



Université ABBES LAGHROUR Khenchela  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Industriel  
جامعة عباس لغزور خنشلة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :.....

**Mémoire de fin d'étude**  
*Pour l'obtention du diplôme de Master*

Filière : Télécommunications  
Spécialité : Systèmes des Télécommunications

**THEME**

**Introduction aux SVM :**  
**Application à la**  
**classification des images**

*Réalisé par : - Boussaha Aymen*  
*- Bouriche Alaeddine*

*Soutenu le : 19 /06 /2018*    *Devant le jury composé de:*

*Mr. mohamed SAIGAA*

*Président*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Mme. Souad FRIHA*

*Encadreur*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Mme. Besma BESSAM*

*Examineur*

*Université Abbes Laghrou-Khenchela*

*Promotion 2017/2018*

## Dédicace :

Louage à dieu, seigneur des mondes

C'es toi qui nous adorons et de toi que nous implorons secours Que la

paix et la bénédiction soit sur son dernier envoyé

A mes chers parents qui ont été présentés, à chaque instant, leur  
irremplaçable et inconditionnel soutien m'ont permis d'écarter le  
doute, de soigner les blessures et partager nos joies.

A ma famille, mes frères,

A mes cousins,

A tout mes amis sans exception

*Ayamen*

## Dédicace :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,  
A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,  
A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,  
Merci d'être toujours là pour moi.

*Ala eddine*

## Remerciement :

Je remercie ALLAH, qui ne donne pas à une personne une charge plus lourde qu'elle ne peut supporter

Qui nous a guidés au droit chemin

Je tiens à remercier encadreuse de ce mémoire, Mme Friha , pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Nous remercierons par la même occasion les membres de jury, pour l'intérêt qu'ils ont montré en acceptant d'examiner et d'évaluer notre mémoire.

Nous n'oublie pas de remercier tous les collègues de la promotion 2017/2018 pour leurs encouragements, toute la famille du département de science et technologie et tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin durant la réalisation de ce travail

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Tailles des image en fonction de la résolution et le nombre des couleurs.....	6
<b>Tableau I.2:</b> Format d'image.....	13

## Listes des figures

<i>Figure I. 1: La lettre A affichée comme un groupe de pixels.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure I. 2: Contour d'une image. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I. 3: (a) :image sans bruit ; (b) :image bruitée. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I. 4: Image binaire .....</i>	<i>2</i>
<i>Figure I. 5: Image Monochrome (256 couleurs). ....</i>	<i>10</i>
<i>Figure I. 6: Image en niveaux de gris .....</i>	<i>2</i>
<i>Figure I. 7: Image polychrome (65536 couleurs).....</i>	<i>11</i>
<i>Figure I. 8: Défferente coupe d'image IRM .....</i>	<i>14</i>
<i>Figure I. 9: Image ecougraphie .....</i>	<i>16</i>
<i>Figure I. 10: Appareil d'écougraphie .....</i>	<i>16</i>
<i>Figure II. 1: Hyperplan.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure II. 2: support de vecteur.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure II. 3: Hyperplan, marge et support vecteur.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure II. 4: (a) hyperplan avec faible marge ; (b) meilleur hyperplan separateur.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure II. 5:classification du nouvel élément .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure II. 6: cas linéairement et non linéairement séparable.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure II. 7: cas non linéaire séparation .....</i>	<i>23</i>
<i>Figure II. 8: le cas XOR de séparation .....</i>	<i>24</i>
<i>Figure II. 9: le cas XOR de separation en trois dimensions.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure III. 1: Exemple d'images d'entrainement « lion ». ....</i>	<i>28</i>
<i>Figure III. 2: Exemple d'images d'entrainement « tigre ». ....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III. 3: exemple des images de test « lion – tigre ». ....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III. 4:Quelques échantillons des images de la bsae de données 2(banane/pomme ) .....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III. 5: échanttiollons de la base de données 3 ( voiture/motos et bicyclettes .....</i>	<i>31</i>
<i>Figure III. 6: Réservation d'une cellule nommée B.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure III. 7: Configuration de la cellule M.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III. 8: Cellule M après le placement des pixels des images et leurs classes respectives .....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III. 9: Exemple des imgs d'entrainement originale (gauche) et en niveau de gris (droite) .....</i>	<i>34</i>
<i>Figure III. 10: exemple des images test de lion classés correctement .....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III. 11: exemple des images test de tigre classés correctement .....</i>	<i>37</i>

<i>Figure III. 12: exemple des images (lion/tigre ) qui n'ont pas été classés .....</i>	<i>37</i>
<i>Figure III. 13: résultat pour une image de test de lion correctement classé .....</i>	<i>38</i>
<i>Figure III. 14: résultat pour une image de test de tigre correctement classé .....</i>	<i>38</i>

## Les abréviations:

<b>R</b> : Rouge. <b>V</b> : Vert, <b>B</b> : Bleu.....	5
<b>JPEG</b> : Joint Photographic Expert Groupe.....	13
<b>IRM</b> : Imagerie Par Résonance Magnétique .....	14
<b>SVM</b> : Machine à Support de Vecteur .....	17
<b>XOR</b> : X -Ore Ressources .....	24

## Table des matières :

Introduction générale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Chapitre I : Traitement d'image.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1. Introduction .....	4
I.2. Qu'est-ce que l'image ! .....	4
I.3. Type d'image : .....	4
I.3.1. L'image analogique : .....	4
I.3.2. L'image numérique : .....	5
I.4. Caractéristique d'image numérique : .....	5
I.4.1. Pixel : .....	5
I.4.2. Dimension : .....	5
I.4.3. Résolution : .....	6
I.4.4. Taille d'une image : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.5. Contours : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.6. Luminance : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.7. Bruit : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.8. Histogramme : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.9. Le contraste : .....	9
I.5. Types d'images numérique .....	9
I.5.1. Images binaires (en noir et blanc) : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.2. Images à niveaux de gris (Monochromes) : .....	10
I.5.3. Images en couleurs (Polychromes) .....	11
I.6. Qualité de l'image .....	11
I.7. Les différents formats de l'image .....	12
I.8. Les formats d'image les plus courants .....	12
I.9 Un exemple : L'imagerie médicale .....	13
I.9.1.. Définition .....	13
I.9.2 .L'imagerie par résonance Magnétique .....	14
I.9.2.1.Principe de fonctionnement .....	14
I.9.2.2. Avantage .....	15
I.9.2.3.Inconvénients .....	15
I.9.3.Echographie .....	15
I.9.3.1.Principe de fonctionnement .....	15
I.9.3.2.Principaux composants d'un appareil d'échographie .....	16
I.10. Conclusion : .....	17
Chapitre II : (SVM) Machines à Vecteurs de Support ou Séparateurs à Vastes Marges.....	18
II.1. Introduction .....	19
II.2. SVM principe de fonctionnement général.....	20
II.2.1. Notions de base.....	20
II.3. Pourquoi maximiser la marge ?.....	21
II.4. Linéarité et non-linéarité .....	22
II.4.1. Cas non linéaire .....	23

II.4.2. Illustration de transformation de cas non linéaire : le cas XOR .....	24
II.5. Conclusion .....	26
Chapitre III : .....	27
III.1.Introduction .....	27
III.2.Matériel utilisé : .....	27
III.3.Logiciel utilisé: MATLAB .....	27
III.4.Base de données : .....	28
I.4.1. Base de données (lion/tigre ) .....	28
III.4.1.1.Images d'entraînement .....	28
III.4.1.2.Images de test:.....	29
III.4.2. Base de données (banane/pomme) .....	30
III.4.3. Base de données (voiture / moto) .....	31
III.5.Etape de traitement .....	31
III.5.1. Lecture des données .....	31
III.6. Prétraitement .....	34
III.6.1. Conversion en niveaux de gris .....	34
III.6.2. Rédimensionnement .....	34
III.6.3.Mise des images sous forme d'une ligne .....	35
III.7. L'étape d'entraînement .....	35
III.8. L'étape de test .....	35
III.8.1. Prétraitement .....	35
III.8.2.Classification .....	35
III.9. Résultats .....	36
III.9.1. Résultat obtenus pour la base de données 1 ( lion/tigre ) .....	36
III.9.2. Résultat obtenus pour la base de données 2 ( banane/pomme ) .....	39
III.9.1. Résultat obtenus pour la base de données 3 ( voiture /moto&bicuclette ) .....	40
III.10. Temps d'exécution .....	42
III.11. Taux de reconnaissance et Taux d'erreur .....	42
III.11.1Base de données 1 (lion/tigre) .....	43
III.11.2.Base de données 2 (banane /tpomme) .....	43
III.11.3.Base de données 3 (voiture /moto) .....	43
III.12.Commentaires et interprétation.....	44
III.13. Conclusion : .....	44
CONCLUSION GENERALE .....	46
Perspective .....	46
Bibliographies .....	48

---

---

***CHAPITRE I:***

***L'imagerie numérique***

---

---

## **I.1. Introduction**

Le traitement d'image peut être défini comme l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur l'image afin d'extraire les informations les plus pertinentes ou tout simplement pour fournir une image plus perceptible à l'œil humain. Les techniques de traitement sont destinées à l'exploitation des informations contenues dans les images, ceci dans le but d'améliorer la qualité des images et de les rendre plus facilement interprétables, en d'autres termes elles permettent d'augmenter la qualité visuelle de l'image

L'imagerie est en constante évolution ces dernières années et fournit un nombre croissant de données. Ce volume important de données doit ensuite être analysé. Les méthodes automatiques de traitement et d'analyse d'images se sont récemment multipliées pour assister l'expert dans l'analyse qualitative et quantitative de ces images et faciliter son interprétation. Ces méthodes doivent prendre en considération d'une part la quantité des données à analyser et d'autre part, la complexité structurelle des images. [2]

Dans ce chapitre nous présentons quelques notions de base relevant du domaine de l'imagerie numérique tels que: la définition d'image, les types d'image, les caractéristiques d'une image donnée. Nous présentons ensuite plus en détails un exemple typique d'image médicale : l'imagerie par Résonance Magnétique (IRM).

## **I.2. Qu'est-ce que l'image ?**

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographie, le film...etc. C'est aussi un ensemble structuré d'informations qui, après l'affichage sur l'écran, ont une signification pour l'œil humain [2]

Une image réelle est obtenue à partir d'un signal continu bidimensionnel comme par exemple un appareil photo ou une caméra... Sur un ordinateur, on ne peut pas représenter de signaux continus, on travaille donc sur des valeurs discrètes.[9]

## **I.3. Type d'image :**

### **I.3.1. L'image analogique :**

Les images analogiques sont obtenues en utilisant divers instruments qui les projettent telles qu'elles sont dans la nature sur des supports différents (papier, film...). Parmi ces instruments, on peut citer : l'appareil photo analogique, la caméra analogique.[7]

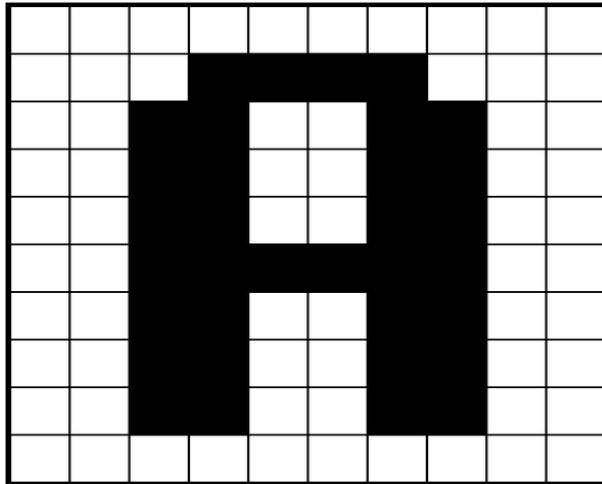
### I.3.2. L'image numérique :

Le terme d'image numérique désigne, dans son sens le plus général, toute image dont la surface est divisée en élément de tailles fixes appelés cellules ou pixels, Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo analogique, ou dessinées sur du papier, les images manipulées par un ordinateur sont numériques (représentées par une série de bits). [7][2]

## I.4. Caractéristique d'image numérique : [7] [9]

### I.4.1. Pixel :

Contraction de l'expression anglaise « Picture élément » élément d'image. C'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément qui peut manipuler les matériels et les logiciels d'affichage ou d'impression. (cf. Figure : I.1).



*Figure I. 1: La lettre A affichée comme un groupe de pixels.*

La quantité d'information que véhicule chaque pixel donne des nuances entre images monochromes et images couleurs. Dans le cas d'une image monochrome, chaque pixel est codé sur un octet, et la taille mémoire nécessaire pour afficher une telle image est directement liée à la taille de l'image. Dans une image couleur (R.V.B)., un pixel peut être représenté sur trois octets : un octet pour chacune des couleurs : rouge (R) . Vert (V).Bleu (B).

### I.4.2. Dimension :

C'est la taille de l'image .C'est dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numérique représentatives des intensités lumineuses (pixels).Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre totale de pixels dans l'image.

### I.4.3. Résolution :

C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'image. Sur les moniteurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure (pouce ou centimètre). On utilise aussi le mot résolution pour désigner le nombre total de pixels affichables horizontalement ou verticalement sur un moniteur. Plus ce nombre est grand plus la résolution est meilleure.

### I.4.4. Taille d'une image :

Pour connaître la taille (en octets) d'une image, il est nécessaire de compter le nombre de pixels que contient l'image. La taille (ou poids) de l'image est alors le nombre de pixels que multiplie la taille (en octets) de chacun de ces éléments.

