الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY

جامعة باجي مختار – عنابـــــــــــة

**Faculté : de TECHNOLOGIE**
**Département : Electronique**
**Domaine : Sciences et Techniques**
**Filière : électronique**
**Spécialité : système embarqué**

# Mémoire
# Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

## Thème :

# Tatouage d'images numériques par paquette d'ondelette

**Présenté par : ABDELKRIM SALAH EDDINE**
**ALIM RANIA MARWA**
**Encadrant :** *ZERMI NARIMA* *Grade : M.C.A*

**Jury de Soutenance :**

| | | |
|---|---|---|
| YAHI AMIRA | M.C.B | Président |
| AMARA FETHI | M.C.B | Examinateur |

**Année Universitaire : 2021/2022**

# *Remerciements*

***Nous remercions premièrement Allah le tout puissant pour la volante, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.***

***Nous remercions notre encadreur***
***Madame NARIMA ZERMI NAILI pour son soutien continuel et son encouragements tant précieux.***

***Nos remerciements vont aussi à tout le corps enseignant de L'UNIVERSITE BADJI MOKHTAR, spécialement les enseignants la faculté de technologie et le département d'électronique pour leur apport de connaissance durant les cinq ans d'études.***

***Nos vives reconnaissances vont également à tous les membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.***

***Nous tenons à les remercier vivement et nous voudrons associer nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.***

# *Dédicace*

## *Je dédie ce modeste travail*

*A l'ame de ma deuxième mère nadjet rabi yarhmek nch*

*À ma très cher mère et père source de tendresse*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentie pour mon instruction*

*À mes chers frères*

*À tous mes amis*

*À tous la famille abdelkrim et seheli*

*À tous mes amis d'études*

***Salah***

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*À ma très cher mère et père source de tendresse*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentie pour mon instruction*

*À mes chers frères*

*À tous mes amis*

*À tous la famille Alim*

*À tous mes amis d'études*

***Rania***

**Sommaire**

## Sommaire

# Chapitre 1 : les images numériques

## Chapitre 2 : Tatouage d'images numériques par paquette d'ondelette

# Chapitre 3 : simulation algorithme de tatouage

**Liste des figures**

**Chapitre 1**



**Chapitre 2**

**Chapitre 3**



## Liste des tableaux

**Chapitre 1**



**Chapitre 2**

# Résume

La protection des données d'images confidentielles contre tout accès non autorisé est un domaine de recherche très important. Dans ce mémoire, nous avons proposé une approche améliorée pour la sécurité des images avec une application de tatouage numérique, basée sur la combinaison de l'algorithme DWT.

Nous avons implémenté notre approche en utilisant langage de programmation. De plus, nous avons discuté les différents résultats expérimentaux et les comparé avec les résultats de l'approche d'origine. Notre approche est plus sécurisée par rapport d'autres approchés étudiées.

**ملخص**

تعد حماية بيانات الصور السرية من الوصول غير المصرح به مجال بحث مهم للغاية. في هذه الأطروحة، اقترحنا طريقة محسّنة لأمن الصور باستخدام تطبيق العلامات المائية الرقمية، بناءً على مزيج من خوارزمية DWT.

طبقنا نهجنا باستخدام لغة البرمجة. علاوة على ذلك، ناقشنا النتائج التجريبية المختلفة وقارنّاها بنتائج النهج الأصلي. نهجنا أكثر أمانًا مقارنة بالنهج المدروسة الأخرى.

**Abstract**

The protection of confidential image data against unauthorized access is a very important area of research. In this thesis, we have proposed an improved approach for image security with a digital watermarking application, based on the combination of the DWT algorithm.

We implemented our approach using programming language. Moreover, we discussed the different experimental results and compared them with the results

of the original approach. Our approach is more secure compared to other studied approaches.

# Introduction général

Avec l'apparition et le développement des nouvelles technologies numériques, les fraudes se sont multipliées, soulignant le manque de méthodes concernant la protection des données numériques. Ces données sont en effet très faciles à pirater : on peut les stocker, les copier, les modifier et enfin les diffuser illégalement sans qu'elles perdent de leur qualité.

