



Ecole Nationale Polytechnique
Département: Electronique
E.N.P 10, avenue Hassen BADI - El Harrach - Alger

Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en électronique



RÉALISATION D'UN MODULE DE PRETRAITEMENT ET D'EXTRACTION DES PARAMÈTRES DES CELLULES DU COL DE L'UTÉRUS

Proposé par:
Mme. HAMAMI. L

Etudié par:
Mlle. IDRI Rafika

Dirigé par:
Mme. HAMAMI. L

Promotion: 1998

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

En premier lieu, nous devons rendre grâce à dieu qui nous a donné la force et le savoir pour pouvoir réaliser ce travail.

Je tiens, en second lieu, à présenter mes vifs remerciements à notre Professeur M^{me} L.HAMAMI, d'une part, pour m'avoir montré l'intérêt particulier de cette étude, et d'autre part, pour avoir bien voulu me la confier. Comme je voudrais lui exprimer toute ma gratitude pour avoir dirigé, orienté, critiqué et corrigé mes travaux, avec patience et compétence. De même, j'aimerais saisir cette opportunité, pour adresser à l'ensemble de mes professeurs, notre attachement et notre reconnaissance pour leur dévouement et pour les efforts qu'ils ont, sans cesse déployés, tout au long de notre cursus, en vue de nous assurer, dans les meilleures conditions, une formation solide et rigoureuse, à l'image de notre prestigieuse Ecole.

Par ailleurs, cette étude n'aurait pu être menée à bien sans le soutien moral et affectif de mes parents, en particulier ma mère, qui ont toujours répondu, avec bienveillance, à mes sollicitations; sans le concours effectif du Professeur M^R A. Diaf ^{Maitre de Conférences.} chargé de cours à l'institut d'électronique de l'université Moloud Mammeri, et aussi du D^r ELWERTH, D^r Kacimi et D^r El hadjeresse qui nous ont prodigué maints conseils et observations dans le domaine de la cytologie clinique; sans la contribution de M^r KADER.IDRI de m'avoir assuré l'outils informatique avec une affection chaleureuse et sans la contribution précieuse de M^r AMINE.MOUKRAOUI, M^r ZEKRINI et DJAMEL qui, avec spontanéité reconnue et sans hésitation, ont répondu à mes sollicitations et enfin, MOUZAHEME dont l'amitié fidèle et agissante ne s'est jamais démentie.

Que toutes et tous, trouvent, ici l'expression de ma déférente gratitude.

DEDICACE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

- A ma très chère mère
- A mon père
- A mes très chers frères : KADER, KARIM, RAFIK et MOH DAVID
- A mes très chères soeurs : SAMIRA, KARIMA, LATIFA et NAIMA
- A notre bien aimé BASSET
- A mon chouchou neveu WALID
- Aux adorables jumelles ; mes nièces : KENZA et AMINA
- A DJAMEL
- A MOUZAHEM
- A SOFIANE
- A LYNDA, CHICHA et a tous mes amis (es)

Je dédie cette étude avec toute mon affection

RAFIKA



لقد ارتئينا من وراء دراستنا هاتية تحقيق برنامج أولى للمعالجة وكذا تحديد المعايير عن طريق نظام
المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
البرمجة (MATLAB) وهذا التحليل خلايا ليبيثيليوم مالبيجين الخاصة بعنق الرحم
Ecole Nationale Polytechnique

وقد توصلنا في الأخير الى استئصال معلومات مهمة وذات دلالة من خلال بعض الخلايا. وحيث أن هذه
المعلومات ما هي الا دلائل على اصابة هذه الأخيرة والتي تعتبر تابعة لحجم و صورة الأشكال المدروسة .
وأخيرا يبقى البرنامج الذي توصلنا اليه مفتوح في المستقبل لانجاز برنامج يكمله والذي سيكون قاعدة
لنظام التعرف على الاصابة بسرطان عنق الرحم .

Résumé :

Le but de notre étude a consisté a réaliser un module de prétraitement et de paramétrisation sous MATLAB, pour l'analyse des cellules de l'épithélium malpighien du col.

Nous avons arrivé, a la fin, a extraire des informations pertinentes et significatives a partir de quelques cellules, qui sont signe de malignité et qui dépendent de la taille et de la forme des objects.

Ce module peut être, par la suite, compléter pour réaliser un module d'apprentissage pour un système de reconnaissance pour aide au dépistage du cancer du col de l'utérus.

Abstract :

The objective of this thesis is to built a software under MATLAB wich permits the cells ,of epithelium , image processing , to make analyse in order to come, in the end, to extract one's pertinents and significant informations of some cells wich are sign of malignancy and depend on size and form of objects .

This software can be completed , subsequently, to built a program for automatic screening of cervical smears wich detect the cancer of the cervix uteri.

SOMMAIRE :

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1 : GENERALITES.....	5
I- Introduction.....	5
II- Critères cellulaires d'appréciation de malignité.....	5
1- Pour le noyau.....	5
2- Pour le cytoplasme.....	5
III- Techniques de cytologie clinique.....	6
1- Prélèvements des échantillons.....	6
2- Fixation.....	6
3- Coloration.....	6
IV- Quelques notions anatomiques et histologiques du col utérin.....	6
1- Cellules basales.....	8
2- Cellules parabasales.....	8
3- Cellules intermédiaires.....	8
4- Cellules superficielles.....	8
V- Cancer du col utérin.....	9
1- Introduction.....	9
2- Epidémiologie.....	9
2-1 Fréquence.....	9
2-2 Distribution géométrique.....	9
2-3 Age.....	9
2-4 Facteur de risque.....	9
3- Dysplasie.....	10
3-1 Dysplasie légère.....	10
3-2 Dysplasie modérée.....	10
3-3 Dysplasie sévère.....	10
4- Frottis cervicaux vaginaux.....	12
4-1 Principe.....	12

4-2 Résultats.....	13
4-2-1 Classification de Papanicolou.....	13
4-2-1-a Frottis négatifs.....	13
4-2-1-b Frottis positifs.....	14
Chapitre 2 : PRETRAITEMENT D'IMAGES.....	15
I- Introduction.....	15
II- Prétraitement.....	15
1- Prétraitement de l'image.....	16
2- Le filtrage linéaire et le filtrage non linéaire.....	16
III- Traitement des images binaires.....	19
1- Filtrage.....	20
2- Segmentation.....	20
3- Simplification morphologique.....	20
IV- La morphologie mathématique.....	20
1- Erosion.....	21
2- Dilatation.....	22
3- Ouverture.....	23
4- Fermeture.....	24
5- Chapeau haut de forme (Top Hat).....	25
V- Application a une image de cellule.....	27
1- Image originale de la cellule.....	27
2- Applications.....	28
VI- Conclusion sur le chapitre 2.....	43
Chapitre 3 : PARAMETRISATION ET CLASSIFICATION.....	44
I- Introduction.....	44
II- Application.....	44
III- La signature polaire.....	45
1- La procédure suivie.....	45
2- Les problèmes rencontrés et les solutions proposées.....	46
3- Résultats.....	46
a- Cellule n°1 : Cellule superficielle.....	47

b- Cellule n°2 : Cellule superficielle2	48
c- Cellule n°3 : Cellule intermédiaire1	49
d- Cellule n°4 : Cellule basale	50
e- Cellule n°5 : Cellule superficielle3	51
IV- Classification	52
V- Conclusion sur le chapitre3	53
Chapitre 4 : DESCRIPTION DU MODULE	54
Introduction	54
1. Images	57
2. Filtres	58
3. Morpho-Mathg	60
4. Morpho-Mathb	60
5. Contours	61
6. Outils	61
7. Paramétrisation	63
8. Stratégie	66
9. Conclusion	67
CONCLUSION GENERALE	70
ANNEXE 1 : LEXIQUE	72
ANNEXE 2 : FONCTIONS MATLAB	74
BIBLIOGRAPHIE	79



INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le sens de la vue, est celui qui nous permet de mieux nous adapter à différents environnements.

L'oeil est le premier instrument naturel qui a permis à l'être humain d'acquérir les différentes images qui sont instantanément transférées à l'unité de traitement : Le cerveau.

Malheureusement, avec l'âge, l'oeil devient de moins en moins précis. Pour cela l'être humain a porté une première correction qui consistait en une paire de lentilles appelées plus couramment les « lunettes », mais même avec ça on ne pouvait pas voir ce qui était proche, plus petit et dangereux; « les microbes ». d'où la création des microscopes. Cet instrument peut être considéré comme la première convergence entre les sciences biomédicales et les sciences physiques qui a aidé la vision; mais le plus grand problème avec les beaux instruments, c'est la précision qui est faible et aussi la grande consommation du temps pour une simple analyse.

Heureusement, l'avènement des microprocesseurs a permis une nouvelle forme de traitement : « Le traitement numérique », ce dernier a connu, depuis les années 70, une évolution considérable.

Avec la révolution des microprocesseurs et les progrès accomplis en Electronique et en Informatique, on a pu inspirer des architectures du fonctionnement du système nerveux; c'est la naissance des techniques neurominétiques (ressemblance avec les neurones), issus des mariages entre le neurobiologie d'une part et la physique, l'informatique et les mathématiques d'autre part.

Les méthodes neurominétiques, appelées aussi connexionistes, essaient de comprendre les principes selon lesquels les systèmes biologiques traitent l'information et s'en inspire pour élaborer de nouvelles techniques en science de l'ingénieur.

Elle s'appuie pour cela sur une structure de base : le neurone artificiel ou le neurone formel.

Les réseaux de neurones tentent de mobiliser mathématiquement le cerveau humain afin de produire des nouvelles machines efficaces.

Les principales caractéristiques de ces réseaux sont leurs facultés d'apprentissage et leur fonctionnement parallèle.

Récemment, dans le domaine de la cytologie clinique, on essaye d'introduire une machine automatique (utilisant le R.N.) pour automatiser les tâches faites par un cytologiste afin de classer, de comparer et d'analyser les informations recueillies. En effet, c'est l'automatisation de l'identification des cellules et de l'interprétation des anomalies cellulaires.

On admet généralement que le screening des frottis cervicaux en vue de la recherche d'anomalies cytologiques est l'un des plus grands succès de la prévention en pathologie tumorale.

Depuis son introduction vers 1940 par GEORGE N.PAPANICOLAOU, il a prouvé son efficacité aux U.S.A. en réduisant le taux de mortalité par cancer du col de plus de 70%.

Le « PAP » présente néanmoins de sérieuses limites, car il y a de nombreux diagnostics faussement négatifs résultant d'erreurs de screening.

En 1988, l'opposition des médias a incité le congrès des États-Unis à promulguer un amendement concernant l'amélioration de la qualité de travail dans les laboratoires, mais le pourcentage de frottis cervicaux faussement négatifs demeure inexplicablement élevé. Malgré tous les efforts, le screening manuel des frottis cervicaux est un travail difficile, fatiguant et consommateur de temps, le résultat reposant entièrement sur le point de vue de l'être humain. Les erreurs dues à ce type de travail sont responsables de nombreux faux-négatifs d'où le risque de contribuer au décès des patientes par cancer du col.

Mais, grâce à l'énorme volonté de l'être humain, depuis cinq ans (1993), on essaye de réaliser un système de commande efficace de screening -assisté par ordinateur- de frottis cervicaux conventionnels.

Les progrès récents de la technologie des réseaux de neurones ont rendu possible l'analyse informatisée des panoramas cellulaires des frottis selon Papanicolaou.

Le « PAPNET » (Cytological Screening System) utilise des réseaux de neurones pour analyser automatiquement des frottis conventionnels en localisant et en reconnaissant des cellules anormales. Ensuite, il présente les images de ces objets à des cytologistes compétents qu'ils relisent et établissent le diagnostic final, donc on a recours à la Reconnaissance des formes.

Les résultats présentés démontrent que le système « PAPNET » peut être un outil utile à la fois au screening et au rescreening de frottis cervicaux. De plus, le système s'est avéré sensible vis-à-vis de certains types d'anomalies passées inaperçues lors du screening manuel utilisant le microscope.

Cette machine qui doit différencier la cellule maligne de la cellule bénigne dans un temps et pour un prix raisonnable n'existe pas encore sur le marché. L'automatisation n'est cependant plus en vue de l'esprit. Elle s'applique déjà à la recherche cellulaire, à l'identification de critères biologiques qui ne peuvent pas être visualisés par le microscope optique.

En effet, vu l'importance de cette machine automatique, il nous a été proposé dans le cadre des sujets de fin d'étude, la réalisation d'un module de prétraitement et de paramétrisation de cellules isolées de l'épithélium malpighien du col de l'utérus du col.

Ce travail que nous menons peut aider nos lecteurs à connaître et comprendre les procédures à suivre pour construire une base de données qui définit les caractéristiques de quelques cellules isolées d'une partie du col, seulement, elle est incomplète à cause de manque des exemples, et cela va empêcher de réaliser un module d'apprentissage (en utilisant l'algorithme de rétropropagation du gradient) de cellules isolées pour aide au dépistage du cancer du col qui demande une base de données assez riche, vu l'existence de plusieurs cas normaux pour chaque type de cellule.

Pour mener à bien notre projet, nous l'avons divisé en quatre parties:

la première partie consacrée aux généralités sur la cytologie clinique pour conclure les paramètres de malignité à partir d'une cellule isolée **superficielle, intermédiaire, basale ou parabasale (de l'épithélium malpighien du col de l'utérus)**, et cela est possible car les caractéristiques d'une cellule saine sont bien déterminées et calculables.

La deuxième partie consacrée au traitement de l'image et aux différents filtres utilisées et surtout la **morphologie mathématique** la plus adaptée; pour le seuillage; à ce type d'image de cellules. Cette partie se termine par des applications sur nos images de cellules.

La troisième partie, consacrée à l'extraction des paramètres à partir des résultats trouvés dans le chapitre précédent, ces paramètres vont différencier la

cellule benigne de la cellule maligne, donc faire **une classification**, et pour commenter ça nous donnons , a la fin de cette partie , un exemple d'un cas anormal d'une cellule.

La quatrième partie , nous proposons le menu que nous avons développé et qui permet le prétraitement et la paramétrisation de quelques cellules de l'épithélium malpighien .

Nous terminons ce travail avec une conclusion générale.

CHAPITRE1 :

**GENERALITES SUR LA CYTOLOGIE
DE LA CELLULE**

I- Introduction

La cytologie clinique est l'étude des caractères morphologiques des cellules de l'organisme humain. Chaque organe possède une cytologie qui lui est propre et le rendement de la méthode varie d'un organe à un autre. Pour mener cette étude, on procède à un étalement d'un liquide sur une lame de verre (ou frottis), d'une observation sous microscope des éléments cellulaires qu'il contient.

Dans notre étude, on s'intéresse particulièrement au frottis vaginal qui s'obtient par grattage superficiel du col utérin. Ces frottis permettent d'évaluer l'activité hormonale génitale, la mise en évidence des lésions inflammatoires, la recherche des états morphologiques dits précancéreux et de la recherche des cellules cancéreuses (au niveau d'une tumeur primitive ou métastase).

II- Critères cellulaires d'appréciation de la malignité.

Certaines modifications de la structure de la cellule cancéreuse sont communes à tous les types de cancer humains; d'autres au contraire, sont particuliers à certaines formes de tumeurs. Les modifications propres à toutes les cellules cancéreuses:

1- Pour le noyau: des variations de taille et de forme, les modifications de la répartition de la chromatine, les variations du nombre de nucléoles et de leur taille, la configuration de la membrane.

2- Pour le cytoplasme: des modifications de taille et de forme, les modifications des activités tinctoriales, présence de vacuoles. (Vacuoles: enclave inerte, de taille variable, parfois limitée par une membrane, contenant des substances diverses en solution aqueuse ou des graisses).

Pour être efficace et valable, le diagnostic cytologique doit obéir à quelques règles:

- Obtenir suffisamment de matériel cellulaire et s'assurer que le matériel est représentatif de la lésion à étudier.
- Utiliser les méthodes reconnues de la fixation et de la coloration.
- Eviter les artefacts dus à :

- Une fixation tardive, insuffisante ou de mauvaise qualité.
- Un étalement défectueux (frottis trop épais ou en tourbillon).
- Une coloration ou un montage défectueux par un usage de produits de mauvaise qualité.

III- Techniques de cytologie clinique:

1- prélèvements des échantillons

Le prélèvement se fait par grattage superficiel de l'organe ou de la lésion (grattage du col utérin) à deux niveaux différents, donc deux lames à étudier: endocol et exocol.

Le prélèvement, la fixation et la coloration des échantillons est une étape importante dans l'établissement du diagnostic; la qualité de celui-ci dépend du soin et de la rigueur avec lesquelles les étapes techniques sont franchies.

2- Fixation

Elle peut être effectuée sur le frottis étalé sur lame.

La fixation provoque des modifications importantes de la structure cellulaire; et une bonne fixation conserve le mieux possible les organites cellulaires et les constituants chimique de la cellule.

3- Coloration

Elle doit être nuancée de distinguer les cellules eosinophiles (rouges), les cellules pasophiles (bleu - vert) et les noyaux (violet - noir).

Pour les frottis cervicaux - vaginaux de dépistage, il est préférable de pratiquer une coloration de PAPANICOLAOU qui permet une meilleure étude des noyaux.

IV- Quelques notions anatomique et histologique du col utérin

Le col est l'extrémité inférieure, de forme cylindrique de l'utérus; rappelons que l'utérus est un organe musculaire creux, appartenant à l'appareil génital féminin, destiné à contenir l'oeuf pendant son développement.

Le col s'insère à la partie supérieure du vagin (**figure 1**).

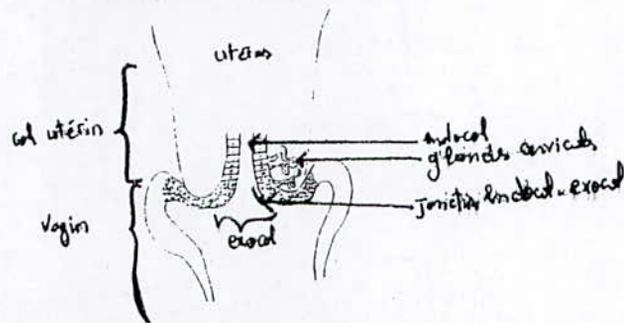


Figure1- Schéma d'une coupe saggitale du col.

On distingue deux portions; une portion interne endocervicale ou endocol qui entoure le canal et une portion externe ou exocol que l'on peut passer du fond du vagin. D'où l'existence de deux muqueuses:

- La muqueuse endocervicale.
- La muqueuse exo-cervicale.

On s'intéresse à la zone de jonction entre ces deux muqueuses, cette zone de jonction est très importante car c'est à niveau que prennent naissance la plupart des cancers du col.

On l'appelle *l'épithélium malpighien* (jonction exo-endocol).

Le schéma suivant, montre l'aspect histologique de la muqueuse exocervicale, où on peut distinguer l'épithélium malpighien;

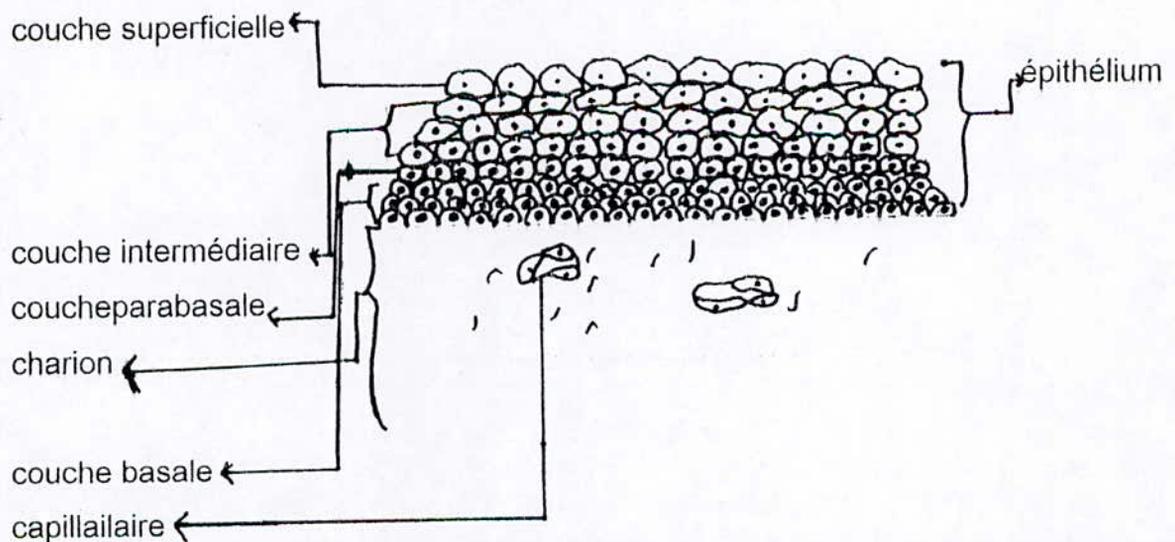


figure2- Aspect histologique de la muqueuse exocervicale.

On remarque, qu'il y a quatre types de cellules;

On remarque, qu'il y a quatre types de cellules;

1- Les cellules basales:

Ce sont les plus petites cellules du frottis, leur noyau est ovale et le cytoplasme est très basophile et réalise une mince collerette.



2- Les cellules parabasales:

Elles ressemblent aux cellules basales mais sont plus grandes. Leur noyau rond est central; leur cytoplasme moins basophile est plus abondant que celui des cellules basales.



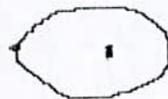
3- Les cellules intermédiaires

Ce sont des cellules polyédrique dont la taille varie entre 25 et 40 μ m, leur cytoplasme est basophile ou eosinophile en fonction de l'imprégnation hormonale dans le cycle. Leur noyau est vésiculaire basophile.



4- Les cellules superficielles

Ce sont les plus grandes cellules, leur taille est supérieure à 40 μ m ; elles ont un noyau pycnotique et un cytoplasme fortement eosinophile.



V- Cancer du col utérin:

1- Introduction

C'est une tumeur maligne fréquente dans notre pays; prenant le plus souvent naissance à partir de l'épithélium malpighien (jonction exo-endocol).

Il s'agit donc d'un carcinome épidermoïde dans 90 à 95% des cas.

Le diagnostic précoce est possible; le col étant un organe facilement accessible à l'examen clinique: T.V. (Toucher Vaginal), examen au spéculum.

D'autre part, depuis quelques dizaines d'années, on peut le dépister à un stade préclassique non inventif par un examen simple: **le frottis cervical**.

Grand intérêt d'un diagnostic précoce qui permet d'assurer une guérison certaine à peu de frais et par un traitement non délabrant.

2- Epidémiologie

2-1 Fréquence

C'est le premier cancer de la femme en Algérie, où il existe six (06) cancers du col par un cancer du corps.

2-2 Distribution géographique

Le cancer du col est fréquent dans d'autres pays comme la Colombie (taux le plus élevé au monde) et le Brésil. Il est plus rare en Europe et aux U.S.A Il est plus fréquent chez les femmes noires. Il est très rare chez les femmes juives ce qui semble lié à certains interdits religieux.

2-3 Age

A partir de 30 ans.

Maximum de fréquence entre 50 et 60 ans pour le cancer inventif, entre 30 et 40 ans pour le cancer insitu.

2-4 Facteurs de risque

Des études statistiques ont permis de mettre en évidence un certain nombre de facteurs favorisant l'apparition du cancer du col.

A- L'activité sexuelle, et surtout la précocité de celle-ci avant 17 ans est un important facteur de risque; le cancer du col est exceptionnel chez la femme vierge.

B- La multiplicité des partenaires intervient également; le taux de cancer du col est plus élevé chez les divorcées et veuves remariées.