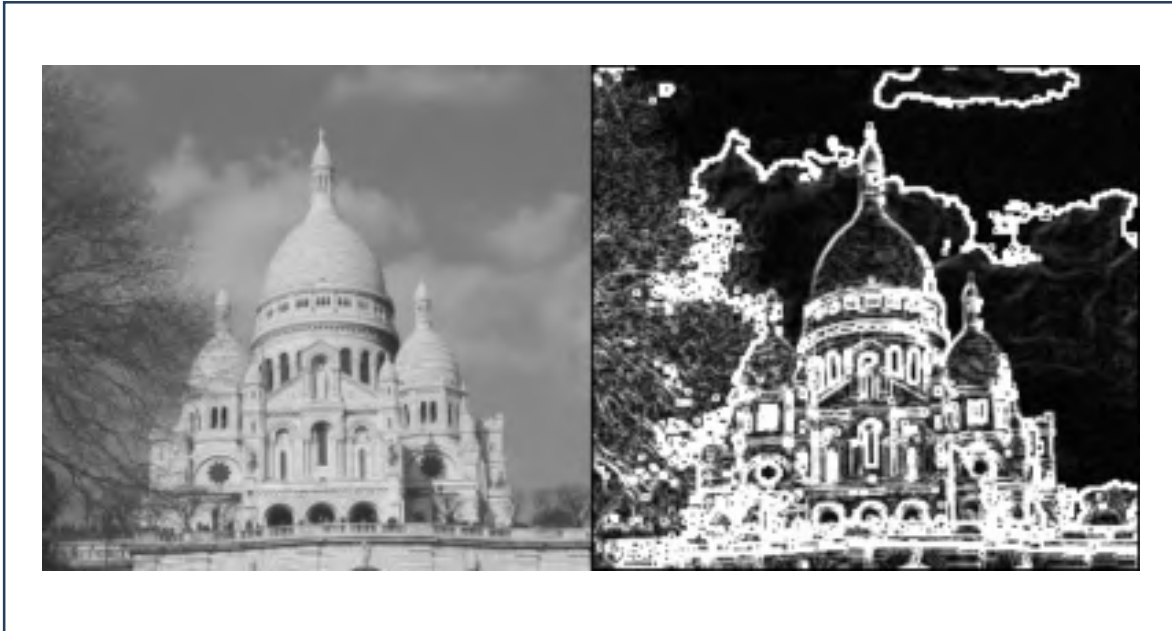
Voici quelques exemples (en considérant que l'image n'est pas compressée) (Tableau I.1) [9]

Taille de l'image	Noir et blanc (1 bit)	256 couleurs (8 bits)	65000 couleurs (16 bits)	True color (24 bits)
320 x 200	7.8 ko	62.5 ko	125 ko	187.5 ko
640 x 480	37.5 ko	300 ko	600 ko	900 ko
800 x 600	58.6 ko	468.7 ko	937.5 ko	1.4 ko
1024 x 768	96 ko	768 ko	1.5 ko	2.3 ko

**Tableau I.1:** Taille des images en fonction de la résolution et le nombre des couleurs.

### I.4.5.Contours :

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative (cf. Figure :I.2).



*Figure I. 2: Contour d'une image.*

### I.4.6.Luminance :

Une bonne luminance se caractérise par:

- Des images lumineuses (brillantes)
- Un bon contraste: il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir, ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses
- L'absence de parasite.

### I.4.7.Bruit :

Un bruit (connu sous le nom aussi de parasite) dans une image est la présence d'informations parasites qui s'ajoutent de façon aléatoire aux détails de la scène photographiée numériquement. Il a pour conséquence la perte de netteté dans les détails. Il existe plusieurs sources de bruit.(cf. Figure :I.4.8. )



(a)

(b)

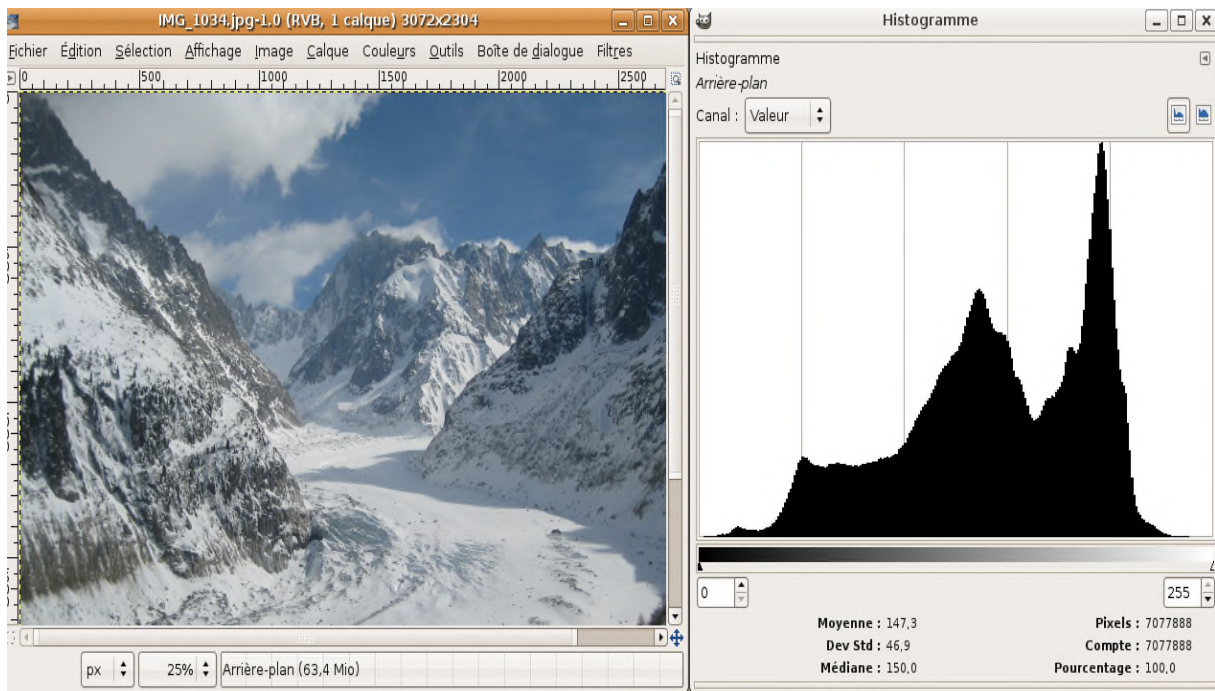
*Figure I.3: Exemple de bruit de type sel et poivre*

#### **I.4.8.Histogramme :**

L'histogramme d'une image donne la répartition de ses niveaux de gris (cf. Figure 4). Ainsi pour une image qui possède 256 niveaux de gris, l'histogramme représente pour chaque niveau de gris le nombre de pixels relatifs à ce niveau de gris dans l'image.

Il peut être utile dans les cas suivants :

- Pour diminuer l'erreur de quantification,
- Pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents,
- Pour améliorer certaines propriétés d'une image afin d'en tirer des informations utiles.



*Figure I-4 : Histogramme d'une image*

### **I.4.9. Le contraste :**

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'images.

### **I.5.Types d'images numériques**

On distingue trois types d'images :

- Binaire : 2 couleurs (arrière-plan et avant-plan).
- Monochrome : variations d'une même teinte.
- Polychrome : " vraies " couleurs.

#### **I.5.1.Images binaires (En noir et blanc) :**

Les images binaires; 2 couleurs (arrière-plan et avant-plan) sont les plus simples. Bichromies (dont les pixels ne peuvent avoir que les valeurs 0 et 1) .Le 0 correspond à un pixel noir et 1 à un pixel blanc. Le niveau de gris est donc codé sur un seul bit.(cf. Figure : I.5.)



*Figure I. 5: Image binaire*

### **I.5.2. Images à niveaux de gris (Monochromes) :**

Une image en niveaux de gris autorise un dégradé de gris entre le noir et le blanc (cf. Figure 6) En général, on code le niveau de gris sur un octet (8 bits) soit 256 nuances de dégradé. L'expression de la valeur du niveau de gris devient:  $p(i,j) \in [0, 255]$  (cf. Figure :I.6. ).



*Figure I. 6: Image en niveaux de gris*

### **I.5.3. Images en couleurs (Polychromes) :**

L'image polychrome (ou en vraies couleurs) est obtenue par la combinaison de trois couleurs dites primaires : rouge, vert et bleu RVB). Chaque couleur est codée comme une image à niveaux de gris, avec des valeurs allant de 0 à 255 .pour  $R=V=B=0$  nous aurons un noir pur, et pour  $R=V=B=255$  nous aurons un blanc pur. (cf. Figure : I.7.)



*Figure I. 7:*Image polychrome (65536 couleurs)

### **I.6. Qualité de l'image numérique :[1]**

Elle dépend aussi :

- D'une part, de la qualité des images d'origine et, d'autre part, de la qualité des périphériques de numérisation de l'image, du nombre de niveaux de gris ou de couleurs enregistrées etc.
- La qualité de l'affichage de l'écran : définition de l'écran, nombre de teintes disponibles simultanément, calibrage de l'écran, etc.

### I.7. Les différents formats d'images : [9]

Le format d'un fichier, que ce soit une image, de la musique, un tableau ou du traitement de texte, désigne la structure de ce fichier. Cette structure est l'organisation des données internes au fichier, et détermine le logiciel nécessaire à son traitement.

Concernant les images, il existe une grande variété de formats de fichiers, qui ont chacun des caractéristiques propres. Le plus connu est le JPEG. Il s'est largement démocratisé car il compresse les images pour les enregistrer.

### I.8. Les formats d'image les plus courants : [9]

Nom de format	Points forts	Points faibles	Notes
<b>JPEG</b> <b>JPEG2000</b> (Joint Photographic Expert group)	Excellente Compression	Compression destructrice	Spécialement conçu pour les photographies, il est cependant à utiliser avec délicatesse tant que sa compression peut brouiller l'image. Le format JPEG2000, évolution de format original, peut être réglé pour compresser sans pertes.
<b>GIF :</b> (Graphical Interchange Format)	Possibilité d'animation Et de transparence, compression efficace	Limiter à 256 couleurs	Très répandu sur le web malgré ses faiblesses et un problème de droit sur son format de compression. A déconseiller pour les photos.
<b>PNG</b> (Portable Network Graphics)	Excellente compression sans perte, possibilité de	Pas très efficace pour les larges	Format destiné à remplacer le format GIF

Network Graphic )	transparence, standard donc pérenne	photographies	et ses limitation. Peut remplacer les JPEG comme les GIF (sauf en ce qui concerne l'animation).
<b>TIFF</b> (tagged image file format )	Compression sans perte efficaces, couche de transparence.	Lourdeur des fichiers non compressés, format propriétaire	Format de stockage très utilisé à éviter pour le web
<b>BMP</b> (Bitmap)	Format par défaut de Windows	Disponible uniquement sur la plateforme de Microsoft	Généralement, non compressé et de ce fait des fichiers très (lourds)

*Tableau I.2: Formats d'image*

## **I.9. Un exemple : L'imagerie médicale :[5]**

### **I.9.1. Définition:**

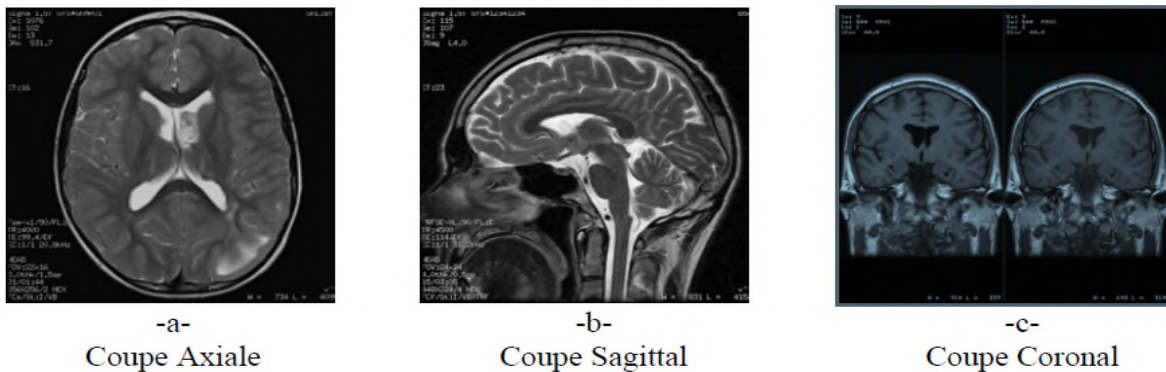
L'imagerie médicale regroupe les moyens d'acquisition et de restitution d'images du corps humain à partir de différents phénomènes physiques tels que l'absorption des rayons X, la résonance magnétique nucléaire, la réflexion d'ondes ultrasons ou la radioactivité auxquels on associe parfois les techniques d'imagerie optique comme l'endoscopie. Apparues, pour les plus anciennes, au tournant du XXe siècle, ces technologies ont révolutionné la médecine grâce au progrès de l'informatique en permettant de visualiser indirectement l'anatomie, la physiologie ou le métabolisme du corps humain. Développées comme outil diagnostique

Le but de l'imagerie médicale est de créer une représentation visuelle intelligible d'une information à caractère médical. Cette problématique s'inscrit plus globalement dans le cadre de l'image scientifique et technique : l'objectif est en effet de pouvoir représenter sous un format relativement simple une grande quantité d'informations issues d'une multitude de mesures acquises selon un mode bien défini.

## I.9.2. Imagerie par Résonance Magnétique :

Le phénomène physique a été conceptualisé en 1946 par *Félix Bloch* à Stanford et *Edward Purcell*. Au début des années 70, Aujourd'hui, après une quarantaine d'années d'évolution, l'IRM est devenue une technique majeure de l'imagerie médicale moderne

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) utilise un champ magnétique et des ondes de radiofréquences pour obtenir des images internes du corps humain dans les différents plans de l'espace. Cette technique est indolore et n'utilise pas de rayons X. Elle offre un excellent contraste au niveau des tissus mous, bien meilleur que celui obtenu par tomographie assistée par ordinateur. Elle s'applique à de nombreux domaines médicaux: essentiellement l'imagerie du cerveau



*Figure I.8 : différentes coupes d'image IRM*

### I.9.2.1. Principe de fonctionnement

Une IRM est réalisée grâce à un grand appareil en forme de cylindre. Cet appareil est composé d'un aimant très puissant (d'où le terme de magnétique). Il produit des ondes radio qui sont projetées sur le cerveau et permettent d'obtenir des images « en coupe ». Les images sont ensuite assemblées par un ordinateur pour obtenir une reproduction très précise du cerveau.

### **I.9.2.2. Avantages :[7]**

- Précision, innocuité, prises de vue dans toutes les orientations, 3D intrinsèque ;
- Technique non irradiante ;
- Très forte résolution spatiale ( plus de détails par rapport au scanner ).