Une image numérique, diffusée par exemple sur Internet, peut être aisément copiée puis rediffusée sur un réseau ou stockée sur CD-ROM sans prise en compte des droits d'auteurs. Pour répondre à ces besoins, un nouvel axe de recherche se développe très rapidement : le tatouage ou watermarking. Le principe des techniques dites de tatouage est d'insérer une marque imperceptible dans les valeurs de la donnée. Dans le cadre de la protection des droits d'auteurs, la marque insérée, appelée _watermarque_ correspond au code du copyright. Ce type de tatouage doit répondre à des contraintes fortes en termes de robustesse. En effet, quelles que soient les transformations (licites ou illicites) que la donnée tatouée subit, la marque doit rester présente tant que la donnée reste exploitable.

De plus, la présence de la marque ne doit être détectée que par despersonnes autorisées (possédant une clef de détection privée). De nombreux algorithmesont étés présentés récemment et certains produits sont même commercialisés, cependant,aucun d'eux ne satisfait pleinement au cahier des charges idéals.

Le travail présenté dans ce rapport a pour objectif de proposer une nouvelle méthode
de tatouage des images numériques fondée sur la décomposition en paquets d'ondelettes.
Le principe est d'imposer une structure (_xée par la marque) à la meilleure base, sélectionnée selon un certain critère énergétique, de l'image traitée.

Le présent mémoire est organisé en trois chapitres :

**>>> Le chapitre 1 :**

Présente une introduction aux images numériques. Plus précisément, nous présenterons quelques terminologies et quelques notions pertinentes dans le domaine des images numériques telles que la numérisation, le codage et le stockage

**>>> Le chapitre2 :**

Présent la méthode de tatouage avec paquette d'ondelette et sa propriété

**>>> Le chapitre 3 :**

Présent algorithme de tatouage étudiés ainsi que les résultats obtenus.

Nous terminerons par une conclusion générale en résumant l'apport et les limites de la méthode de tatouage proposée.

# *Chapitre 1 : les images numériques*

## 1.1. Introduction :

Le tatouage des données numériques est une discipline récente qui trouve son origine dans le manque de techniques fiables de protections de ce type de données.

Le traitement et l'analyse d'images numérique désigne une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information.

L'objectif de ce chapitre est d'introduire le domaine des images numériques. Nous découvrons ce domaine depuis la phase d'acquisition, numérisation, jusqu'au stockage dans les différents formats possibles.

### 1.2. Image réelle :

Une image réelle est obtenue à partir d'un signal contenu bidimensionnel comme par exemple un appareil photo ou une caméra... Sur un ordinateur, on ne pas représenter de signaux continus, on travaille donc sur des valeurs discrètes[1].

**Figure 1.1 : image réel**

## 1.3. Image numérique :

Une image numérique est une image (dessin, icône, photographie...) créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1).

Une image numérique est définie comme un signal fini bidimensionnel échantillonné à valeurs quantifiées dans un certain espace de couleurs. Elle est constituée de points (pixel).

