sur les notions de bases de la morphologie mathématique .Ensuite nous décrivons la méthode de segmentation par la ligne de partage des eaux.

▪ Opérateurs de bases sur la morphologie binaire

Définition 1 (érosion) :L'élément structurant B, repéré par son centre, est déplacé pour occuper successivement toutes les positions de l'espace E. Pour chaque position, B est complètement inclus dans X forment l ensemble érodé.

$$\mathcal{E}_B(X) = X \ominus B_x = \{x \in E, B_x \subset X\}$$

-L'érosion fait disparaître les petits objets et amincit les objets restant.

Définition 2 (dilatation) :L'élément structurant B, repéré par son centre, est déplacé pour occuper successivement toutes les positions de l'espace E. Pour chaque position, B est intersecté X forment l'ensemble dilaté.

$$\delta_B(X) = X \oplus B_x = \{x \in E, B_x \cap X \neq \emptyset\}$$

-La dilatation fait disparaître les petits trous et fait grossir les objets.

Définition 3 (ouverture) : l'ouverture d'un ensemble X par un élément structurant B est une érosion par l'élément structurant B suivi d'une dilatation par l'élément structurant transposé.

$$X \circ B = \{(X \ominus B_x) \oplus B\}$$

-L'ouverture élimine les petites composantes, et ouvre les petits isthmes.

Définition 4 (fermeture) : la fermeture d'un ensemble X par un élément structurant B est une dilatation par l'élément structurant B suivi d'une érosion par l'élément structurant B .

$$X \bullet B = \{(X \oplus B_x) \ominus B\}$$

-La fermeture a pour effet de combler les trous et de connecter les objets proches.

▪ La ligne de partage des eaux

En traitement d'images, la segmentation par ligne de partage des eaux désigne une famille de méthodes de segmentation d'image issues de la morphologie mathématique qui considèrent une image à niveaux de gris comme un relief topographique, dont on simule l'inondation. La transformation par LPE afin de segmenter des images en niveau de gris est proposé par S.Beucher et Ch.lantuejoul en 1979.

La LPE utilise la description de l'image en terme géographique. L'idée de base est de considérer l'image comme un relief topographique, où la valeur du niveau de gris représente l'altitude, Ensuite elle cherche les lignes qui séparent les différentes zones de l'image. [43]

Il est alors possible de définir la ligne de partage des eaux comme étant la crête formant la limite entre deux bassins versants. Pour l'obtenir, il faut imaginer l'immersion d'un relief dans de l'eau, (voir **Figure 3.3**) en précisant que l'eau ne peut pénétrer dans les vallées que par ses minima. La ligne de partage des eaux est représentée par les points où deux lacs disjoints se rejoignent au cours de l'immersion [44]. Imaginons que l'eau jaillisse de chaque minimum et que la surface soit inondée à partir de ces sources. Progressivement, le niveau de l'eau s'élève pour empêcher le mélange des eaux venant de minima différents, on crée un barrage élémentaire en chaque point de contact, l'eau continue à s'élever. À la fin ne restent que les digues achevées entourée d'eau : c'est la LPE. (Voir **Figure 3.4**).

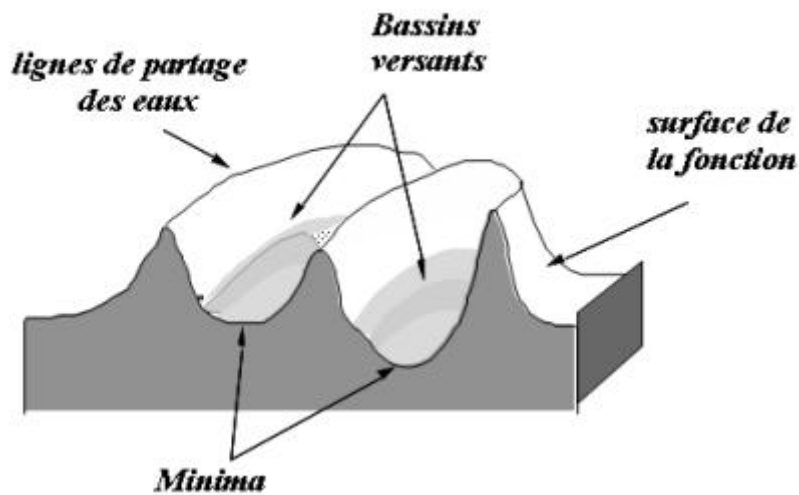


Figure 3. 3: expliquant les notions de bassins versants, minima et la ligne de partage des eaux.

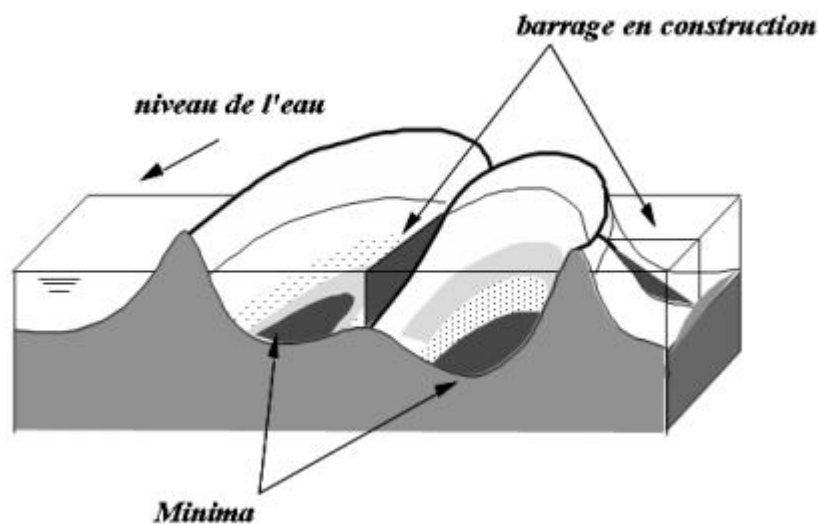


Figure 3. 4: construction de la L.P.E par inondation.

▪ Calcul de la LPE

Cette transformation morphologique est la principale méthode de segmentation d'images proposées par la morphologie mathématique. L'efficacité de la ligne de partage des eaux en tant qu'outil de segmentation dépend essentiellement des marqueurs de départ (minima). Sans traitements préalables, on obtient le plus souvent une sur segmentation de l'image. Une segmentation conforme au but recherché nécessite un filtrage adéquat des minima qui

formeront l'image des marqueurs. On n'applique pas la LPE à l'image originale mais à son gradient (morphologique). Cela crée ainsi des lignes de partage des eaux aux points de discontinuités du niveau de gris, ce qui est intéressant pour les applications de segmentation. La LPE du gradient est sur-segmentée. Ceci est dû au fait que les images gradient des images naturelles contiennent un grand nombre de minima (dû au bruit du système de prise de vue par exemple ou à des variations locales non significatives des niveaux de gris ou encore aux textures des régions).

▪ Le problème de la LPE

Le problème majeur de la LPE est la sur segmentation. En effet, cet algorithme, étant sensible à tout minimum local présent dans l'image, tend à sur définir les lignes de partage des eaux où chaque minimum local donne naissance à une région. Pour palier à ce problème, des outils puissants adaptés à différentes problématiques ont été proposés dans la littérature pour:

- soit réduire le nombre des minima et éviter ainsi le calcul d'un trop grand nombre de région.
- soit procéder par des techniques de filtrages en fusionnant les régions selon des critères de similarité spectrale et spatiale après l'application de la LPE.

3.3 Extraction des caractéristiques

Après l'étape de segmentation des objets de l'image, il sera donc possible d'aborder l'étape d'extraction des caractéristiques, cette étape regroupe tous les algorithmes qui servent à obtenir des informations des objets contenus dans l'image. Dans notre travail nous nous intéressons uniquement aux globules blancs. On considère la morphologie des globules blancs comme un paramètre de base pour identifier certaines pathologies. Parmi ces paramètres nous avons choisis : le RNC (Rapport Noyau /Cytoplasme) et la compacité.

3.4 Conclusion

L'analyse des cellules sanguines dans les images microscopiques peut fournir des informations utiles concernant la santé des patients. Cette analyse est d'un intérêt capital car le diagnostic dépend de la bonne reconnaissance des cellules anormales ou suspectes.

Dans ce chapitre nous avons présentés une méthode de segmentation qui est basée sur la morphologie mathématique en particulier la ligne de partage des eaux, c'est une méthode performante et efficace pour entourer et isoler les globules blancs au reste des composantes du sang afin de pouvoir calculer certaines caractéristiques qui aident le médecin à donner une meilleure interprétation de ces images.

Dans le chapitre qui suit on va appliquer une méthode de segmentation sur des images de frottis sanguin pour pouvoir les télécharger à distance sur un terminal mobile avec ces caractéristiques.

Chapitre 4

Résultat et Application

4.1. Introduction :

Les globules blancs ou White Blood Cell (WBC) appelés aussi leucocytes jouent un rôle important dans le diagnostic de différentes maladies, et par conséquent l'extraction d'informations à propos de ces cellules est précieuse pour les hématologues. Les techniques du traitement d'images numériques ont permis d'analyser les cellules qui conduisent au plus précis standard et gérer à distance des systèmes de diagnostic des maladies. Cependant, il y a quelques complications dans l'extraction des données des WBC due à une variation considérable des cellules en : forme, taille, bord et position. De plus, étant donné l'illumination et le contraste entre les limites des cellules et le fond varie en fonction de l'état au cours duquel le processus de capture a été effectué.

Cette étude met l'accent sur la segmentation des WBC en utilisant des images microscopiques. Notre objectif est de segmenter les noyaux et le cytoplasme des WBC en utilisant un cadre qui a été développé grâce au traitement numérique de l'image. Des techniques de traitement d'image ont été développées rapidement ces dernières années, au point où les spécialistes hématologues peuvent utiliser des images de frottis sanguins pour le traitement automatique des échantillons de sang pour le dépistage des maladies. Ces techniques peuvent aider à trouver des numérations cellulaires dans le sang humain automatiquement et peuvent également fournir des informations sur le ratio du noyau par rapport au cytoplasme, d'identifier et de classer les différents types de globules blancs tels que les neutrophiles, basophiles et lymphocytes.