### **I.9.2.3. Inconvénients :[7]**

- Lenteur relative (une image en quelques minutes) ;
- Un examen bruyant, les patients met des bouchons d'oreille pour réduire le bruit ;
- Coût élevé.

## **I.9.3. Echographie :**

L'examen repose sur l'utilisation des ultrasons. Une sonde appliquée sur la région pour laquelle l'examen est indiqué émet des ultrasons. Ces ondes sont réfléchies par les différents organes et transmises à un logiciel informatique qui reconstruit alors une image en temps réel sur un écran (cf. Figure). Le temps d'exécution est d'environ 20 minutes. Il n'y a aucun danger et aucune recommandation particulière à la suite de cet examen.

### **I.9.3.1. Principe de fonctionnement :**

Un transducteur (sonde) émet de brèves impulsions ultrasonores. Ces trains d'ondes se propagent à travers le corps humain. Des échos sont produits aux interfaces de structures différentes constituant une information qui est réfléchi vers le transducteur. Ces échos en retour sont convertis en signal électrique puis en image affichée sur un moniteur. Il s'agit donc d'une méthode de diagnostic qui utilise l'énergie mécanique des ondes ultrasonores qui exploite les propriétés acoustiques de la matière

Le gel conducteur assure une adhésion maximale entre la peau et la sonde de l'appareil. Il permet d'améliorer la transmission des ultrasons à travers la peau. Le gel facilite donc l'émission et la réception de ces ondes



*Figure I.9 : Image échographie*

### **I.9.3.2.Principaux composants d'un appareil d'échographie :[10]**

L'appareil d'échographie comprend (cf. Figure 10)

- Sonde ou capteur ultrasonore ou transducteur (émission réception)
- Système Informatique: Transformation du point écho en image Il compile toutes les informations et fournit des images des organes explorés.
- Console de commande: Panneau de commande: plusieurs touches pour réglages et applications
- Source électrique: courant alternatif: excitation brève du transducteur
- Système d'enregistrement des données



*Figure I.10 : Appareil d'échographie*

## **I.10. Conclusion :**

Au cours de ce premier chapitre nous avons fait un tour d'horizon sur les notions de base de l'imagerie numérique en général.

Un point important doit être souligné, celui de la grande quantité d'information que l'on doit manipuler si un traitement quelconque s'impose. Les méthodes de traitement doivent s'adapter à cela pour optimiser le temps de calcul. Dans le chapitre suivant nous abordons l'une de ces techniques les **SVM**.

---

## ***CHAPITRE II:***

# ***Machines à vecteurs de support***

---

## II.1.Introduction

Parmi les méthodes à noyaux, inspirées de la théorie statistique de l'apprentissage de Vladimir Vapnik, les SVM constituent la forme la plus connue. SVM est une méthode de classification binaire par apprentissage supervisé, elle fut introduite par Vapnik en 1995. Cette méthode est donc une alternative récente pour la classification. Cette méthode repose sur l'existence d'un classificateur linéaire dans un espace approprié. Puisque c'est un problème de classification à deux classes, cette méthode fait appel à un jeu de données d'apprentissage pour apprendre les paramètres du modèle. Elle est basée sur l'utilisation de fonction dites noyau (kernel) qui permettent une séparation optimale des données.

Dans la présentation des principes de fonctionnements, nous schématiserons les données par des « points » dans un plan.

La notion d'apprentissage étant importante, nous allons commencer par effectuer un rappel. L'apprentissage se divise en apprentissage supervisé et non supervisé. Le cas qui concerne les SVM est l'apprentissage supervisé. Les exemples particuliers sont représentés par un ensemble de couples d'entrée/sortie. Le but est d'apprendre une fonction qui correspond aux exemples vus et qui prédit les sorties pour les entrées qui n'ont pas encore été vues. Les entrées peuvent être des descriptions d'objets et les sorties la classe des objets donnés en entrée.

## II.2. SVM principe de fonctionnement général [11]

### II.2.1. Notions de base :

Pour deux classes d'exemples donnés, le but des SVM est de trouver un classificateur qui va séparer les données et maximiser la distance entre ces deux classes. Avec SVM, ce classificateur est un classificateur linéaire appelé hyperplan.

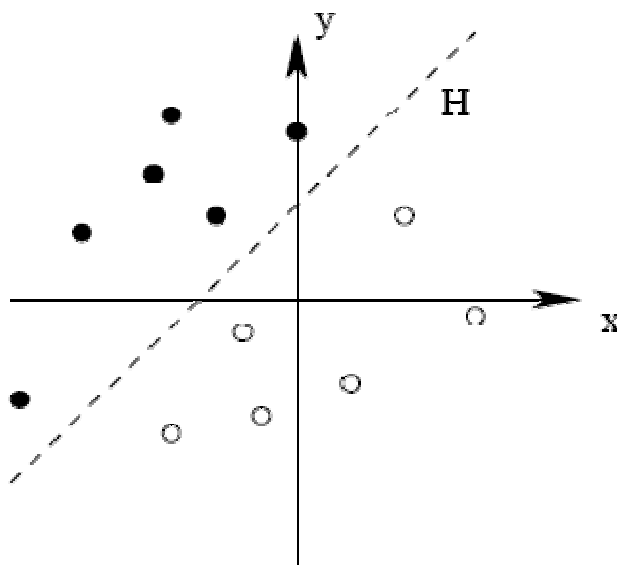


Figure II. 1: Hyperplan

Les points les plus proches, qui seuls sont utilisés pour la détermination de l'hyperplan, sont appelés vecteurs de support.

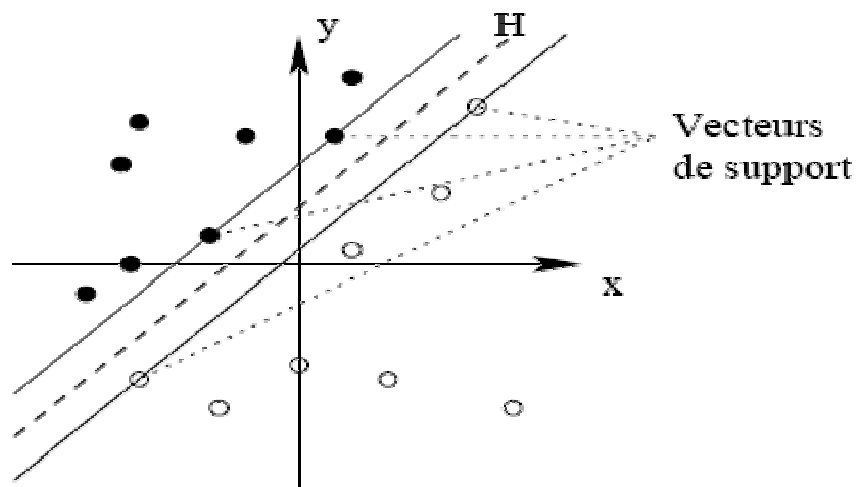
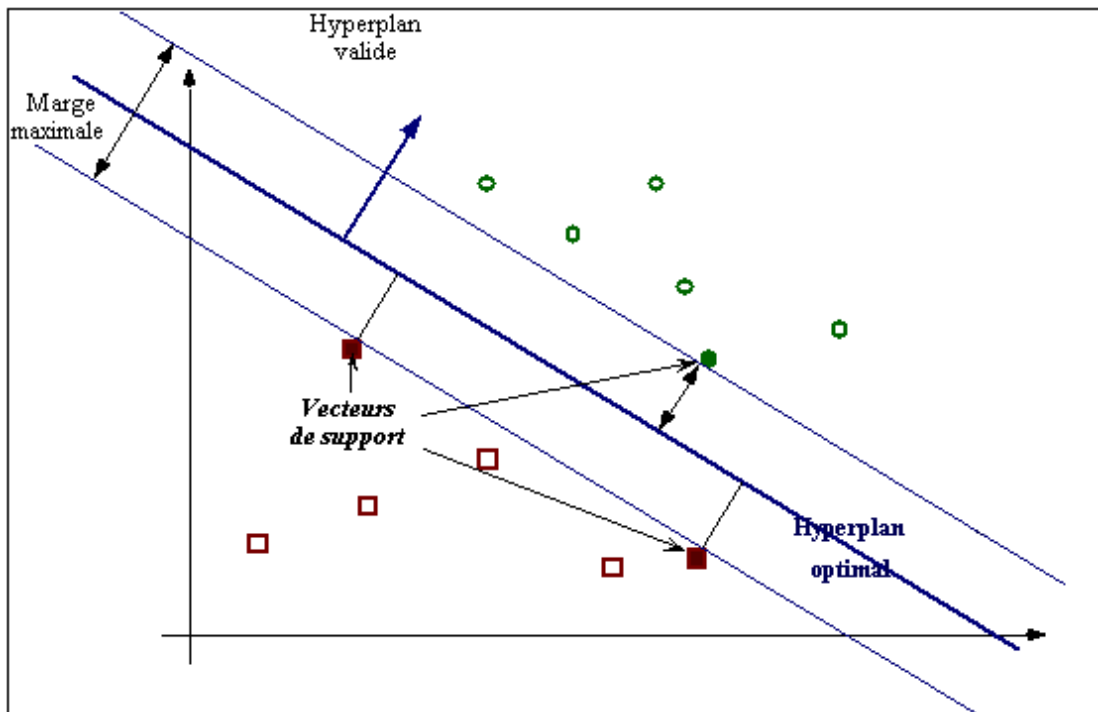


Figure II. 2: vecteurs de support

## CHAPITRE II : Machines à vecteurs de support

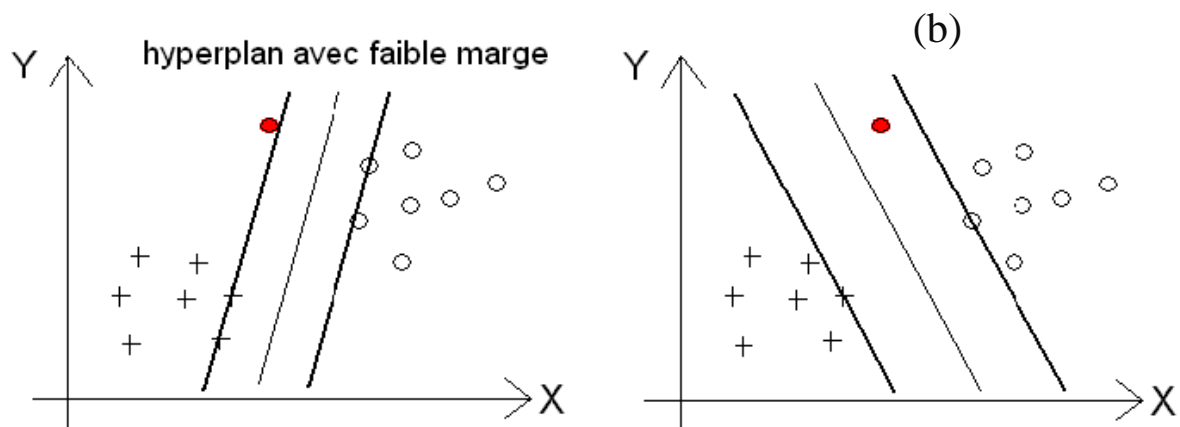
Il est évident qu'il existe une multitude d'hyperplan valide mais la propriété remarquable des SVM est que cet hyperplan doit être optimal. Nous allons donc en plus chercher parmi les hyperplans valides, celui qui passe « au milieu » des points des deux classes d'exemples. Intuitivement, cela revient à chercher l'hyperplan le « plus sûr ». En effet, supposons qu'un exemple n'ait pas été décrit parfaitement, une petite variation ne modifiera pas sa classification si sa distance à l'hyperplan est grande. Formellement, cela revient à chercher un hyperplan dont la distance minimale aux exemples d'apprentissage est maximale. On appelle cette distance « marge » entre l'hyperplan et les exemples. L'hyperplan séparateur optimal est celui qui maximise la marge. Comme on cherche à maximiser cette marge, on parlera de séparateurs à vaste marge.



*Figure II. 3:Hyperplan, marge et support vecteur*

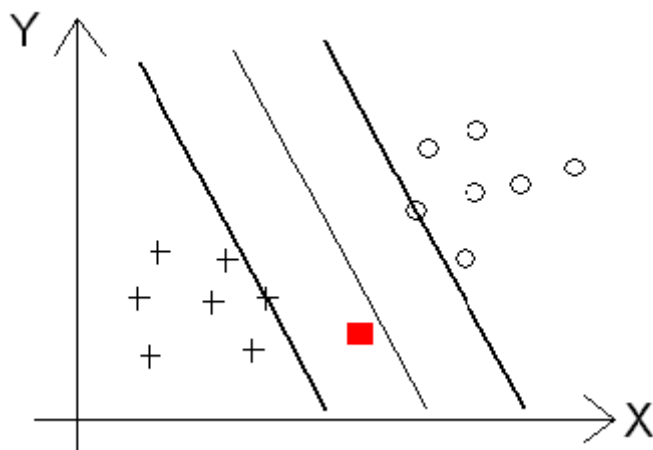
### II.3.Pourquoi maximiser la marge ?[12]

Intuitivement, le fait d'avoir une marge plus large procure plus de sécurité lorsque l'on classe un nouvel exemple. De plus, si l'on trouve le classificateur qui se comporte le mieux vis-à-vis des données d'apprentissage, il est clair qu'il sera aussi celui qui permettra au mieux de classer les nouveaux exemples. Dans le schéma qui suit, la partie droite nous montre qu'avec un hyperplan optimal, un nouvel exemple reste bien classé alors qu'il tombe dans la marge. On constate sur la partie gauche qu'avec une plus petite marge, l'exemple se voit mal classé.



**Figure II. 4:** (a) hyperplan avec faible marge ; (b) meilleur hyperplan séparateur

En général, la classification d'un nouvel exemple inconnu est donnée par sa position par rapport à l'hyperplan optimal. Dans le schéma suivant, le nouvel élément sera classé dans la catégorie des « + ».