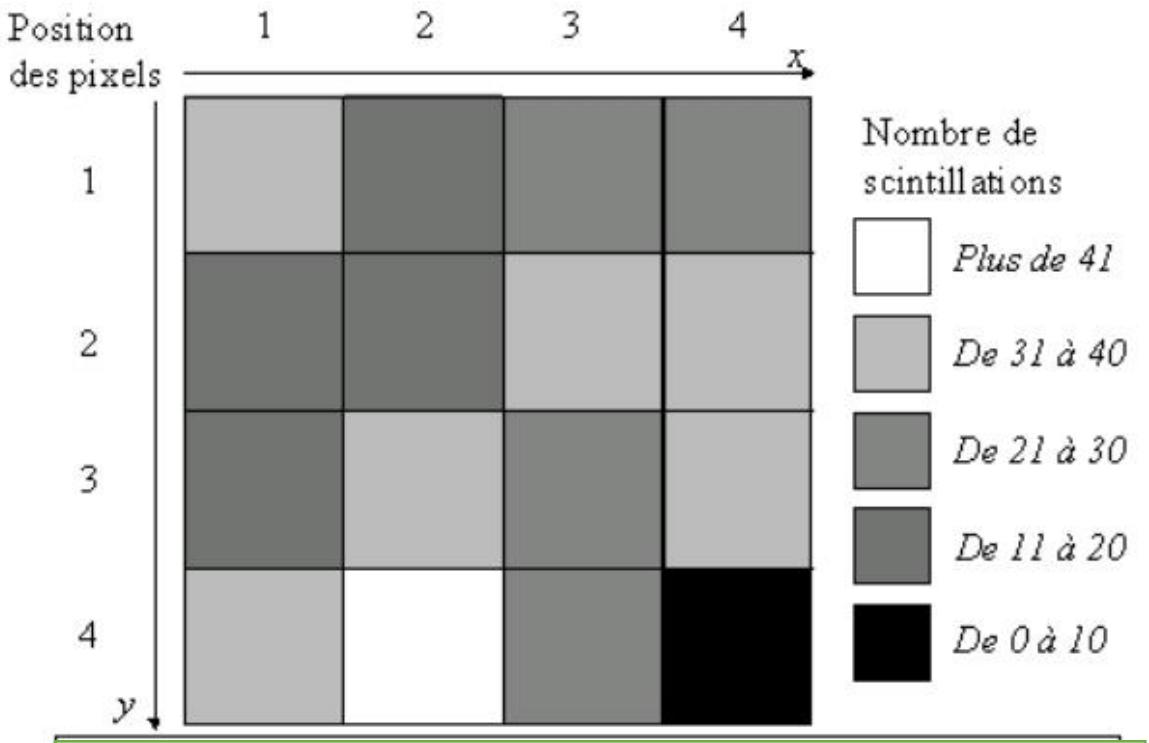


**Figure 1.2 : image numérique**

### 1.3.1. Image en niveaux de gris :

Une image en niveaux de gris autorise un dégradé de gris entre le noire et le blanc. En générale, on code le niveau de gris sur un octet (8 bits) soit 256 nuance de dégradé. L'expression de la valeur du niveau de gris avec Ng=256devient : p (i, j) ϵ [0,255].

### 1.3.2. Image couleur :

Une image en couleur correspond à la synthèse additive de trois images, rouge, vert et bleu. Chaque pixel est donc codé sur 3×N bits. La couleur finale est obtenue par synthèse additive de ces trois composantes [2].

## 1.4. Processus de numérisation :

La transformation d'un signal analogique 2D nécessite à la fois une discrétisation de l'espace : c'est l'échantillonnage, et une discrétisation des couleurs : c'est la quantification [3].

Image analogique ⇒ échantillonnage ⇒ quantification ⇒ codage ⇒ image numérique

### 1.4.1. Echantillonnage :

L'échantillonnage est une étape fondamentale qui doit prendre en compte le contenu de l'image à analyser. Intuitivement, on conçoit bien qu'une <<structure fine>>, c'est-à-dire une partie de l'image comportant des oscillations avec de petites périodes spatiales, nécessitera plus de pixels qu'une partie présentant moins de variation