C- les femmes de faible niveau socio-économique sont plus souvent touchées, ce qui est probablement en rapport avec la multiparité et une mauvaise hygiène sexuelle.

L'ensemble de ces éléments semble évoquer l'intervention d'un facteur sexuellement transmissible.

3- Dysplasie

Il s'agit de perturbation de l'épithélium malpighien exocervical portant sur l'architecture et sur la morphologie des cellules.

Les dysplasies sont, actuellement, considérées comme la lésion précancéreuse évoluant en grande majorité vers le cancer invasif. On distingue plusieurs degrés de gravité croissante.

3-1 Dysplasie légère:

Les modifications intéressent le 1/3 de l'épithélium caractérisées surtout par une hyperplasie des couches basales.

3-2 Dysplasie modérée

Les perturbations architecturales et morphologiques intéressent une portion de l'épithélium supérieur au 1/3 et inférieur à 2/3 de la hauteur.

3-3 Dysplasie sévère

Les perturbations sont importantes avec indifférenciation et atypies cytonucléaires marquées, intéressent la presque totalité de la hauteur épithéliale.

La figure suivante permet de distinguer les degrés de gravité croissante de la dysplasie:

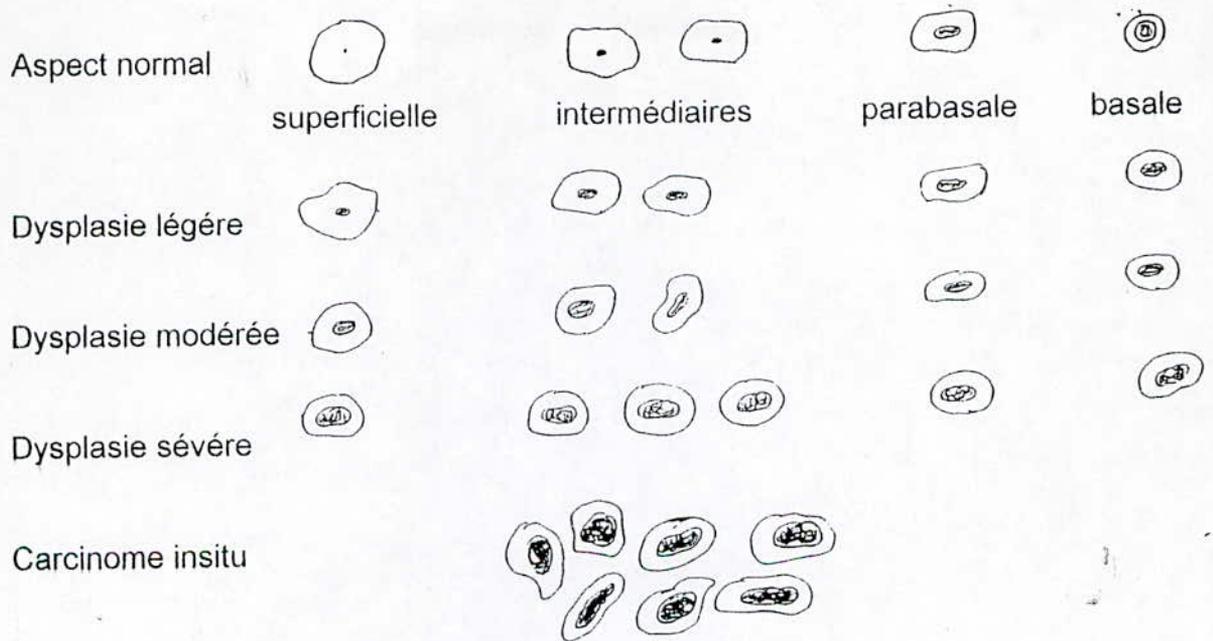


figure3- Les degrés de gravité croissante de la dysplasie.

Pour éviter les problèmes de diagnostic différentiel entre le carcinome insitu (CIS) et la dysplasie sévère, car les différences morphologiques entre les deux étant minimales, une nouvelle classification a été proposée par les auteurs Anglo-saxons, tel que:

- CIN. 1 : Dysplasie légère.
- CIN. 2 : Dysplasie modérée.
- CIN. 3 : Dysplasie sévère et carcinome insitu.

Notons que le carcinome insitu (CIS) ou carcinome intra-epithelial ou pré-invasif est une neoplasie maligne (CANCER).

Il évolue vers le cancer invasif au bout d'un temps plus ou moins long (entre 3 et 10 ans).

Le schéma suivant nous montre l'évolution des lésions cervicales jusqu'au cancer invasif:

	Dysplasie légère débutante	CIS débutant	Cancer micro invasif	Cancer pré-clinique	Cancer clinique	Décès
Durée moyenne d'évolution	7 ans	13 ans	2 ans	8 ans	2.5 ans	
Fréquence de progression	50%	40 à 60%		100%	40%	
Age moyen	21 ans	28 ans	41 ans	43 ans	51 ans	

figure4- Schéma d'évolution des lésions cervicales jusqu'au cancer évasif.

4- Frottis cervicaux-vaginaux.

4-1 Principe:

Il suffit de gratter les muqueuses malpighiennes pour obtenir de très nombreuses cellules que l'on peut identifier par un examen microscopique.

Chaque prélèvement est étalé sur une lame de verre sur laquelle est portée l'indication de son origine.

La fixation se fait immédiatement dans un mélange alcool éther à l'aide d'un cytospray (laque fixative).

Les frottis sont par la suite colorés. La coloration la plus utilisées est celle de Papanicolaou.

Des lames colorées sont interprétées au microscope optique par un cytopathologiste.

4-2 Résultats:

En fonction des cellules retrouvées, les frottis sont classés en plusieurs groupes numérotés de 1 à 5 exprimant des lésions de gravité croissante.

On utilise la classification de Papanicolaou.

4-2-1 Classification de Papanicolaou:

4-2-1-a Frottis « négatifs »

- Classe I : Cellules normales : ces cellules peuvent être connues à partir de quatre valeurs, quantifiant quatre critères de malignité :
 - 1- Rapport nucléo-cytoplasmique .
 - 2- Anisocaryose ou l'irrégularité de la taille des noyaux d'une cellule à l'autre, ainsi que le caractère non circulaire de leurs formes .
 - 3- Taille et forme de la cellule.
 - 4- Hyperchromatisme nucléaire.

On peut remarquer que plus ces valeurs seront élevées (grand rapport nucléo-cytoplasmique, forte diversité de tailles de noyau et de la cellule, difformité nucléaire élevée et haute granulosité nucléaire) , plus les paramètres iront dans le sens d'une cellule cancéreuse.

En général, quand il y a une anomalie, il y a apparition simultanée des quatre critères de malignité, ainsi nous avons préféré d'utiliser les paramètres les plus simples à extraire qui sont :

- 1- La taille du noyau à partir d'une image binaire et se traduit par le calcul de la surface.
- 2- La taille de la cellule qui se calcule de la même manière que celle du noyau.
- 3- La forme de la cellule qui peut être traduite par ce qu'on appelle la **signature polaire** (c'est à dire : le module en fonction de l'angle de balayage), étant donné que l'aspect morphologique d'une cellule des quatre différents types change lors d'une dysplasie.
- 4- Le rapport nucléo-cytoplasme qui se calcule lui aussi sur des images binaires.

En ce qui concerne l'hyperchromatisme nucléaire, il ya une procédure utilisant la **morphologie mathématique** dont le but est de garder que le caractère irrégulier de la luminance des noyaux, comme les noyaux sont des éléments foncés, on désire détecter l'existence de zones claires a l'intérieur des noyaux, c'est -a -dire des creux de luminances qui traduisent la granulosité nucléaire.

Rappelons que le cancer provoque un accroissement anormal de l'activité nucléaire, ce qui se traduit a l'image par des noyaux granuleux.

Donc comme nous l'avons déjà mentionné, on suppose qu'on peut distinguer une cellule anormale a partir des quatre paramètres les plus simples a extraire déjà cités.

- Classe II : Frottis inflammatoires anormales avec cellules atypiques.
- Classe III : Frottis suspect: présence de cellules anormales ne pouvant être considérées ni comme bénignes ni comme malignes.

4-2-1-b Frottis « positif »

- Classe IV : Présence de cellules malignes isolées.
- Classe V : Présence de cellules en placards.

La classification selon Papanicolaou a prouvé une efficacité très importante en réduisant le taux de mortalité par le cancer du col de plus de 70%. Mais, elle présente de sérieuses limites, car il y a de nombreux diagnostics faussement négatifs résultant de cette classification.

Cependant, depuis 4 ans, nous essayons de trouver une technique automatique pour aide au dépistage du cancer du col; le « PAPNET système » utilise les méthodes connexionnistes (le réseau de neurones) pour analyser automatiquement les frottis cervicaux et puis reconnaître la cellule maligne de la cellule bénigne; c'est la détection d'anomalies, qui fait partie de la reconnaissance de formes : des enregistrements des paramètres de fonctionnement normaux d'un système sont appris à un réseau, qui est donc capable d'indiquer un état anormal quand certains de ces paramètres, sortant des marges usuelles, engendrent une « image » anormale.

Remarque : Tous les termes biomédicaux utilisés dans ce chapitre ont été définis dans l'annexe 1 (lexique) .

CHAPITRE 2 :
PRETRAITEMENT D'IMAGES

I- Introduction

L'image est une source d'information, tellement riche qu'elle est sollicitée par de nombreux domaines d'application tels que le biomédical et la cytologie clinique en particulier.

En effet de nombreuses études pour la réalisation d'un système d'analyse d'images, basé sur la morphologie mathématique, utilisé pour le diagnostic des lésions malignes et pré-malignes du col de l'utérus ont été proposés.

Trois équipes collaborent depuis 1975 à ce projet financé par le ministère allemand de la recherche:

- Le Cie E. Leitz Wetzlar.
- Le laboratoire d'histochemie et cytochimie de l'Université de Leyde (professeur. Ploem).
- Le centre de morphologie mathématique de l'école des mines de Paris.

Le cancer du col de l'utérus est facilement curable s'il est détecté à temps. Il y a 26 ans environ, lorsque le problème de l'emploi n'était pas critique, on a envisagé de pallier le manque de cytochimiciens par les méthodes de détection automatique qui donnent des résultats très performants par rapport à la méthode manuelle qui fournit jusqu'à 25% de faux négatifs sur des préparations conventionnelles (Hussain, 1974; Gray, 1984).

Pour les méthodes automatiques un rapport publié en 1979 à la demande du Gouvernement Allemand (Blomberg, 1979) fixe pour le diagnostic des dysplasies sévères et des lésions malignes un taux acceptable de faux négatifs de 2%.

Ensuite, depuis 1993 au U.S.A., avec l'apparition des méthodes connexionnistes pour la décision, les méthodes morphologiques ont été introduites pour l'extraction des structures et paramètres primitifs pour la réalisation d'un module d'apprentissage pour la technique automatique du dépistage du cancer du col.

Le procédé est de saisir l'image des cellules par introduction d'une camera numérique à travers un microscope optique après prélèvement qui se fait par grattage superficiel de l'organe ou de lésion au niveau du col. L'étude automatique de ces cellules en vue d'effectuer un diagnostic nécessite des techniques

automatiques des images et l'utilisation des méthodes de décision moyennant les méthodes de reconnaissance de forme.

II- Prétraitement

1- Prétraitement de l'image

Quelque soit le but poursuivi, l'image est plus souvent trop riche pour être analysée. Il faudra donc simplifier cette image par un traitement approprié de manière à ne mettre en évidence que les informations nécessaires à l'analyse.

En général, une image ne permet pas une extraction directe des objets à analyser:

- Soit parceque l'objet est perçu à travers un bruit assez important.
- Soit parceque le contraste est insuffisant.
- Soit encore parceque l'éclairage de l'objet ou son attaque n'est pas uniforme.

2- Le filtrage linéaire et le filtrage non linéaire

Pour éliminer ces effets indésirables, on utilisera les filtres linéaires et morphologiques.

L'utilisation des filtres linéaires provient d'une extension des méthodes mises au point pour le traitement du signal en traitement des images numériques entre autres les méthodes globales par transformée de Fourier.

Ces filtres de type linéaire, utilisent donc les résultats de la théorie du signal [ROS] [82].

L'emploi de ces filtres est limité car le bruit est rarement de nature linéaire [HEN] [88].

En dehors de ces filtres linéaires, on peut utiliser les filtres morphologiques nés de la morphologie mathématique et conçu directement en vue être appliqués sur des images numériques.

En effet, la morphologie mathématique a eu, au départ, un caractère résolument ensembliste. Par ailleurs, on s'est relativement vite rendu compte que ces concepts pouvaient être transposés à des fonctions.

Comme dans le cas ensembliste, les transformations de base sont l'érosion et la dilatation, définies respectivement par les expressions:

$$E^B f(y) = \text{Sup}[f(x): x \in B_n]$$

$$D^B f(y) = \text{Inf}[f(x): x \in B_n]$$

où B_n définit le domaine centré en n dans lequel le Sup. ou l'Inf. de la fonction $f(x)$ est recherché.

L'érosion et la dilatation utilisés de manière isolée ne constituent pas des filtres morphologiques mais leurs combinaisons, ouverture ou fermeture, vérifient bien les propriétés de croissance et d'idempotence des filtres morphologiques définis comme suit pour une transformation quelconque T .

Pour la croissance: soit $T(x)$ une transformation de l'ensemble x et $T(y)$ une transformation de l'ensemble y .

T est dite croissante si:

$$x \subseteq y \Rightarrow T(x) \subseteq T(y)$$

Pour l'idempotence; T est dite idempotente si:

$$T(T(x)) = T(x).$$

L'ouverture et la fermeture sont définies à partir de l'érosion et de dilatation par les expressions suivantes:

$$O^B f(x) = D^B E^B f(x).$$

$$F^B f(x) = E^B D^B f(x).$$

Comme on peut le constater dans les figures suivantes, ce sont des filtres passe-bas.

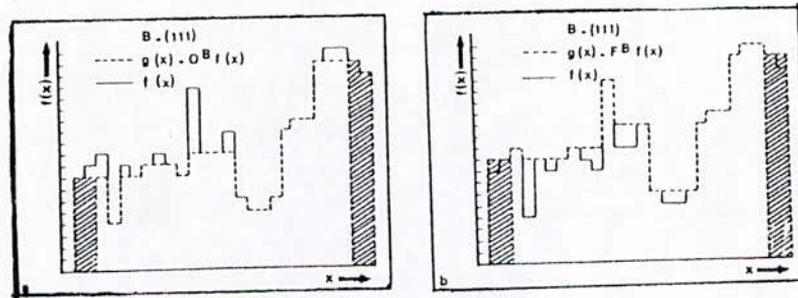


Figure 5 - Ouverture (a) et Fermeture (b) géodésiques par un élément structurant linéaire.

Les hachures correspondent aux parties qui ne sont perdues que par l'ouverture et la fermeture euclidiennes.

Ajoutons une importante remarque concernant l'utilisation de ces deux filtres dans ce chapitre ; les faibles valeurs de luminance correspondent à des zones foncées, alors que les pixels clairs ont une luminance élevée. Comme dans notre cas, les objets significatifs de l'image sont des **éléments foncés (les noyaux)** et les **objets clairs (le cytoplasme)**, nous avons adopté, pour les opérations de morphologie mathématique, la convention inverse :

on parlera de "**pics**" de luminance pour des zones très foncées, et de "**creux**" pour des zones claires. Par conséquent, une fermeture aura pour effet de globalement noircir l'image (c'est-à-dire un filtrage morphologique abaissant les luminances), alors qu'une ouverture va écrêter les pics de luminances, donc globalement éclaircir l'image.

Dans le cadre de la morphologie mathématique, les filtres passe-haut sont représentés par le gradient morphologique (voir figure suivante).

$$g(x) = \frac{D^B f(x) - E^B f(x)}{2}$$

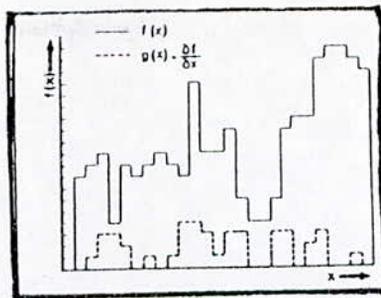


Figure 6- Effet d'un filtre gradient, $g(x)$, sur l'image linéaire, $f(x)$.

Les traitements précédents sont généralement conduits de telle sorte que les objets que l'on désire analyser puissent être séparés du reste de l'image par un seuillage. Cette opération consiste à transformer l'image codée sur 08 ou 16 bits, en une image binaire où les pixels à 1 correspondent aux objets et les pixels à 0 au fond de l'image. A la différence des filtrages précédents, le seuillage est un passage obligatoire pour toute analyse morphologique ultérieure. Toutefois, cette transformation n'est pas toujours suffisante et doit être, dans de nombreux cas, suivie par le traitement de l'image binaire.

III-Traitement des images binaires:

Les traitements de l'image binaire ont plusieurs buts:

- Filtrage.
- Segmentation.
- Simplification morphologique.

1- Filtrage:

En poursuivant le traitement de filtrage, on peut éliminer le bruit si l'image n'a pas été filtrée avant cueillage ou supprimer les derniers artefacts qui n'ont pu disparaître lors du filtrage en niveaux de gris.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, mais c'est dans ce domaine que la morphologie mathématique se révèle la plus efficace.

2- Segmentation:

La segmentation d'une image binaire a la même finalité que le seuillage. D'ailleurs certains auteurs classent le seuillage parmi les méthodes de segmentation. Elle consiste à séparer l'image en plusieurs zones, plusieurs voies sont possibles pour ce but, soit en utilisant la morphologie mathématique, soit en utilisant les méthodes paramétriques: codage de Freeman par exemple.

La segmentation en régions est de rechercher les zones homogènes pour remonter à leur signification dans l'environnement, par exemple en cytologie, dans une image d'un frottis cervical, une zone homogène peut être la projection d'un noyau ou d'un cytoplasme.

La segmentation en contour nécessite de regrouper les pixels voisins, siège de transitions dans l'image.

L'intérêt de la segmentation que ce soit par le contour ou par les régions est double:

- D'une part, elle permet d'extraire des informations relatives au contenu de l'image.
- Et d'autre part, elle permet une compression efficace de l'information.

3- Simplification morphologique:

Pour étudier la morphologie des objets à analyser on est souvent conduit à simplifier encore plus l'image.

Cette simplification peut être faite par des ouvertures ou des fermetures morphologiques qui lissent le contour des objets et permettent ainsi de mettre en évidence.

IV- La morphologie mathématique

Dans ce qui a précédé, nous avons souvent fait référence à la morphologie mathématique. Cet ensemble de méthodes est né sous l'impulsion de G.Matheron et J.Serra.

Cette méthode vient compléter l'ensemble des méthodes déjà utilisées en traitement d'image.

Les théoriciens de cette méthode ont fondé la description des images sur la théorie ensembliste pour transformer l'image.

L'idée de base est de comparer l'objet que l'on veut analyser à un autre objet de forme connue appelé: Élément structurant, qui est défini comme étant une figure géométrique simple de forme connue (cercle, segment, hexagone, triangle, etc...). Il est porteur d'une information minimum: une origine (centre du cercle, extrémité du segment, etc...) et d'une dimension (rayon du cercle, longueur du segment, côté d'un carré, etc...).

Le choix de tels éléments structurants dépend du type d'informations recherchées. Afin de nous familiariser avec cette méthode, nous avons jugé utile de rappeler ici les différents principes et opérations de base en morphologie mathématique telle l'érosion, la dilatation, l'ouverture et la fermeture et chapeau haut de forme.

1- Erosion:

Pour définir opération d'érosion, nous allons nous situer dans un espace \mathbb{R}^2 partiellement occupé par un ensemble X .

Prenons un élément structurant B représentant une figure géométrique simple, par exemple, un cercle. Cet élément B_x est repéré par son centre et placé en x dans l'espace \mathbb{R}^2 . Il est ensuite déplacé de telle sorte que son centre occupe successivement toutes les positions x de l'espace.

Pour chaque position, on pose la question suivante: est-ce-que B_x est complètement inclus dans X ?, c'est-à-dire en notation ensembliste:

$$B_x \subset X?$$

L'ensemble des positions x correspondant à une réponse positive forme un nouvel ensemble Y appelé érodé de X par B tel que:

$$Y = \{x : B_x \subset X\}$$

La transformation s'écrira:

$$Y = E^B(X) \quad \text{soit encore} \quad Y = X \ominus B$$

La figure (8) représente un exemple d'érosion, par un élément circulaire B, de l'ensemble X de la figure (7).

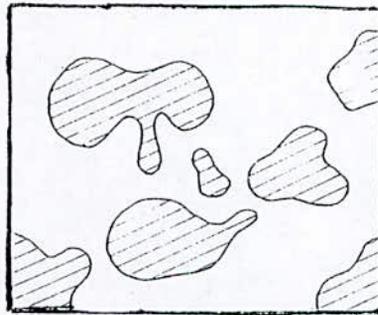


Figure 7 - Ensemble d'objets X

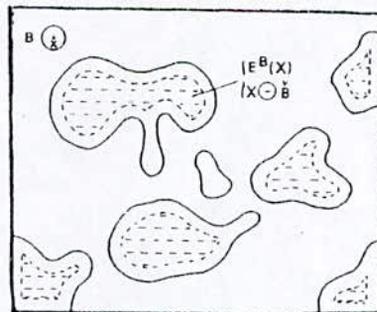


Figure 8- Erosion de l'ensemble d'objets de la figure 5 par un élément structurant circulaire.

2- Dilatation

L'opération de dilatation se définit d'une manière analogue.

En prenant le même élément structurant B_x , on pose, pour chaque point x de l'espace de mesures la question: B_x touche-t-il l'ensemble X ?, c'est à dire:

$$B_x \cap X \neq \emptyset?$$

L'ensemble des points R^2 correspondant aux réponses positives forme un nouvel ensemble Y dont la frontière est le lieu des centres géométriques de B_x lorsque B_x touche X . L'ensemble Y satisfait à l'équation :

$$Y = [x: B_x \cap X \neq \emptyset]$$

La transformation s'écrira :

$$Y = D^B(x) \text{ soit encore } Y = X \oplus B.$$

La figure (9) présente un exemple de dilatation relative aux mêmes objets que ceux de la figure (7) et en utilisant structurant B.

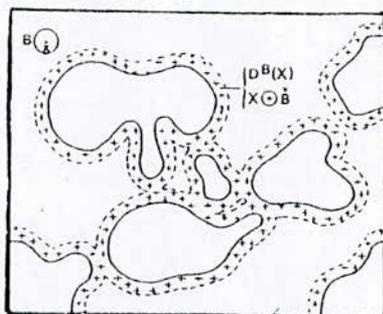


Figure 9- Dilatation de l'ensemble d'objets de la figure 7 par un élément structurant circulaire.

Remarque:

- Les transformations par érosion et dilatation sont des transformations en tout ou rien, puisqu'à chaque point x de R^2 correspond une réponse positive ou négative.
- Pour ces deux opérations de base, érosion et dilatation, nous avons illustré des transformations avec un élément structurant circulaire. Si nous utilisons un élément structurant d'une autre géométrie, on obtiendra un résultat très différent.

3- Ouverture

Puisque l'érosion et la dilatation sont des transformations itératives, il est possible d'effectuer sur un ensemble X une érosion par un élément structurant B , puis de dilater l'ensemble érodé par le même élément structurant B , c'est l'ouverture.

En générale, après une ouverture, on ne retrouve pas l'ensemble de départ: l'ensemble ouvert $O^B(x)$ est plus régulier et moins riche en détails que l'ensemble X initiale, tel qu'il est illustré dans la figure(10).