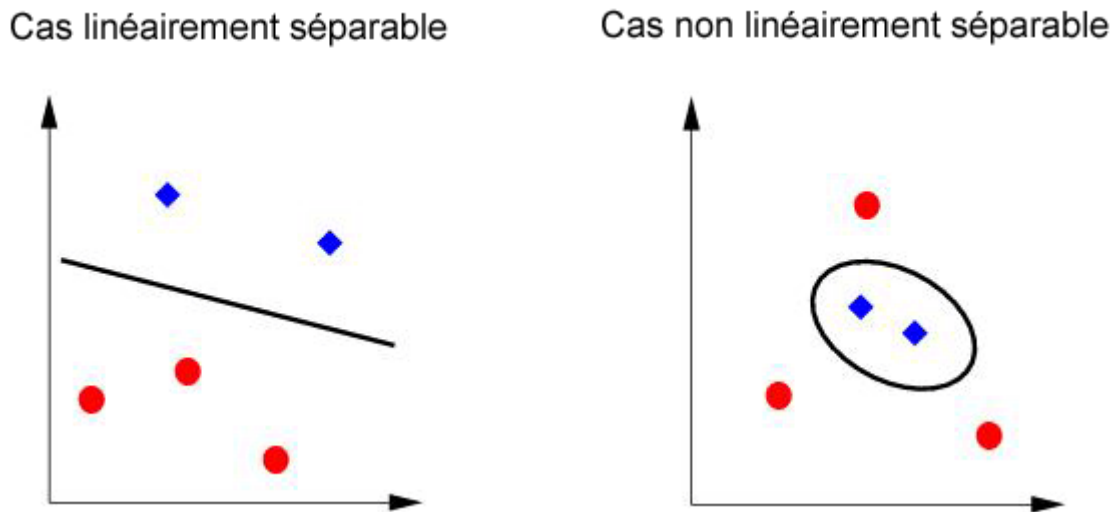
**Figure II. 5:** Classification du nouvel élément

#### II.4. Linéarité et non-linéarité : [13]

Parmi les modèles des SVM, on constate les cas linéairement séparables et les cas non linéairement séparables. Les premiers sont les plus simples des SVM car ils permettent de trouver facilement le classificateur linéaire. Dans la plupart des problèmes réels il n'y a pas de séparation

## CHAPITRE II : Machines à vecteurs de support

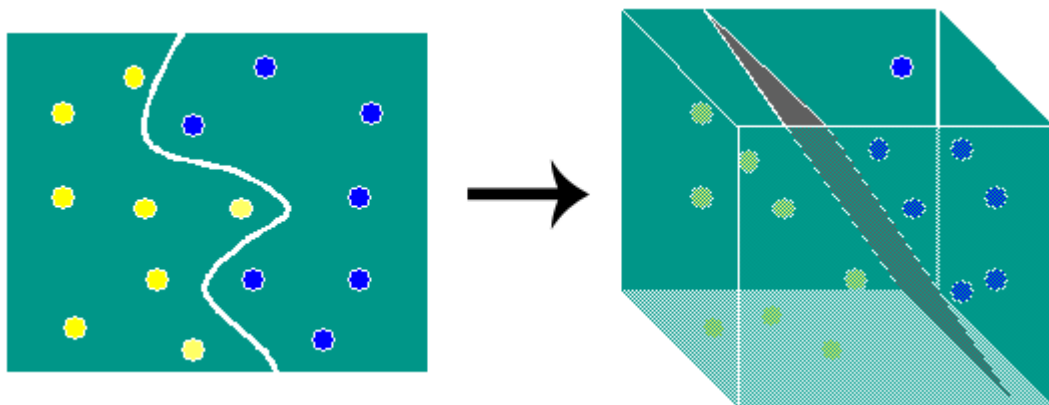
linéaire possible entre les données, le classificateur de marge maximale ne peut pas être utilisé car il fonctionne seulement si les classes de données d'apprentissage sont linéairement séparables.



*Figure II. 6: Cas linéairement séparable (gauche) et non linéairement séparable (droite)*

### II.4.1. Cas non linéaire[12]

Pour surmonter les inconvénients des cas non linéairement séparable, l'idée des SVM est de changer l'espace des données. La transformation non linéaire des données peut permettre une séparation linéaire des exemples dans un nouvel espace. On va donc avoir un changement de dimension. Cette nouvelle dimension est appelé « espace de re-description ».



*Figure II. 7: cas non linéaire séparation*

En effet, intuitivement, plus la dimension de l'espace de re-description est grande, plus la probabilité de pouvoir trouver un hyperplan séparateur entre les exemples est élevée. Ceci est illustré par la figure II.7.

On a donc une transformation d'un problème de séparation non linéaire dans l'espace de représentation en un problème de séparation linéaire dans un espace de re-description de plus grande dimension. Cette transformation non linéaire est réalisée via une fonction noyau. En pratique, quelques familles de fonctions noyau paramétrables sont connues et il revient à l'utilisateur de SVM d'effectuer des tests pour déterminer celle qui convient le mieux pour son application. On peut citer les exemples de noyaux suivants : polynomiale, gaussien, sigmoïde et la placcien.

#### II.4.2. Illustration de transformation de cas non linéaire : le cas XOR [11]

Le cas de XOR n'est pas linéairement séparable, si on place les points dans un plan à deux dimensions, on obtient la figure suivante Coordonnées des points : (0,0) ; (0,1) ; (1,0) ; (1,1)

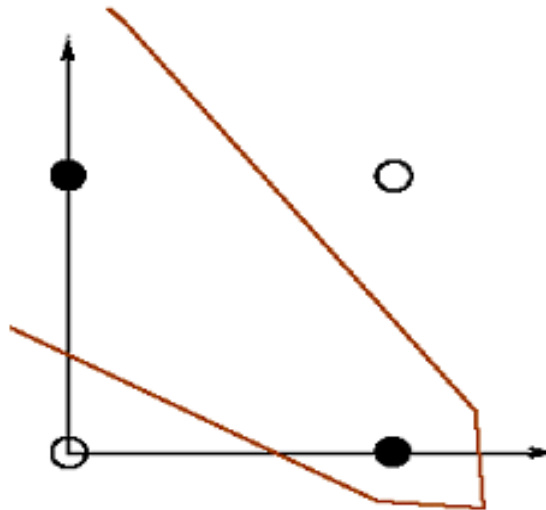


Figure II. 8: le cas XOR de séparation

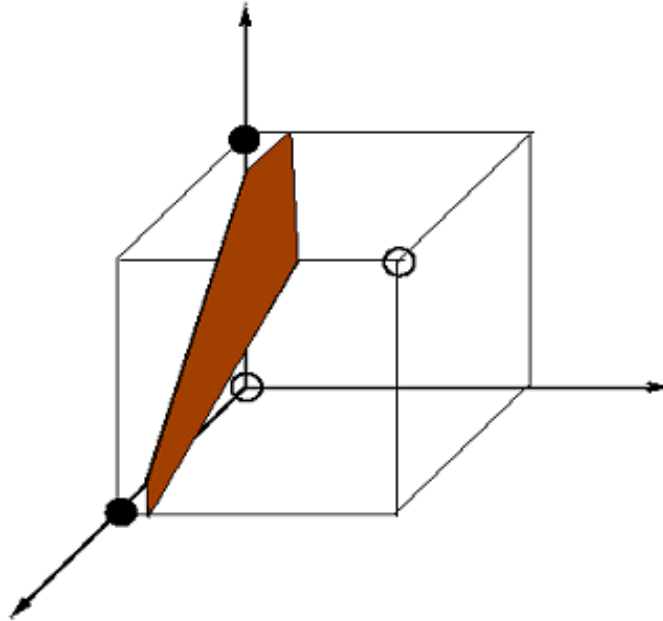
Si on prend une fonction polynomiale  $(x, y) \rightarrow (x, y, x.y)$  qui fait passer d'un espace de dimension 2 à un espace de dimension 3, on obtient un problème en trois dimensions linéairement séparable :

CHAPITRE II : Machines à vecteurs de support

$(0,0) \rightarrow (0,0,0)$

$(0,1) \rightarrow (0,1,0)$

$(1,0) \rightarrow (1,0,0)$



*Figure II. 9: le cas XOR de separation en trois dimensions*

$(1,1) \rightarrow (1,1,1)$

## **II.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière simple le concept de système d'apprentissage introduit par Vladimir Vapnik, les « Support Vector Machine ». Cette méthode de classification est basée sur la recherche d'un hyperplan qui permet de séparer au mieux des ensembles de données. Nous avons distingué les cas linéairement séparable et les cas non linéairement séparables qui nécessitent l'utilisation de fonction noyau (Kernel) pour changer d'espace. Cette méthode est applicable pour des tâches de classification à deux classes, mais il existe des extensions pour la classification multi classe.

Dans le chapitre suivant nous présentons les résultats pratiques obtenus par cette méthode pour la classification d'image.

---

---

***CHAPITRE III:***  
***Résultats et discussion***

---

---

### **III.1.Introduction**

Dans ce chapitre nous montrons et commentons les résultats de l'application des SVM aux images de nos bases de données. Ceci dans un contexte de classification bi-classes.

Les images des bases de données sont initialement des images couleur qui ont été transformées en niveaux de gris pour faciliter le traitement. L'extension aux images couleur devrait son faire en répétant le même traitement pour chacune des trois couleurs de base rouge, vert, et bleu.

Les images sont freeware et sont téléchargeables à partir de l'internet au format JPG (Joint Point Graphique).. Elles se répartissent en trois groupes :

- Base de données 1 : Images de lions ou tigres
- Base de données 2 : Images de bananes ou pommes
- Base de données 3 : Images de voitures ou motos et bicyclettes.

Chaque groupe d'image comporte deux types d'objets (dans des images séparés) afin de permettre de classer les images en deux classes.

### **III.2 Matériel utilisé :**

Un micro-ordinateur HP avec les caractéristiques suivantes :

- Micro processeur dual-core i5
- RAM 2,00 go
- La carte graphique 256 Mo
- Disque dur 500 go

### **III.3 Logiciel utilisé: MATLAB**

Nous avons choisi d'écrire nos programmes sous l'environnement de programmation MATLAB (MATRIX LABORATORY) (7.9.0R2009b) sur un système d'exploitation en 32 bits, parce qu'il possède des interfaces graphiques conviviales et des boites à outils dédiées au traitement des images ce qui procure un confort de programmation assuré. De plus, nous sommes familiers avec le travail sous MATLAB que nous avons eu à utiliser pour la majorité de nos séances de travaux pratiques.

### III.4 . Bases de données :

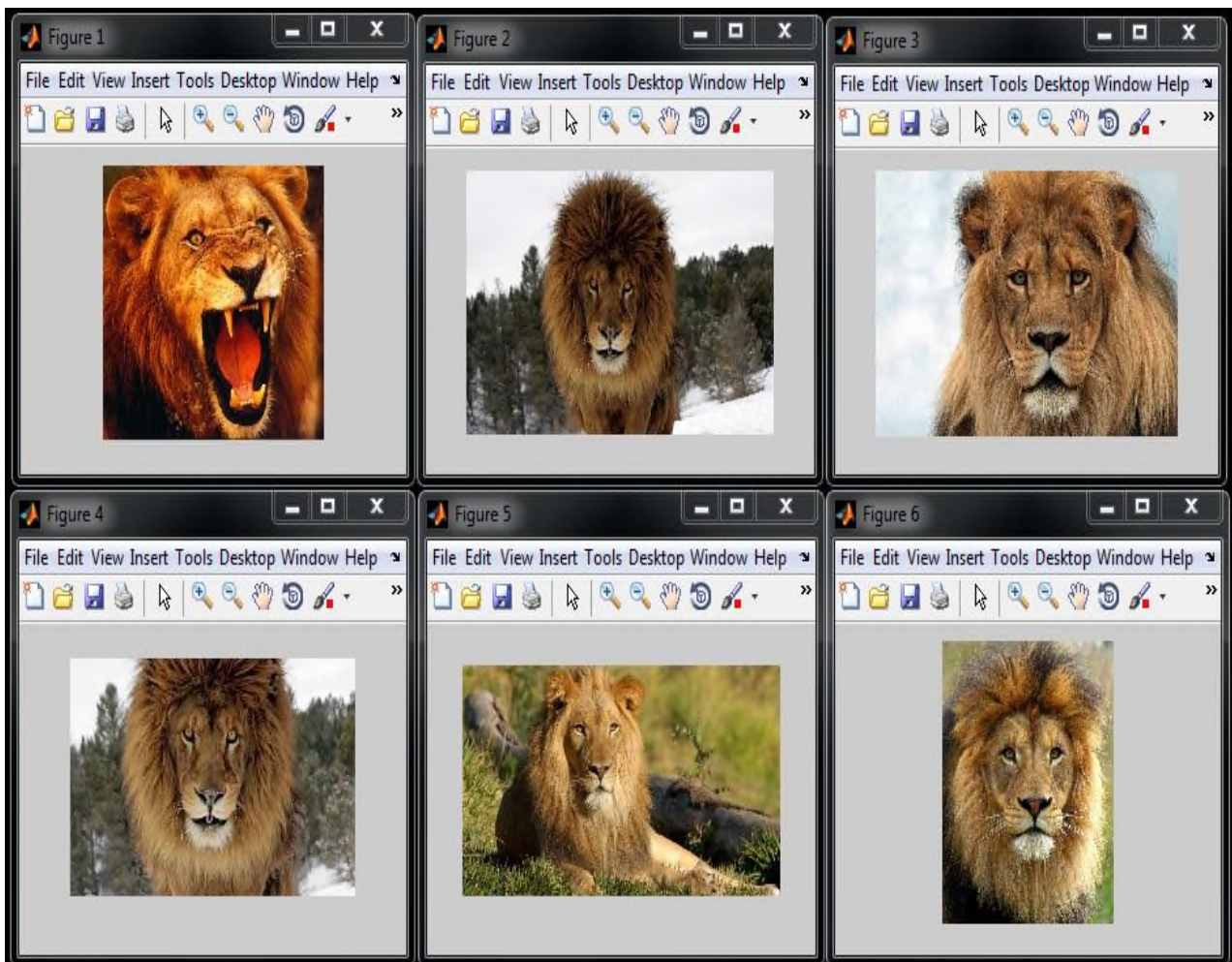
On a travaillé avec les trois bases de données citées précédemment. Les images de la base de données sont réparties en deux ensembles dont l'un est destiné à l'entraînement des SVM et l'autre aux tests.