De nombreuses méthodes de segmentation sont utilisées dans ce domaine, parmi ces méthodes : détection des contours, croissance région, classification, morphologie mathématique, et la LPE.

L'algorithme de segmentation des globules blancs, que nous proposons dans le cadre de notre travail est divisé en deux étapes : (voir la **Figure4.1**)

- Étape 1 : la détection de la position centrale de chaque globule blanc contenu dans l'image. Ces centres définissent les régions d'intérêt(ROI) pour ensuite extraire automatiquement une sou-image centrée autour de chaque globule blanc.

- Étape 2 : pour chaque globule blanc, on partitionne l'image couleur en deux régions : le noyau et le cytoplasme. la segmentation des globules blancs doit être précise car le noyau et le cytoplasme obtenus sont utilisés pour déterminer les mesures des paramètres utilisés pour la caractérisation.

L'algorithme morphologique suivant montre la structure proposée pour la segmentation du WBC dans le cadre de notre travail.

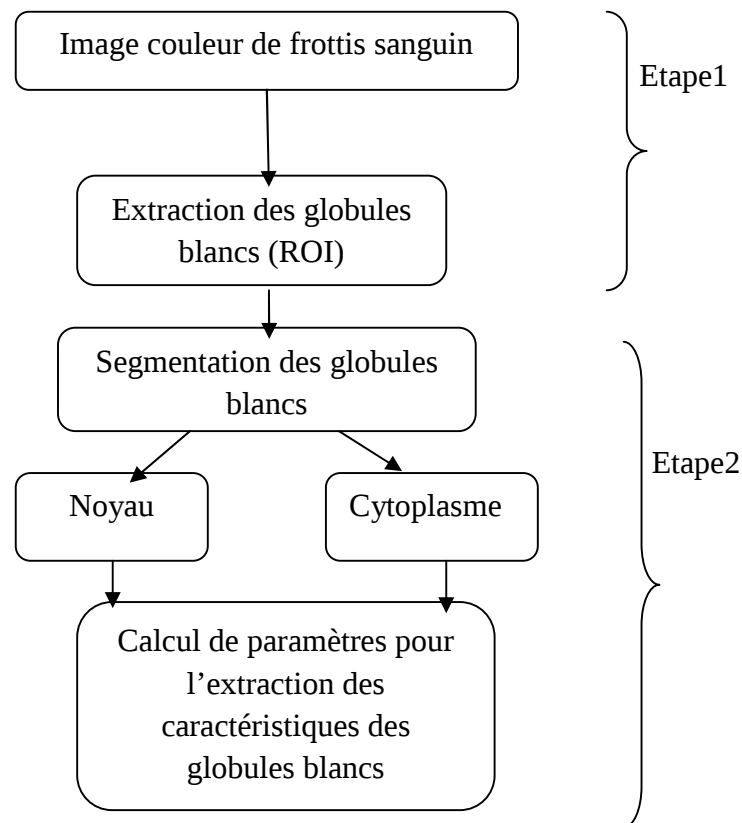


Figure 4. 1:La structure proposée pour la segmentation du WBC dans notre cadre de travail.

4.2. Extraction des globules blancs (region of interest)

Notre but dans cette section, est de représenter un algorithme permettant d'automatiser le processus d'extraction de la région d'intérêt (globule blanc) à partir d'une image de grand taille .L'utilisation de ces sous-images présente plusieurs avantages : réduction de la taille de l'image ce qui permet aux algorithmes de segmentation d'être plus rapide. Notre approche comporte deux phases : une phase de localisation suivi d'une phase de délimitation. La phase de localisation consiste à déterminer la position du globule blanc et utiliser son centroïde

comme centre pour la région d'intérêt, la seconde phase consiste à utiliser les résultats de la localisation afin de déterminer la région du globule blanc sur l'image de départ.

- **Phase de localisation :**

Sachant que chaque globule blanc contient un noyau qui prend une couleur foncée par rapport au cytoplasme et aux globules rouges donc avec un simple seuillage (voir la **Figure 4.2(d)**) on peut extraire le noyau, puis calculer leur centre de gravité qui sera considéré comme le centre de la sous-image (voir la **Figure 4.2(e)**).

- **Phases de délimitation :**

D'après la première phase il nous reste qu'à délimiter notre région d'intérêt (le globule blanc). nous déterminons la taille de l'images que nous voulons obtenir et centrée sur le centre de gravité calculé précédemment ,ceci va permettre à l'image extraite de contenir le globule blanc en entier avec quelques hématies que nous pourrons éliminer par la suite à l'aide des operateur morphologiques(voir la **Figure 4.2(f)**) .

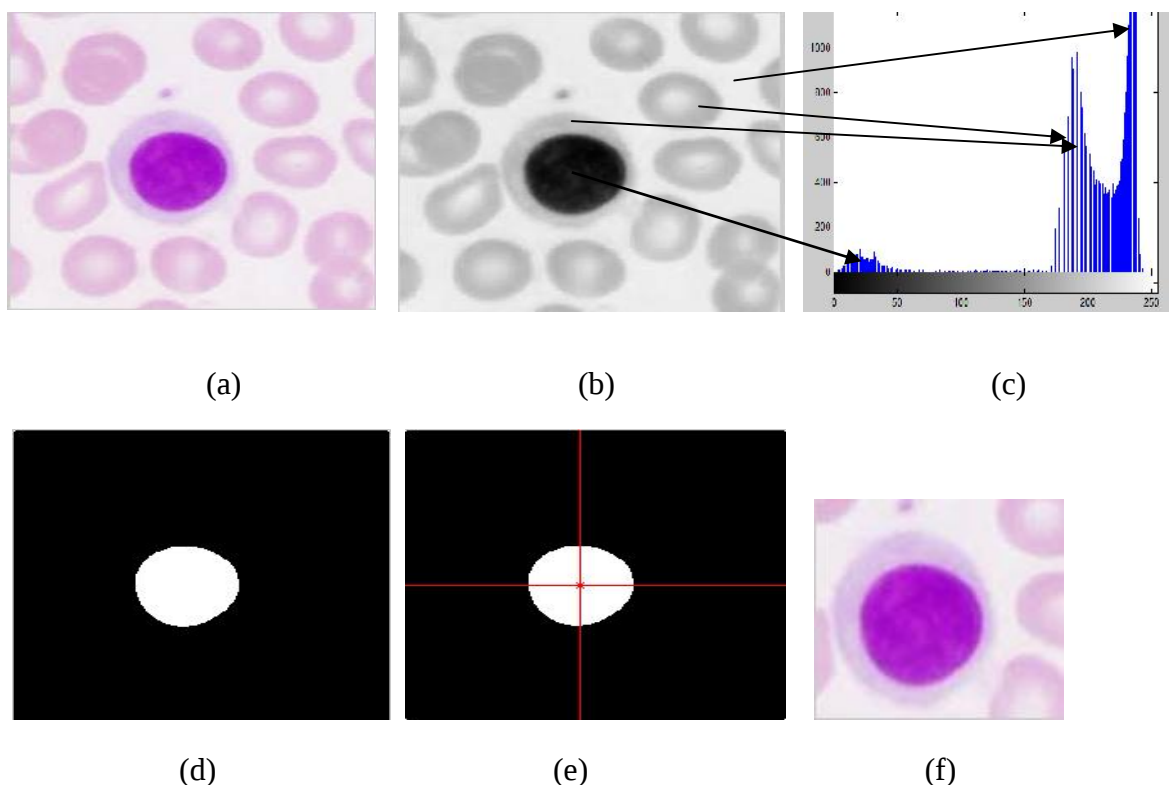


Figure 4. 2: Extraction de la région d'intérêt (a) Image couleur initial (b) Canal vert de l'image couleur (c) Histogramme du canal vert (d) Masque binaire du noyau (e) Centre de gravité sur le masque binaire du noyau (f) Extraction de la région d'intérêt.

4.3 Segmentation des globules blancs

Il y a de nombreuses méthodes qu'on pourrait appliquer pour segmenter, d'une façon robuste et précise l'image qui contient un globule blanc.

Un simple seuillage, suivi d'un filtrage surfacique, appliqué sur le canal vert de l'image est suffisant pour extraire les globules blancs (noyau et cytoplasme) à partir d'une image réduite obtenue de l'image initiale (voire la **Figure 4.3**).

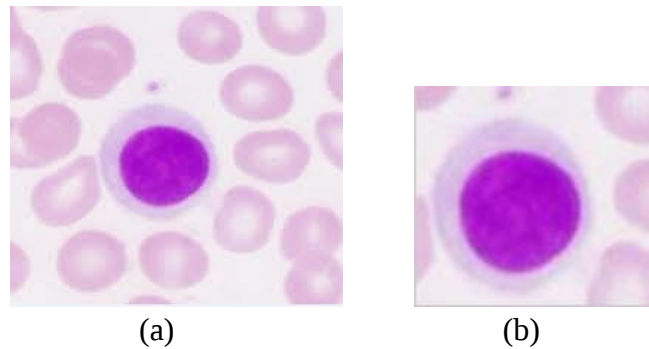


Figure 4. 3: (a) Image initial, (b) Sous-image de (a).

En première étape on applique un double seuillage, un seuil pour extraire le noyau et l'autre seuil pour extraire le cytoplasme qui sont choisis à partir de l'histogramme du canal vert de l'image (voire la **Figure 4.4**).