La transformation par ouverture adoucit donc les contours, coupe les isthmes, supprime les petites îles et les caps étroits, c'est le rôle d'un filtrage.

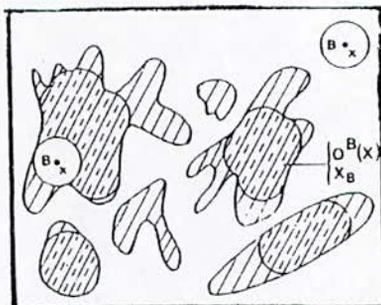


Figure 10- Ouverture d'un ensemble d'objets X par un élément structurant circulaire.

4- Fermeture

C'est l'inverse de l'ouverture, c'est à dire une dilatation suivie de l'érosion de l'ensemble dilaté par le même élément structurant B. Un ensemble fermé est également moins riche en détails que l'ensemble X initial, tel qu'il est illustré dans la figure(11). La transformation par fermeture bouche les canaux étroits, supprime les petits lacs et les golfes étroits.

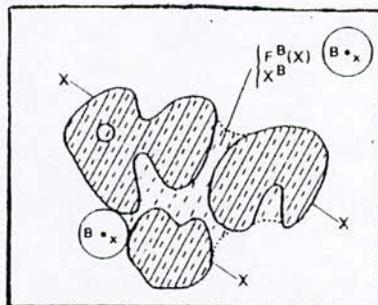


Figure 11- Fermeture d'un ensemble d'objets X par un élément structurant circulaire.

5- Chapeau haut de forme (Top Hat)

La différence entre l'image initiale et son ouvert par un élément structurant B ne sélectionne les sommets qu'en fonction de leur épaisseur et non pas en fonction de leur hauteur, pour permettre la conservation des sommets ayant une hauteur suffisante, ensuite on effectue un seuillage de l'image résultante, on forme ainsi l'ensemble X tel que:

$$X = \{x : f(x) - O^B(f(x)) \geq S\} \quad \text{où } S \text{ :est le seuil choisi.}$$

Le seuillage sera effectué ultérieurement car on ne sait pas à priori le résultat de la transformation, donc le seuillage sera réalisé par l'opérateur après visualisation de l'image et choix du seuil correspondant.

Cette transformation est dite transformation **Chapeau haut de forme (Top Hat)**, car elle ne conserve que les portions entrant dans le chapeau et dépassant son sommet, tel qu'il est montré dans la figure 12.

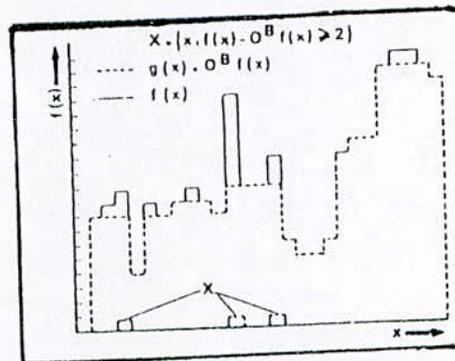


Figure 12- Chapeau haut de forme.

On peut aussi définir la transformation **Chapeau haut de forme inverse** par la différence entre le fermé et l'image initiale.

Par analogie avec chapeau haut de forme, cette transformation nous donne X tel que:

$$X = \{x: {}^{FB}(f(x)) - f(x) \geq S\}.$$

Où S est le seuil choisi.

V- Application a une image de cellule

1-Image originale de la cellule

Tel qu'elles se présentent sous forme d'un **amas**, les cellules se chevauchent a un point qu'il est difficile de les discerner même a l'oeil nu.

Le problème de la séparation des cellules ne rentre pas dans le cadre de notre sujet, ainsi nous avons pris l'initiative de choisir des cellules de chaque type (superficielle, intermédiaire et basale) isolées a partir des images originales et les séparées afin de mener notre étude.

Remarque : étant donné que la cellule basale et la cellule parabasale ont presque les même caractéristiques (certains cytologistes supposent qu'il n'y a pas de différence entre ces deux cellules) et , de plus , l'image comportant ces deux types de cellules ne contient pas de cellules isolées assez claires, on a choisi la cellule basale pour l'étudier et qui peut représenter, dans notre étude, les deux types de cellules.

Voilà comment nos images se présentent :

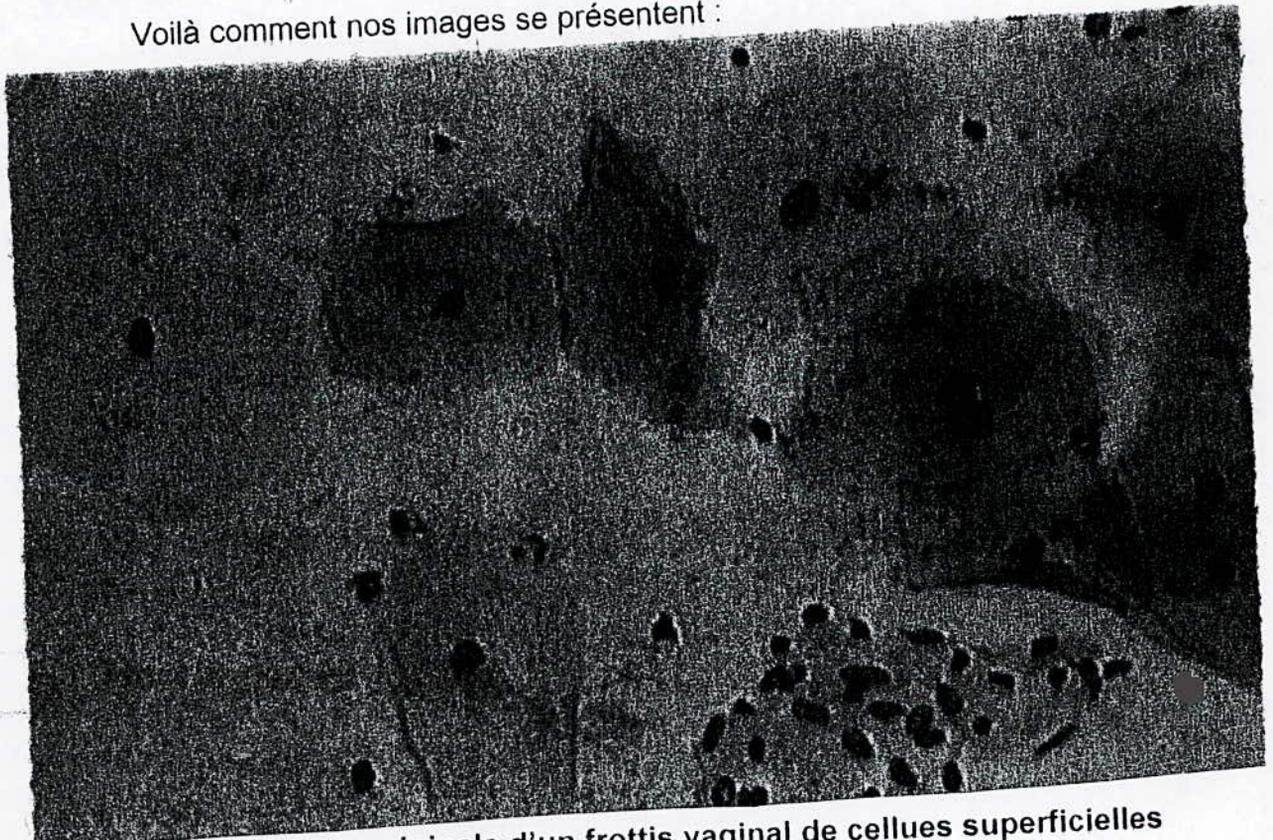


Figure12-Image originale d'un frottis vaginal de cellules superficielles eosinophiles.

2- Applications

L'image suivante, extraite a partir de l'image précédente, représente une cellule superficielle ;

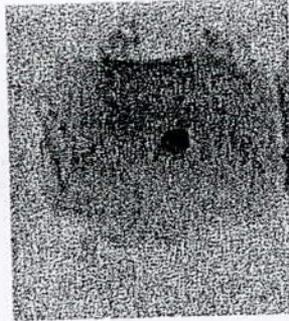


Figure13-Cellule superficielle eosinophile.

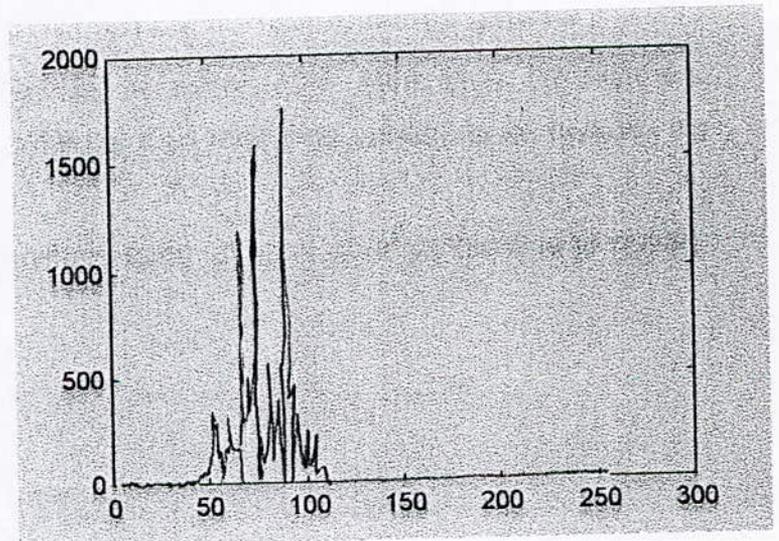
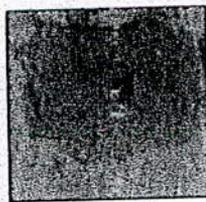
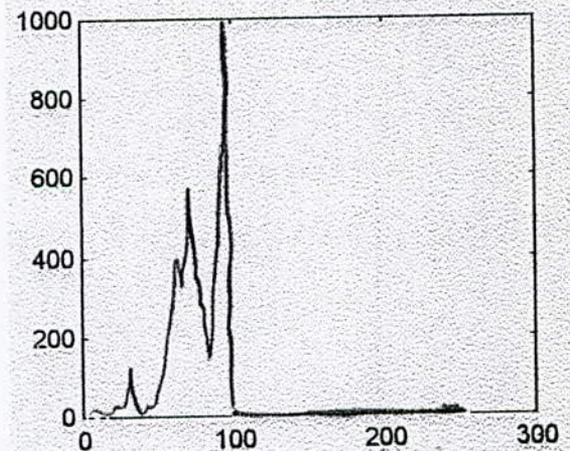
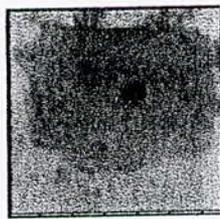


Figure14- L'image en niveaux de gris à droite et son histogramme à gauche.



Figur15- L'image précédente filtrée avec un filtre moyen et une ouverture a droite et l'histogramme correspondant a gauche .

(l'image est plus claire, le noyau et le cytoplasme sont plus homogènes, l'histogramme correspondant le confirme car il ya moins de variations en niveaux de gris que l'image de la figure14).

A partir de la figure 15, on fait un seuillage avec un seuil pour garder que le noyau, tel qu'il est illustré dans la figure16.

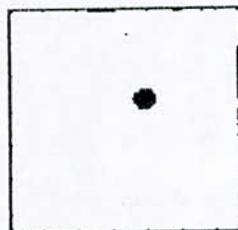


Figure16-L'image de la figure15 après un seuillage.

(a partir de la on peut calculer la surface du noyau).

Nous voulons aussi calculer la surface du cytoplasme. Il faudrait donc s'arranger pour noircir l'image en niveau de gris pour rendre le cytoplasme plus lisible et homogène (lissage).

Ainsi, on a utiliser plusieurs opérations comme suite : moyennage adaptatif , érosion, érosion, fermeture, filtre moyen, érosion. Ainsi on a obtenu l'image représentée par :

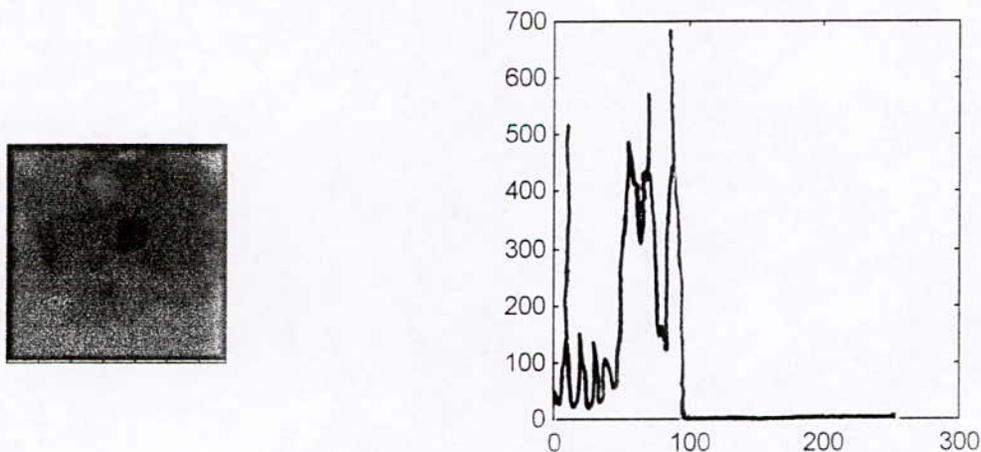


Figure17- l'image résultante après l'étulisation des opérations (citées précédemment) et l'histogramme correspondant.

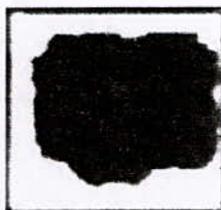


Figure18- l'image après un seuillage.

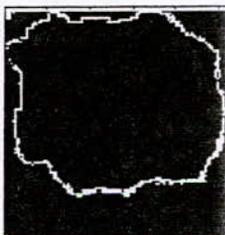


Figure19- Image précédente après la détection de contour.

Cependant, on peut calculer la surface de la cellule complète à partir de la figure 18, donc conclure le rapport **nucléo-cytoplasmique** par la suite on utilisant l'image de la figure 16 et aussi calculer la signature polaire qui définit la morphologie de la cellule superficielle à partir de la figure 19.

De même pour les autres cellules, la deuxième cellule choisie est la suivante :

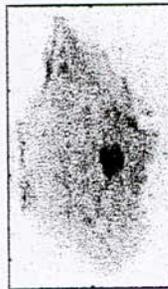


Figure 20-: l'image originale d'une cellule superficielle eosinophile .

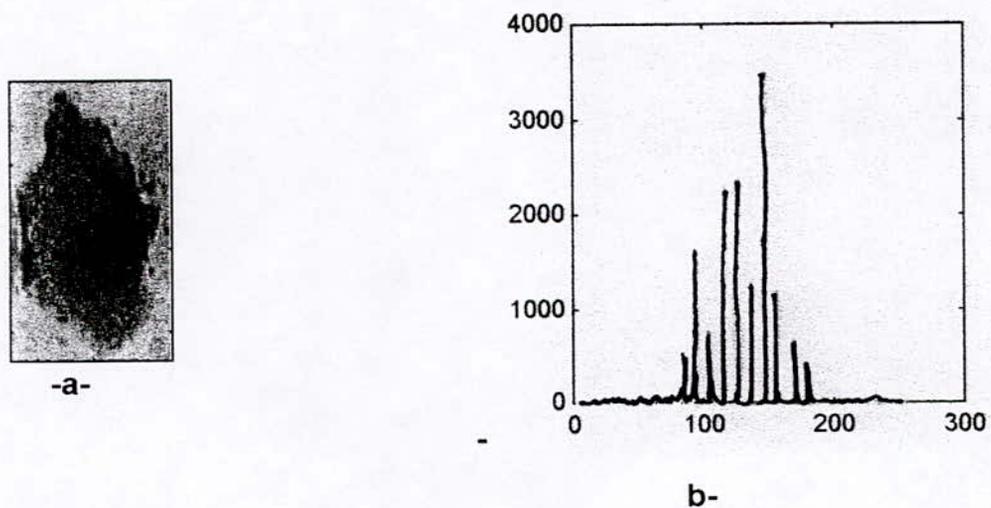
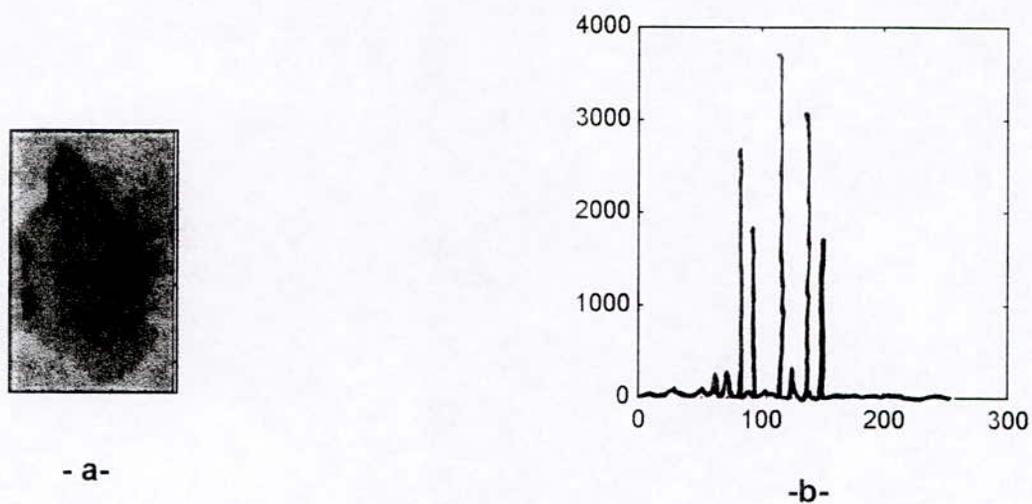


Figure 21 -a : l'image en tons de gris.
-b : l'histogramme correspondant.

Après une érosion et une ouverture les régions du noyau et du cytoplasme sont plus homogènes, tel qu'il est montré dans la figure22.



**Figure22 -a: l'image précédente après une érosion et une ouverture.
-b: l'histogramme correspondant.**

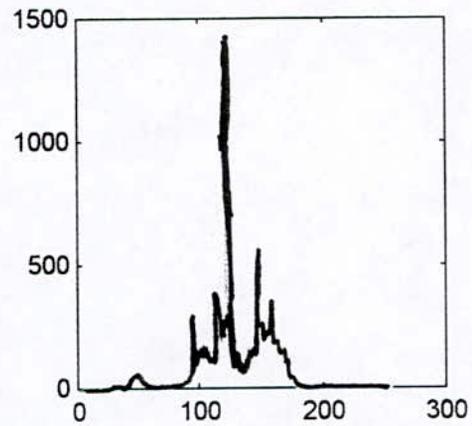


Figure23- l'image précédente après un seuillage.

Après une érosion et une fermeture avec le même élément structurant et un filtre moyen la région du cytoplasme est plus homogène, tel qu'il est montré dans la figure24.



- a -



- b -

**Figure24 -a : l'image après une fermeture et un filtre moyen
-b : l'histogramme correspondant.**



Figure25-l'image précédente après un seuillage.

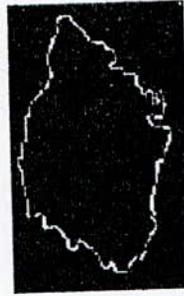


Figure 26-l'image précédente après une détection de contour avec le masque de sobel.

Nous présentons ici la deuxième image utiliser a partir de laquelle est extraite une **cellule intermédiaire basophile** isolée.

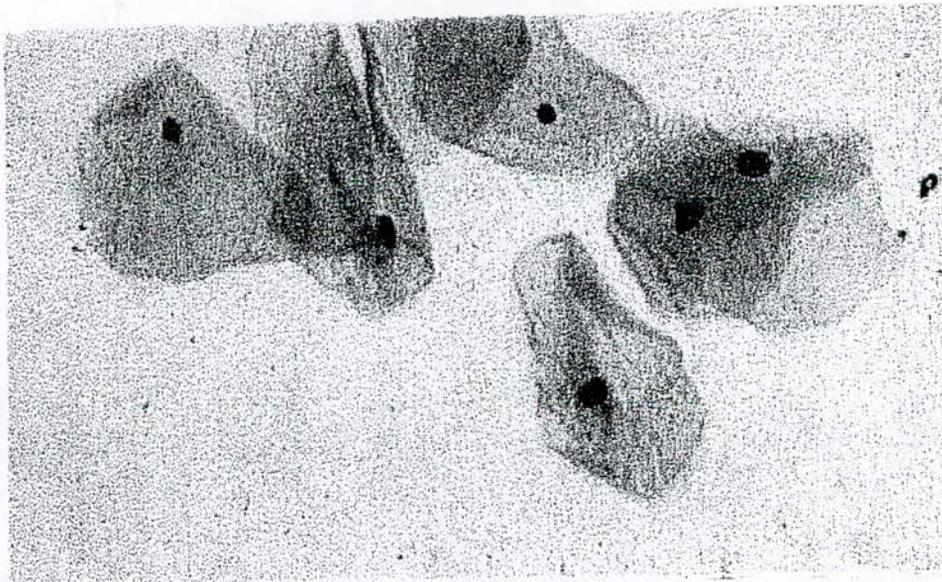


Figure 27-Image originale d'un frottis vaginal de cellules intermédiaires superficielles (x200) , (basophile et eosinophile).

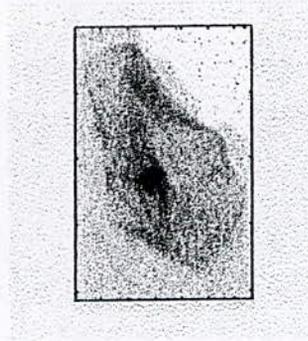
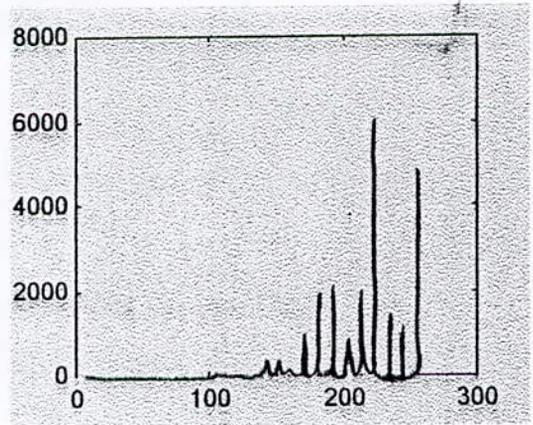


Figure28- Image d'une cellule intermédiaire basophile.



-a-



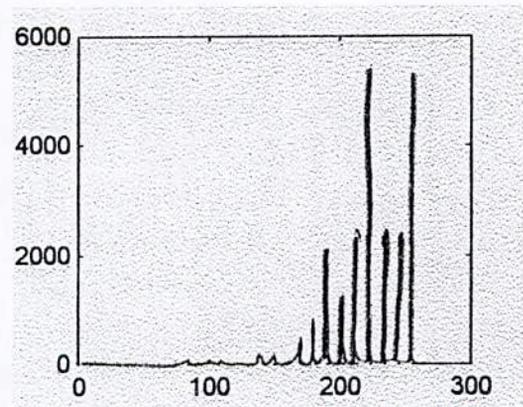
-b-

Figure29 -a : l'image en tons de gris.

-b : l'histogramme correspondant.



-a-



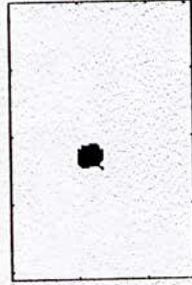
-b-

Figure30 -a : l'image après une fermeture.

-b : l'histogramme correspondant.