#### III.4.1 .Base de donnée ( lion/ tigre ) :

Comporte 250 images couleurs

##### III.4.1.1 . Images d'entraînement

Au nombre de 200 images, ces images sont réparties en deux classes A et B. La classe A comporte des images de lions et la classe B des images de tigres (cf. Figure III.1 et Figure III.2)



*Figure III. 1: Exemples d'images d'entraînement « lion ».*

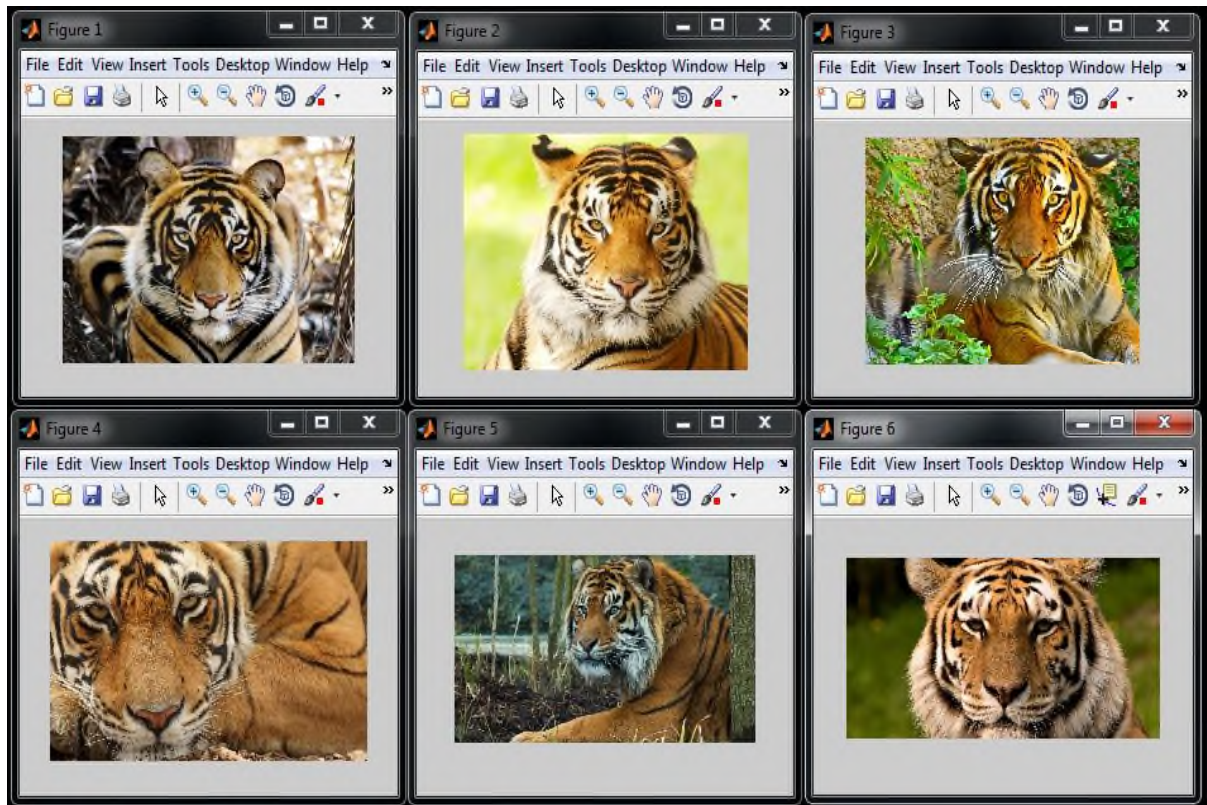


Figure III. 2: Exemples d'images d'entraînement « tigre ».

#### III.4.1.2 Images de test:

Les images de test utilisées doivent être différentes des images d'entraînement. Dans notre cas elles sont au nombre 50. La Figure III.4 en montre quelques échantillons

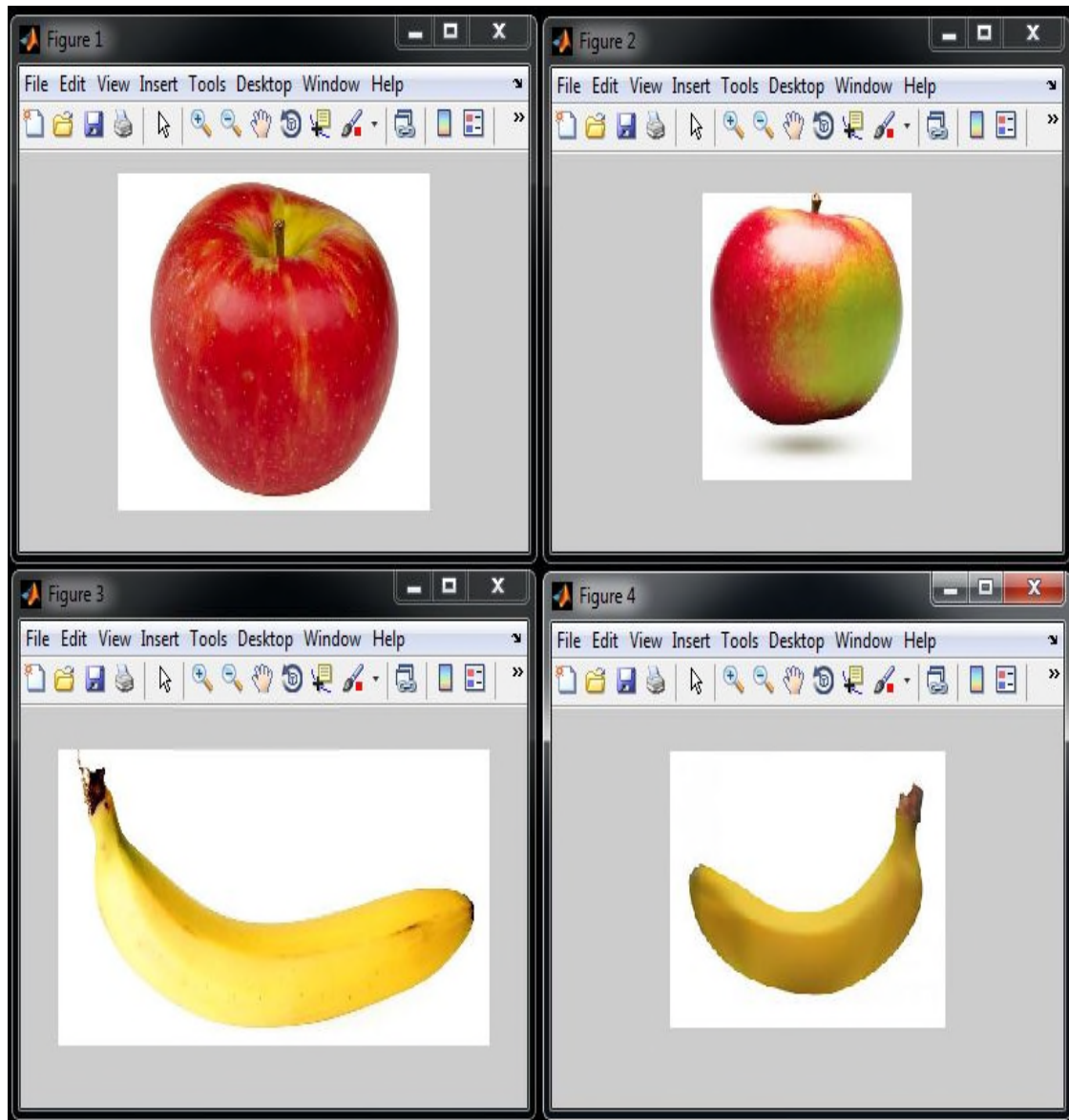


Figure III. 3: Exemples des images de test « lion – tigre ».

### III.4.2. Base de données (banane/pomme) :

Elle Comporte 100 images couleur.

Les images d'entraînement de cette base de donnée sont au nombre de 80 images. (cf. Figure III.5). 20 images ont été retenues pour les tests.



*Figure III.4. : Quelques échantillons des images de la base de données 2 ( bananes/ pommes)*

### II.4.3. Base de donnée (Voiture / moto) :

Elle contient 150 images dont 100 sont utilisées pour l'entraînement et 50 pour le test (cf. Figure :)

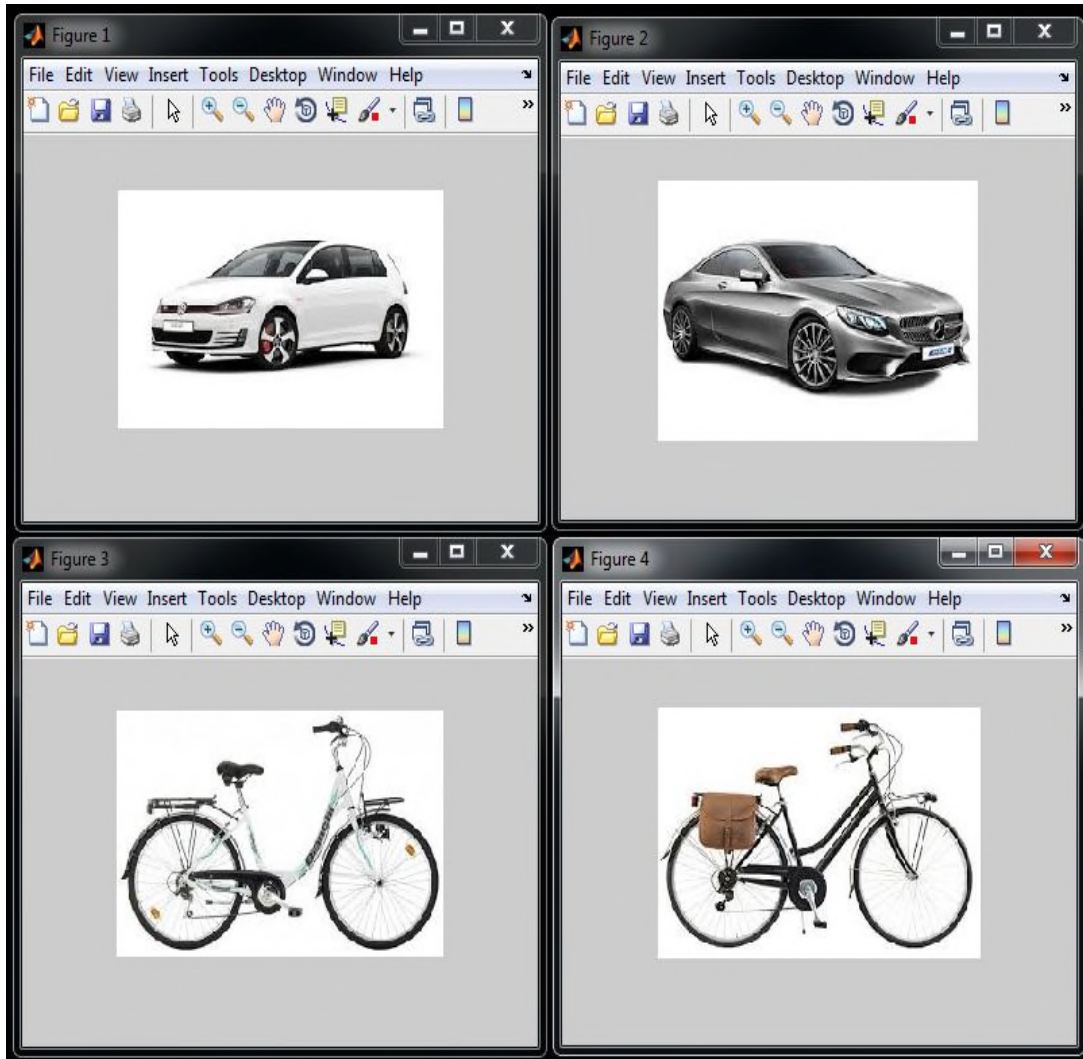


Figure III.5. Echantillons de la base de données 3 (voitures / motos et bicyclettes)

### III.5 Etapes de traitement :

Nous avons appliqué les mêmes étapes de traitement sur les 3 bases de données. On décrira ci-dessous la méthodologie adoptée avec la base de données 1 (lion et tigre).

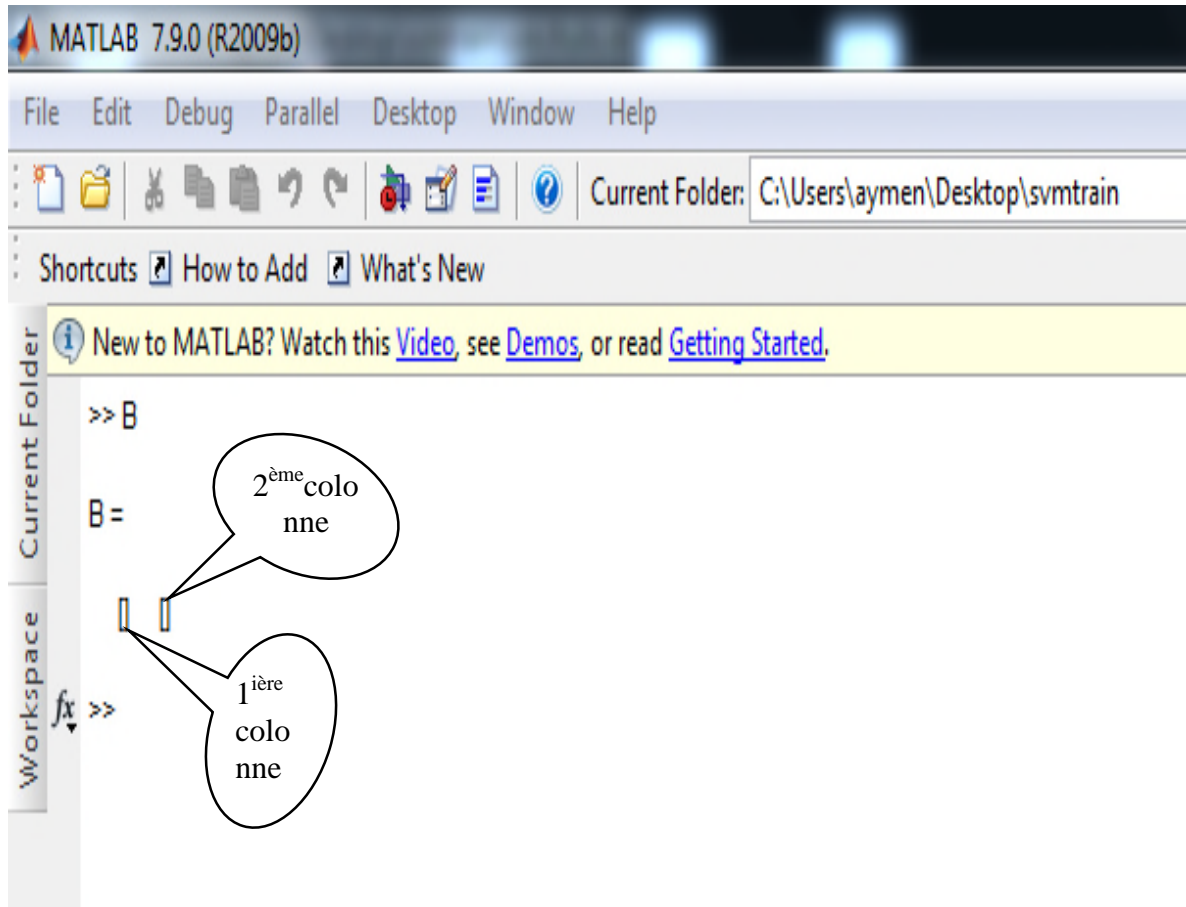
#### III.5.1 Lecture des données d'image :

La boucle de lecture lit seulement les fichiers dont le nom comporte « lion » ou « tigre ».

```
regex(img_name, '(lion|tiger)-[0-9]{1,2}.jpg')
```

Avant la lecture des images une cellule **B** est réservée (cf. Figure III.5) :

- **B = cell(1,2);**



*Figure III. 6: Réserve d'une cellule nommée B.*

La cellule **B** contient deux colonnes :

- **la première colonne** : est destinée à enregistrer sous forme de matrices 2Dx3 les pixels de chaque image du sous ensemble d'entraînement.
- **la deuxième colonne** : indique la classe de chaque image. Si l'image correspondante est celle de lion on lui donne la valeur 1. S'il s'agit par contre de tigre on lui donne la valeur 0.