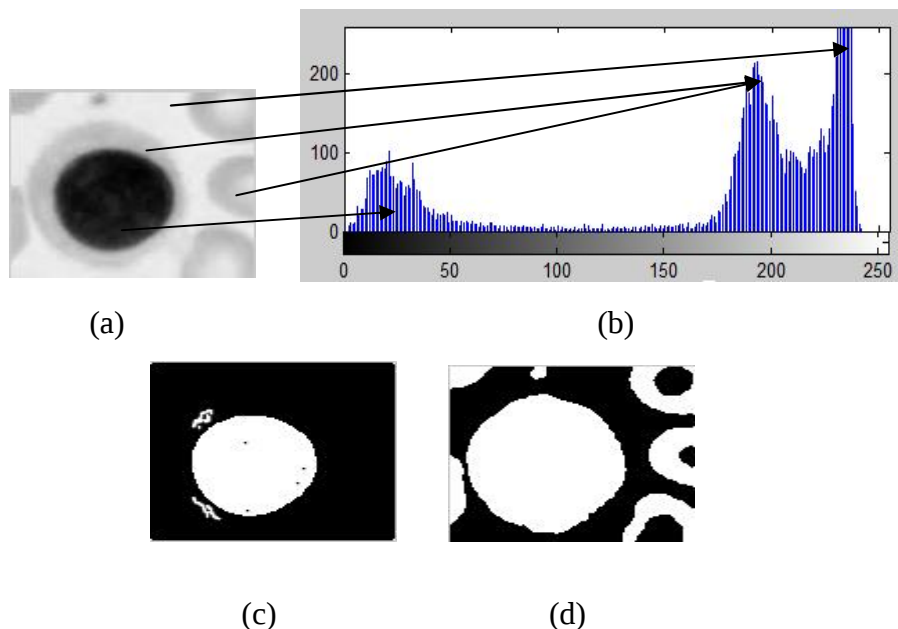


Figure 4. 4: (a) Composante vert de l'image, (b) Histogramme de la composante vert de l'image, (c) Masque binaire du noyau, (d) Masque binaire du cytoplasme et des hématies.

***Segmentation du noyau**

Nous remarquons que le masque binaire du noyau, obtenu après seuillage, nécessite un filtrage surfacique pour éliminer les imperfections observées (petites régions) ; un opérateur de « bouchage de trous » est appliqué aussi pour remplir les points noirs remarqués à l'intérieur du masque dans l'image (voir la **Figure 4.5 (b)**).

Une fois le masque du noyau obtenu, nous l'appliquons sur l'image de départ afin d'extraire le noyau (voir la **Figure 4.5 (c)**).

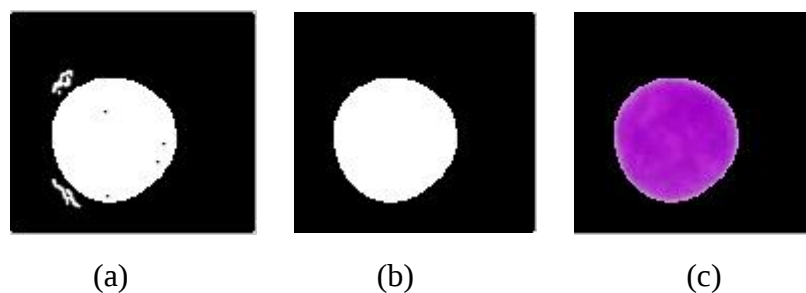


Figure 4. 5: (a) Masque binaire du noyau obtenu après seuillage, (b) Masque binaire du noyau (après filtrage surfacique+bouchage des trous), (c) Extraction du noyau.

***Segmentation du cytoplasme**

Enfin, pour ce qui est du masque binaire du cytoplasme nous appliquons un opérateur d'élimination des grains touchant le bord (pour éliminer les hématies) (voir la **Figure 4.6 (b)**).

Une fois le masque du cytoplasme obtenu nous l'appliquons sur l'image de départ pour extraire le cytoplasme (voir la **Figure 4.6 (c)**).

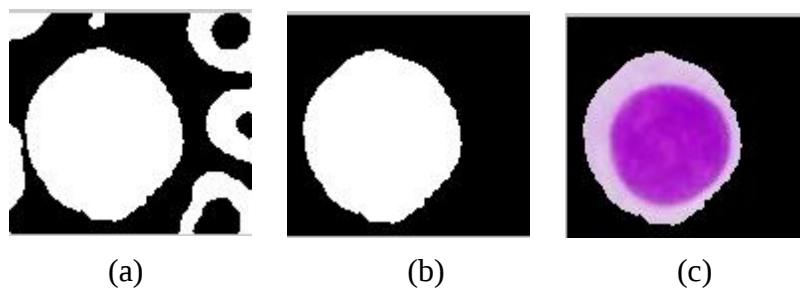


Figure 4. 6: (a) Masque binaire du cytoplasme obtenu après seuillage, (b) Masque binaire du cytoplasme (après filtrage surfacique), (c) Extraction du cytoplasme.

Après l'extraction du noyau et du cytoplasme nous superposons leurs périmètres sur l'image initiale afin de voir la qualité de la segmentation (voir la **figure 4.7 (c)**).

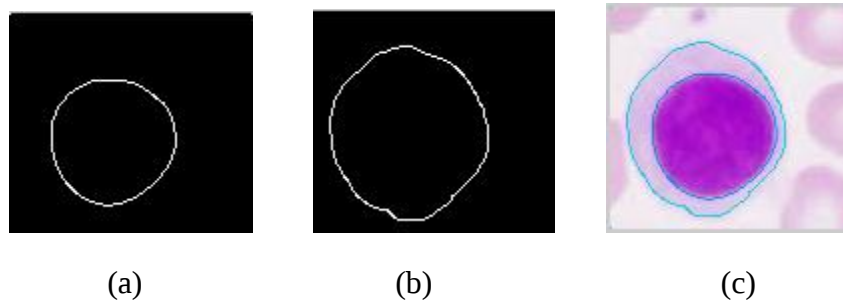


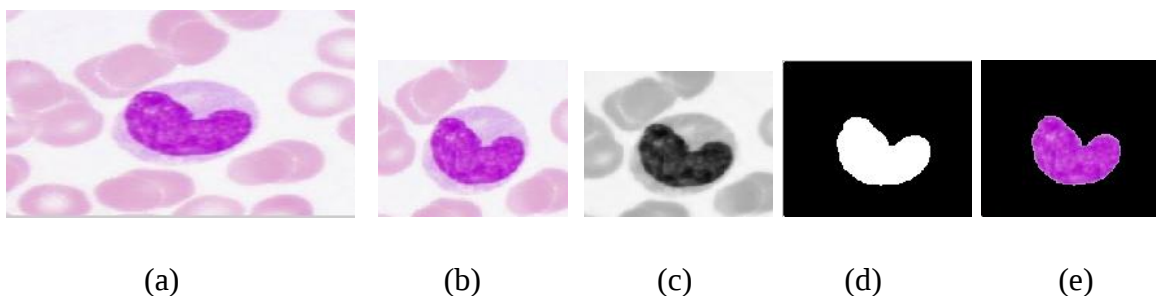
Figure 4. 7: (a) Périmètre du noyau, (b) Périmètre du cytoplasme, (c) Segmentation du globule blanc.

Nous constatons que la segmentation des globules blancs par seuillage est satisfaisante, car les contours des masques binaires entourent bien la forme du noyau et du cytoplasme.

Les inconvénients de cette méthode se trouvent dans le cas où les globules rouges sont collés au cytoplasme et une très faible transition de couleur qui rend difficile leur séparation (voir la **Figure 4.8 (g)**). Et dans un autre cas, où le noyau du globule blanc est polynucléaire (voir la **Figure 4.10**).

- **Voyons le cas où les globules rouges sont collés au cytoplasme :**

En appliquant le même algorithme utilisé précédemment (voir la **Figure 4.4**), On remarque que le problème se situe au niveau de la forme du masque binaire du cytoplasme (voir la **Figure 4.8 (f)**). Cette déformation est due au fait qu'un globule rouge soit collé au cytoplasme, la solution à ce problème serait de pouvoir séparer le globule rouge du cytoplasme mais les opérateurs morphologiques sont incapables.



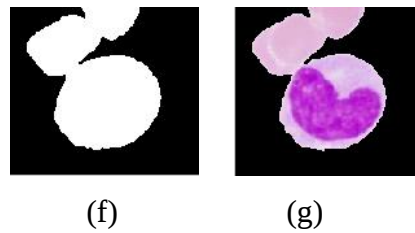
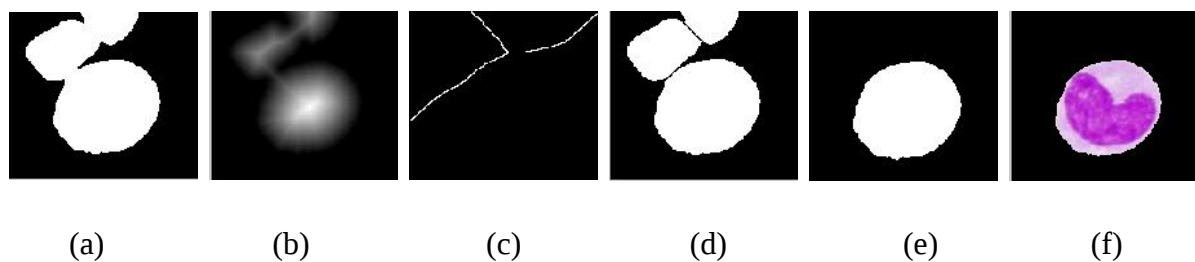


Figure 4. 8: (a) Image initiale, (b) Sous-image (la région d'intérêt « globule blanc »), (c) La composante vert du sous-image, (d) Masque binaire du noyau, (e) Extraction du noyau, (f) Masque binaire du cytoplasme (après filtrage surfacique), (g) Extraction du cytoplasme .

Pour séparer le globule blanc des globules rouges on utilise la *fonction distance* qui est un outil généralement utilisé en conjonction avec la segmentation LPE afin de séparer les structures binaires.