Si nous comparons les deux images de la figure29-a et la figure30-a , on peut dire que le noyau a noirci après l'étulisation d'une fermeture, le fond et le cytoplasme de la cellule sont plus lisses (c'est-à-dire moins de grains dans et autour la cellule).

Puisque le noyau est plus clair, on a préféré d'utiliser une opération de seuillage avec un seuil juste après cette étape et on a obtenu cela :

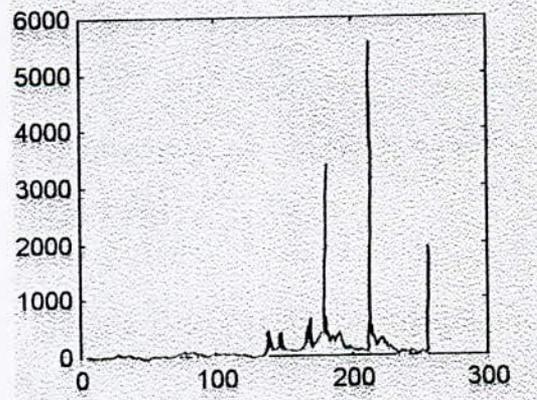


Figur31- l'image précédente après un seuillage.

Après ca nous essayons de distinguer la cellule complète pour pouvoir calculer sa surface et la signature polaire, pour cela nous étulisons une érosion et une ouverture puis un moyonnage pour obtenir cela :



-a-



-b-

Figure32-a : l'image après une érosion, une ouverture et un moyonnage

-b : l'histogramme correspondant.

La différence entre l'image originale en tons de gris et cette dernière est frappante, la région cytoplasmique est plus sombre et plus lisse grâce à l'érosion, ensuite l'ouverture a écrêter les pics de luminances de l'image ouverte et elle est devenue plus claire.

Donc c'est le moment d'étuliser un seuillage avec un seuil convenable pour avoir la région cytoplasmique.



Figure33- l'image précédente après un seuillage.

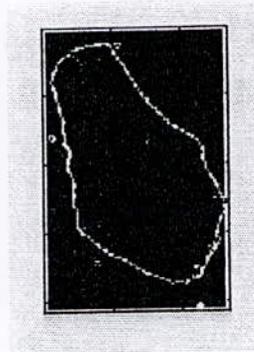
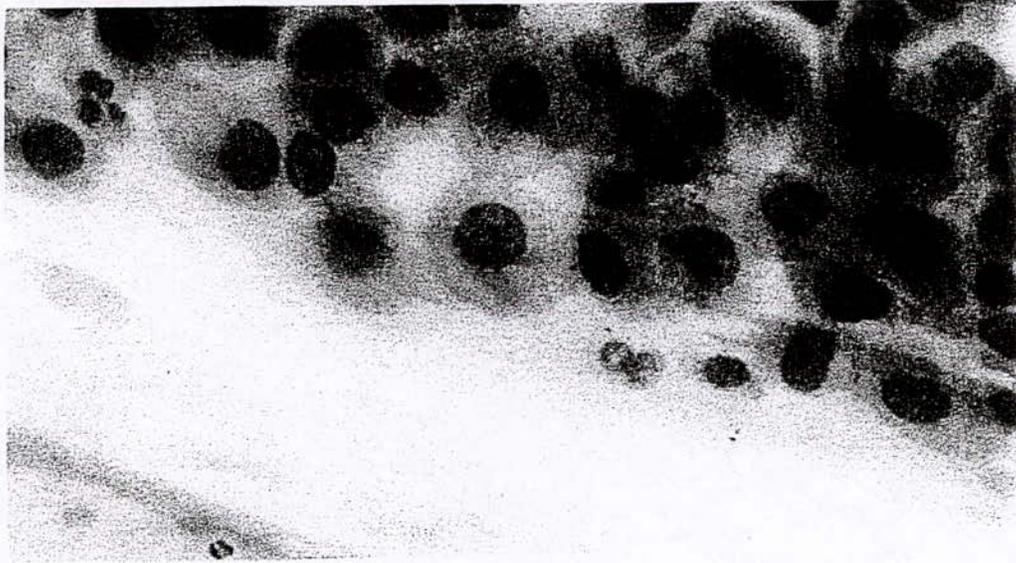


Figure34- l'image précédente après la détection de contour avec le masque de prewitt

d'ou la possibilité, comme les images précédentes, d'extraction des paramètres a partir des images résultantes.

Nous passons maintenant a un autre type de cellule très différente des autres traitées précédemment et dont il est important de l'étudier étant donné que ses caractéristiques ne ressemblent pas du tout aux autres ; c'est la cellule basale, nous présentons ici la troisième image utilisée qui est agrandie deux fois plus que

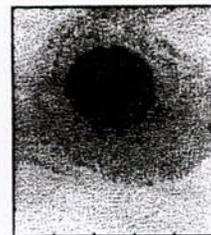
les images précédentes et a partir de laquelle est extraite **une cellule basale isolée.**



**Figure35-Image originale d'un frottis vaginal de cellules basales(x400)
(très basophile)**



-a-



-b-

Figure36 b :Image d'une cellule basophile.

a :Image en tons de gris.

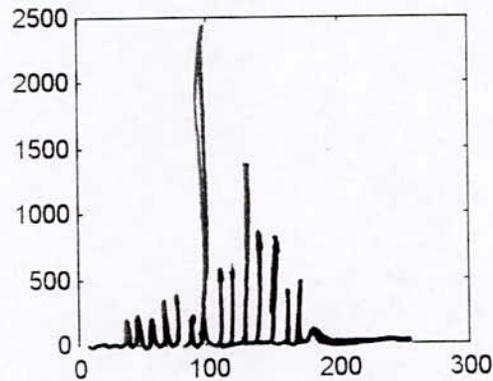


Figure37-L'histogramme de l'image en ton de gris.

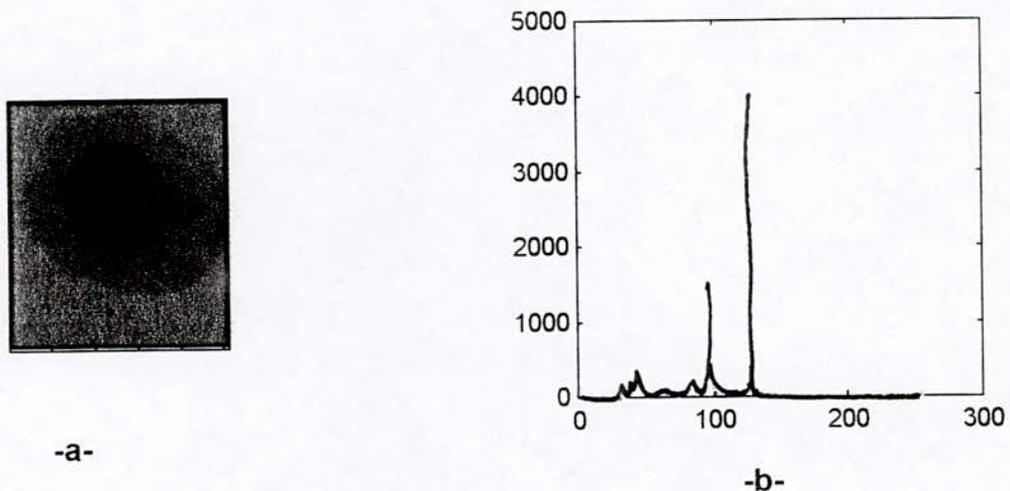


Figure38 -a- :Image de la cellule après une érosion et une fermeture
-b- :L'histogramme correspondant.

A partir de là, la région du noyau est plus claire, car l'érosion et la fermeture ont noirci et lissé la cellule et le noyau plus particulièrement tel que le démontre a figure 38-a et le confirme la figure38-b d'après la réduction des valeurs de niveaux de gris, on faisans la comparaison avec l'histogramme de l'image en tons de gris (figure37).

Puisque le noyau est plus facile a distinguer, maintenant, il serait intéressant de faire un seuillage avec un seuil convenable afin de ne laisser que le noyau, tel qu'il est illustrer dans la figure39.

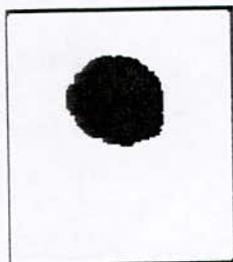
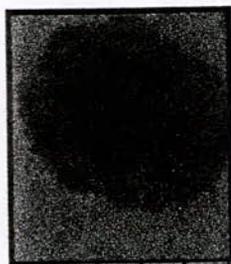
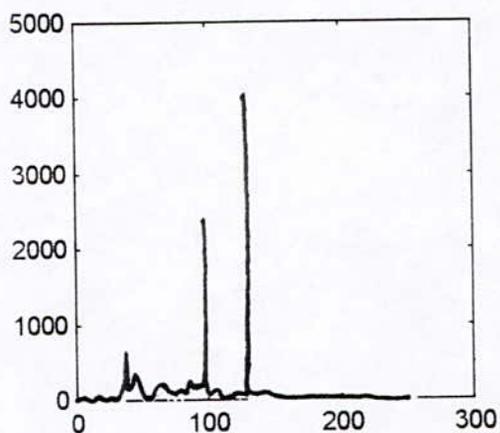


Figure39- l'image précédente après un seuillage.



-a-



-b-

Figure40 -a : L'image de la cellule en tons de gris après une érosion, ouverture et un moyennage

-b : L'histogramme correspondant.



Figure41- l'image de la figure40-a après un seuillage.

Et enfin, la détection de contour avec le masque de sobel qui le résultat suivant

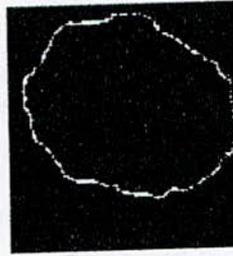
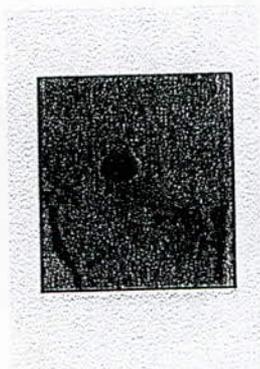


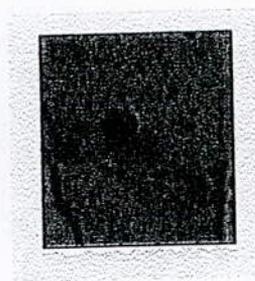
Figure42-l'image après la détection de contour.

Dans les images originales, nous pouvons pas, malheureusement, extraire d'autres cellules isolées assez claires pour établir notre objectif, mais nous préférons traiter une autre image ou nous pouvons au moins extraire une information sur le noyau.

Elle acquise a partir de la figure ;



-a-

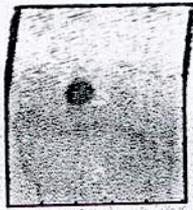


-b-

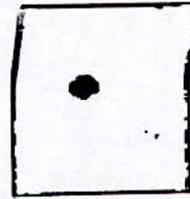
Figure43-a : Image d'un noyau d'une cellule superficielle .

-b : l'image en niveau de gris .

Du moment il n'ya que le noyau qui nous intéresse dans cette image, il ne sera pas utile d'utiliser la morphologie mathématique, ainsi nous nous contentons d'un moyennage puis faire un seuillage pour avoir ce ci :



-a-



-b-

Figure 43-a : l'image filtrée avec un filtre moyen.

-b : l'image après un seuillage .

VI- Conclusion sur le chapitre 2

Nous avons vu dans ce chapitre les différents types de traitements d'images utilisés pour nos images de cellules étudiées, surtout l'efficacité des filtres non linéaires utilisés, c'est-à-dire les filtres morphologiques qui ont donné des résultats très performants avec qui les trois régions de chaque image (le noyau, le cytoplasme et le fond de la cellule) sont devenues plus lisses, plus homogènes et plus distinguantes , donc nous pouvons dire que la morphologie mathématique correspond essentiellement a une amélioration de l'image ayant pour but final une extraction plus aisée des objets ou une segmentation plus facile de l'image, elle nous a servit pour notre cas d'extraire les trois structures de chaque cellule, surtout les filtres séquentiels FOF, OFO, $(OF)^1$, $(FO)^1$,... et ils ont les meilleurs propriétés de réduction de bruits, nos résultats le démontrent bien et ils vont être utilisés par la suite, dans le chapitre suivant , pour l'extraction des informations pertinentes qui différencient une cellule de l'autre.

Nous tenons a rappeler nos lecteurs que l'opération de **Top hat** n'était pas utile pour ce type d'image de cellules isolées et la détection de contour avec la méthode différentielle est beaucoup mieux pour notre cas, mais d'après les ouvrages l'opération de Top hat est très utilisée dans le cas ou l'image présente un amas de cellules.

Toutes les opérations de la morphologie mathématique, utilisées dans ce chapitre, utilisent le même élément structurant **de taille 3.3** et de valeur 1 pour les 9 valeurs de niveaux de gris, sachant que le choix de l'élément structurant dépend du type d'informations recherchées et se fait d'une manière aléatoire après plusieurs essais pour pouvoir distinguer lequel est plus convenable aux types d'images a étudier. On ce qui nous concerne cette élément structurant nous a permis de bien distinguer le noyau , le cytoplasme et le fond de la cellule, mais le choix serait difficile pour les images originales qui présentent des cellules chauvauchées.

Nous avons aussi utilisés, en dehors des filtres morphologiques, **moyennes adaptatives** comme filtrage adaptatif et **filtres moyenneurs** comme filtrage linéaires, ils sont utilisés pour la réduction du bruit et la **segmentation** aussi, en effet le principe du filtrage adaptatif est d'ajuster la structure, ou les coefficients, d'un opérateur a chacune de ses situations. Dans une zone stationnaire, on peut réduire

le bruit en employant un filtre de taille relativement importante dont la structure dépendra du caractère impulsionnel ou non de la perturbation. Lorsque l'on est en présence d'un contour, il faut éviter l'effet d'élargissement de la zone de transition qui peut entraîner une perte d'information sur la géométrie des régions. Pour cela , on peut diminuer la taille du filtre.

Dans une zone stationnaire, le filtre de moyennes adaptatives agit comme un filtre moyenneur , avec de bonnes performances en terme de lissage.

CHAPITRE 3 :
PARAMETRISATION
ET
CLASSIFICATION.

I- Introduction

Après avoir simplifier l'image par des traitements appropriés de manière a ne mettre en évidence que les informations nécessaires a l'analyse, on peut conclure les paramètres suivants : surface du noyau, surface de la cellule, le rapport nucléocytoplasmique et la signature polaire.

II- Application

1-Surface du noyau, a partir de la figure16 :

$$SN= 405 \text{ pixels}$$

2-Surface de la cellule, a partir de la figure18 :

$$SE= 12112 \text{ pixels}$$

3-Rapport nucléocytoplasmique qui peut être calculé a partir des deux paramètres précédents, tel que :

$$R= \text{Surface noyau} / \text{surface cellule} - \text{surface noyau.}$$

Pour notre exemple précédent , R avec approximation est :

$$R= 0.04.$$

Ainsi, nous avons pu remplir le tableau suivant a partir des images résultantes du chapitre précédent , ce tableau rassemble trois caractéristiques des cellules étudiées précédemment et va être compléter par la suite par une quatrième caractéristique que nous avons supposé intéressante étant donné qu'elle nous définit la morphologie de la cellule c'est la signature polaire.

Cellule n°	SE (pixels)	SN (pixels)	R	(Rapport nucléocytoplasmique)
1	12112	405	0.04	cellule superficielle1
2	10417	209	0.02	cellule superficielle2
3	13662	470	0.05	cellule intermédiaire1
4	3728	882	0.33	cellule basale
5	13543	300	0.04	cellule superficielle3

Figure 44- Tableau des trois caractéristiques des cinq images de cellules.

III- La signature polaire

IL nous reste à calculer la **signature polaire** qui est caractéristique importante qui définit la morphologie de la cellule, elle est calculée après la binarisation et la détection de contour.

1- La procédure suivie

Pour cela il faut suivre la procédure suivante :

1- Extraction des coordonnées des points du contour $M_i(x_i, y_i)$.

2- Calcul des coordonnées du centre de gravité, telle que si $M_i(x_i, y_i)$ les coordonnées des différents points du contour, alors les coordonnées G_x et G_y de son centre de gravité sont données par :

$$G_x = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i X_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

$$G_y = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i Y_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

On pose $\alpha_i = 1, \forall i$ donc :

$$G_x = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (1);$$

$$G_y = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} \quad (2);$$

N est le nombre de points du contour.

3- Détermination des phases et des modules, telle que si G_x et G_y sont les coordonnées du centre de gravité et $M_i(x_i, y_i)$ sont les coordonnées des points du contour alors ;

$$\text{le module : } m_o(i) = ((x_i - G_x)^2 + (y_i - G_y)^2)^{1/2} ;$$

$$\text{la phase : } ph(i) = \arctang((y_i - G_y) / (x_i - G_x)) ;$$

ainsi, nous pouvons calculer le module correspondant à chaque phase.

2- Les problèmes rencontrés et les solutions proposées.

- Ils s'est avéré que pour chaque contour , il peut y avoir plusieurs pixels allumés autour de la même position sous forme d'escalier , et l'algorithme de la signature polaire dans ce cas donne un graphe HF a cause des variations brutes des modules lorsqu'on passe d'un pixel au suivant qui vient juste après , ainsi, nous avons pensé a calculé la moyenne des sept modules correspondants aux sept pixels, pour chaque position, comme suite ;

$$mo(i) = (mo(i-3)+mo(i-2)+mo(i-1)+mo(i)+mo(i+1)+mo(i+2)+mo(i+3))/7 ;$$

et le résultat sera considéré comme le module retenu et donc la difformité est évitée. Le graphe $mo = f(ph)$ donne la signature polaire moyennée.

- le graphe de la signature polaire moyennée est discontinu, car il s'est avéré que ce n'est pas tous les angles de l'intervalle $[-180^\circ, 180^\circ]$ sont considérés, notre algorithme saute quelques ponts, ainsi nous avons utilisé une fonction prédéfini dans le matlab , c'est l'interpolation des données dont le but est de considérer tous les angles de l'intervalle $[-180^\circ, 180]$ Sans sauter quelque uns , le graphe $mo = f(ph)$ est donc continu.

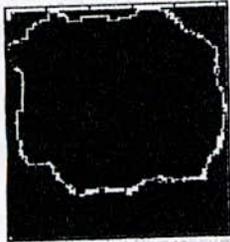
nous allons utiliser les résultats de prétraitements résultants du chapitre précédent , et qui ont donné un contour fermé pour chaque type de cellule, pour calculer ;

a chaque fois le centre de gravité et ensuite la signature polaire du contour correspondant .

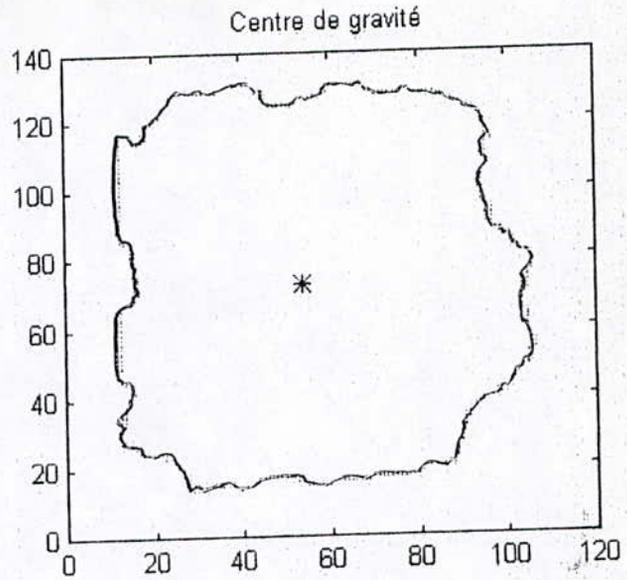
3- Résultats

Les résultats des cinq cellules étudiées sont représentés ci dessous ;

a- Cellule superficielle 1 :

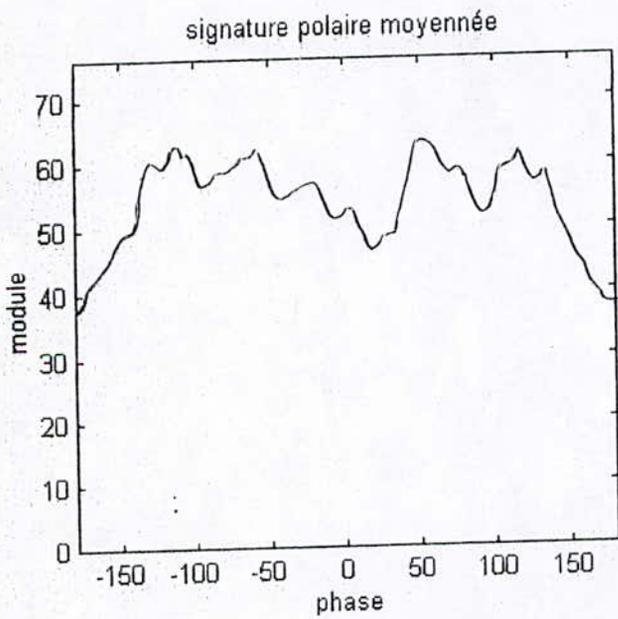


-a-

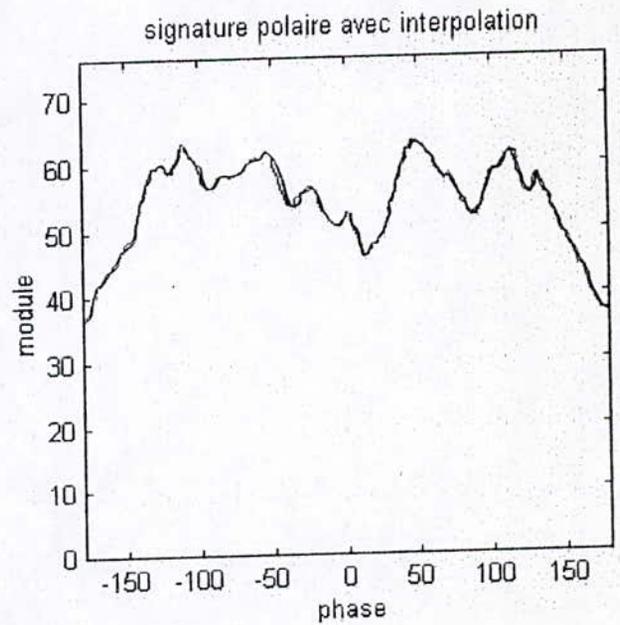


-b-

**Figure 45-a : Le contour fermé de la cellule n°1.
-b : Son centre de gravité**



-a-



-b-

**Figure 46-a : La signature polaire moyennée de ma cellule superficielle 1.
-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .**

b- Cellule n°2 : Cellule superficielle2 .