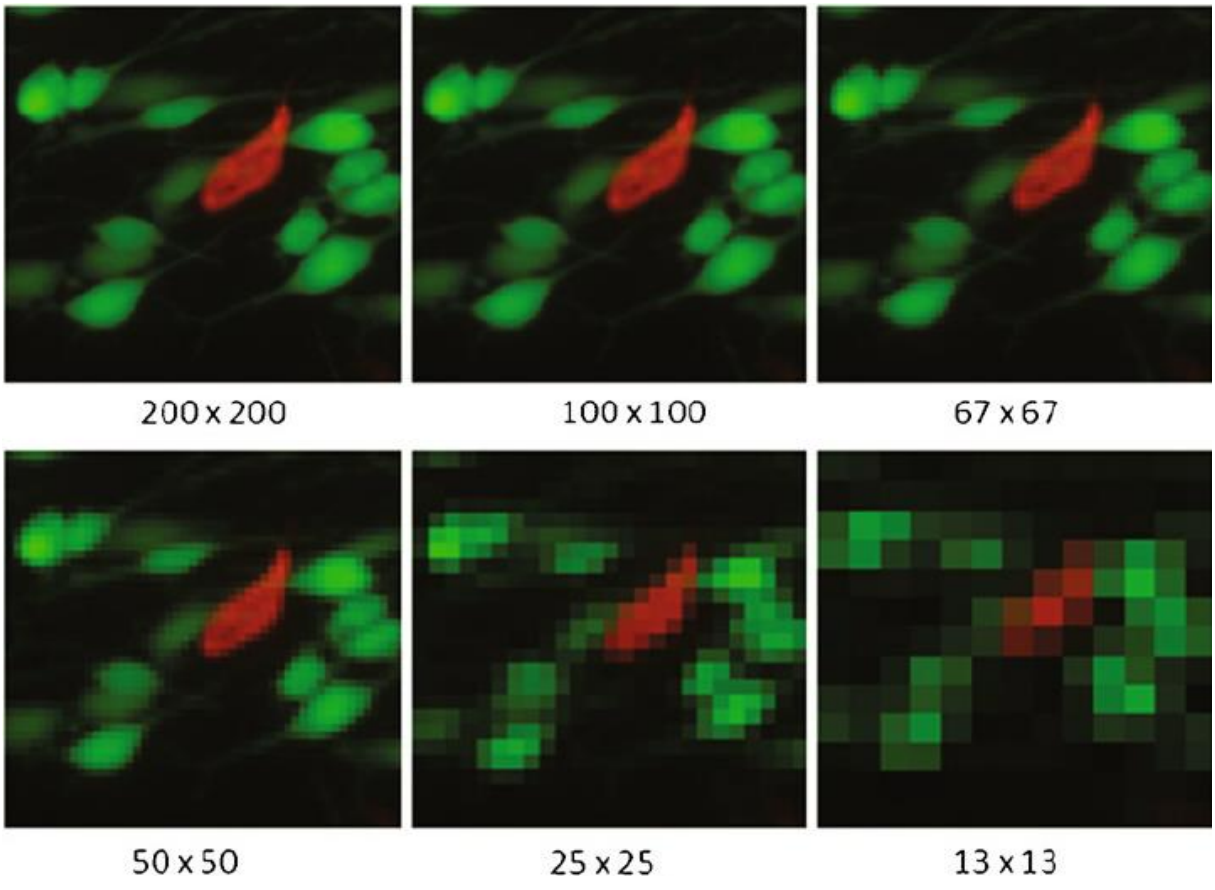


**Figure 1.3 : échantillonnage**

### 1.4.2. La quantification :

Ce phénomène est appelé aliasing. Sur les signaux 2d que sont les images, il est dans une certaine mesure <<encore pire>>, car il affecte la fréquence et la direction des structures périodiques

## 1.4.3. Codage des images numériques :

### 1.4.3.1. Codage en noir et blanc :

Chaque pixel est soit noir, soit blanc. Il faut un bit pour coder un pixel (0 pour noir, 1 pour blanc). Ce type de codage peut convenir pour un plan ou un texte mais on voit ses limites lorsqu'il s'agit d'une photographie.

### 1.4.3.2. Codage en niveaux de gris :

Pour coder l'image en binaire, on remplace chaque valeur entière de niveau de gris par son code en binaire, i.e. sa valeur en base 2.

Une valeur binaire est appelée un "bit" (contraction des mots anglais "binary digit" qui signifient chiffre binaire). (Monochrome)[4]

En informatique les données sont regroupées par groupes de 8 bits. Un groupe de 8 bits est appelé "octet" en français, "byte" en anglais.

En utilisant 8 bits, on peut représenter en base 2 tous les entiers de 0 à 255 (on rajoute si besoin est des 0 devant la valeur en base 2). C'est pourquoi on choisit souvent le nombre de 256 niveaux de gris.

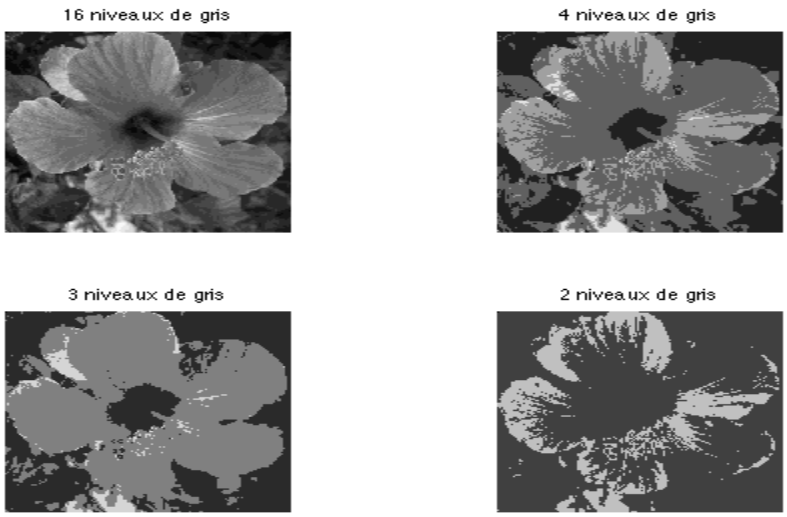


**Figure 1.4 : Codage en niveaux de gris**

### 1.4.3.3. Codage d'une image couleur :

Pour exprimer les couleurs, on utilise le principe de ***synthèse additive***. Une couleur s'exprime par la synthèse de trois couleurs primaires, rouge, vert et bleu. Pour représenter une couleur parmi les 16 millions possibles, on règle indépendamment l'intensité lumineuse de chacun de ces trois canaux colorés, avec une valeur comprise entre 0 (minimum) et 255 (maximum).