Après avoir calculé la fonction distance du masque du cytoplasme collé au globule rouge, on lui applique la segmentation par la LPE (voir la **Figure 4.9 (b, c)**). Nous obtenons une séparation entre le cytoplasme du globule blanc et du globule rouge (voir la **Figure4.9(d)**). Par un filtrage surfacique nous éliminons le globule rouge pour obtenir le masque du cytoplasme du globule blanc (voir la **Figure 4.9(e)**). Une fois le masque du cytoplasme obtenu nous l'appliquons sur l'image de départ pour extraire le cytoplasme, le résultat est satisfaisant (voir la **Figure 4.9(f)**).

Nous extrayons ensuite les périmètres du noyau et du cytoplasme pour l'appliquer sur l'image initiale afin de voir la qualité de la segmentation (voir la **Figure 4.9(i)**).



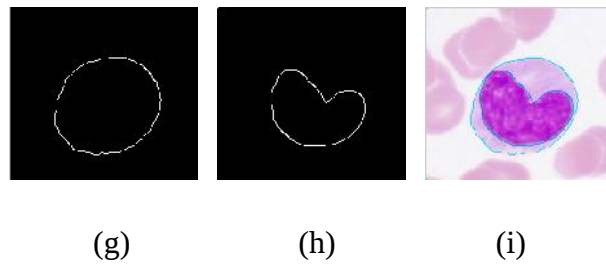


Figure 4. 9: (a) Masque du cytoplasme et des hématies, (b) La fonction distance du masque, (c) LPE sur la fonction distance, (d) Résultat de la segmentation de la LPE sur la fonction distance, (e) Masque binaire du cytoplasme, (f) Extraction du cytoplasme,(g) périmètre du cytoplasme, (h) Périmètre du noyau, (i) Segmentation du globule blanc .

• Voyons le cas où le noyau du globule blanc est polynucléaire :

En appliquant le même algorithme utilisé précédemment, on remarque que le problème se situe au niveau du noyau (voir la **Figure 4.10(d)**). Nous appliquons alors le masque binaire obtenu sur l'image initiale, nous obtenons une segmentation erronée du noyau (voir la **Figure 4.10(g)**) cela est due au fait que le noyau est polynucléaire

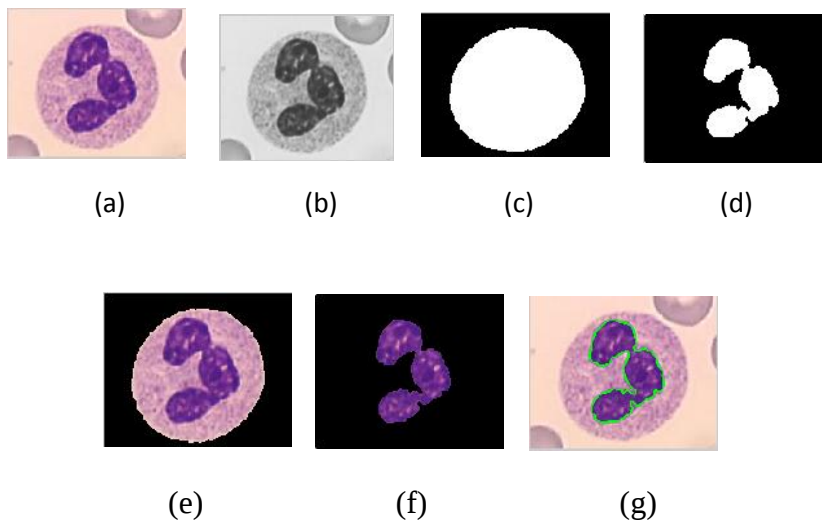
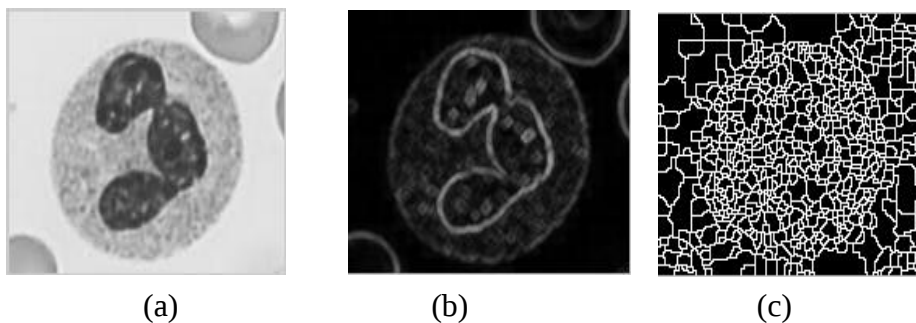


Figure 4. 10: (a) Image de la région d'intérêt, (b) La composante vert de l'image, (c) Masque du cytoplasme,(d) Masque du noyau,(e) Extraction du cytoplasme,(f)Extraction du noyau,(g) noyau segmenté .

Pour résoudre ce problème en utilise la LPE contrainte par les marqueurs :

Algorithme de la LPE sous la contrainte de marqueur [41] : son principe consiste à modifier l'homotopie de l'image gradient de façon à réduire le nombre de ses minima régionaux. Cela fait appel à un marquage des régions que l'on souhaite extraire de l'image. Le marqueur d'une région est un ensemble de pixels connexes situés à l'intérieur de la région. Le principe de la modification d'homotopie du gradient est d'imposer les marqueurs des régions comme minima du gradient en supprimant tous les autres minima indésirables à l'origine de la sur-segmentation et de ne conserver entre les marqueurs que les lignes de crête les plus élevées du gradient.

Une fois le gradient morphologique de la composante verte obtenu (voir la **Figure 4.11 (a)**) on lui applique la segmentation par la LPE. L'application de la LPE directement sur le gradient aboutit à une sur- segmentation (voir la **Figure 4.11 (c)**) due à du bruit et à la texture du noyau, d'où la nécessité d'appliquer un filtrage (filtre alterné séquentiel FAS) de la composante verte avant le gradient pour diminuer le nombre de minima, ensuite on applique la LPE sur le gradient de la composante verte filtrée, le résultat obtenu est toujours une sur-segmentation (voir la **Figure 4.11(f)**).



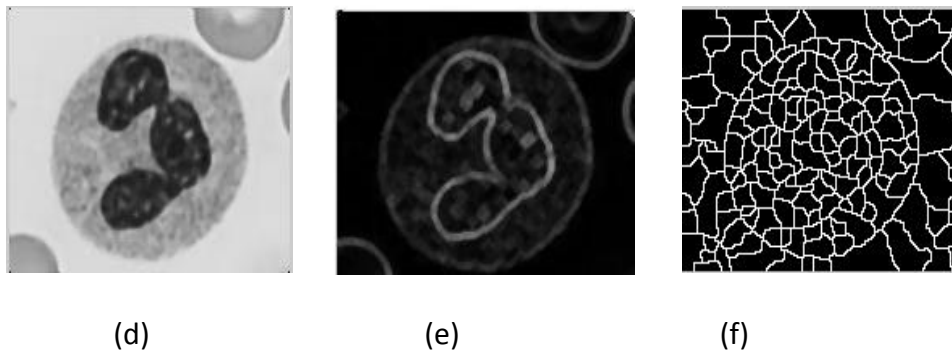


Figure 4. 11: (a) Canal vert de l'image, (b) Gradient du canal vert de l'image, (c) LPE sur le gradient du canal vert de l'image (sur-segmentation), (d) Canal vert filtré, (e) Gradient du canal vert filtré, (f) LPE sur le gradient du canal vert filtré (sur-segmentation).

Pour résoudre ce problème on utilise la LPE sous la contrainte de marqueur définie précédemment. Nous devons choisir les marqueurs (internes et externes) qui sont des composantes connexes à l'image.

Le marqueur interne (minima locaux) est utilisé pour marquer l'objet à segmenter ; dans notre cas c'est le noyau. Tandis que le marqueur externe contient l'objet à segmenter.

Nous avons choisi, comme marqueur interne, la fonction distance du masque binaire du noyau, et comme marqueur externe, le périmètre du masque binaire du cytoplasme (voir la **Figure4.12(a)et(b)**).

Nous imposons nos deux marqueurs sur le gradient de l'image (voir la **Figure4.12(c)**), ensuite nous appliquons la LPE sur ce gradient, le résultat obtenu est le périmètre du masque du noyau (voir la **Figure 4.12(d)**).

Un simple opérateur de bouchage des trous est utilisé pour avoir le masque du noyau (voir la **Figure 4.12(f)**). Le résultat de la segmentation du globule blanc est satisfaisant (voir la **Figure 4.12(g)**).

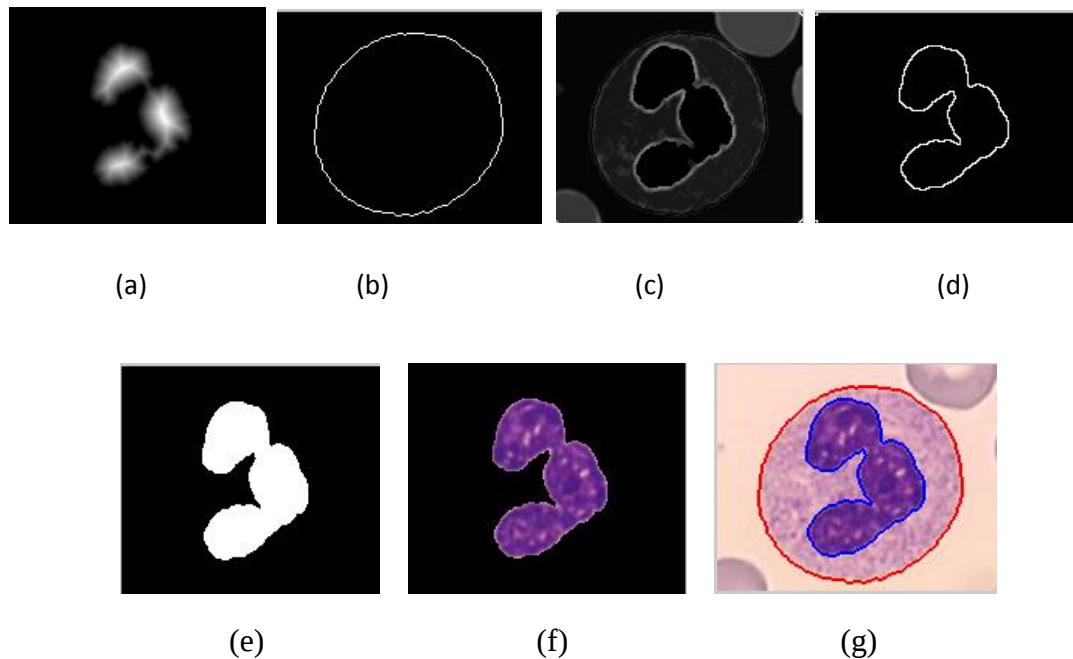


Figure 4.12: (a) Marqueur interne, (b) Marqueur externe, (c) Superposition des marqueurs sur l'image gradient, (d) Résultat de LPE sur le gradient contenant les marqueurs, (e) Masque binaire du noyau, (f) Extraction du noyau, (g) Segmentation du globule blanc.