Une Autre cellule nommée **M** qui est réservée et est destinée à contenir l'ensemble des images d'entraînement lues associées à leurs classes respectives. **M** est donc la concaténation des valeurs respectives de la cellule **B** pour chaque itération de la boucle de lecture. (cf. Figure : III.8 et Figure III.9)

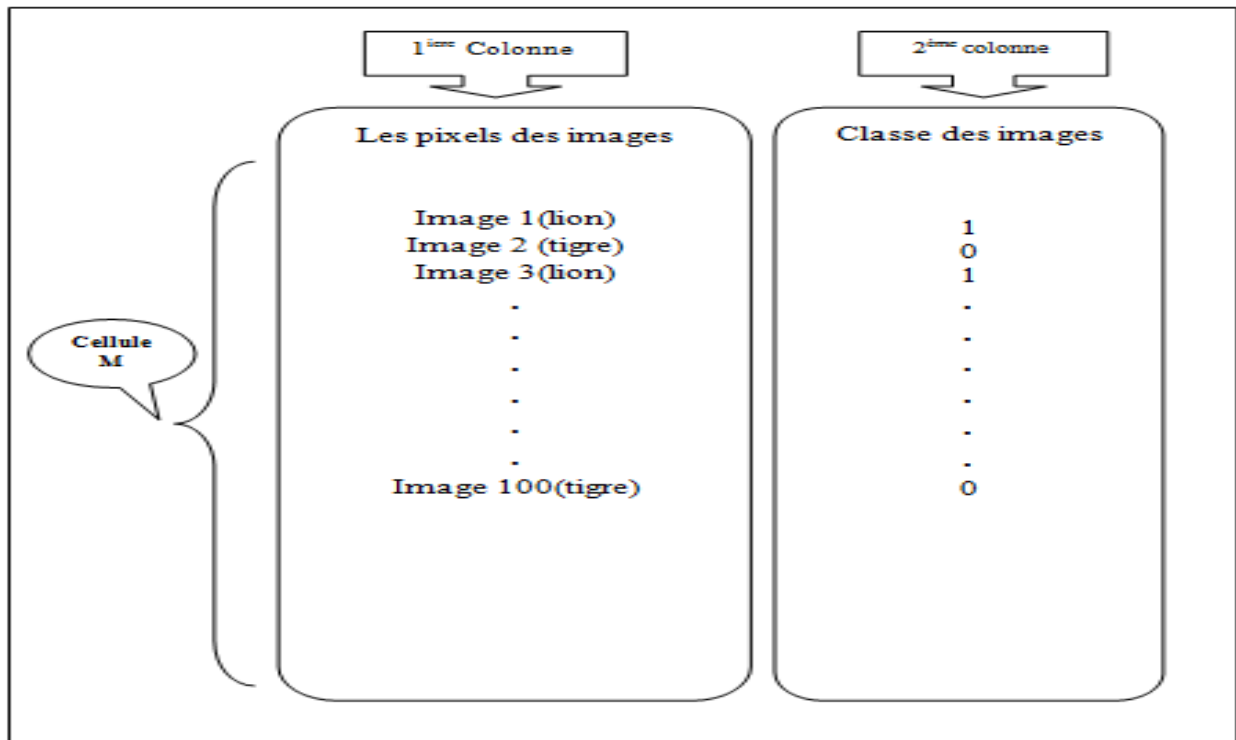


Figure III.7 : Configuration de la cellule M

```

MATLAB 7.9.0 (R2009b)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
Current Folder: C:\Users\aymen\Desktop\11111111111111111111\video\svm-test-master
Shortcuts How to Add What's New
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>> M
M =
[450x479x3 double] [1]
[400x620x3 double] [1]
[412x620x3 double] [1]
[288x460x3 double] [1]
[400x728x3 double] [1]
[500x400x3 double] [1]
[413x620x3 double] [1]
[261x464x3 double] [1]
[500x500x3 double] [1]
[385x620x3 double] [1]
[407x580x3 double] [0]
[495x660x3 double] [0]
[400x537x3 double] [0]
[536x858x3 double] [0]
[371x660x3 double] [0]
[400x770x3 double] [0]
[403x537x3 double] [0]
[465x620x3 double] [0]
[465x620x3 double] [0]
[461x550x3 double] [0]
fx >>
    
```

Figure III.8: la cellule M après le placement des pixels des images et leurs classes respectives

### III.6 Prétraitement :

#### III.6.1 Conversion en niveaux de gris :

Dans un souci de simplification des calculs, les images de la base de données sont converties en niveaux de gris par la fonction MATLAB 'rgb2gray'. L'extension aux cas des images couleur se fait en répétant le même traitement pour les trois composantes de couleur, en l'occurrence le rouge, le vert et le bleu.

La figure III.9 suivante illustre l'effet de la conversion en niveau de gris



Figure III. 9: Exemple des images d'entraînement originale (Gauche) et en niveau de gris (droite)

#### III.6.2. Redimensionnement :

Les images n'étant pas de même taille, elles sont alors redimensionnées de telle façon à avoir une taille de 300x300 pixels par la fonction MATLAB « imresize ».

### III.6.3. Mise des images sous forme d'une ligne :

Dans cette étape nous avons changé la forme de la matrice des pixels de chaque image de la base de données sous forme d'une ligne par la fonction **MATLAB** « **reshape** ».

Cette ligne est placée dans la première colonne de la cellule **M** précédemment réservée et constitue une observation. Sa classe est placée dans la deuxième colonne.

### III.7. L'étape d'entraînement

L'apprentissage proprement dit se fait au niveau des images d'entraînement avec la fonction « **svmtrain** » de **Matlab**.

Nous avons utilisé un noyau **linéaire** qui est le noyau par défaut de la fonction « **svmtrain** ».

La fonction « **svmtrain** » retourne une structure contenant les informations concernant le classificateur SVM entraîné (Vecteurs Support, leurs poids ...etc.) (voir le help de **Matlab** ou la documentation online).

### III.8. L'étape des tests

Lors de cette étape, une image donnée du sous ensemble de test est traitée. Le sous ensemble de test est un sous ensemble de la base de donnée considérée contenant des images qui n'ont pas été utilisées pendant l'étape d'entraînement

#### III.8.1. Prétraitement

L'image à tester subit le même prétraitement que l'image ayant contribué à l'entraînement du classificateur SVM. Elle est convertie en niveaux de gris, redimensionnée de telle façon à avoir une dimension de 300x300 pixels puis mise sous forme d'une ligne.

#### III.8.2. Classification

La classification proprement dite se fait avec la fonction **Matlab** «**svmclassify**».

Cette fonction prend en entrée la structure créée précédemment par la fonction « **svmtrain** » ainsi que l'échantillon à tester.

Elle donne en sortie la classe de cet échantillon :

- Si l'image de test est celle d'un lion, le résultat de la classification est **1**
- Si l'image de test est un tigre, le résultat de la classification est **0**

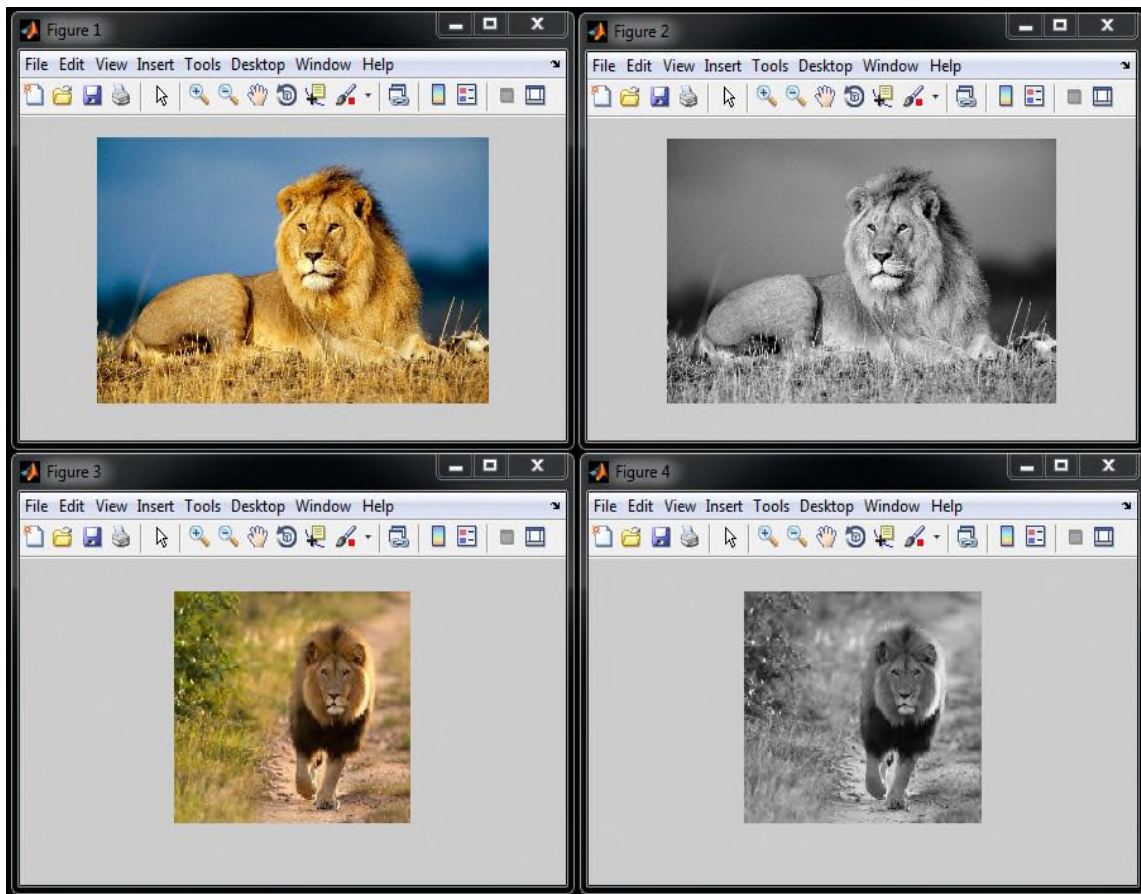
Le résultat est considéré erroné si 1 est obtenu au lieu de 0 ou inversement.

### III.9 Résultats :

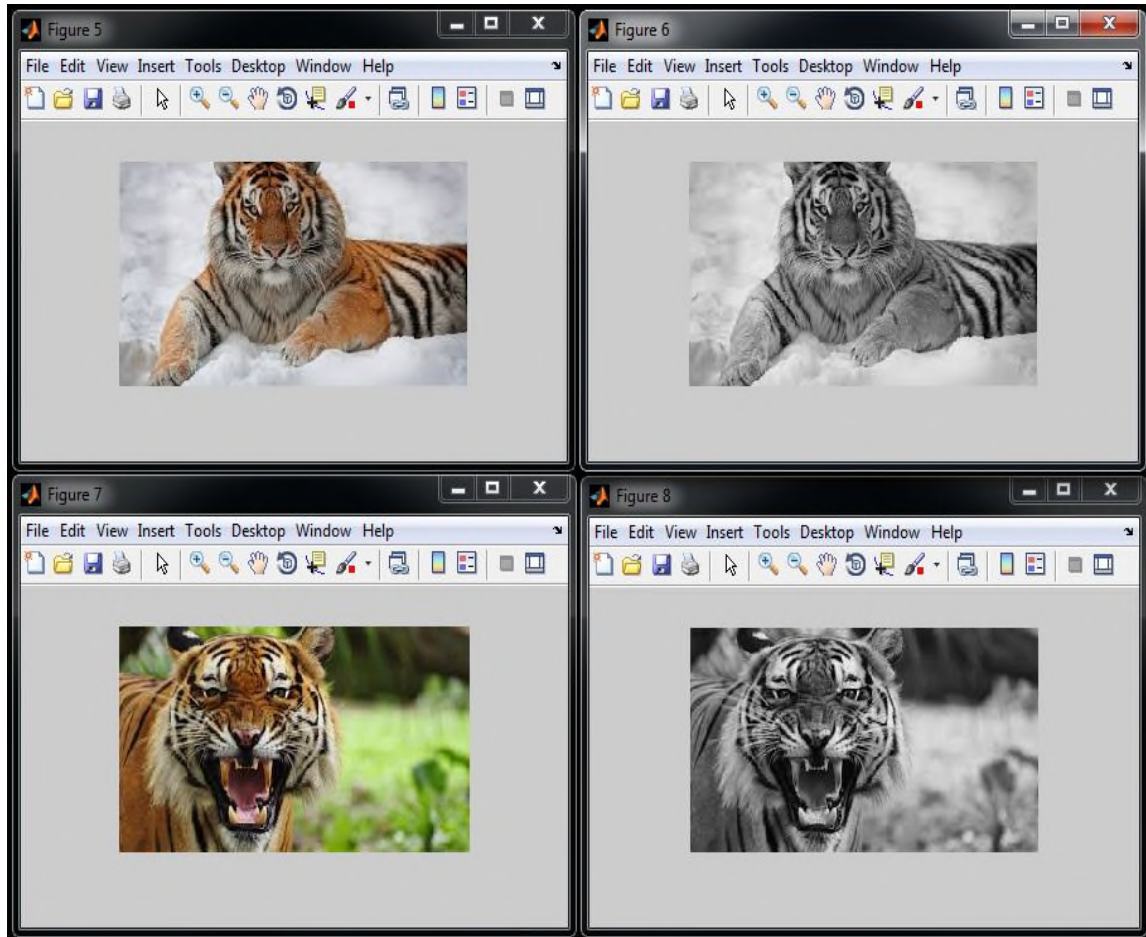
#### III.9.1 Résultats obtenus pour la base de données 1 ( lion / tigre ) :

Les figures III.10 et III.11 montrent les images (avec leurs versions niveaux de gris) qui ont été classées correctement respectivement pour la classe lion et la classe tigre.