Chaque pixel sera codé cette fois-ci par 3 octets. La première valeur exprimée est celle du rouge, puis du vert, et enfin du bleu.

Ainsi, le pixel rouge est représenté par 255 0 0.

Le pixel vert : 0 255 0. Le pixel bleu : 0 0 255.

Le blanc : 255 255 255,

le noir 0 0 0.

Le jaune : 255 255 0.

Le jaune orangé : 238 160 73

## 1.5. Les type d'images numériques :

Il existe deux sortes d'image numériques :

Les images vectorielles

Les images matricielles.


**Figure1.5 : Différences entre image vectorielle et matricielle**

### 1.5.1. L'image vectorielle :

Les images vectorielles utilisent des équations mathématiques pour dessiner. Elles calculent la position de points qu'elles relient ensuite avec des lignes ou des courbes. Enfin, le programme en fait des formes qui ont des propriétés.

Chaque forme peut avoir une couleur, un contour, de la transparence ou des styles. Lorsque vous ouvrez le fichier avec un éditeur de code, vous pouvez lire toutes ces informations et les modifier directement. Mais le plus souvent, on utilise des logiciels de dessin spécialisés

Ces images présentent deux avantages :

Elles occupent peu de place en mémoire.

Elles peuvent être redimensionnées sans perte d'information et sans effet d'escalier

### 1.5.2. L'image matricielle :

Une image matricielle ou image en mode point (ou en anglais image « *bitmap* » ou « *raster* ») est une image numérique dans un format de données qui se compose d'un tableau de pixels ou de points de couleur, généralement rectangulaire, qui peut se visualiser sur un moniteur d'ordinateur ou tout autre dispositif d'affichage

Ces images présentent des avantages :

- Dans un fichier, pour le stockage et l'échange. Dans ce cas, l'image est le plus souvent compressée et stockée dans un format graphique. Les principaux formats matriciels sont BMP, GIF, TIFF, PNG et JPEG.
- Le format PPM est aussi parfois utilisé car il a l'avantage de coder très simplement l'image.
- En mémoire graphique de l'ordinateur ou de la carte graphique. Ce format est généralement sans aucune compression pour pouvoir être directement exploitable et affichable sur l'écran.

Les inconvénients des bitmap :

- Leur taille est encombrante.
- L'agrandissement provoque un effet de distorsion : l'apparition des pixels [pixellisation].

## 1.6. Les caractéristiques d'une image numérique :

- Sa définition.
- Sa résolution.
- Son codage ou profondeur de couleur exprimé en bit par pixel (bpp).
- Son mode colorimétrique (RGB ou CMNJ), composition des multiples couches.

### 1.6.1. Définition d'une image :

La définition de l'image est le nombre fixe de pixels qui est utilisé pour représenter l'image dans ses deux dimensions. Pour une image analogique donnée, plus la définition est grande,

plus la précision des détails sera élevée. Ce nombre de pixels détermine directement la taille des informations nécessaire au stockage de l'image. La dimension, en pixels, détermine le format d'affichage à l'écran (la taille des pixels de l'écran étant fixe).

### 1.6.2. Résolution :

Il existe deux types de résolution dans une image. La résolution "spatiale" et la résolution "tonale".

**Résolution spatiale :**

Le terme résolution spatiale correspond au nombre total de pixels dans l'image donnée.

Est le plus petit détail discernable.


**Figure 1.6: Résolution spatiale**

**Résolution tonale (de tons de gris) :**

Est le plus petit changement discernable.

2 puissance (nombre de bits) = nombre de couleurs possibles par pixel.