4.4 Caractérisation des globules blancs :

la segmentation des globules blancs joue un rôle important en tant que première étape essentielle pour séparer les globules blancs en région du noyau et région du cytoplasme.

Cette étape de segmentation affecte directement la précision de l'étape de caractérisation morphologique du noyau et du cytoplasme. la morphologie des globules blancs considère comme un principe de base pour l'identification certain pathologies tels que la leucémie, Syndromes myélodysplasiques, Lymphomes, etc.

pour la caractérisation des globules blancs, nous avons choisi un ensemble de paramètres : la taille nucléaire, la taille cellulaire, la forme nucléaire, le rapport noyau/cytoplasme.

- **la taille nucléaire** : est obtenue à partir de l'aire en pixels du masque binaire du noyau
- **la taille cellulaire** : est obtenue à partir de l'aire en pixels du masque binaire de la cellule (noyau+cytoplasme).

- **le rapport noyau/cytoplasme** :est definit comme le ratio entre l'aire du noyau et l'aire totale de la cellule.

RNC=la surface du noyau/surface de la cellule.

- **en plus le diamètre** :est mesuré à partir du contour entre deux point les plus éloignés.
- **la forme nucleaire** :

la forme nucléaire est une caractéristique riche en variétés et très intéressante pour identifier les cas pathologiques.

Les descripteurs de forme sont également très importants, ils permettent d'avoir une description géométrique des objets à caractériser. Nous donnons ici la définition de quelque descripteur de forme tel que la compacité, la convexité.

- Compacité (ou facteur de circularité) :

La compacité est un facteur de circularité qui vaut 1 lorsque la région est un cercle, et diminue à mesure que le contour est très découpé ou que la région est allongée.

$$\text{Compacité} = \frac{p^2}{4\pi S}$$

P: périmètre d'objet, S: surface d'objet.

- Convexité

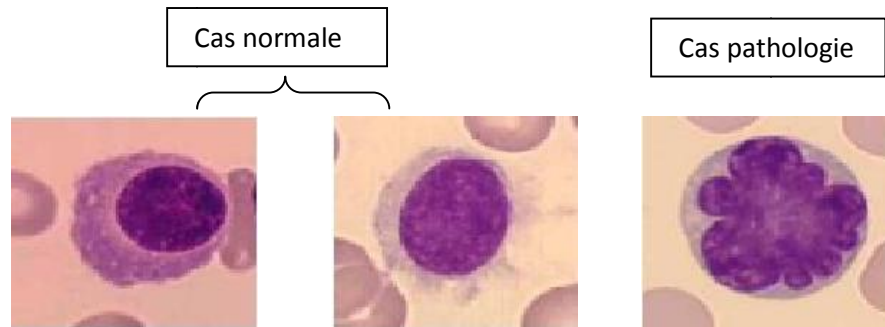
Convexité est le rapport entre le périmètre de l'enveloppe convexe et celle de la région. Une région fortement convexe à une valeur de convexité égale à 1 et une région faiblement convexe a une valeur de convexité inférieure à 1.

-Enveloppe convexe : L'enveloppe convexe d'un ensemble de points est le plus petit polygone convexe qui englobe tous les points. Elle est aussi le plus court chemin entourant tous les points.

Exemple :

Nous effectuons des calculs de paramètres de forme sur les noyaux des lymphocytes suivantes :

Nous rappelons que la forme normale du noyau d'un lymphocyte est circulaire

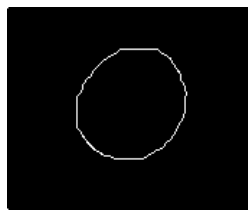


On extrait les formes nucléaires de ses images :

On peut caractériser la forme du contour de ses images à l'aide du facteur de circularité (la compacité).



I1 (Régulière rond)



I2 (Régulière ovale)



I3(Irrégulière)

Images contours	I1	I2	I3
Surface du noyau	3252	19108	8251
Périmètre du noyau	184	832	349
Compacité	0.8285	0.8828	1.1747

Tableau 4. 1: Quelques paramètres de forme calculés.

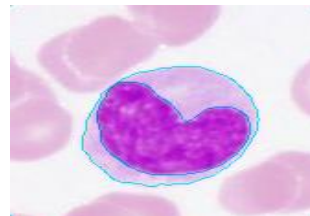
Les paramètres ; tels que surface du noyau, périmètre du noyau nous ont permis de calculer la compacité en utilisant la formule citée ci-dessus. Les résultats sont portés dans le **Tableau 4.1** On remarque que les compacités des noyaux des images I1 et I2 tendent vers 1 ; on déduit donc que les formes de ces deux images sont presque un cercle (forme régulière), par contre

la compacité du noyau de l'image I3 est supérieur à 1, elles montrent donc que la forme du noyau de cette image est irrégulière.

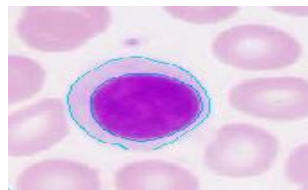
➤ exemple de segmentation des globules blancs :



Polynucléaire



Monocyte



Lymphocyte

Exemple des résultats de la mesure du diamètre ainsi que le rapport RNC pour différencier entre les types de globules blancs sont donnés par **le Tableau 4.2.**

Globules blancs	Diamètre (pixel)	Rapport RNC
Monocyte	93,13	0,6390
Lymphocyte	80,33	0,7034
Polynucléaire	89 ,13	0,6720

Tableau 4. 2: Exemple des résultats de la mesure du diamètre ainsi que le rapport RNC des globules blancs.

D'après le tableau on remarque que le diamètre du monocyte est plus grand que le diamètre des polynucléaire et lymphocyte avec un rapport de RNC inférieur à ceux des lymphocytes et polynucléaire.

Par contre le diamètre du lymphocyte est le plus petit avec un rapport RNC supérieur à ceux des monocytes et polynucléaire.

4.5 Application sur un terminal mobile

4.5.1 Objectif

L'application que nous cherchons à développer consiste à transmettre des images médicales segmentées et des paramètres calculés vers un terminal mobile.

4.5.2 Données de base

Un logiciel pour téléphones portables, ayant la fonction de consulter à distance un serveur de traitement contenant des images traitées avec les paramètres calculés, sera développé pour satisfaire les fonctionnalités décrites ci-dessus.

Il sera possible d'installer le logiciel sur tout terminal mobile (J2ME).

4.5.3 Cahier des charges

Le cahier des charges de ce projet consiste à:

-Créer deux applications:

- Une à installer sur un serveur Web (contenant les résultats générés), chargé d'analyser les images des cellules sanguines sous MATLAB.
- La deuxième à installer sur un téléphone pour recevoir le fichier médical (les images segmentée et les paramètres calculés).

-l'application est programmée dans un langage qui soit le plus portable possible, doit être simple à utiliser et à installer.

-L'interface utilisateur doit être simple à exploiter.

4.5.4 Fonction

Etablissement d'une connexion entre le terminal mobile et le serveur de traitement distant

- Récupération des fichiers médicaux sur un natel par une adresse IP (une connexion réseau sur un serveur).
- Lecture des images et des paramètres à l'écran.

4.5.5 Bilan de l'analyse

L'analyse effectuée a permis de mieux comprendre le fonctionnement des principaux protocoles qui peuvent être ciblés dans la conception et le développement de notre application.

Après avoir étudié les différentes technologies disponibles dans le monde des

communication sans fil et les environnements mobile dans l'envoi et la réception des documents électroniques entre le terminal mobile et le serveur, on est obligé de choisir la technologies la plus adéquate pour notre projet.

Le choix qui a été pris c'est de programmer avec HTTP selon les caractéristiques suivantes [4] :

- HTTP est obligatoirement implémenté sur tous les terminaux MIDP.
- HTTP est indépendant du réseau.
- Le port 80 du protocole HTTP est plus facilement ouvrable sur les pare-feu.

4.5.6 Réalisation

Ce qui va donc être réalisé est représenté sur le schéma de la **figure 4.12** :

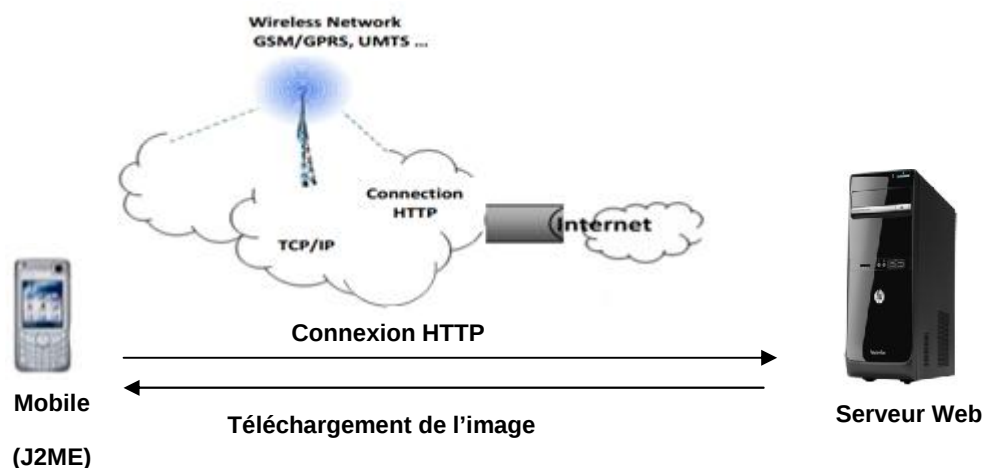


Figure 4. 13: L'application réalisée.