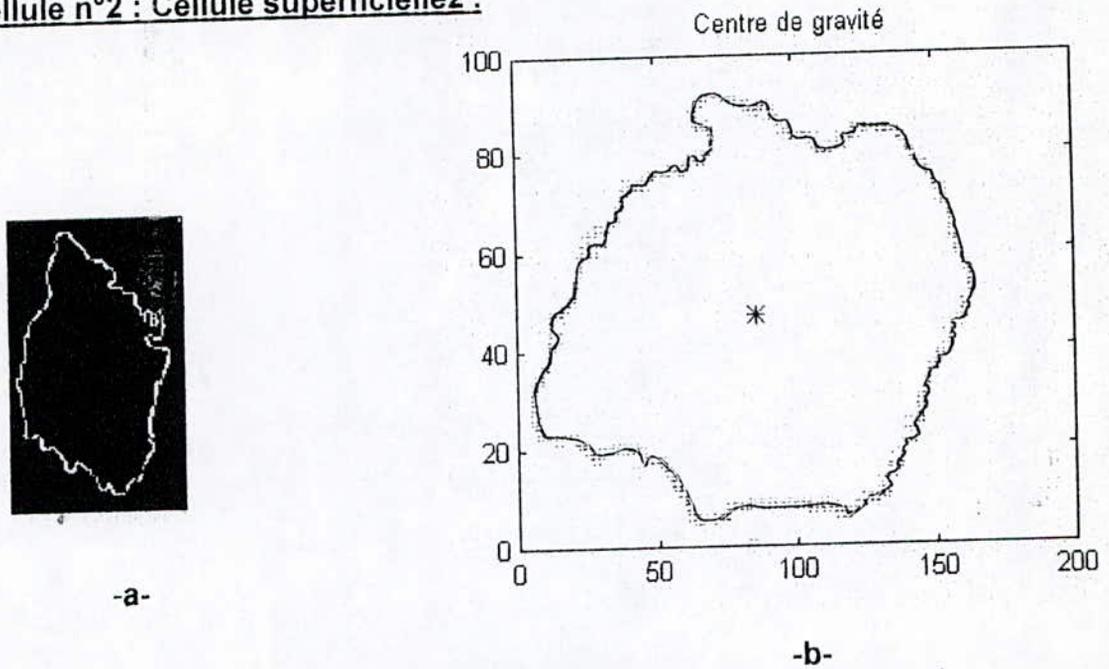


Figure 47-a : Le contour fermé de la cellule n°2 .
-b : Son centre de gravité .

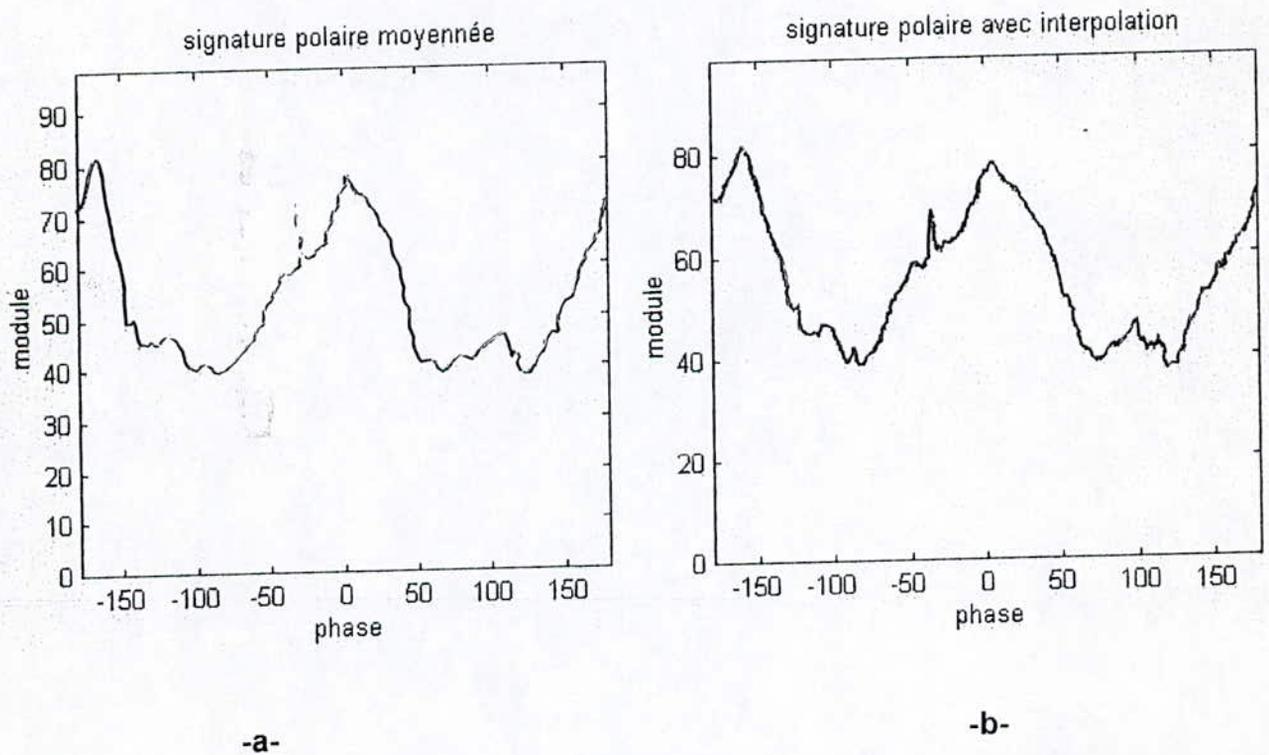
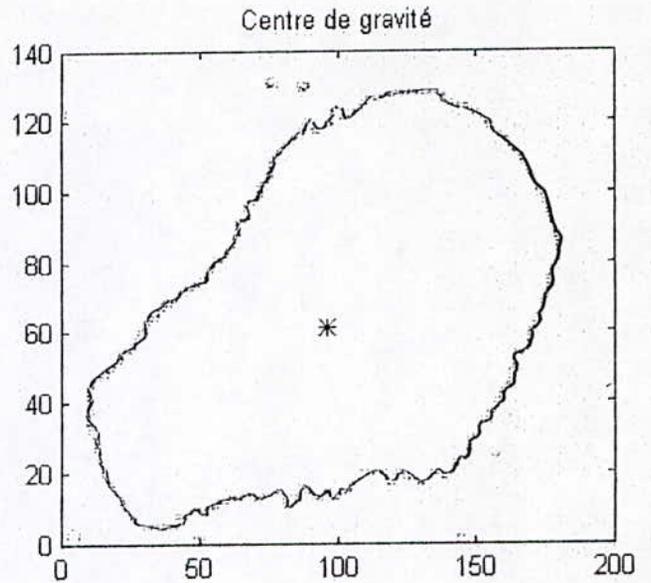


Figure 48-a : La signature polaire moyennée de ma cellule superficielle 2.
-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .

c- Cellule n°3 : Cellule intermédiaire1.



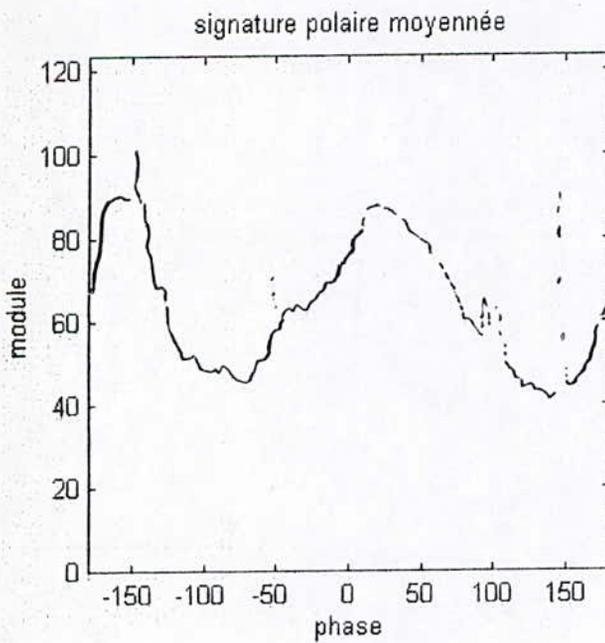
-a-



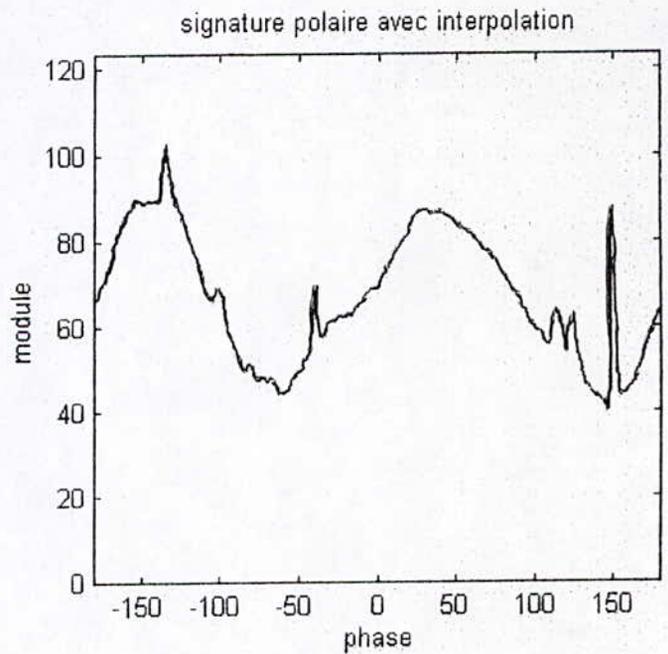
-b-

Figure49-a : Le contour fermé de la cellule n°3.

-b : Son centre de gravité .



-a-



-b-

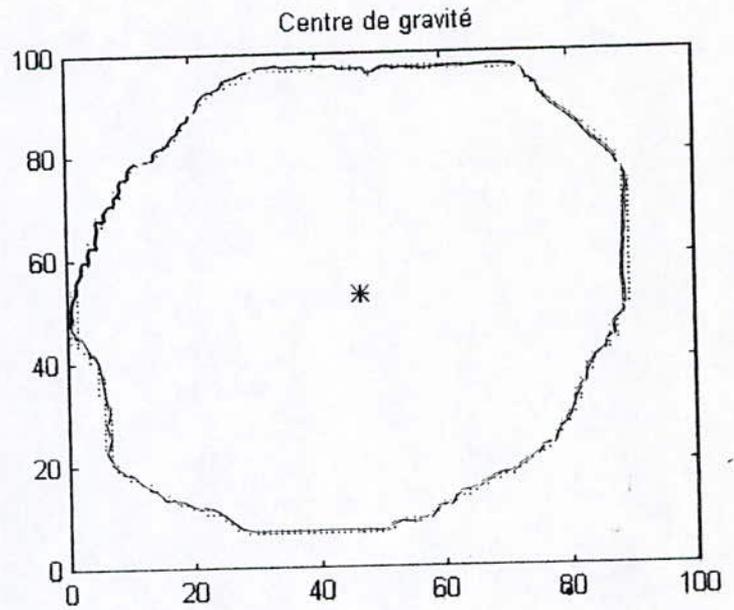
Figure 50-a : La signature polaire moyennée de la cellule intermédiaire 1.

-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .

d- Cellule n°4 : cellule basale.

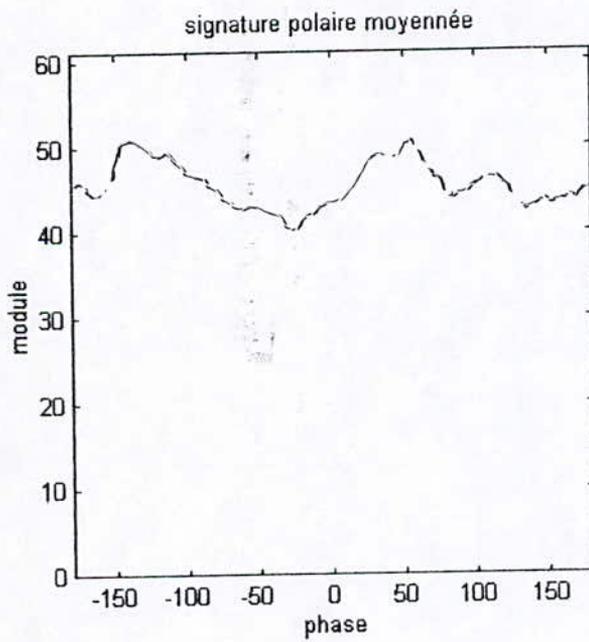


-a-

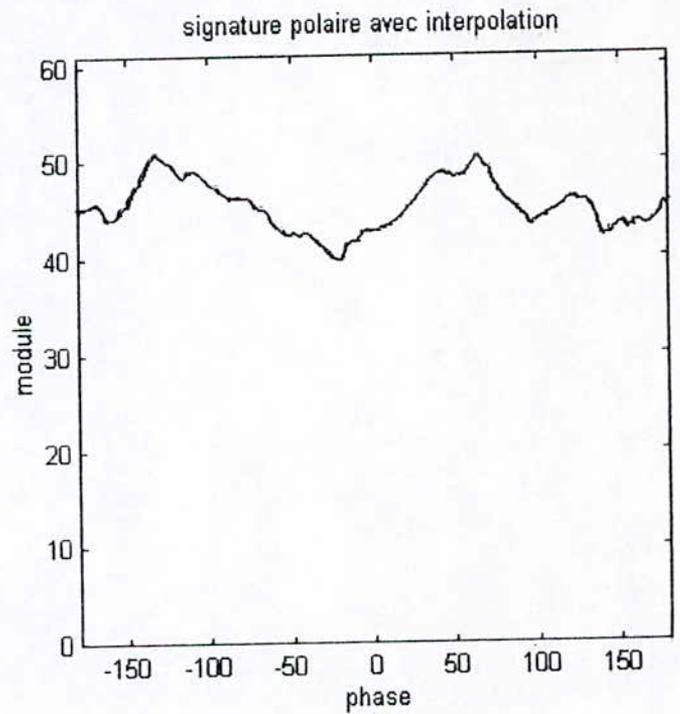


-b-

**Figur51-a : Le contour fermé de la cellule n°4.
-b : Son centre de gravité .**



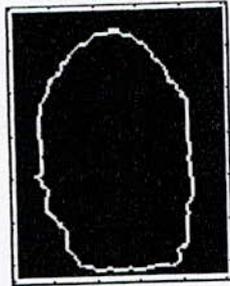
-a-



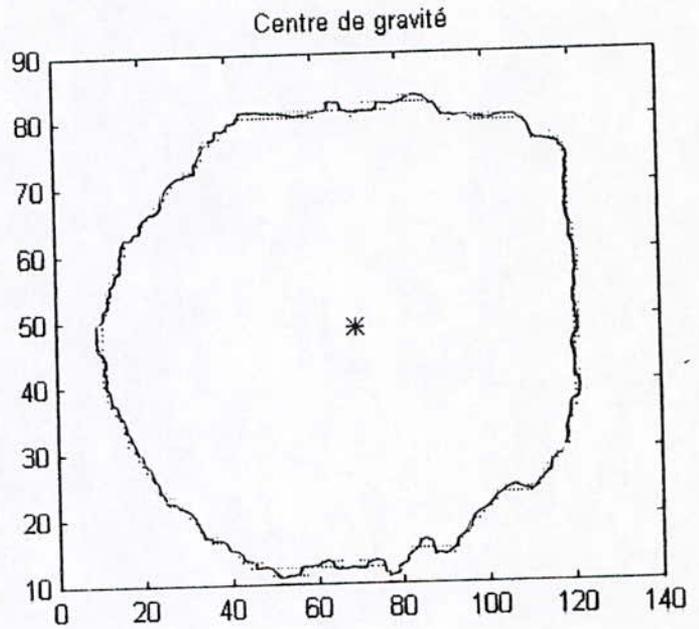
-b-

**Figure 52-a : La signature polaire moyennée de la cellule basale.
-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .**

Cellule n°5 : Cellule superficielle3 .

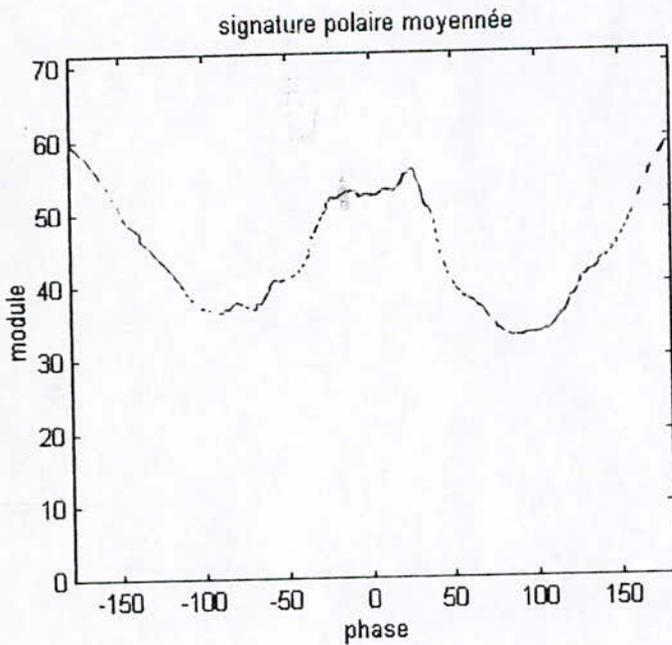


-a-

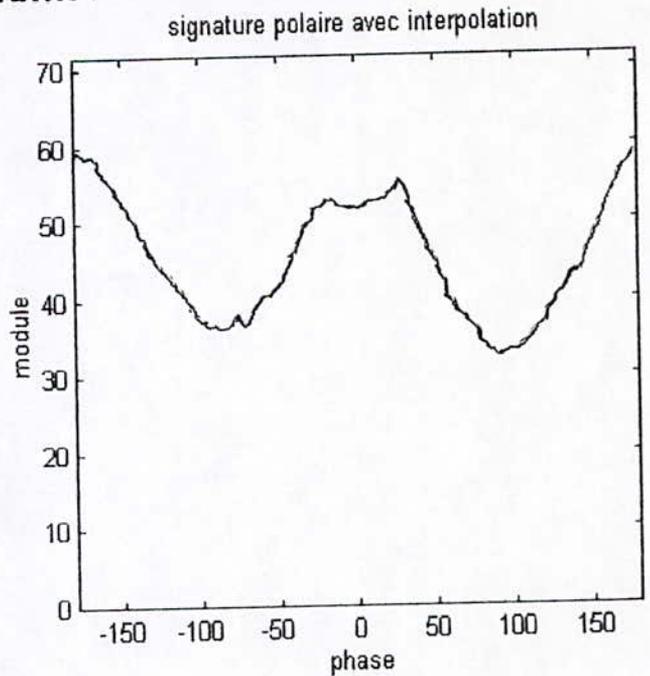


-b-

**Figur53-a : Le contour fermé de la cellule n°5.
-b : Son centre de gravité .**



-a-



-b-

**Figure 54-a : La signature polaire moyennée de la cellule superficielle3.
-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .**

Remarque : nous constatons que pour chaque image nous avons pu avoir une signature polaire différente, donc une morphologie variée pour chaque cellule :

le graphe de la signature polaire de la cellule basale n'est pas très variant , et cela est évident car cette dernière a une forme presque circulaire, alors que celui de la cellule superficielle , par exemple , est assez variant car cette cellule a une forme géométrique indéterminée .

Ainsi, notre tableau de la figure 44 se complète par la quatrième caractéristique qui définit la forme de la cellule.

IV- Classification

Nous disposons a présent des cinq cellules dont trois sont superficielles , une intermédiaire et la dernière est basale.

Nous pouvons donc procéder a la classification d'une image inconnue, afin de décider si elle présente une cellule normale ou non, selon les critères retenus, mais nous tenons a rappeler nos les lecteurs que notre base de donnée n'inclue pas tous les cas normaux de chaque type de cellule.

Ainsi, pour comprendre la procédure de la classification , nous donnons un exemple d'une cellule intermédiaire anormale (d'après les ouvrages de la cytologie clinique), cette cellule est choisie de telle manière qu'elle soit très différente de la cellule intermédiaire étudiée précédemment étant donné que la base de données est incomplète. Elle est extraite a partir d'un frottis cervical qui présente une dysplasie légère (N.C.I type 1) : c'est une cellule intermédiaire a noyau hyperchromatiques et un peu volumineux , cytoplasme abondant et forme irrégulière.



Figure55- Image d'une cellule intermédiaire anormale.

Après traitement et paramétrisation, nous avons trouvé les résultats suivants

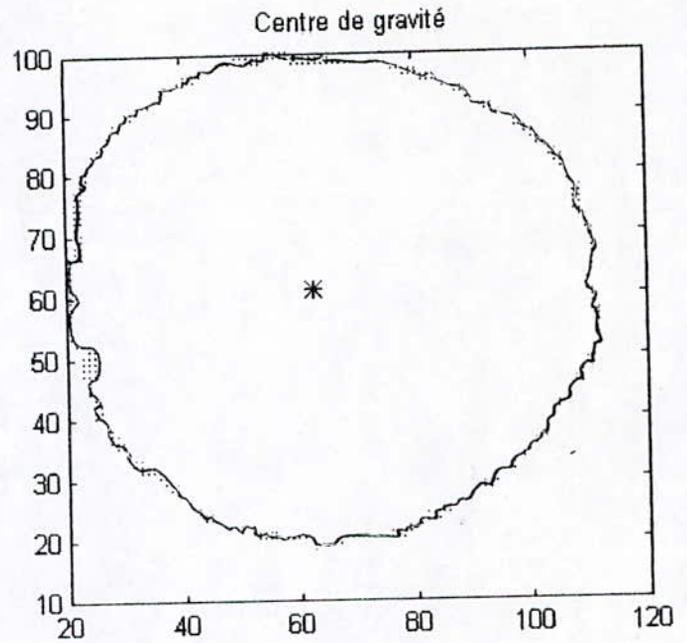
SE=11508 ; SN=600 ; R=0.05

La signature polaire est calculée si dessous .

Cellule n°6 : cellule intermédiaire anormale.

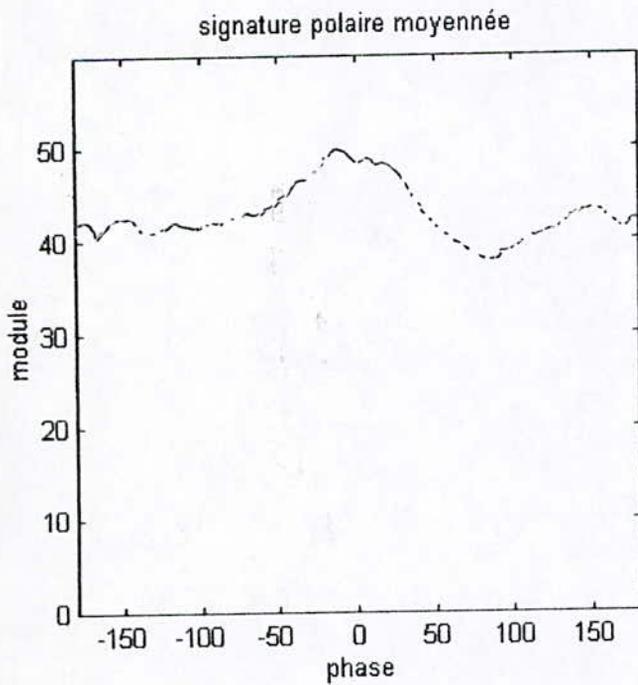


-a-

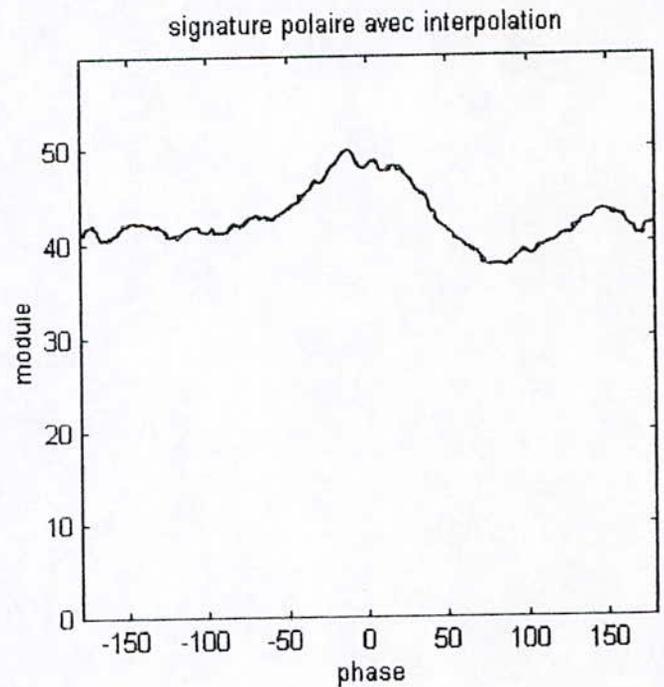


-b-

**Figur55-a : Le contour fermé de la cellule n°6.
-b : Son centre de gravité .**



-a-



-b-

**Figure 56-a : La signature polaire moyennée de la cellule n°6.
-b : La signature polaire correspondante avec interpolation .**

Cette procédure est suivie pour chaque image, c'est-à-dire : il faut extraire de l'image à classifier les caractéristiques, correspondant aux quatre valeurs des critères de malignité étudiés. Il se peut que seul un d'entre eux soit significatif, alors que les autres sont parfaitement normaux.