**Figure 1.7 : Résolution tonale**

### 1.6.3. Profondeur de couleur :

Une image numérique utilise plus ou moins de mémoire selon le codage des informations de couleur qu'elle possède. C'est que l'on nomme le codage de couleur ou profondeur des couleurs, exprimé en bit par pixel (bpp) : 1, 4, 8,16 bits… En connaissant le nombre de pixels d'une image et la mémoire nécessaire à l'affichage d'un pixel, il est possible de définir exactement le poids que va utiliser le fichier image sur le disque dur (ou l'espace mémoire requis en RAM pour réaliser un calcul sur cette image).

**Poids (octet) = nombre de pixel total * codage couleur (octet) ……..(1)**

## 1.7. Format des images sur disque :

Il existe beaucoup de format de fichiers pour sauvegarder numériquement

Un format d'image est une représentation informatique de l'image associée à des informations sur la façon dont l'image est codée, et fournissant éventuellement des indications sur la manière de la décoder et de la manipuler. Voici quelque format :

### 1.7.1. Principaux formes de fichiers non compressés :

Les formats les plus simples sont les images sans compression d'où les pixels sont codés directement, les uns à la suite des autres :

## TIFF(Tagged Image File Format)

Le TIFF pour (tagged image file format) été mis au point en 1987.

TIFF est limité à l'utilisation de données matricielles pour la représentation de tous les objets. Les informations vectorielles ou textuelles sont également tramées avant d'être encodées en TIFF. Contrairement à d'autres formats graphiques tels que JPEG, TIFF possède un canal alpha qui peut stocker la transparence des pixels individuels en plus des informations de couleur.

L'avantage de cette méthode est la compression et la décompression simples (plus de 4 Go compressées) et donc rapides de ces fichiers avec une qualité sans perte.

## BMP(Bitmap pour Windows)

Le format BMP est un des formats les plus simples développé conjointement par Microsoft et IBM, ce qui explique qu'il soit particulièrement répandu sur les plates formes Windows et OS/21. Un fichier .BMP est un fichier bitmap, c'est-à-dire un fichier d'image graphique stockant les pixels2 sous forme de tableau de points et gérant les couleurs soit en couleur vraie soit grâce à une palette indexée. Le format BMP a été étudié de telle manière à obtenir un bitmap indépendant du périphérique d'affichage (DIB, Deviceindependent bitmap).

En BMP, la couleur est codé en RGB, le format lui-même supporte la palette 256 couleurs que le « truecolor» [5].

### 1.7.2. Principaux formats de fichier compressés :

Ce sont les formats de fichiers qui permettent, selon un algorithme particulier, de gagner plus ou moins de mémoire en supprimant certaines informations peu ou non perceptibles par l'œil humain. Ils sont particulièrement adaptés à l'internet. On les utilisera donc pour exporter des images destinées à la visualisation sur internet ou à l'archivage.

## JPEG (Joint Photographic Experts Group)

Ce format est l'un des plus complexes, son étude complète nécessite de solides bases Mathématiques.

Les plus gros avantages du format Jpeg sont la simplicité, l'universalité et la légèreté.

- **Simplicité** car, **le format Jpeg est en quelque sorte « développé » par l'appareil**, et ne nécessite pas d'être travaillé systématiquement en post-traitement sur ordinateur comme le fichier Raw.
- **Universalité** : le format Jpeg peut être **lu par tous les programmes**, ordinateurs, tablettes, etc. Il est reconnu par tous les labos, sites web, etc
- **Légèreté** : le format Jpeg est **un format compressé** et à ce titre il prend évidemment très peu de place sur la carte mémoire ou le disque dur. Mais cet argument est moins valable aujourd'hui, du fait du prix très bas des cartes et du disque dur.

Le format Jpeg a les défauts de ses qualités :

- **La compression des données** : la légèreté due à la compression amène **une perte de qualité** (la compression du Jpeg est destructrice et irréversible).
- **Pas de marge d'erreur** : plus embêtant, **une photo au format Jpeg doit être parfaitement exposée** au moment de la prise de vue car la qualité des fichiers Jpeg ne permet pas de rattraper une sous-exposition ou une surexposition.
- **Développement définitif** : à la différence du Raw, les photos au format Jpeg sont en quelque sorte « développées » par l'appareil et **les réglages tels que la Balance couleur ou les styles d'images appliqués définitivement**

## GIF(Graphics Interchange Format)

Ce format est l'autre standard d'internet. Les fichiers gif sont de petites tailles, ce qui est dû

Au fait que ces images ne peuvent enregistrer que 256 couleurs : le plus gros avantage du format est lié à son plus gros inconvénient.