- Le déroulement de l'application :

- * L'utilisateur se servira d'un téléphone avec le programme (J2ME) de demande d'une connexion HTTP pour recevoir les données stockés sur la base de données distante.
- * le serveur intervenir la base pour récupérer les données demandées.
- * Ainsi, l'utilisateur pourra récupérer les données délivrées par le serveur Web.

4.5.6.1 Environnement de développement

- **Développement sur serveur Web**

L'enregistrement et l'analyse des images médicales avec leurs paramètres caractéristiques ont été effectués en utilisant MATLAB. C'est un environnement performant, ouvert et programmable qui permet de générer des gains de productivité remarquables.

- **Développement sur téléphone portable**

Un outil de simulation Sun Java™ Wireless toolkit(J2ME) a été exploité pour examiner toutes les communications sans fil possible. il permet d'exécuter toute sorte d'application sur des dispositifs à faible ressources de calcul tels qu'un téléphone portable. On y trouve donc toutes les bibliothèques nécessaires ainsi que le compilateur. Il contient aussi un émulateur qui permet de tester la compatibilité avec les différentes configurations et profils:

- ❖ Connected Limited Device Configuration (CLDC).
- ❖ Mobile Information Device Profile (MIDP).
- ❖ J2ME Web Services, (JSR-172).
- ❖ Wireless Messaging APIs (WMA), (JSR-205).
- ❖ Mobile Media APIs (MMAPI), (JSR-135).

Le choix du Java est justifié par les problèmes suivants associés au codage en C++ sur le système d'exploitation Symbian:

-Management de mémoire: pour la majorité des applications le système Java semble être suffisant.

-Environnement d'exécution: les options proposées sur les exécutables Java comme les protections au téléchargement ou l'exécution sécurisée sont gratuites, alors qu'en C++ il faut les développer, les tester et les maintenir.

-Pérennité: Java semble avoir été accepté pour le développement d'applications sur téléphones mobiles. Les développements futurs rendront Java peut être aussi rapide que le C++.

C'est donc pour ces raisons que Java a été choisie pour la réalisation ce travail.

4.5.6.2 Application

Notre application suit la structure *Client / Serveur*, ce qui conduit à réaliser deux logiciels. Le Client chargé de se connecter au serveur *Web* et de récupérer les fichiers médicaux générés. Par contre le serveur a comme opération d'envoyer automatiquement les résultats selon la requête reçue.

Ce qui nous intéresse c'est le *Client* (J2ME) puisque c'est une nouvelle technologie: il y a qu'une dizaine d'années qu'il est possible de développer des applications pour mobiles.

En ce qui concerne le *Serveur*: Un programme qui tourne sur un *PC* écrit dans le langage MA TLAB pour générer des images segmentées.

4.5.6.3 Interface utilisateur

Etant donné la petite taille des écrans et la difficulté d'utilisation de certains claviers de téléphones portables, la création de l'interface utilisateur a une grande importance.

Heureusement, au sein du profil *MIDP*, le paquetage *javax.microedition.lcdui* fournit les composants nécessaires à la réalisation d'une interface adapté au téléphone portable.

-*Conception* :

Étant donné le nombre d'options qui doivent être présentes, il faut mettre une structure qui permette de naviguer facilement entre les différentes parties. Le choix, qui a été fait, est présenté sur le résultat de la figure 4.13, en suivant les flèches pour les différents écrans de l'utilisateur final :

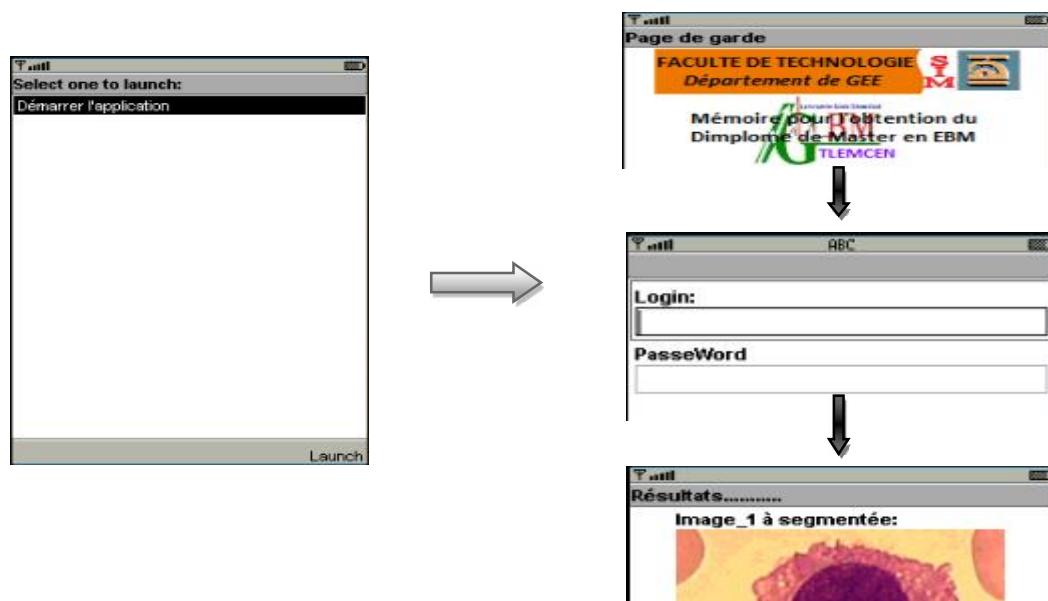


Figure 4. 14: L'interface utilisateur.

4.5.6.4 Mode d'emploi du programme

- Configuration minimale

Pour pouvoir utiliser notre application, il faut un téléphone portable, qui a les caractéristiques suivantes:

- Support du profile *MIDP 2.0* et de *CLDC 1.0*.
- 30ko d'espace mémoire disponible.

- Diffusion du logiciel

Pour diffuser le logiciel du *Client (J2ME)*, il existe plusieurs possibilités, mais dans chacun des cas, les deux seuls fichiers qui doivent être fourni à l'utilisateur sont :

- **imagMedical.jad.**
- **imagMedical.jar.**

Ces fichiers doivent être transférés sur le téléphone, pour cela il y a plusieurs solutions :

- Téléchargement sur le téléphone d'un E-mail contenant les deux fichiers en pièces jointes.

- Accès aux fichiers placés sur un serveur Web.

- Transfert à l'aide de l'infrarouge

- Etc....

Dans tous les cas, les deux fichiers doivent se trouver dans le même répertoire ou le même E-mail.

– Installation du programme

Étant donné que l'installation diffère selon les téléphones, il n'est pas possible de donner une marche à suivre précise. Mais normalement, le simple fait d'ouvrir le fichier `imagMedical.jad` suffit à installer l'application.

MIDlet-1: Démarrer l'application, Démarrer l'application, `imagMedical.jad`

MIDlet-Jar-Size: 2347

MIDlet-Jar-URL: `imagMedical.jar`

MIDlet-Name: `imagMedical.jad`

MIDlet-Vendor: Bensafa&Ayade

MIDlet-Version: 1.0

MicroEdition-Configuration: CLDC-1.0

MicroEdition-Profile: MIDP-2.0

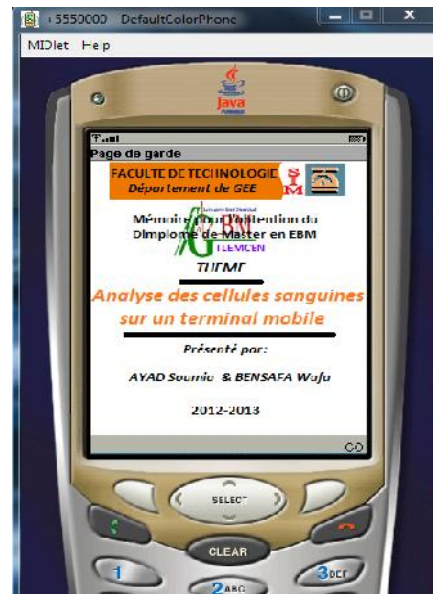
- Exécution de la MIDlet

Le lancement de l'application est montré sur la **Figure 4.15(a)**, qui est suivie par une phase d'authentification en demandant à l'utilisateur son nom et le mot de passe. Dans lequel on peut déplacer à l'aide des flèches de navigation (haut, bas) (voir la **Figure 4.15**).

- La **Figure 4.15(b)** représente la page d'accueil de notre application.



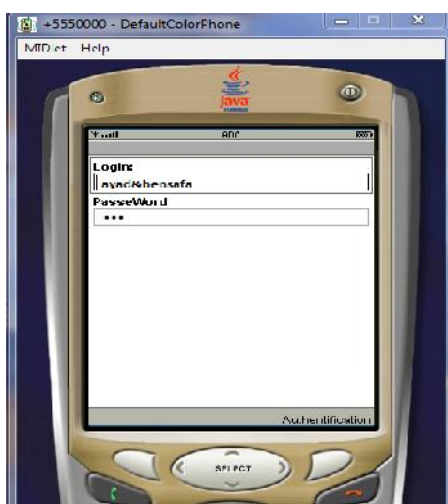
(a)



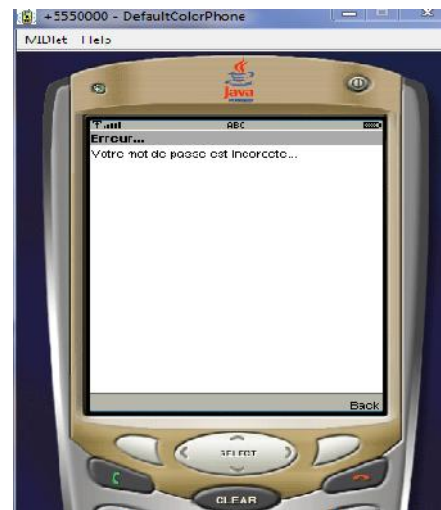
(b)

Figure 4. 15: (a)Lancement de l'application, (b) Interface thème.