Pour l'exemple précédent :

SN= 600 , donc une taille du noyau plus grande que celle du cas normal, et une morphologie assez différente des cellules intermédiaires .

Cette cellule présente une difformité nucléaire et cellulaire, ainsi, elle est considérée comme une cellule anormale.

V- Conclusion sur le chapitre3

Ce chapitre nous a permis de calculer quelques paramètres des cinq cellules normales de l'épithélium malpighien, et construire par la suite ce qu'on appelle une base de données qui n'est complète vu le nombre réduit d'exemples étudiés .

Nous pouvons compléter cette base de données en ramassant le maximum de cas normaux des quatre types de cellules de l'épithélium malpighien du col de l'utérus , pour pouvoir procéder à l'apprentissage de réseau de neurone.

CHAPITRE 4 :

PRESENTATION DU MENU

Introduction

Après avoir présenté les différentes méthodes pour l'analyse de cellules, nous avons élaboré un module qui nous permet de faire le prétraitement et la paramétrisation des cellules de l'épithélium malpighien. L'intérêt essentiel de notre travail est de faciliter l'extraction des informations pertinentes correspondantes aux critères cellulaires d'appréciation de la malignité.

Tous les programmes utilisés pour la réalisation de ce module ont été faits avec le langage MATLAB (version 4.2), ce langage contient :

- 1- Plusieurs fonctions concernant le traitement d'image. Donc, nous avons choisi ce langage pour pouvoir utiliser ces fonctions sans être obligé de les créer.
- 2- Interface graphique, gestion de menu et gestion de pointage.
- 3- Bibliothèque spécialisée sous forme de toolbox.

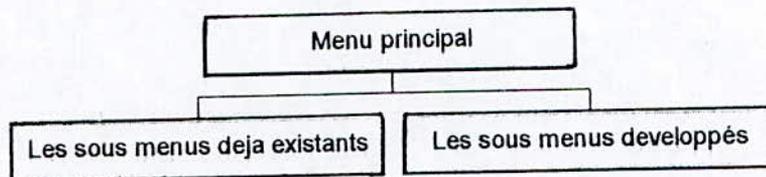
Et tout ça, nous a beaucoup aidé dans la réalisation de ce module.

Présentation de l'organigramme du menu :

L'organigramme peut être divisé en deux parties :

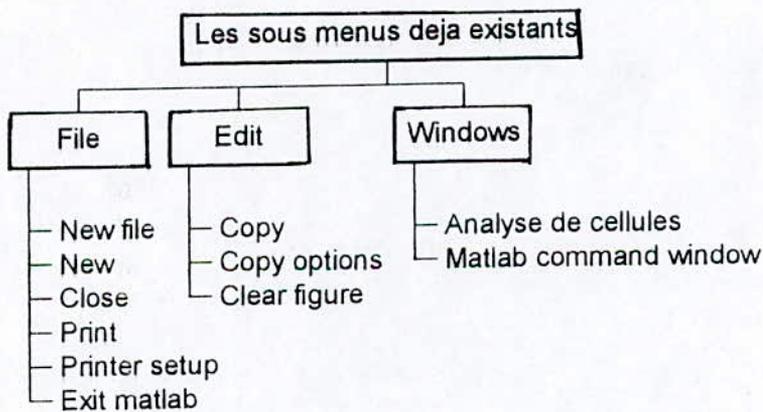
1. La première partie contient les sous menus déjà existants.
2. La deuxième partie contient les sous menus développés.

Présentation de l'organigramme.



Les sous menus déjà existants sont les suivants :

L'organigramme des sous menus déjà existants

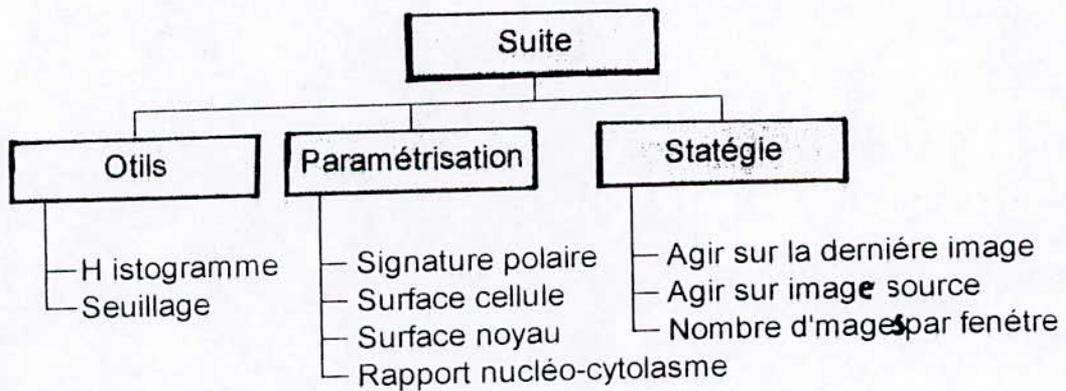


Les sous menus développés sont illustrés à travers cet organigramme :

Les sous menus développés sont illustrés a travers cet organigramme :



Suite de l'organigramme des sous menus developpés



Description du menu :

Des le lancement de ce menu, la figure 1 apparaît sur l'écran, cette figure correspond au menu principal.

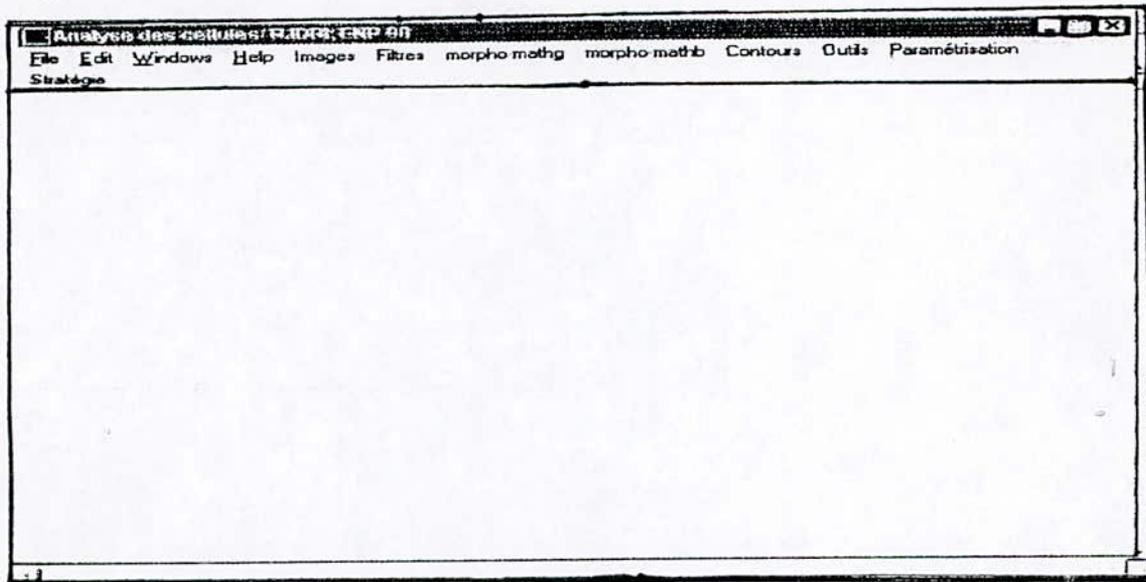


Figure 1 : Menu principal

Les sous menus déjà existants sont souvent utilisés, ainsi nous expliquons brièvement les sous menus développés.

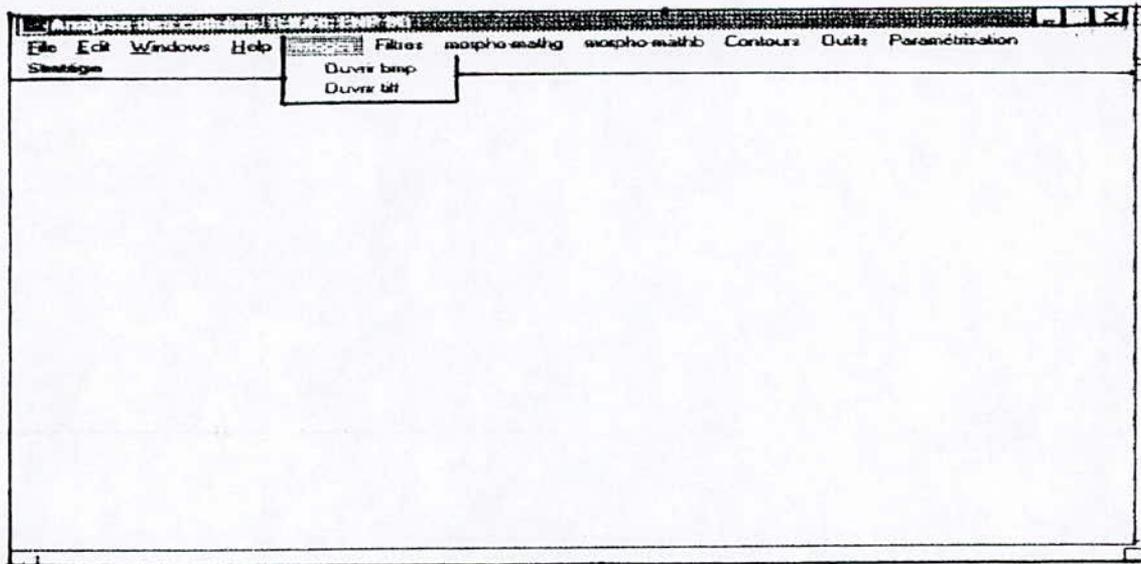
1- Images : (voir figure 2)

Figure 2 : Le sous menu Images

Ce sous menu permet de lire les fichiers BMP et les fichiers TIFF, la validation de l'une de ces commandes, par exemple « Ouvrir BMP », permet l'affichage de la figure 3.

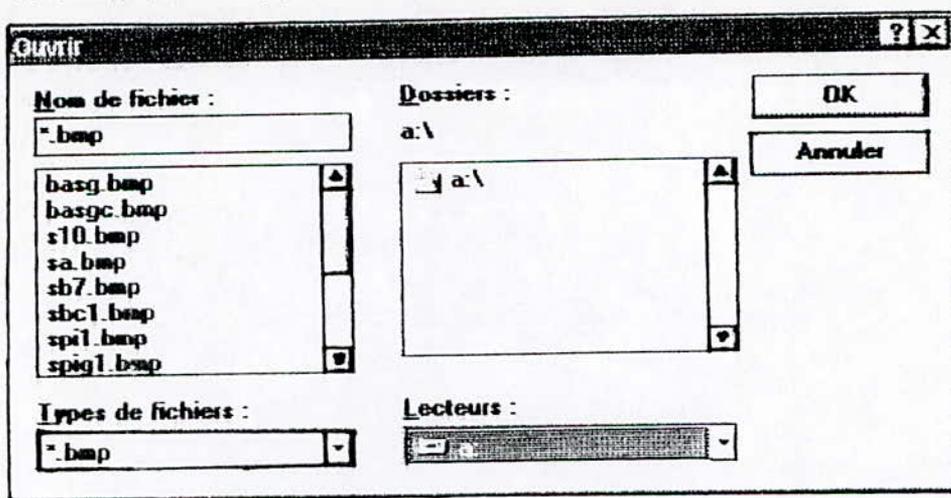


Figure 3 : Validation de la commande « Ouvrir BMP ».

Concernant la commande «Ouvrir TIFF » , sa validation, nous donne la même fenêtre .

En ce qui nous concerne , nous avons utilisé des fichiers « BMP » et les fonctions BMPREAD et IMSHOW permettent l'exécution de la commande « ouvrir BMP », seulement il faudrait choisir nos images de telle manière que sa longueur soit un multiple de 4 , c'est-à-dire :

$L = 4 * N$; L c'est la longueur de l'image (en pixels) et N un entier. Si non dès l'exécution de la commande « Ouvrir BMP » des erreurs seront signalées.

2- Filtres :

Ce sous menu contient les commandes inscrites sur la figure 4

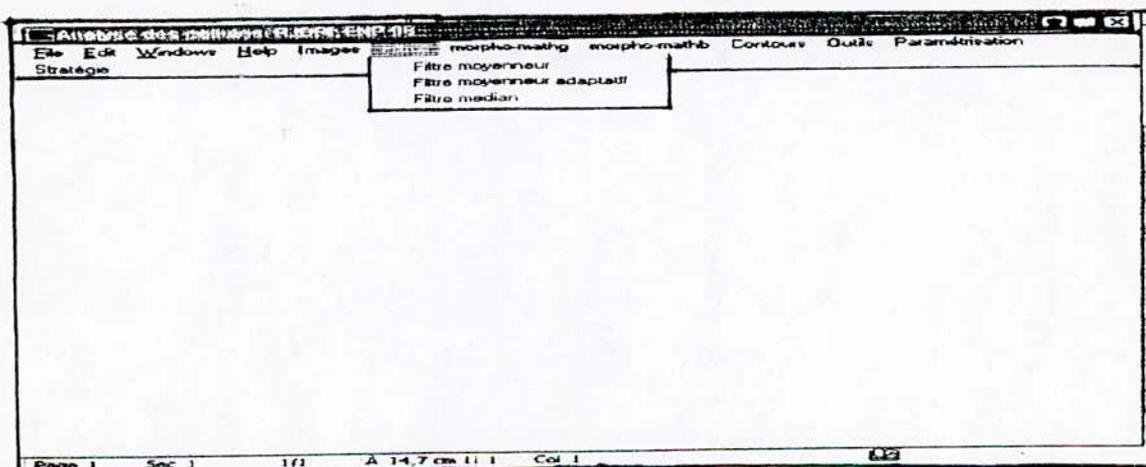


Figure 4 : Sous menu « filtres »

L'exécution de la commande « Filtres moyeneur » donne une autre fenêtre qui permet d'ajuster deux coefficients par deux sliders (Figure 5)

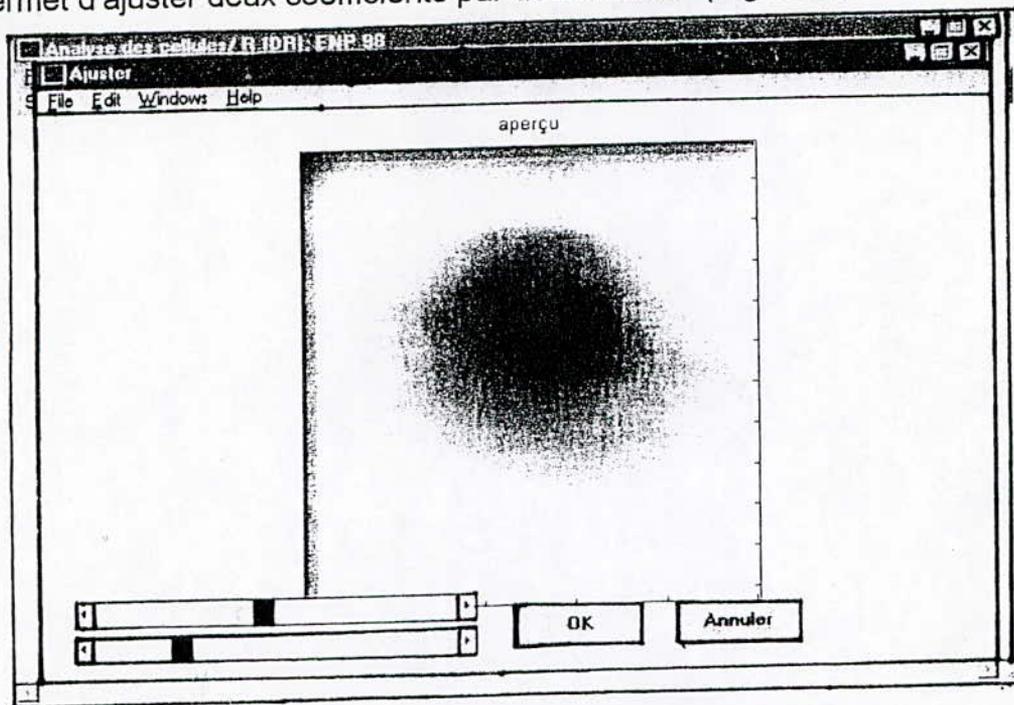


Figure 5 : Validation de la commande « Filtre moyeneur »

Le premier coefficient « M », ajusté par le premier slider, correspond à la taille de la fenêtre d'analyse, cette dernière peut être située à l'intérieur d'une région, et l'on a affaire à un signal stationnaire, soit elle inclut une transition entre deux régions (contour).

Le deuxième coefficient « T », ajusté par le deuxième slider, nous donne la réponse impulsionnelle du filtre moyeneur dans le pavé $[1, T] \times [1, T]$ et qui vaut : $H(i, j) = 1 / T^2$, ainsi nous pouvons dans les deux cas réduire le bruit en ajustant la taille de la fenêtre d'analyse et la réponse impulsionnelle de ce filtre.

L'exécution de la commande « Filtre moyeneur adaptatif », donne la même fenêtre avec deux sliders qui correspondent aux mêmes coefficients du filtre moyeneur, seulement, c'est l'algorithme qui change.

Remarque :

Le filtre moyeneur adaptatif est plus lent que le filtre moyeneur car ce dernier utilise des fonctions prédéfinies en matlab (CONV2, IFFT2, ABS).

Nous signalons que dans une zone stationnaire, le filtre moyeneur adaptatif agit comme le filtre moyeneur, avec de bonnes performances en terme de lissage si le bruit a une densité assez concentrée (gaussien ou uniforme par exemple), lorsque la fenêtre d'analyse est située de part et d'autre d'une transition, l'opérateur

ne tient compte, dans le calcul de la moyenne, que des pixels situés du même côté du contour.

Après avoir ajusté les deux coefficients, la commande « OK » permet de classer l'image filtrée dans la fenêtre principale.

La commande « Annuler » permet de revenir à la fenêtre principale sans filtrer l'image.

L'exécution de la commande « Filtre médian » donne un résultat direct dans la fenêtre principale.

3- Morpho-Mathg : (morphologie mathématique en tons de gris).

Ce sous menu contient les commandes inscrites sur la figure 6 ;

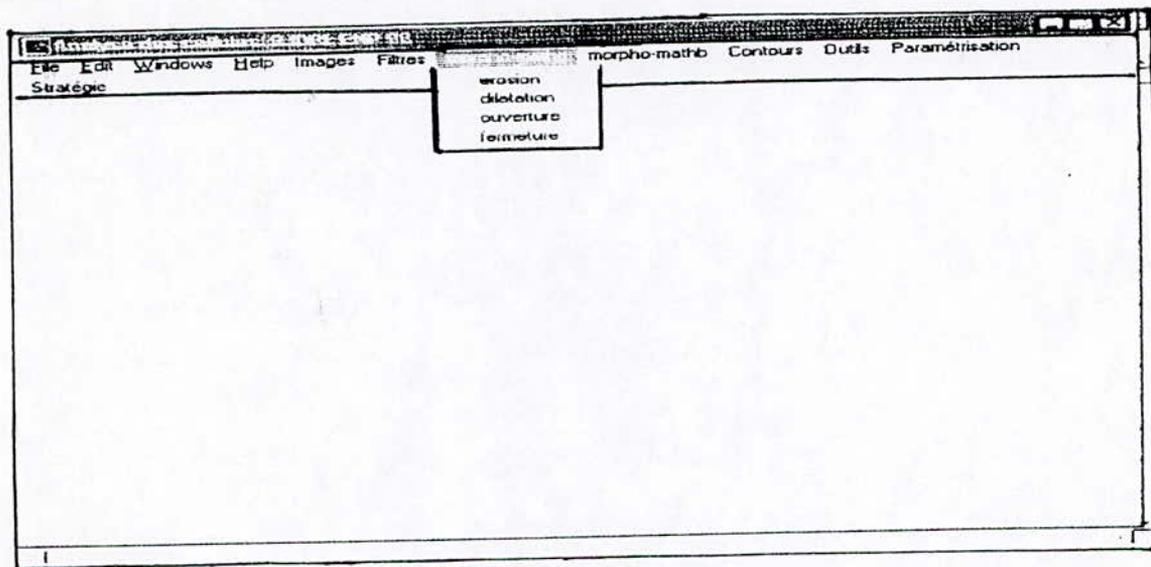


Figure 6 : Sous menu « Morpho-Mathg ».

Cette partie permet de concevoir une opération ensembliste, cette dernière peut-être, une érosion ou une dilatation de l'image en tons de gris par l'élément structurant $[1\ 1\ 1, 1\ 1\ 1, 1\ 1\ 1]$. Soit un filtre morphologique qui peut-être une ouverture ou une fermeture par le même élément structurant.

Nous pouvons aussi utiliser successivement ces filtres et les images résultantes seront classées l'une après l'autre ; ainsi nous remarquons l'efficacité des filtres alternés séquentiels obtenus par une famille d'ouverture $\{O_i\}$ et une famille de fermeture $\{F_i\}$, et qui sont donnés par : FAS = O, F, O, F, ...

4-Morpho-Mathb :

Cette partie a le même principe que la précédente, seulement elle utilise des images binaires, c'est des opérations morphologiques binaires qui sont aussi :

l'érosion, la dilatation, l'ouverture et la fermeture par le même élément structurant que celui de la morphologie mathématique en tons de gris , elle utilise des opérations ensemblistes et les opérations logiques : AND logique pour l'érosion et le OU logique pour la dilatation.

5- Contours :

Comme son nom l'indique , ce sous menu permet de faire la détection de contour avec l'un des masque choisi qui sont : Sobel, Prewitt, MDIF, Kirsh.

L'exécution de cette commande, nous donne la figure 7 ;

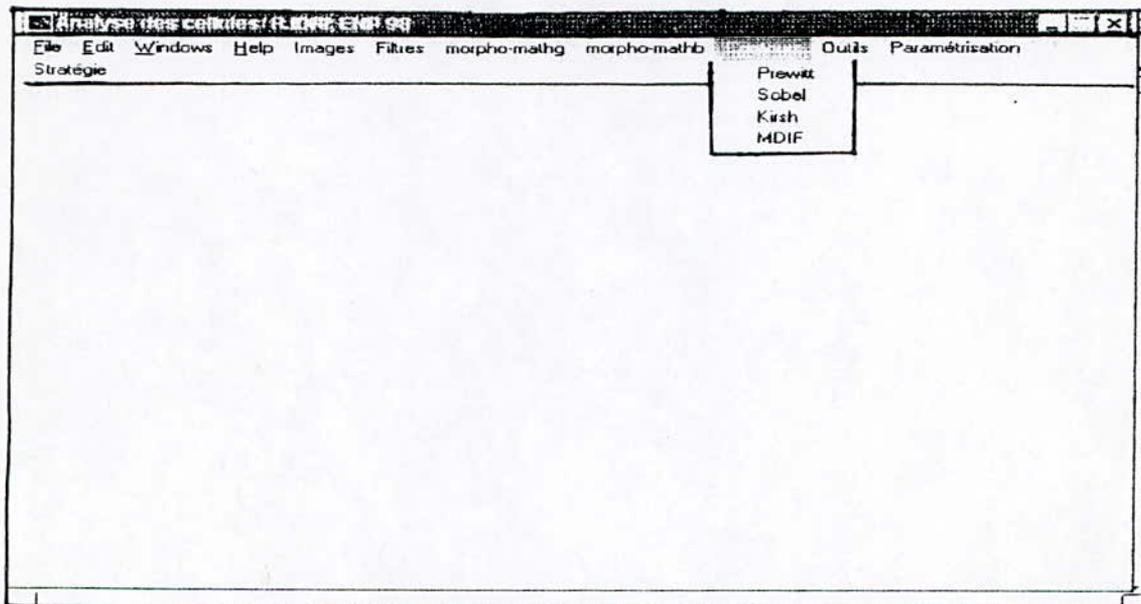


Figure 7 : Sous menu « contours ».