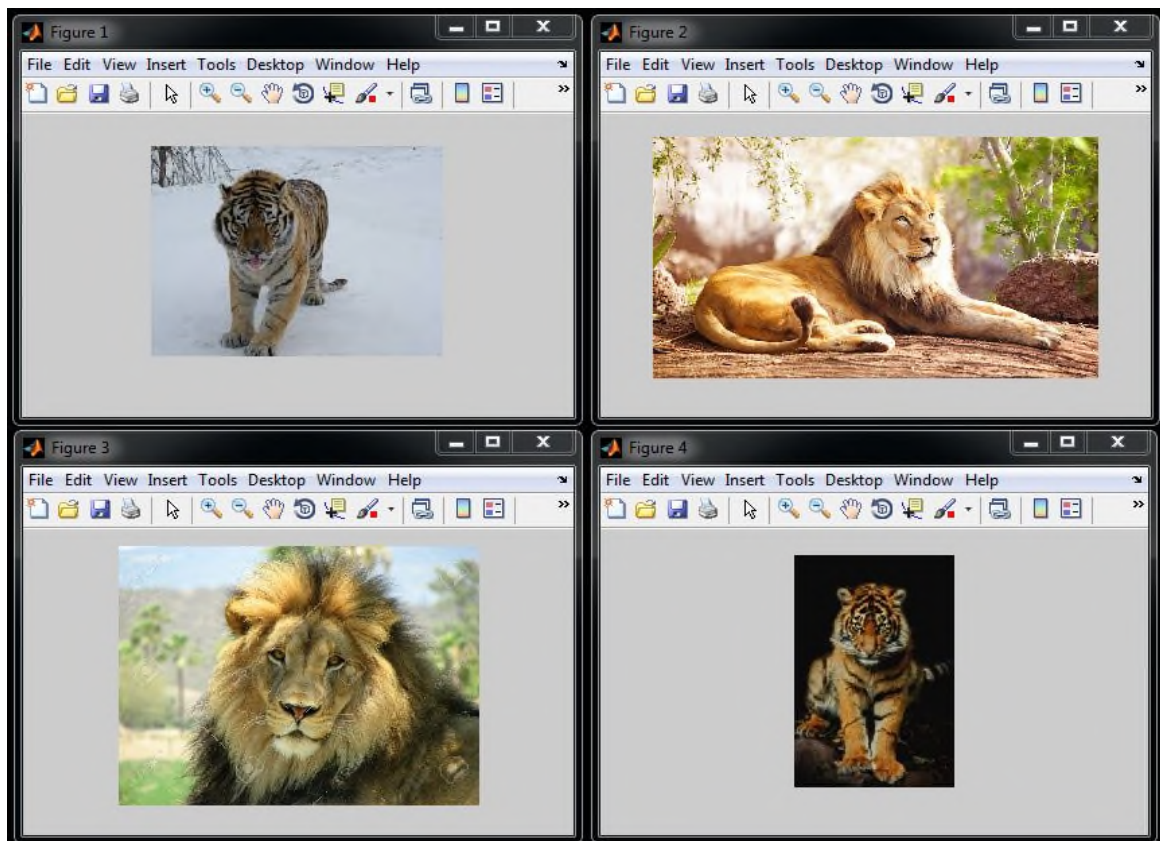
La figure III.12 quant à elle montre quelques images de test qui n'ont pas été classées correctement pour les deux classes (lion/tigre).



*Figure III. 3: Exemples d'images test de lion classées correctement*



*Figure III. 5: Exemples d'images test de tigre classées correctement*

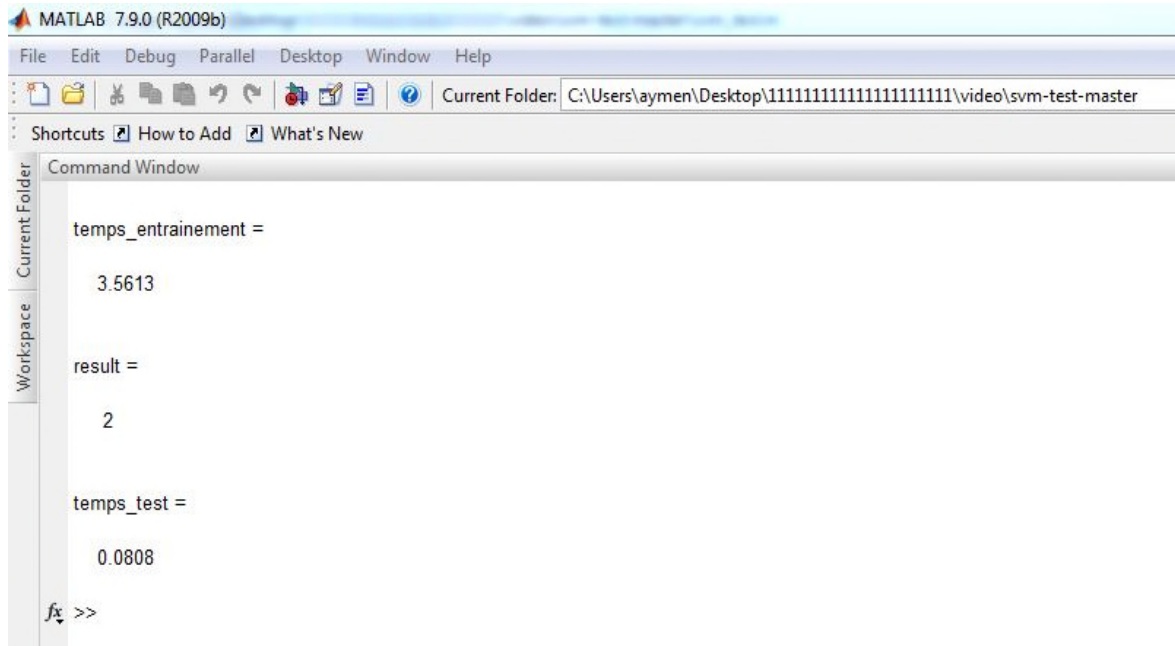


*Figure III. 4: Exemples d'images ( lion/ tigre ) qui n'ont pas été classées*



### III.9.2 Résultat de a base de données 2 (banane / pomme ) :

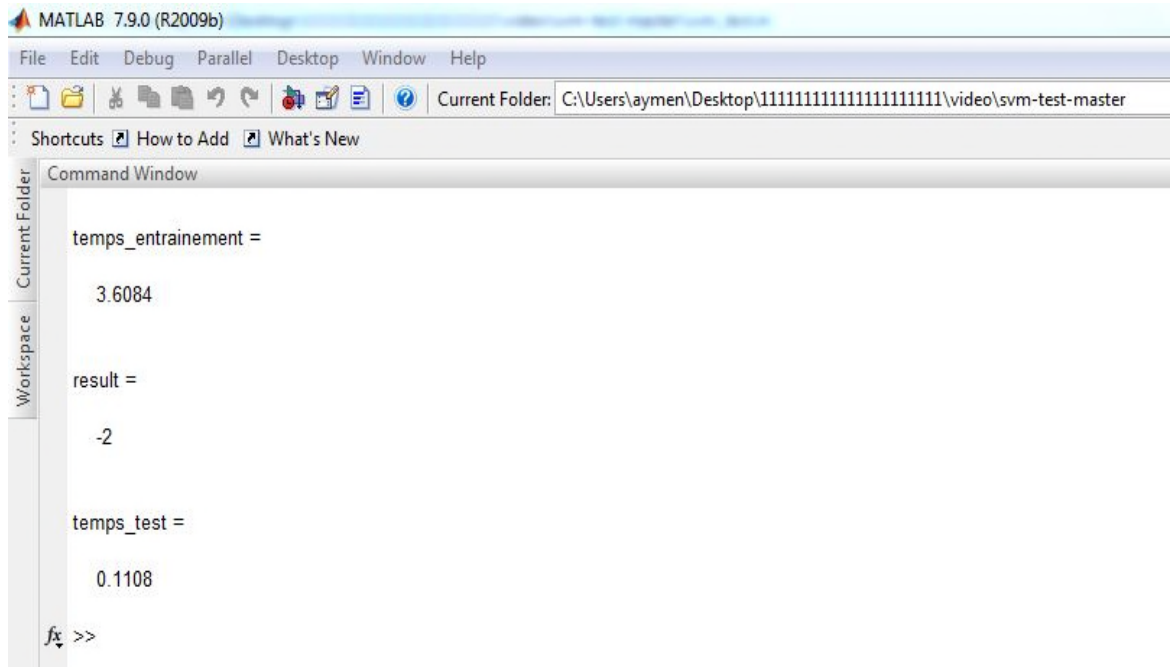
- Si l'image de test est celle d'une banane, le résultat de la classification est **2**  
(cf. Figure III.15:).



```
MATLAB 7.9.0 (R2009b)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
Current Folder: C:\Users\aymen\Desktop\11111111111111111111\video\svm-test-master
Shortcuts How to Add What's New
Command Window
Current Folder
Workspace
temps_entrainement =
    3.5613
result =
    2
temps_test =
    0.0808
fx >>
```

*Figure III.15. Résultat pour une image de test (banane) correctement classée*

- Si l'image de test est celle d'une pomme, le résultat de la classification est **-2**  
(cf. Figure III.16).



```
MATLAB 7.9.0 (R2009b)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
Current Folder: C:\Users\aymen\Desktop\11111111111111111111\video\svm-test-master
Shortcuts How to Add What's New
Command Window
Current Folder
Workspace
temps_entrainement =
    3.6084
result =
   -2
temps_test =
    0.1108
fx >>
```

*Figure III.16. Résultat pour une image de test (pomme) correctement classée*

La figure III.17 ci-après montre deux exemples de fruits qui n'ont pas été classés correctement.

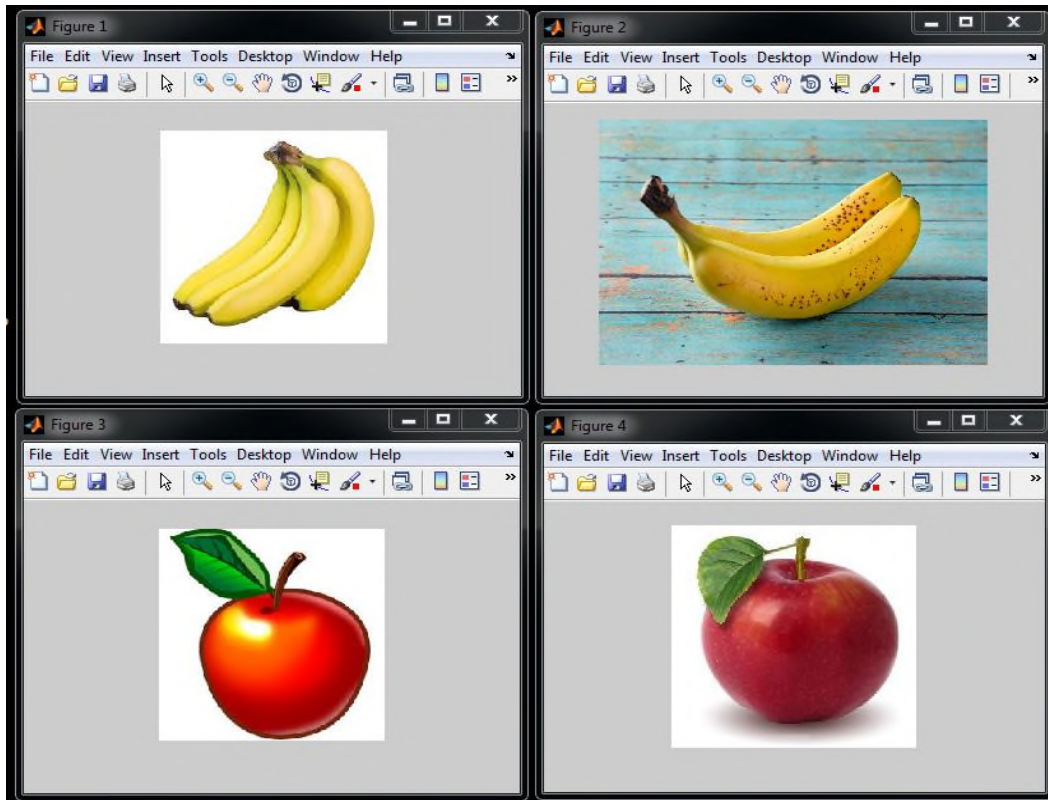


Figure III. 17: Exemples d'images (banane/pomme) qui n'ont pas été classées correctement

### III.9.3 Résultats de la base de données 3 (voiture / moto & bicyclette) :

- Si l'image de test est celle d'une voiture, le résultat de la classification est **3** (cf. Figure III.18).