La commande GO, permet de passer à l'étape d'authentification (voir la **Figur4.15(b)**). Si le mot de passe est incorrect par exemple, un message d'erreur s'affiche sur l'écran (voir la **Figur4.16(b)**).



(a)



(b)

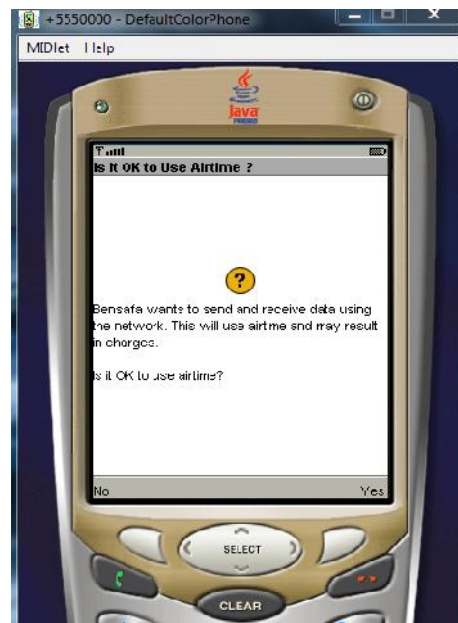
Figure 4. 16 : (a) Authentification,(b) Authentification incorrecte.

Si le mot de passe est correcte, l'utilisateur peut accéder à l'information envoyée par le serveur grâce à la touche « **Menu** » où se trouvent les différentes images analysées (Voir la **Figure 4.17(a)**). En activant le bouton « **result1** », une requête est envoyée au serveur pour la télécharger,

Pour cela un message de continuation apparaît sur l'écran informant l'utilisateur qu'il s'agit d'un support réseau à utiliser pour communiquer les données (Voir la **Figure 4.17(b)**).



(a)



(b)

Figure 4. 17: (a) Menu d'accès, (b) Connexion.

En activant le bouton **Yes**, l'image résultat se téléchargera après un petit moment (voir la **Figure 4.18**).

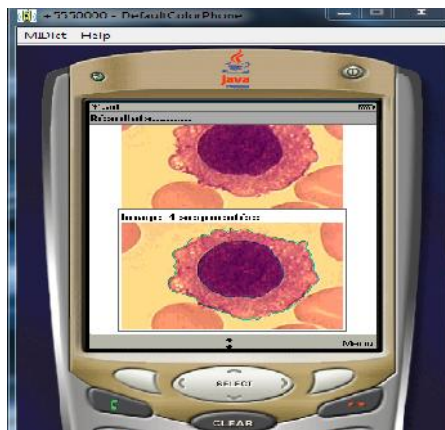
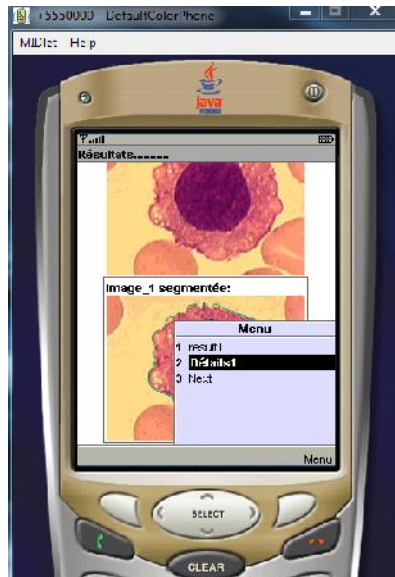


Figure 4.18: L'image 1 segmentée (contour de noyau et contour de cytoplasme).

En activant le bouton **Détails1** on aura la fenêtre des paramètres calculés par l'algorithme du serveur ce qui est montré sur la **figure 4.19**



(a)



(b)

Figure 4. 19: (a) L'activation du bouton details1, (b) L'Image1 segmenté avec ses paramètres calculés tels que (la surface et le périmètre du noyau et cytoplasme, le diamètre, le rapport RNC).

En activant le bouton **Next** on aura la fenêtre de la deuxième image à segmenter.

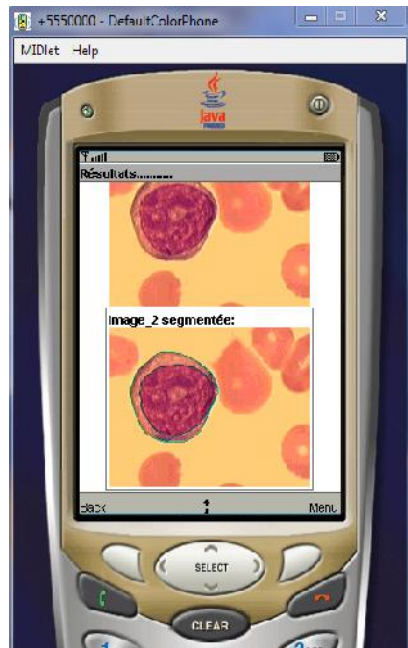


(a)

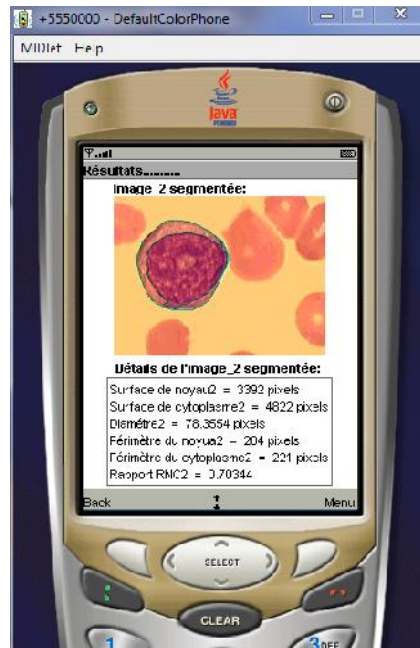


(b)

Figure 4. 20 : (a) Bouton Next , (b) La 2eme image à segmenter.



(a)



(b)

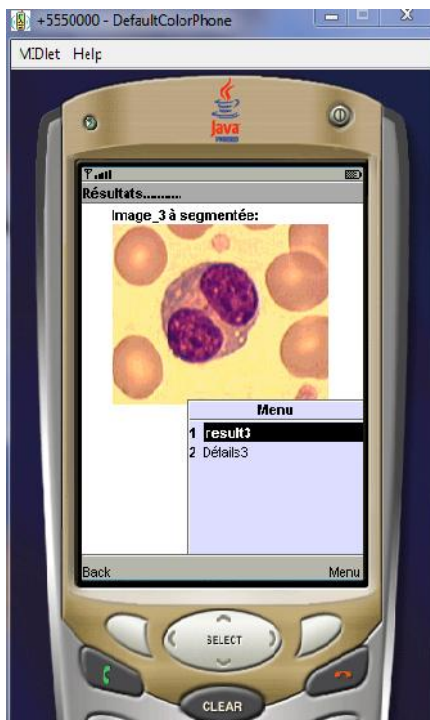


(c)

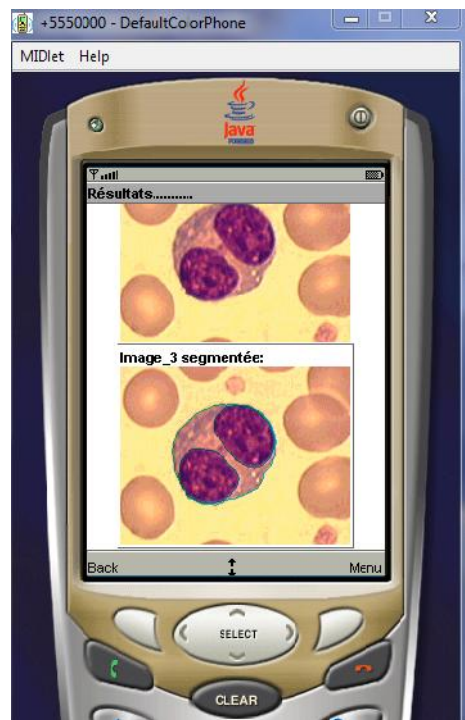


(d)

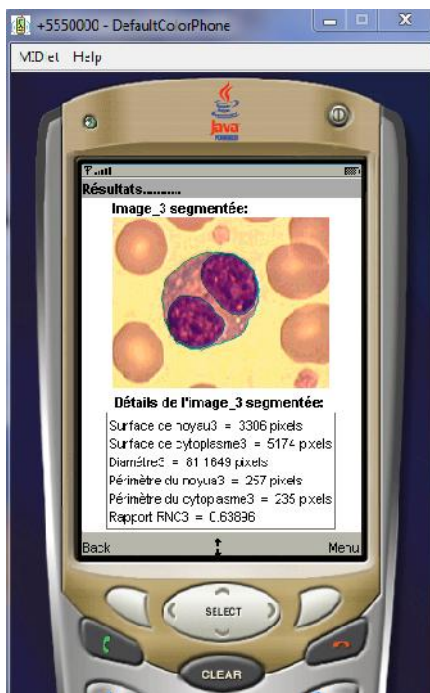
Figure 4. 21: (a) Image à traiter et l'image segmentée, (b) Image segmentée et ces paramètres calculés, (c) Le bouton **Next** pour passer à l'image suivante, (d) Fenêtre de la 3eme image.