6- Outils :

Ce sous menu contient les commandes inscrites sur la figure 8 ;

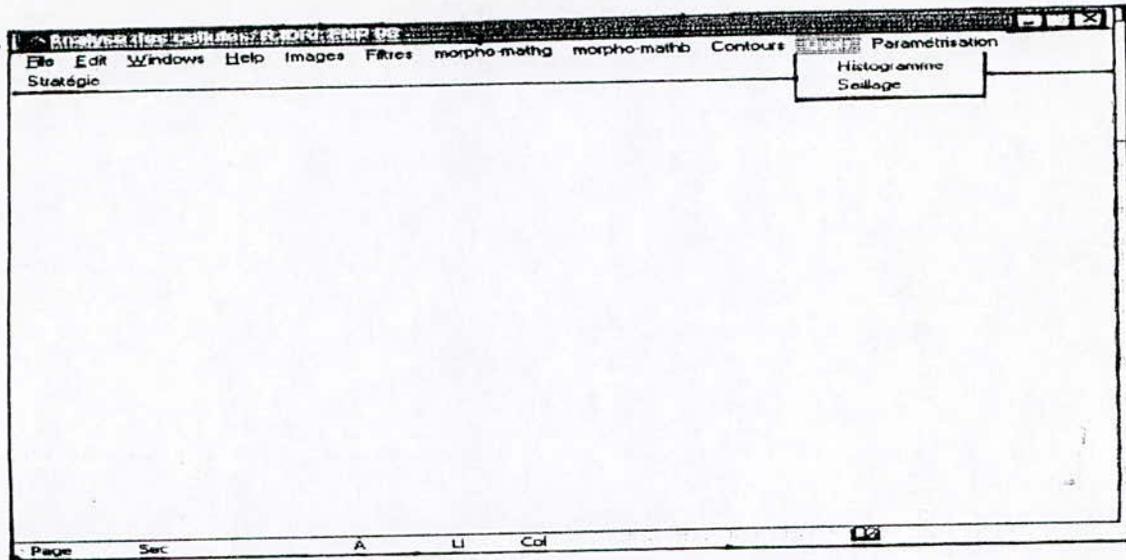


Figure 8 : Sous menu « Outil ».

Concernant la commande « Histogramme », dès son exécution, une deuxième fenêtre s'affiche sur la première et donne l'histogramme de l'image correspondante, comme le montre la figure 9 ;

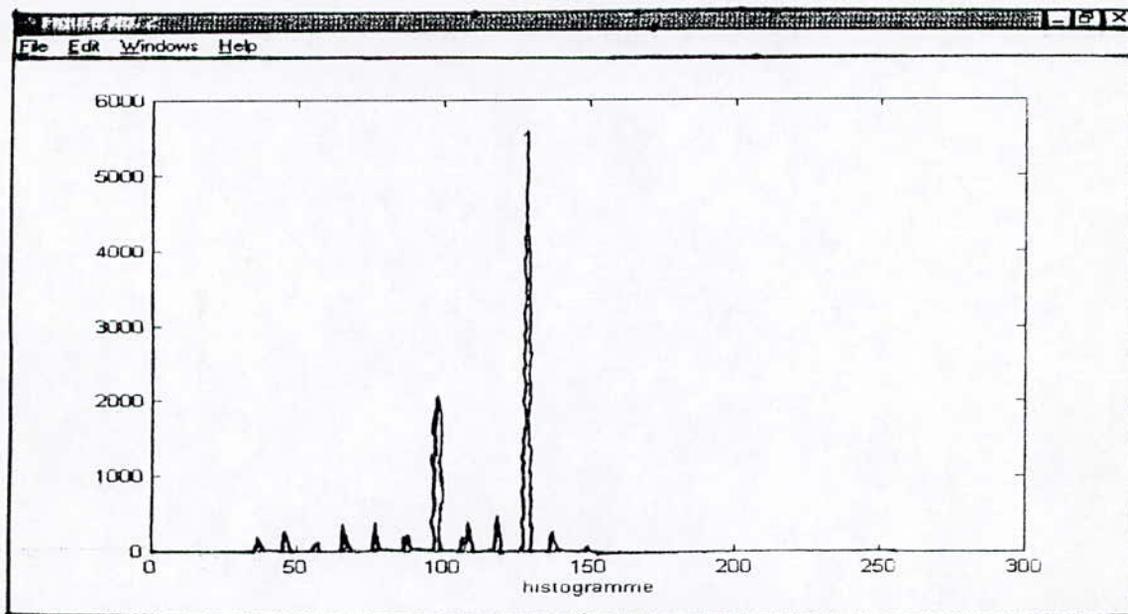


Figure 9 : Exécution de la commande «Histogramme».

Ainsi, il est possible de comparer les histogramme de l'image après chaque traitement et voir la différence dans la distribution des intensités présentés dans l'image dans l'intervalle disponible.

Concernant la commande « Seuillage », dès son exécution , une deuxième fenêtre s'affiche sur la première fenêtre , elle permet d'ajuster le seuil de binarisation entre la valeur 0 et la valeur 255 a l'aide d'un slider (Figure 10) ;

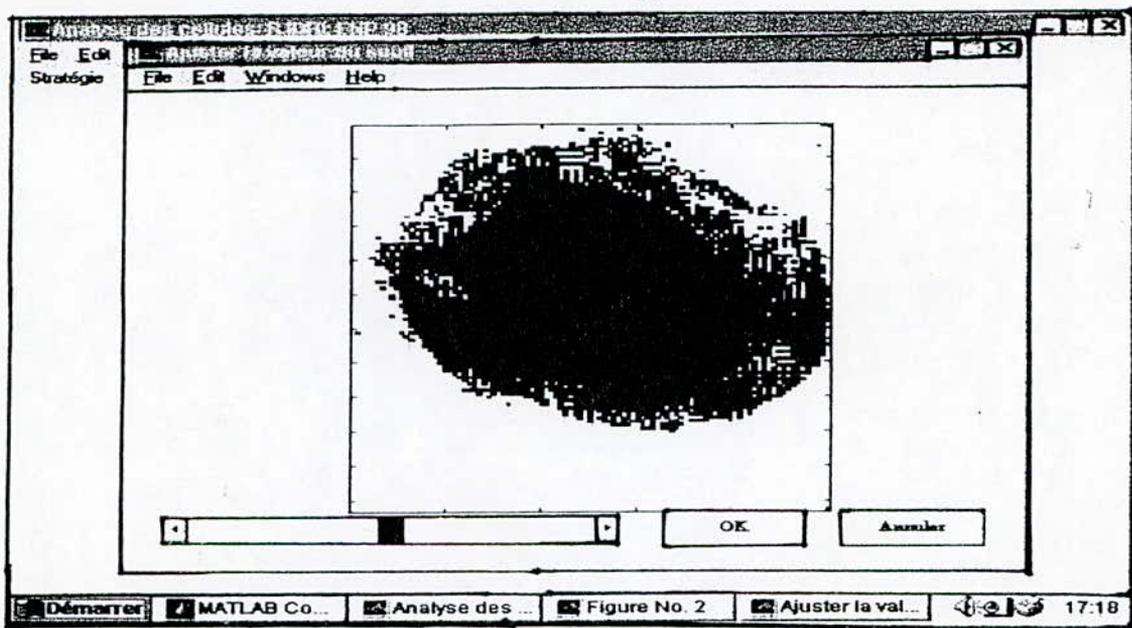


Figure 10: L'exécution de la commande « Seuillage ».

Après le choix d'un seuil convenable, nous pouvons classer l'image binarisée sur la fenêtre principale a l'aide de la commande « OK ».

7-Paramétrisation :

Ce sous menu contient les commandes inscrites sur la figure 11 ;

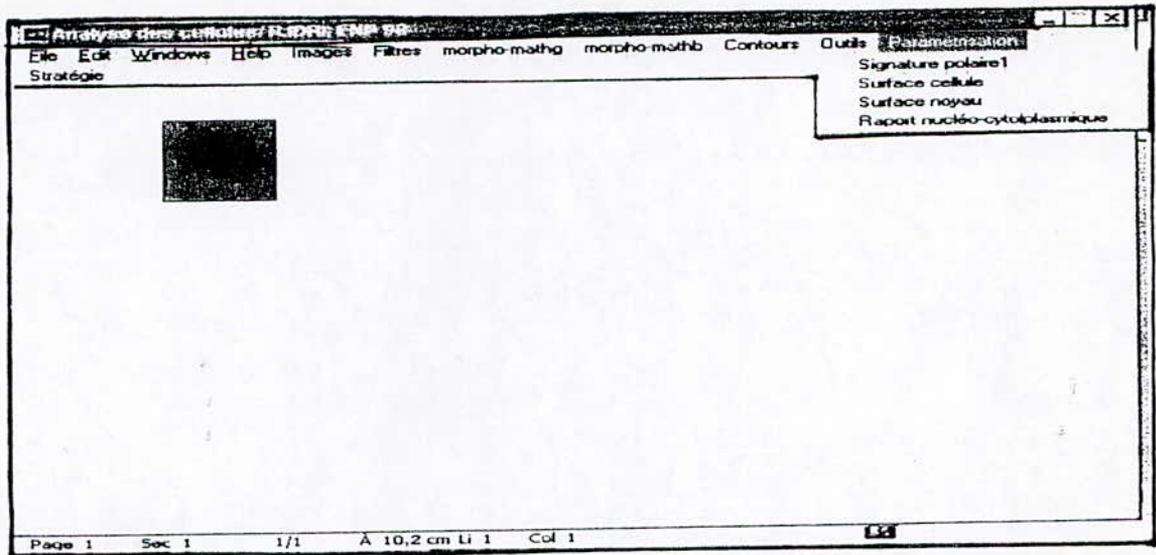
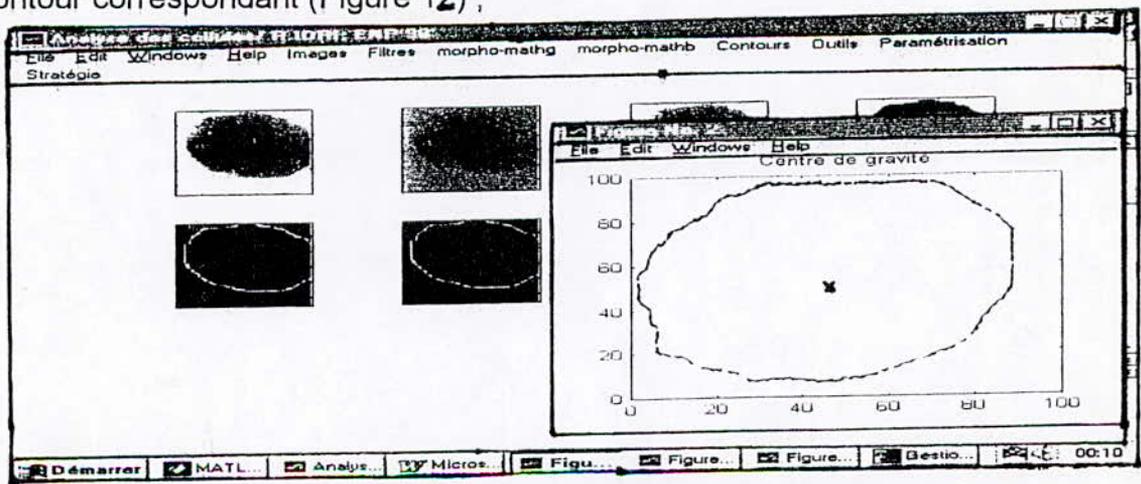


Figure 11 : Sous menu « Paramétrisation ».

Avant d'utiliser les commandes contenues dans ce menu, l'utilisateur doit connaître s'il a a faire a un noyau ou a la cellule complète.

Dés l'exécution de la commande « Signature polaire », après avoir obtenu un contour fermé de pixels allumés, trois fenêtres s'affichent l'une après l'autre sur la fenêtre principale , telle que :

1. La première fenêtre donne le centre de gravité, marqué par un point rouge, du contour correspondant (Figure 12) ;



**Figure12 : Exécution de la commande « Signature polaire » ;
fenêtre1 : Centre de gravité d'une cellule basale.**

2. La deuxième fenêtre donne la signature polaire moyennée (Figure 13) ;

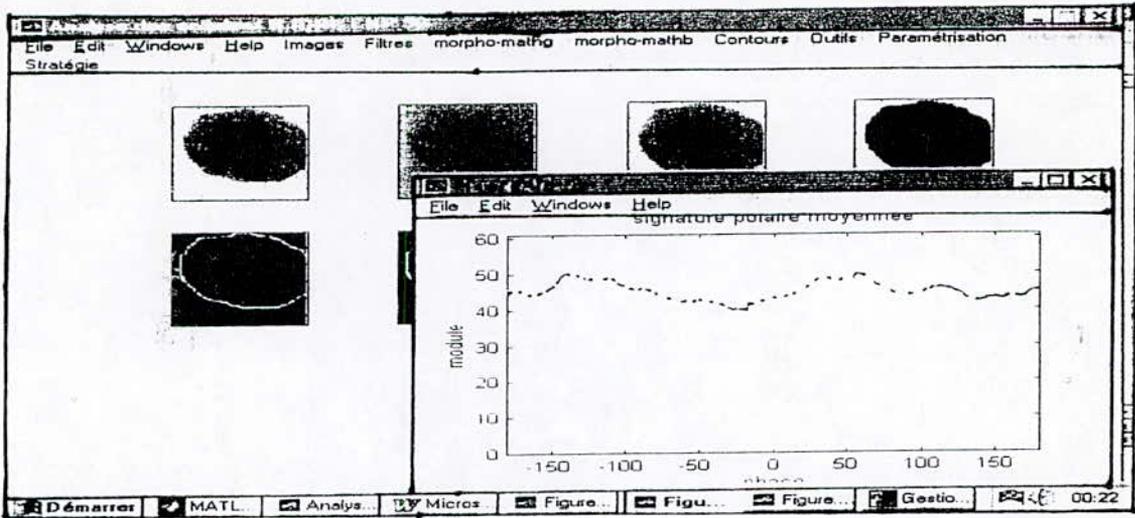


Figure 13 : Exécution de la commande « Signature polaire » ;
fenêtre 2 : Signature polaire moyennée de la même cellule.

3. La troisième fenêtre donne la signature polaire avec interpolation (figure 14) ;

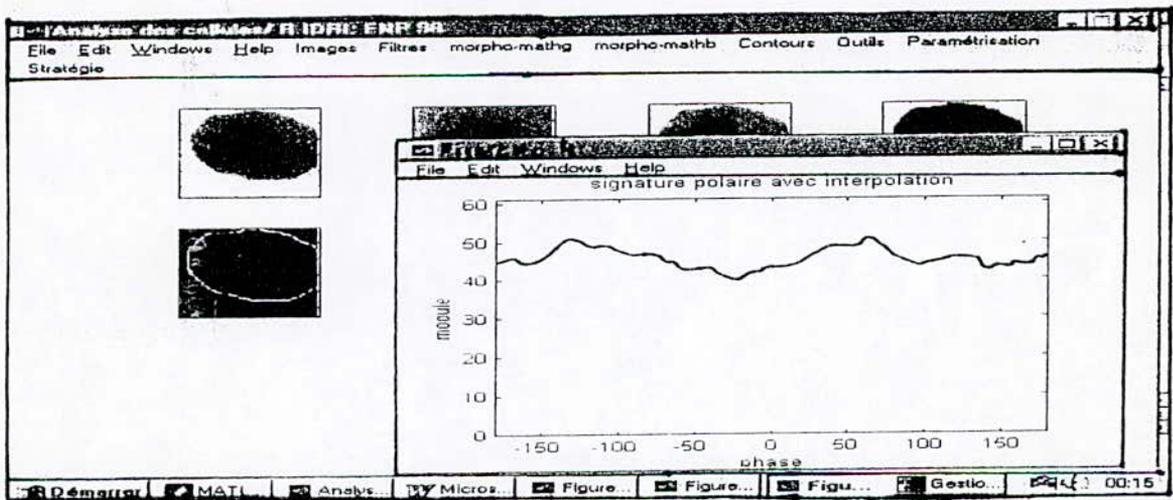


Figure 14 : Exécution de la commande « Signature polaire » ;
fenêtre 3 : Signature polaire avec interpolation de la même cellule.

Nous tenons à rappeler nos lecteurs que lors de l'exécution de cette commande, le cadre de l'image est pris en considération, d'où l'existence des pics après quelques variations dans la signature polaire avec interpolation, et ces derniers correspondent au cadre de l'image.

L'exécution de la commande « Surface cellule » donne la fenêtre illustrée dans la figure 15 ;

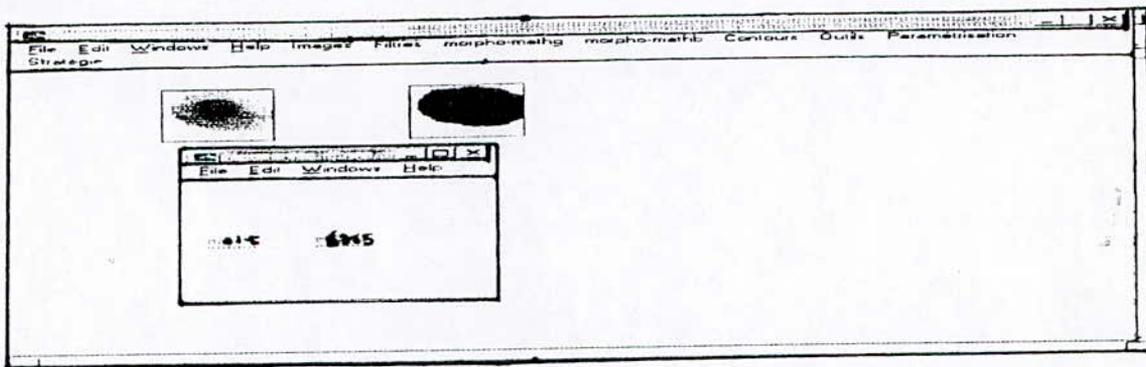


Figure 15 : Exécution de la commande « Surface cellule ».
(C1 : Surface de la cellule).

De même, l'exécution de la commande « surface noyau » donne la fenêtre illustrée dans la figure 16 ;

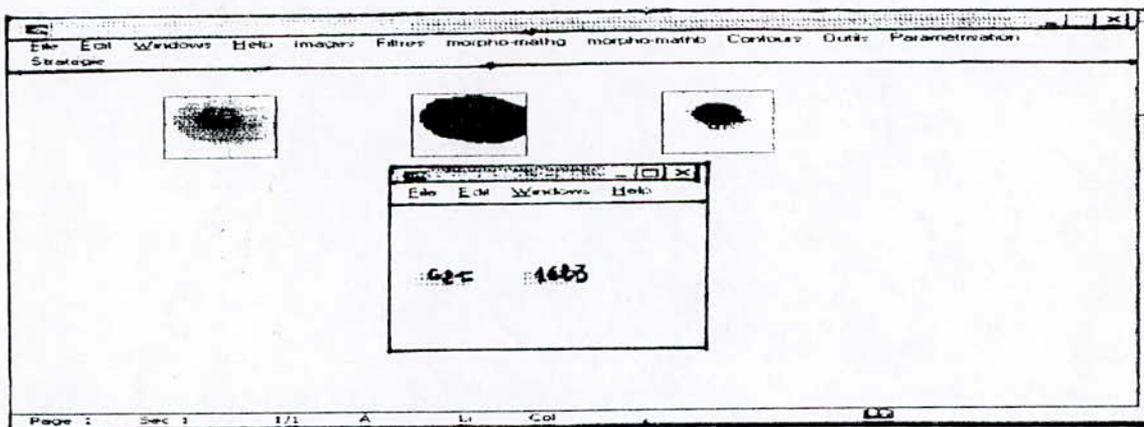


Figure 16 : Exécution de la commande « Surface noyau ».
(C2 : Surface du noyau).

Et en fin, la commande « Rapport nucléo-cytoplasmique » n'est utilisée qu'après le calcul de C1 et C2, car ce rapport est donné par la relation suivante :

$$R = C2 / (C1 - C2).$$

L'exécution de cette commande donne la fenêtre illustrée dans la figure 17 ;

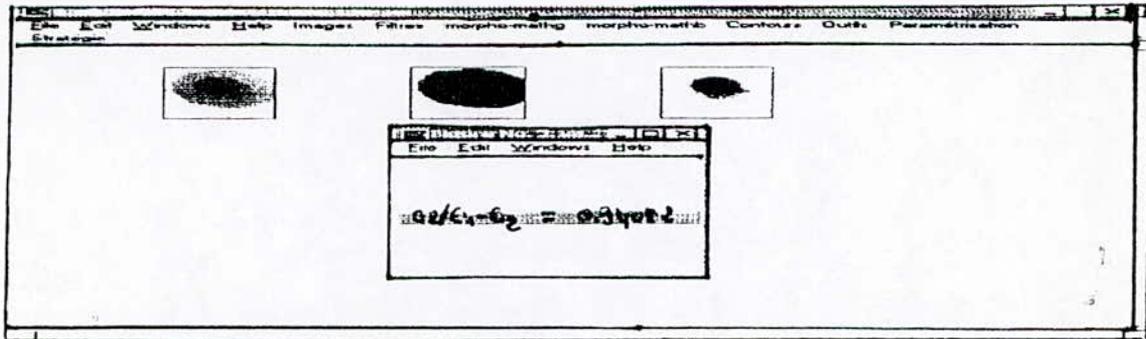


Figure 17 : Exécution de la commande « Rapport nucléo-cytoplasmique ».

8- Stratégie :

Ce sous menu contient les commandes inscrites sur la figure 18 ;

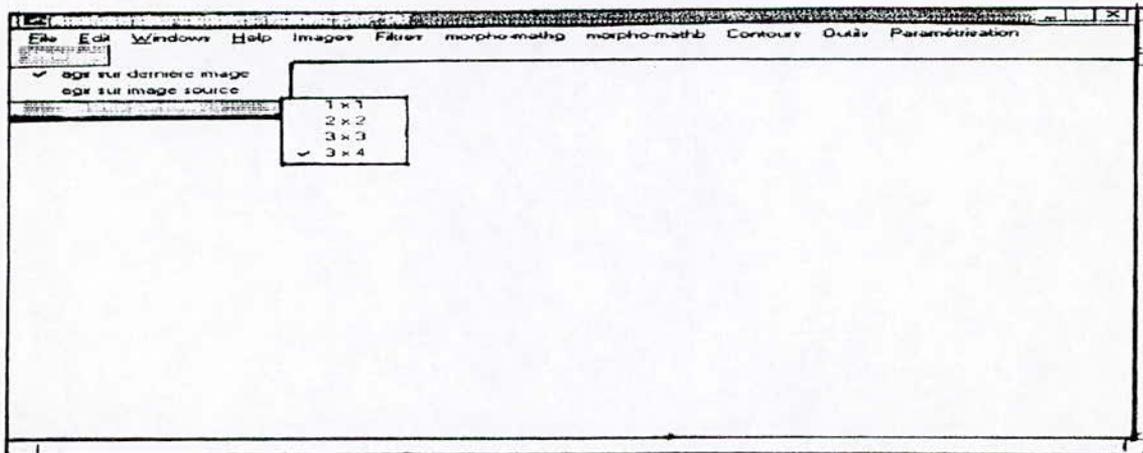


Figure 18 : Sous menu « Stratégie ».