Le format gif permet également la création d'animations et de détourage.

## PNG et MNG(Portable Network Graphic)

C'est le format appelé à devenir le futur standard internet. Comme le gif il permet le détourage des images, mais là où le format gif enregistre 256 couleurs, le png en retient 16.7 MILLIONS ce qui offre une image parfaite, avec un excellent rendu des nuances et des dégradés.

La taille des fichiers reste raisonnable, et, technologie dont ce format est le seul a disposer, il permet la compression sans perte.Le PNG ne gère pas l'animation mais un format dérivé, le MNG, y est destiné [6].

## 1.8. Aspects du traitement d'images

Dans cette section, nous présentons trois aspects du traitement d'image : le filtrage la compression et le tatouage.

### 1.8.1. Filtrage :

Pour améliorer la qualité visuelle de l'image, on doit éliminer les effets des bruits (parasites) en lui faisant subir un traitement appelé filtrage. Le filtrage consiste à appliquer une

transformation (appelée filtre) à tout ou à une partie d'une image numérique en appliquant un opérateur.

#### 1.8.1.1. Filtre passe-bas (lissage) :

Le **filtre passe-bas** est utilisé pour le lissage d'images dans le domaine fréquentiel. Il supprime le bruit haute fréquence d'une image numérique(pixels foncés). et préserve les composants basse fréquence.

#### 1.8.1.2. Filtre passe-haut (accentuation) :

Le **filtre passe-haut** est utilisé pour la netteté de l'image dans le domaine fréquentiel. La netteté de l'image est une technique permettant d'améliorer les détails fins et de mettre en évidence les bords d'une image numérique. Il supprime les composantes basse fréquence d'une image et préserve les composantes haute fréquence.

#### 1.8.1.3. Filtre passe-bande (différentiation) :

Cette opération est une dérivée du filtre passe-bas et filtre passe-haut. Elle consiste à éliminer la redondance d'information entre l'image originale et l'image obtenue par filtrage passe-bas. Seule la différence entre l'image source et l'image traitée est conservée. Les filtres différentiels permettent de mettre en évidence certaines variations spatiales de l'image. Ils sont utilisés comme traitements de base dans de nombreuses opérations comme le rehaussement de contraste ou la détection de contours

### 1.8.2. La compression

La compression de données consiste à obtenir des fichiers plus léger, afin d'améliorer la vitesse de transfert de l'image ou limiter l'espace de stockage utilisé sur un disque dur.

Il existe deux principaux types de compression :

#### 1.8.2.1. La compression sans perte « compactage ».

La compression sans perte est souvent préférée là où la netteté des traits est primordiale : schémas, dessins techniques, icônes, bandes dessinées.

les méthodes de compression sans perte sont également préférées là où la précision est vitale : balayages médicaux ou numérisations d'images pour archivage

### 1.8.2.2. La compression avec perte :

La compression avec perte, plus radicale, est utile pour les transmissions à bas débit, mais dégrade la qualité de l'image restituée.Les méthodes avec perte restent acceptables pour des photos dans les applications où une perte mineure de fidélité (parfois imperceptible) est tolérée pour réduire les coûts de stockage ou d'envoi.

### 1.8.3. Le tatouage :

Le tatouage numérique consiste à insérer une marque invisible (dans certain cas visible) appelée aussi signature, (ou tatouage) dans une image ou dans d'autres documents numériques pour divers buts tel que la lutte contre la fraude, le piratage informatique et la protection des droits d'auteur. La marque insérée est essentiellement une séquence aléatoire, un logo binaire ou une image à niveaux de gris : elle doit être connue uniquement par le propriétaire ou par le diffuseur[7].

## 1.9. Les pixels :

Un pixel est le plus petit élément d'une surface d'affichage (écran, téléviseur) auquel on peut associer une couleur ou un niveau de gris et une intensité Les pixels sont approximativement rectangulaires, parfois carrées. Leur dimension peut être changée en réglant l'écran ou la carte graphique. Habituellement, on indique la taille de l'écran en donnant la longueur de la diagonale, en pouce le matériel informatique.