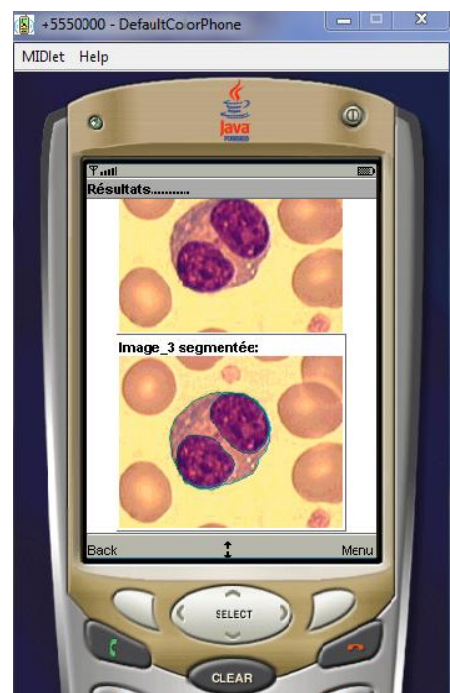
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 4.22 a) Fenêtre de la 3eme image à traiter, b) Image 3 à traiter et l'image segmenté, c) Image segmenté et ces paramètres, d) le bouton **Back** pour revenir à l'étape précédente.

4.6 Conclusion

De nos jours l'évolution de téléphone portable dans le monde est croissante, il est devenu un outil nécessaire dans notre vie quotidienne et dans tous les domaines. La médecine est l'un des domaines privilégiés où s'opère la mutation des terminaux mobiles (téléphones portables).

Nous avons proposé dans ce projet d'exploiter des terminaux mobiles (téléphones portables) dans le domaine de télé médecine en particulier à la télé-expertise par l'utilisation de la technologie J2ME qui est devenue plus populaire pour les mobiles. Ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'application à des domaines hors communication vocales.

Notre travail consiste à proposer une application médicale liée à la télé-expertise, permet à un médecin d'obtenir un avis des collègues sur des cas pathologiques difficiles à interpréter et l'échanges d'informations à distance sur un terminal mobile.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le secteur de la médecine, l'analyse d'images médicales a provoqué une évolution importante dans le domaine de traitement d'images et de création des nouveaux systèmes d'aide au diagnostic. Le but de ces derniers est de fournir aux praticiens une interprétation automatique d'images conduisant à une exploitation des cellules tumorales.

Les domaines d'application de la télémédecine se réfèrent aux actes médicaux réalisés à distance au moyen d'un dispositif utilisant les technologies de l'information et de la communication

L'exploitation des terminaux mobiles telle que le téléphone portable dans les domaines de la télémédecine, est devenu un outil considérable dans l'interprétation des images médical à distance.

Dans notre contexte de travail, nous nous sommes orientés vers un service lié à la télémédecine (la télé-expertise en hématologie) par l'utilisation d'un terminal mobile a pour objet de permettre à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux en raison de leurs formations ou de leurs compétences particulières, sur les images médicales et les paramètres calculés transmettent. Durant ce projet, les images transmis sont des images de frottis sanguins nous intéressons plus particulièrement aux globules blancs donc nous avons appliqué une méthode performante pour entourer et isoler ces globules blancs au reste des composantes du sang. Cette méthode comporte plusieurs étapes : une étape de prétraitement pour améliorer la qualité de l'image en utilisant un filtre médian pour diminuer les bruits. Dans la deuxième étape, nous avons appliqué une segmentation par un seuillage qui a donné un bon résultat pour une image comportant des cellules bien étalées mais sur d'autre ou les cellules sont collées n'a pas permit de les séparer. Pour résoudre ce problème nous avons utilisé une méthode segmentation basée sur la morphologie mathématique (LPE). Cette méthode produit des résultats plus clairs et plus précis. Afin de faciliter l'extraction de certaines caractéristiques telles que la taille, la forme des cellules

Le développement de la télé-expertise en pratique quotidienne peut permettre à la morphologie hématologique de continuer à assurer le rôle essentiel de pivot qui est le sien dans le diagnostic et le suivi des patients en hématologie.

Les résultats obtenus au cours de ce projet ouvrent des horizons et des perspectives d'une part pour l'amélioration des algorithmes concernant la partie de caractérisation tels que le calcul de d'autre paramètres permettant de faciliter la tâche de classification des hémopathies, et d'autre part cette étude nous a permis de développer une application en hématologie adaptée au téléphone portable et on souhaite que cette application soit réalisable dans le futur et qu'elle permette l'envoi et la réception des données à tout moment.

Bibliographie

- [3] A.GREBOT, « L'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication au service de la santé en Afrique dans le cadre du Nepad », (Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique).
- [4] H.YEZLI, « Analyse des images médicales à distance », Master en électronique biomédical, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juillet 2012.
- [5] G. H. FORMAN et J. ZAHORJAN, «The challenges of mobile computing», IEEE Computer, Vol.27,N_4, pp. 38–47, April 1994.ISSN: 0018-9162. <http://citeseer.nj.nec.com/38782.html>.
- [6] Télémédecine et Évaluation, Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, Secrétariat d'État à la santé et à l'action sociale, mars 2000.
- [9] R. MERZOUGUI, «CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT D'APPLICATIONS ET SERVICES DÉDIÉS À LA SANTÉ SUR DES TERMINAUX MOBILES», Thèse de doctorat en Télécommunications, EMM-DSR pour les réseaux ad hoc 802.11», Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juillet 2011.
- [10] P. Simon et D. Acker, « La place de la télémédecine Dans L'organisation des soins », Novembre 2008.
- [13] F. DUCHENE, « Fusion de données multicateurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile », Doctorat en traitement du signal et des images, Université Joseph Fourier, France, Octobre 2004.
- [17] GSM : Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités), 2008.
<http://www.efort.com>
- [23] Cours TCP/IP, Copyright © 2004 L'équipe Freeduc-Sup. Janvier 2004.
- [26] M.A.BENOMAR, « Segmentation d'images microscopiques de cytologie », Magister en Informatique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Octobre 2012..
- [28] S. Chinwaraphat, A. Sanpanich, and C. Pintavirooj. « A modified fuzzy clustering for white blood cell segmentation ». The 3rd International Symposium on Biomedical Engineering (ISBME 2008), 2008. Research Center for Communication and Information Technology (ReCCIT), Bangkok, Thailand.
- [29] R. BOUKLAB, « Développement d'un système de dénombrement de cellules sanguines », Master en Informatique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Janvier 2013.

- [31] Dr. Chantal KOHLER. « Les cellules sanguines », Collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes, cytologistes et cytogénéticiens (CHEC), 2010.
- [32] S. BEUCHER. « Segmentation d'images et morphologie mathématique », Doctorat en morphologie mathématique, Ecole National Supérieur des Mines de Paris.
- [33] A. KAZI TANI, « Analyse d'image par morphologie mathématique Application à l'hématologie cellulaire », Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juillet 2010.
- [34] J. TAÏB, « Les leucocytes », Faculté de Médecine Montpellier - Nîmes, Janvier 2007.
- [38] Mr Cyril Meurie. Segmentation d'images couleur par classification pixel-laie et hiérarchie de partitions. PhDthesis, Université de CAEN/BASSE-NORMANDIE, 2005.
- [39] J. Theerapattanakul, J. Plodpai and C. Pintavirooj, « An efficient method for segmentation step of automated white blood cell classification », 2005.
- [40] J. Serra. Image analysis and mathematical morphology. Academic Press, London, 1982.
- [41] F. Meyer, « Color Image Segmentation », Proceedings of the 4th Conference Image Processing and its Applications, pp. 303-306, 1992.
- [42] Sarah GHANDOUR, « Segmentation d'images couleurs par morphologie mathématique : application aux images microscopiques », PhD thesis, Université de Toulouse III - Paul Sabatier, 2010.
- [43] J. Lecoœur and C. Barillot. « Segmentation d'images cérébrales », Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), 2008.

Webographie

- [2] <http://www.news-medical.net/health/Telemedicine-Benefits-%28French%29.aspx>.
- [7] <http://www.libération.fr/week-end/0101388966-les-multiples-application-de-la-télémedecine>.
- [8] <https://www.esante-ca.fr/portail/vous-etes-champardennais/presentation-du-portail/qu-est-ce-que-la-telemedecine,166,123.html?>.
- [11] <http://www.hinnovic.org/la-telemedecine/>.
- [12] <http://cecilerenson15eme.hautetfort.com/archive/2010/10/26/la-telemedecine-ses-avantages-et-ses-limites.html>.
- [14] http://librairie.immateriel.fr/fr/read_book/9782815000963/e9782815000963_c01.

- [15] http://wiki.backtrack-fr.net/index.php/Introduction_aux_r%C3%A9seaux_sans_fil.
- [16] <http://fr.wikipedia.org/wiki/ZigBee>.
- [18] <http://homo-mobilus.fr/questions-reseau/2g-3g-quelle-difference-0>.
- [19] http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/historique.php#gprs.
- [20] http://www.over-Blog.com/HSDPA_et_HSUPA_presentation_definition_et_application-1095203942-art376123.html.
- [21] <http://dlec-adsl.asso-web.com/48+la-technologie-4g.html>.
- [22] <http://protocole-tcpip.over-blog.com/article-le-protocole-tcp-ip-definition-69189059.html>.
- [24] <http://pep.gluglu.org/cours/doc/tcp-ip.pdf>.
- [25] <http://www.commentcamarche.net/contents/1238-introduction-au-wap>.
- [27] <http://www.e-donneur.com/tout-connaître-sur-le-sang/quest-ce-que-le-sang->.
- [30] <http://aplasie.medullaire.pagesperso-orange.fr/sanggeneralites.html>.
- [35] <http://www.toutsurlatransfusion.com/transfusion-sanguine/medecine-transfusionnelle/pathologies-liees-au-sang.php>.
- [36] http://www.etud.iro.umontreal.ca/~rougierc/ift2730/cours/Cours10_IFT2730_2008_2.pdf
- [37] <http://humbert-florent.ftp-developpez.com/algorithmique/traitement/traitement.pdf>.
- [44] <http://fr.scribd.com/doc/22647621/Definition-de-la-ligne-de-partage-des-eaux>.