Ce sous menu va nous faciliter beaucoup de choses , car elle va nous permettre d'agir sur la dernière image, et cela est important car l'efficacité des prétraitements n'est conclue qu'après l'utilisation de plusieurs traitements, l'un après l'autre.

Nous pouvons aussi agir sur l'image source, sans être obliger de passer par la commande « Ouvrir BMP » , car des fois , un filtre est plus efficace que l'autre et pour remarquer cela ,on doit les appliquer les deux sur la même image , garder le résultat des deux filtres sur la même fenêtre , faire une comparaison et en fin sélectionner celui qui donne de bon performances.

La commande « Nb d'Im par fenêtre », permet soit » d'afficher une seule image qui occupe toute la fenêtre, nous choisissons donc la commande « 1*1 » , soit de classer 4, 9 ou 12 images sur la même fenêtre, exemple (Figure 19) ;

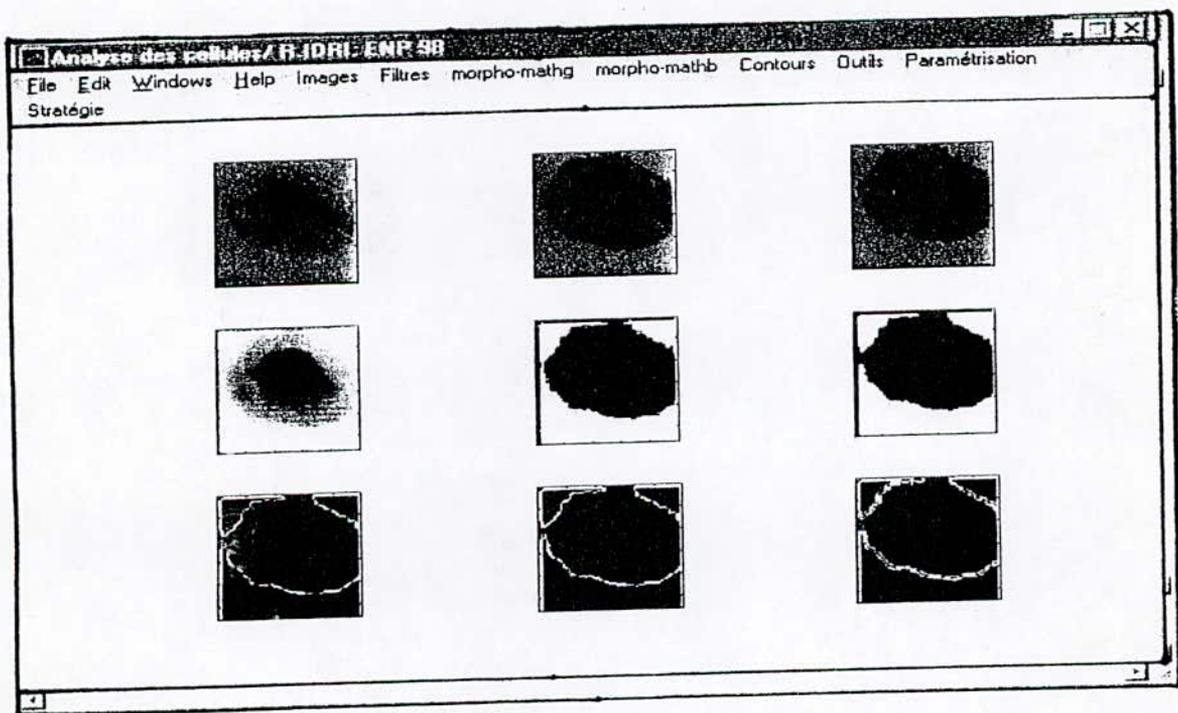


Figure 19 : Exécution de la commande « Nb d'Im par fenêtre, 3*3 ».

Conclusion :

A la fin de cette étude, nous avons présenter le module que nous avons conçu et qui comporte quelques prétraitements essentiels pour l'analyse des cellules de l'épithélium malpighien du col afin de rendre nos images de cellules plus prêtent pour acquérir les informations pertinentes et significatives et qui peuvent être signe de malignité.

En l'exécutant , nous avons observé quelques remarques, que nous citerons : nous remarquons que les filtres morphologiques séquentiels alternés donne de très bons résultats , et que les filtres moyeneur agit sur l'image de la cellule avec de bonnes performances en terme de lissage avec une réduction de bruit, surtout le filtre moyeneur adaptatif qui est efficace malgré sa lenteur qui est sont inconvéniént principal.

Et en fin, il faut savoir qu'avant de paramétriser l'image de lacellule ; il faut savoir si nous avons a faire a un noyau ou a une cellule afin de ne pas se tremper dans le calcul du rapport nucléo-cytoplasmique et aussi pour éviter le calcul de la slgnature polaire du noyau qui nous donne aucune information.

Cette étude peut être une orientation pour ce qui veulent concevoir un système de reconnaissance pour aide au dépistage du cancer du col de l'utérus.

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Nous avons donc mis au point une méthode générale d'analyse d'images de cellules, basée sur la combinaison de deux étapes bien distinctes oeuvrant dans un but commun.

La première consiste à faire des prétraitements sur des images de cellules isolées de l'épithélium malpighien du col de l'utérus, ces cellules sont choisies de manière à ce qu'elles soient indépendantes des autres qui se trouvent sur le même frottis. Dans le processus d'analyse d'une image, la phase de prétraitement a pour but d'améliorer l'homogénéité des régions qui la composent, tout en conservant le contraste entre régions adjacentes, et à partir de là nous avons remarqué l'efficacité des filtres morphologiques pour l'extraction des structures qui sont dans notre cas: noyau, cytoplasme et le fond de la cellule.

La seconde consiste en l'extraction d'information pertinentes relatives aux images traitées et construire une base de données dans le but de procéder à une classification.

Dans le cas que nous avons traité, c'est-à-dire le prétraitement et la paramétrisation des cellules normales de l'épithélium malpighien par la détection automatique de celles qui sont tumorales, le nombre d'échantillons est insuffisant pour réaliser un module d'apprentissage, étant donné que les différents états hormonaux de la vie génitale se reflétant dans l'aspect des frottis vaginaux, et l'étude des critères morphologiques de frottis permet de tirer cinq types de cellule de l'épithélium malpighien qui sont :

1. Cellule superficielle éosinophile.
2. Cellule superficielle cyanohiles.
3. Cellule intermédiaire de grande taille.
4. Cellule intermédiaire de petite taille.
5. Cellule parabasale.

Il y a même qui suppose qu'il y a dix types de cellules et pour chaque type il y a plusieurs cas normaux. Par exemple, la cytologie vaginale au cours de la grossesse

se caractérise par la disparition des modifications cycliques, trois périodes se distinguent au cours de grossesse normale, les frottis sont différents entre le premier tiers, les deux autres tiers et les deux dernières semaines, pour ces dernières, par exemple, on assiste à une diminution du nombre et de la taille des placards de cellules intermédiaires accompagnée d'un accroissement du nombre des cellules superficielles.

La cytologie de la période post-ménopausique est aussi spécifique, pour ce cas les cellules parabasales dégénèrent et constituent des corps cyanophiles qui sont formés de matériel granuleux, ils sont formés de matériel granuleux, ils sont ronds, ovales ou mal limités.

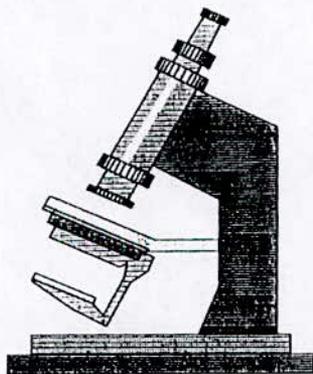
C'est ainsi qu'il faut remplir notre base de données par tous les cas qui rentrent toujours dans le normal, autrement dit, il faudrait ramasser tous les échantillons en prenant en considération toutes les phases de la vie génitale féminine et faire donc plusieurs prélèvements pour les différents états hormonaux, pour pouvoir enfin réaliser un module d'apprentissage de cellules isolées pour un système d'aide au dépistage du cancer du col de l'utérus.

Signalons enfin qu'en ce qui concerne l'apprentissage, chaque nouvelle image analysée lors de la phase de reconnaissance pourra venir enrichir la séquence d'entraînement et permettra d'améliorer de façon continue la qualité de la classification.

En conclusion, nous constatons que, de manière générale, la méthode étudiée peut être élargie à tout problème d'analyse d'images, où la forme et la taille des objets présents fournissent l'information nécessaire à la prise de décision. Elle constitue donc la porte ouverte à de nombreuses applications, dans tous les domaines où l'analyse d'images joue un rôle important.

Rdf d'objets PARTIELLEMENT cachés

ANNEXE 1



ANNEXE 1

Dans cette annexe, nous allons donner toutes les termes biomédicaux utilisées dans ce document :

Atypique : qualifie une cellule dont les caractéristiques morphologiques diffèrent de ceux d'une cellule normale de même type, (Exemple: atypies cyto-nucléaire marqués : anomalies cyto-nucléaire marqués).

Basophile : se dit d'un composant cellulaire ou tissulaire ayant une affinité élective pour les colorants basiques.

Cancer micro-invasif : un carcinome in situ pénétrant le chorion de façon limitée (quelques millimètres).

Cancer invasif : un carcinome in situ pénétrant, profondément, le chorion.

Cytologie : science biologique consacrée à l'étude de la morphologie, de la structure physique et chimique et de physiologie de la cellule vivante et de la cellule fixée, étudiées par les diverses méthodes de microscopie.

Dépistage : (ang. **Screening**), recherche systématique, chez un sujet ou au sein d'une collectivité, d'une affection latente, au moyen de techniques simples et peu coûteuses, mais suffisamment fiables.

Le dépistage a pour le but de détecter des suspects chez lesquels l'application de tests plus élaborés permet éventuellement de porter un diagnostic de certitude.

Épithélium : tissu non vascularisé, exclusivement constitué de cellules juxtaposées réalisant soit des membranes continues (épithélium de revêtement), soit des formations sécrétantes (épithélium glandulaires).

Eosinophile : (ang. **Eosinophilic**), ancienne dénomination du néoplasme bénin du lobe antérieur de l'hypophyse essentiellement formé de cellules acidophiles et souvent associé au gigantisme et à l'acromégalie.

Hyperplasie : augmentation quantitative d'un tissu ou d'une lignée cellulaire.

Imprégnation : (ang. **Imprégnation**), opération par laquelle on imbibe les granules ou globules neutres avec dilution d'un médicament destiné à l'usage homéopathique.

In situ : (ang. **In situ**), se dit d'un épithélioma caractérisé uniquement par des anomalies intraépithéliales, à la fois architecturales et cytologiques, la prolifération restant strictement localisées au tissu épithélial, ne franchissant pas la basale et ne présentant aucun caractère d'envahissement local ou à distance.

Ce type de lésions, dont la nature franchement cancéreuse a fait très longtemps l'objet de discussions, est maintenant considéré par la plupart des auteurs comme une forme particulière de cancer.

Malpighi : (**corps muqueux de**), ensemble des couches épithéliales profondes de l'épiderme (v.c.m) dont les cellules sont vivantes et qui correspondent au stratum germinativum et au stratum spinosum.

Muqueuse : membrane formée d'un épithélium cylindrique ou pavimenteux, tapissant la paroi interne des cavités naturelles et de la plupart des organes creux.

Spéculum : instrument permettant d'agrandir et de maintenir béantis certaines cavités naturelles afin de pouvoir mieux en examiner l'intérieur.

ANNEXE 2



ANNEXE 2

Dans cette annexe , nous présenterons les fonctions matlab que nous avons utilisés .

1-ABS

Thème : valeur absolue.

Synoptique : $Y=ABS(X)$.

Description : $ABS(X)$ est la valeur absolue des éléments du vecteur X . Si X est complexe , $ABS(X)$ est l'amplitude des éléments de X .

2-ATAN

Thème : tangent inverse.

Synoptique : $Y=ATAN(X)$.

Description : $ATAN(X)$ est l'arctangent des éléments de X .

3-ATAN2

Thème : tangent inverse pour les quatre quarts d' un cercle.

Synoptique : $Z=ATAN2(Y , X)$.

Description : $ATAN2(Y , X)$ est les quatre valeurs de l'arctangent des parties réelles des élément de X et Y .

4-BMPREAD

Thème : lire un fichier BMP (Microsft Windows Bitmap).

Synoptique : $[x , map]=BMPREAD ('filename')$.

Description : $[x , map]=BMPREAD ('filename')$ nous permet de lire un fichier dont le nom et le chemin sont indiqués dans le 'filename' , le fichier est une image d'index X et de trois couleurs de base RGB rangés dans le MAP. Si aucune extension n'est donnée au fichier , l'extension '.BMP ' est associée.

5-CONV2

Thème : Convolution a deux dimensions.

Synoptique : $C=CONV2(A, B)$.

$C=CONV2(A, B, 'Shape')$.

Description : $CONV2(A, B)$ donne la convolution des deux matrices A et B . Si $[ma, na]$ est la taille de A et $[mb, nb]$ est la taille de B , alors $[ma+mb-1, na+nb-1]$ est la taille de C.

$CONV2(A, B, 'Shape')$ donne la convolution de A et B dans espace a deux dimensions avec une taille résultante de C qui spécifiées par ' Shape'.

La fonction suivante est une fonction matlab réalisée et souvent utilisée dans les prétraitements des images ;

6-EXPDYN2

Thème : Expansion dynamique.

Synoptique : $B=EXPDYN2(A)$.

Description : L'expansion dynamique correspond a la transformation linéaire T suivante ; a tout pixel d'intensité a_s , on associe une intensité a'_s , c'est-à-dire $a'_s=T(a_s)$ et $a_s= a1+a2*a_s$,

telle que :

$\forall a \in [ai, af]$; $a' = T(a) \in [amin, amax]$, avec :

$a1= (amin*af - amax*ai) / (af - ai)$;

$a2= (amax - amin) / (af - ai)$;

Cette transformation ne fait pas qu'améliorer l'aspect visuel de l'image , elle modifie l'apparence visuelle (figure A1).

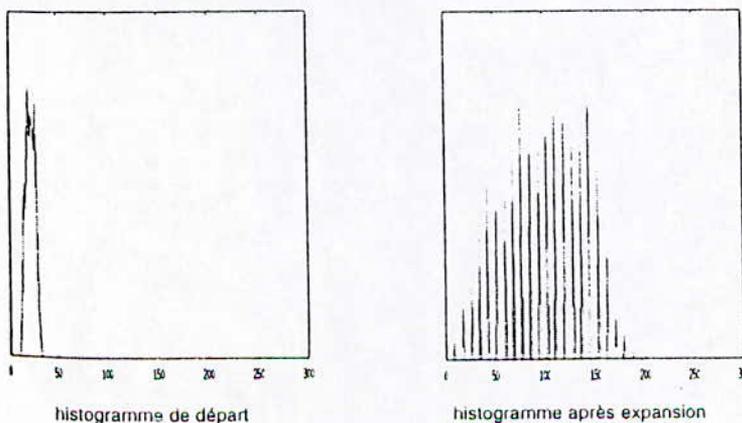


Figure A1

En effet , les données étants codés sur un nombre limité de bits , généralement 8 , on atténue ainsi les erreurs d'arandi pouvant se propager dans les traitements ultérieurs.

7-FFT

Thème : La transformée de fourrier discrète.

Synoptique : $Y=FFT(X)$.

$Y=FFT(X,N)$.

Description : $FFT(X)$ est la transformée de fourrier discrète du vecteur X .

$FFT(X,N)$ c'est les N points de la FFT de X , si X est une matrice, la FFT est appliquée a chaque colonne de la matrice X .

8-IFFT2

Thème : la transformée de fourrier inverse discrète dans un espace a deux dimensions.

Synoptique : $Y=IFFT2(X)$.

Description : $IFFT2(X)$ donne la transformée de fourrier inverse a deux dimensions de la matrice X .

9-IMSHOW

Thème : Visualiser une image.

Synoptique : $IMSHOW(X , MAP)$.

$IMSHOW(I , N)$.

Description : $IMSHOW(X , MAP)$ permet d'afficher une image BMP couleur , les coefficients des trois couleurs de base sont stockés dans le MAP.

$IMSHOW(I , N)$ permet d'afficher une image d'index I et de N niveaux de gris , N est en général 256 niveaux.

10-INTERP1

Thème : Interpolation des données.

Synoptique : $YI=INTERP1(X , Y , XI)$.

$YI=INNTEP1(X , Y , XI , 'method')$.

Description : `INTERP1(X , Y , XI)` contient les éléments de `XI` et ils sont déterminés par l' interpolation a l'intérieur des vecteurs `X` et `Y` , dans ce cas et par défaut `INTERP1` utilise l'interpolation linéaire.

`YI=INTRP1(X , Y , XI , 'method')` spécifie l'une des méthodes suivantes :

'Linear'- Interpolation linéaire.

'Spline'- Interpolation spline cubique.

'Cubic'- Interpolation cubique.

Toutes ces méthodes d'interpolation exigent que les éléments de `X` soit uniformément réparties et dans le cas d'une interpolation cubique, les éléments de `X` doivent, en plus, être espacés de la même distance.

11-MAX

Thème : Le calcul de l'élément maximal d'un vecteur `X`.

Synoptique : `Y=MAX(X)`.

`[Y , I]=MAX(X)`.

Description : `Y=MAX(X)` correspond au plus grand élément du vecteur `X`.

`[Y , I]=MAX(X)` , `Y` est le plus grand élément du vecteur `X` et `I` est l'indice du plus grand élément du vecteur `X`.

12-MEAN

Thème : la valeur moyenne.

Synoptique : `Y=MEAN(X)`.

Description : `MEAN(X)` est la valeur moyenne des éléments de `X` , si `X` est une matrice , `MEAN(X)` est un vecteurs dont chaque élément est la valeur moyenne de chaque colonne.

11-MEDIAN

Thème : La valeur médiane.

Synoptique : `Y=MEDIAN(X)`.

Description : `MEDIAN(X)` est la valeur médiane des éléments de `X` , si `X` est une matrice , `MEDIAN(X)` est un vecteur dont chaque élément est la valeur médiane de chaque colonne.

12-MIN

Thème : Le calcul de l'élément minimal d'un vecteur X.

Synoptique : $Y = \text{MIN}(X)$.

$[Y, I] = \text{MIN}(X)$.

Description : $Y = \text{MIN}(X)$ correspond au plus petit élément du vecteur X.

$[Y, I] = \text{MIN}(X)$, Y est le plus petit élément du vecteur X et I est l'indice du plus petit élément du vecteur X.

13-SQRT

Thème : La racine carrée.

Synoptique : $Y = \text{SQRT}(X)$.

Description : $\text{SQRT}(X)$ est la racine carrée des éléments de X.

Le résultat de $\text{SQRT}(X)$ est complexe, si X est non positif.

14-SORT

Thème : L'ordre croissant.

Synoptique : $Y = \text{SORT}(X)$.

Description : $\text{SORT}(X)$ classe chaque colonne de X dans l'ordre croissant.

Si X est complexe, les éléments de X sont classés dans l'ordre croissant en considérant $\text{ABS}(X)$.

15-Opération logique utilisées

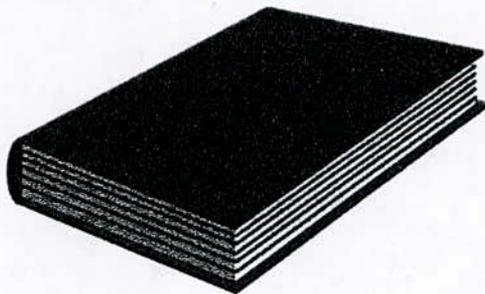
== Egalité.

<> Opérations relationnelles.

& AND Logique.

| OR Logique.

BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE :

- [1]: Abdou , Reconnaissance des formes par les méthodes des moments, PFE ; ENP 1991.
- [2]: Ait daoud , Reconnaissance optique et multiforme de caractères arabes imprimés par une méthode structurelle, Thèse de magistère ; ENP 1997.
- [3]: A.Tahari , Extraction des structures par la morphologie mathématique, PFE ; institut d'informatique de l'USTHB 1993.
- [4]: B.Kisacanin and D.Schanfeld , A fast thresholded linear convolution representation of morphological operation ; IEEE ; Image processing ; May 1997 ; volume 6 ; numéro 5.
- [5]: C.Gompel , Atlas de cytologie clinique ; L'école de médecine ; Paris 1982.
- [6]: C.faure et I.Miclet , Intelligence artificielle et reconnaissance des formes ; Techniques de l'ingénieur (H 1920).
- [7]: E.Ouwerkerk-Noordan , M.E Boon and S.Beck , Computer assisted primary screening of cervical smears using the PAPNET method ; accepted for publication 15 December 1993.
- [8]: F.Lemoine , J.P Dubois ; J.Metayer et J.Hemet, Etude morphologiques des Epithéliums stratifiés ,essai d'analyse des lésions du col utérin ; J.Microsc.Spectrosc.Electron , vol .12 , 39-44 ; Laboratoire d'anatomie pathologique , Hôpital Charles Nicolle ; France ; Février 1987.
- [9]: F.Meyer , A.M.J Van driel Kulker , Le dépistage automatique du cancer du col de l'utérus ; J.Microsc.Spectrosc.Electron , vol 12,23.37.1-Centre de morphologie mathématique , Saint Honoré , France.2-Leiden University Medical Centre, Departement of Histo chemistry and cytochemistry , the Netherlands , Février 1987.
- [10]: J.Humburguer , Dictionnaire médecine flammariion.
- [11]: J.A Freeman , D.M Skapura , Neural Networks applications and programming techniques.
- [12]: J.C Klein and J.Serra , The texture analyzer ; J.microscopy , vol 95, pp3349-356 , 1972.

- [13]: J-P Cocquerez et S.Philipp , Analyse d'images : filtrage et segmentation , Edition Masson.
- [14]: J.L Chermant et M.coster , Introduction a l'analyse d'images ; J.Microsc.Spectrosc.Electron ; vol 12 , 1-21 ; University de Caen , France , février 1987.
- [15]: J.Serra , Image analysis and mathematical morphologie ; Academic Press 1981.
- [16]: Marc-Olivier .Becks et Jean-philippe.Thilan , Morphologie mathématique et quantification vectorielle pour la classification d'images médicales ; Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du grade d'ingénieur civil électricien ; Université Catholique de Louvain ; Juin 1993 .
- [17]: Matlab user's guide , The math work inc ; Juiellet 1993.
- [18]: Matalb reference guide , The math work inc ; Février 1993.
- [19]: Matlab image processing toolbox , The math work inc ; Juin 1992.
- [20]: M.Kunt , Traitement numérique des signaux ; Dunod ; Paris 1991.
- [21]: P.Bonnin , Methode systematique de conception et de réalisation d'applications en vision par ordinateur ; Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VII ; December 1991.
- [22]: R.C.Ganzalez , P. Wintz , Digital image processing ; Addison Wesley Pub.Com 1977.