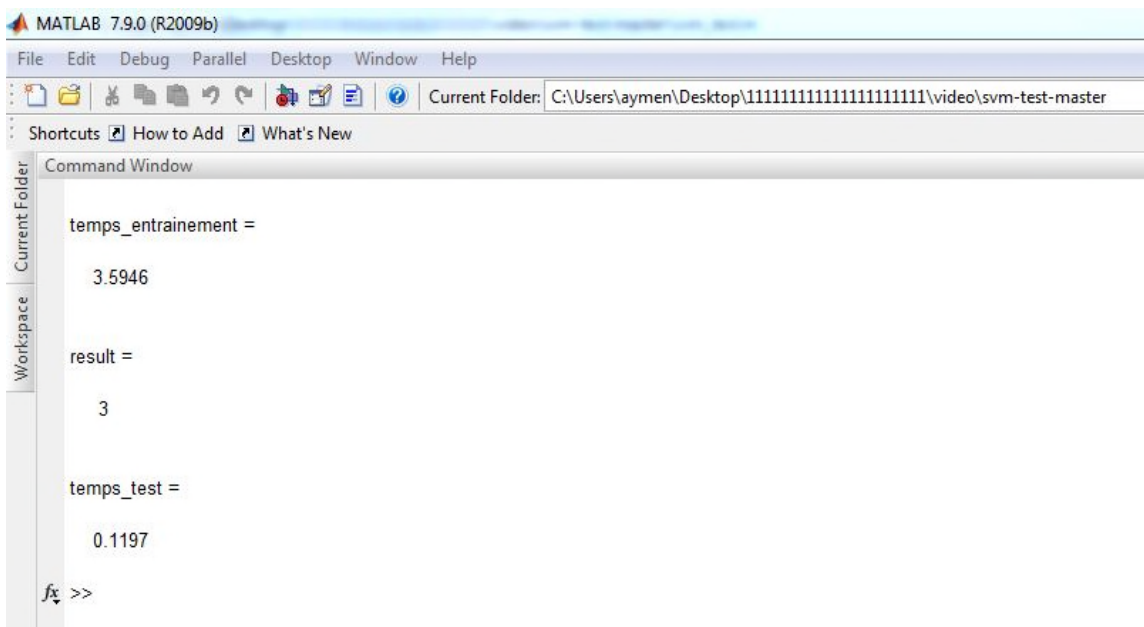
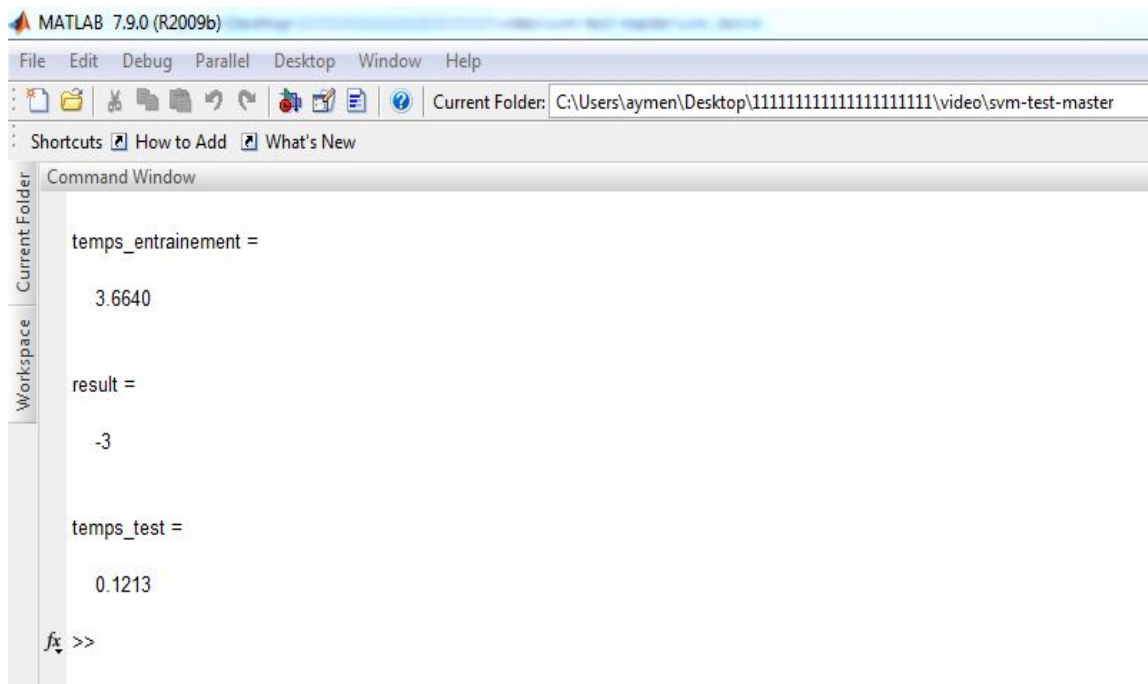


Figure III.18. Résultat pour une image de test (voiture) correctement classée

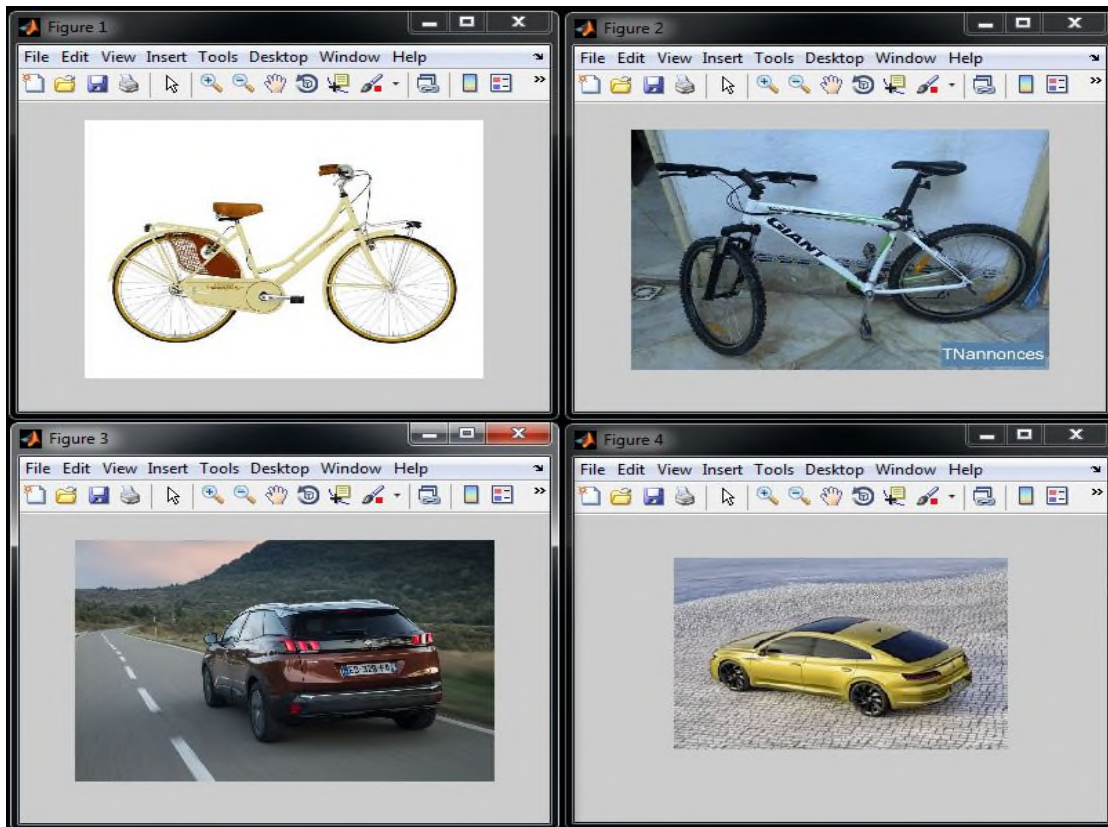
- Si l'image de test est celle d'une moto, le résultat de la classification est -3 (cf. Figure III.19).



```
MATLAB 7.9.0 (R2009b)
File Edit Debug Parallel Desktop Window Help
Current Folder: C:\Users\aymen\Desktop\11111111111111111111\video\svm-test-master
Shortcuts How to Add What's New
Command Window
Current Folder
Workspace
temps_entrainement =
    3.6640
result =
    -3
temps_test =
    0.1213
fx >>
```

*Figure III.19 : Résultat pour une image de test (moto)*

La figure III.20 ci-après montre d'engins qui n'ont pas été classés correctement.



*Figure III.20: Exemples d'images d'engins qui n'ont pas été classées correctement*

### **III.10 Temps d'exécution :**

On peut noter sur les figures précédentes respectivement les temps d'entraînement et de test pour chaque image de test.

Les temps moyens sont de l'ordre de 3.6 secondes pour l'entraînement et de 0.09 secondes pour le test respectivement. On peut affirmer alors que la classification se fait en temps réel.

### **III.11 Taux de reconnaissance et taux d'erreur :**

Pour évaluer les résultats obtenus on utilise deux critères interdépendants :

- **Taux de reconnaissance (en pourcentage) =**  
$$\frac{\text{Nombre des images reconnues}}{\text{Nombre total des images de tests}} \cdot 100$$

**Et**

- **Taux d'erreur (pourcentage) =**  
$$100 - \text{Taux de reconnaissance (en pourcentage)}$$

**III.11.1 Base de données 1 (lion/ tigre) :**

**Taux de reconnaissance = 90 %**

**Taux d'erreur = 10%**

**III.11.2 Base de données 2 (banane/ pomme) :**

**Taux de reconnaissance = 87.5 %**

**Taux d'erreur = 12.5 %**

**III.11.3. Base de données 3 (voiture / moto & bicyclette) :**

**Taux de reconnaissance = 85 %**

**Taux d'erreur = 15%**

### **III.12 Commentaires et interprétations**

- De bons résultats ont été obtenus en général pour les trois bases de données. Ceci est dû à notre sens à la grande dimension de l'espace des données (le nombre de variables) qui est supérieur dans notre cas au nombre d'observations (nombre d'images). Par conséquent un noyau linéaire a été suffisant pour trouver l'hyperplan dans l'espace de données.
- Les quelques images qui n'ont pas été correctement classées ont pour leur majorité un histogramme déplacé soit vers la gauche (trop sombres) soit vers la droite (trop illuminées).

### **III.13 Conclusion :**

A l'issue de cette étude expérimentale nous pouvons dire que ce travail a bien abouti quant à la classification des images par SVM. De bons taux de reconnaissance ont été atteints.

---

## *Conclusion Générale*

---

### **Conclusion générale :**

Au cours de ce travail, nous avons pu atteindre notre but initial, en l'occurrence classificateur des images par les SVM. Et nous avons pu noter qu'après l'opération d'entraînement, la classification d'une image test donnée se fait en temps réel. Le point fort de cette classification est qu'elle n'est pas limitée à un type donné d'images et de ce fait elle est applicable au besoin à de nombreux domaines tels que la catégorisation de textes, l'aide au diagnostic médical et le E-Commerce.

Une extension possible de ce travail serait l'utilisation des SVM pour des tâches de régression, c'est-à-dire de prédiction d'une variable continue en fonction d'autres variables, comme c'est le cas par exemple dans de la prédiction de consommation électrique en fonction de la période de l'année, de la température, etc. Le champ d'application des SVM est donc large et représente une méthode de classification intéressante.

### **Perspective :**

Nous avons étudié cette méthode pour une utilisation en domaine médicale par exemple de réaliser les dispositifs électroniques biomédicaux.

---

---

# *Bibliographie*

---

---

**Bibliographie :**

[1] ZEROUAL DJAZIA « Implémentation d'un Environnement Parallèle pour la Compression d'Images à l'aide des Fractales » . Université Batna promotion 2006

[2] **Ouarda ASSAS** « Classification floue des images. THESE DOCTORAT EN SCIENCES » Université Batna promotion 2013 : 09/04/2018,13 :45

[3] Sarra BENFRIHA, Asma HAMEL « Segmentation d'image par Coopération région-contours ». Université Ouargla promotion 2016

[4] BELADGHAM, Mohammed « Construction d'une technique d'aide au diagnostic en imagerie médicale application a la compression d'images ». Université Abou-Bekr Belkaid – Telemcen doctorat 2012.

[5] OULHADJ Zaira, BOUCEDRA Yamina « Analyse de texture d'image IRM par L'approche fractale ». Université Tlemcen master 2 génie biomédicale promotion 2015

[7] Mechoucha Lotfi, Yaagoub Ali « construction d'une interface graphique pour l'analyse des images sous MATLAB » Université Khenchela promotion 2012

[8] « Initiation au traitement d'images avec MATLAB » E.N.S.B.A.N.A. 2ème année - TD d'informatique scientifique Université Montréal – promotion 2002/2003

[9] Djebaili Med lazhar, Chergui Lokman « Le seuillage adaptatif des images une étude comparative » *Université Khenchela*. promotion 2016

[10] « Travail dirigé no 2 Segmentation d'images médicales »..École Polytechnique de Montréal.. Traitement d'images et de signaux biomédicaux Automne 2014

[11] *Olivier Bousquet « Introduction aux Supports Vector Machine (SVM) » Ecole Polytechnique, Palaiseau*

[12] *Millet Christophe « SVM, une méthode de classification binaire par apprentissage »,*

## BIBLIOGRAPHIE

[13] *Cristianini & Shawe- Taylor « Support Vector Machines and other kernel-based learning methods » Cristianini & Shawe- Taylor, University de Cambridge*

[14] *Vapnik, «The nature of statistical learning »,*

[15] *Boriana L. Mile nova « VM in Oracle Database 10g: Removing the Barriers to Widespread Adoption of Support Vector Machines »,*

[16] [www.kernel-machines.org](http://www.kernel-machines.org)

[17] [www.kernel-methodes.net](http://www.kernel-methodes.net)

[18] [www.support-vector.net](http://www.support-vector.net)

[19] [www.google.com /images](http://www.google.com/images)

[20] [www.mathworks.net](http://www.mathworks.net)

[21] [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)