| | **Taille écran (écrans au rapport 4/3)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 14" soit 35,56 cm (28,8 cm × 21,6 cm) | 17" soit 43,18 cm (34,4 cm × 25 cm) | 19" soit 48,26 cm (38,4 cm × 28,8 cm) | 21" soit 53,34 cm (42,4 cm × 31 cm) |
| **Définition de l'écran** | **Taille de pixel (mm × mm)** | | | |
| VGA (640 × 480 px) | 0,45 × 0,45 | 0,54 × 0,54 | 0,60 × 0,60 | 0,66 × 0,66 |
| XGA (1 024 × 768 px) | 0,28 × 0,28 | 0,34 × 0,34 | 0,37 × 0,37 | 0,41 × 0,41 |
| SXGA (1 280 × 1 024 px) | 0,225 × 0,211 | 0,269 × 0,252 | 0,300 × 0,281 | 0,331 × 0,311 |
| UXGA (1 600 × 1 200 px) | 0,180 × 0,180 | 0,215 × 0,215 | 0,240 × 0,240 | 0,265 × 0,265 |

**Tab1.1 : exemples sur les pixels**

### 1.9.1. Occupation mémoire d'un pixel

Pour l'informatique, un pixel est codé sur un ou plusieurs bits :

- noir et blanc : un bit sur un écran dit monochrome ou vert ou ambre sur fond noir;
- 16 couleurs (standard VGA) : 4 bits ;
- 256 couleurs (ou 256 niveaux de gris, ce qui revient au même en termes d'occupation mémoire) : 8 bits (1 octet) ;
- 65 536 couleurs (« 65,5 milliers de couleurs ») : 16 bits ;
- 16 777 216 couleurs « 16,8 millions de couleurs » : 24 bits.

La place mémoire réelle utilisée peut être plus importante. Par exemple, en mode 16 millions de couleurs, le pixel occupe parfois 32 bits (4 octets), l'octet supplémentaire étant inutilisé, ou utilisé pour coder la transparence. Les appareils photographiques professionnels enregistrent jusqu'à 16 bits[1] par couleur, soit 48 bits.

### 1.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les images numériques d'une manière générale. Nous nous sommes intéressés aux terminologies et aux notions pertinentes dans le domaine des images numériques telles que la numérisation le codage et le stockage. Nous avons également présenté quelques aspects du traitement d'image, tels que le filtrage, la compression et le tatouage.

# Chapitre 2 : Tatouage d'images numériques par paquette d'ondelette

## 2.1. Introduction :

Le tatouage d'images numériques permet l'insertion d'une information invisible qui doit être préservée lorsque l'image subit divers traitements

Dans ce chapitre, on présentera le principe du tatouage numérique des images. Après avoir donné un aperçu historique sur cette technique et sur les techniques de dissimulation de l'information, nous présenterons le tatouage numérique et ses différentes étapes qui conduisent à l'insertion de la marque.

Nous présenterons ensuite les différentes applications possibles du tatouage numérique pour les images. A la fin de ce chapitre nous présenterons brièvement l'évaluation en termes d'imperceptibilité et de robustesse des schémas de tatouage numérique des images.

## 2.2. Historique :

Dans les années 80, Margaret Thatcher, premier ministre britannique, soupçonna certains de ses ministres de transmettre des informations à la presse. Pour identifier le coupable, elle exigea que tous les documents de son cabinet aient un espacement entre les mots spécifiques pour chaque ministère afin d'identifier la source de la fuite des informations.

Cependant, l'art du tatouage a été inventé en Chine depuis plus de mille ans pour tatouer le papier ipaperrnarking), mais le plus ancien papier marqué archivé date de 1292 et son origine est la ville Fabriano en Italie. Le but principal des premiers tatouages sont incertains, mais ils ont été utilisés pour des fonctionnalités pratiques telles que l'identification de l'origine de fabrication du papier ou pour l'identification du fabricant. Au 18'eme siècle, le tatouage fut utilisé en Europe et en Amérique, initialement pour identifier un fabricant ou une usine de papeterie. Il a servi par la suite à indiquer le format et la qualité du papier, et aussi comme base d'authentification du papier et une mesure anti-contrefaçon pour la monnaie et autres documents. Le terme watermark semble avoir été inventé vers la fin du 18ieme siècle et peut avoir été dérivé du mot Allemand wassermarke. Il est difficile de déterminer quand le tatouage numérique a été introduit pour la première fois, mais le premier article utilisant le terme Digital Watermark semble être celui de Komatsu et Tominagaen 1988.

À partir de1995 cette technique a connu son plein essor comme peut en témoigner qui montre le nombre de publications avec le mot clé "watermarking" sur la base de données bibliographiques INSPEC.

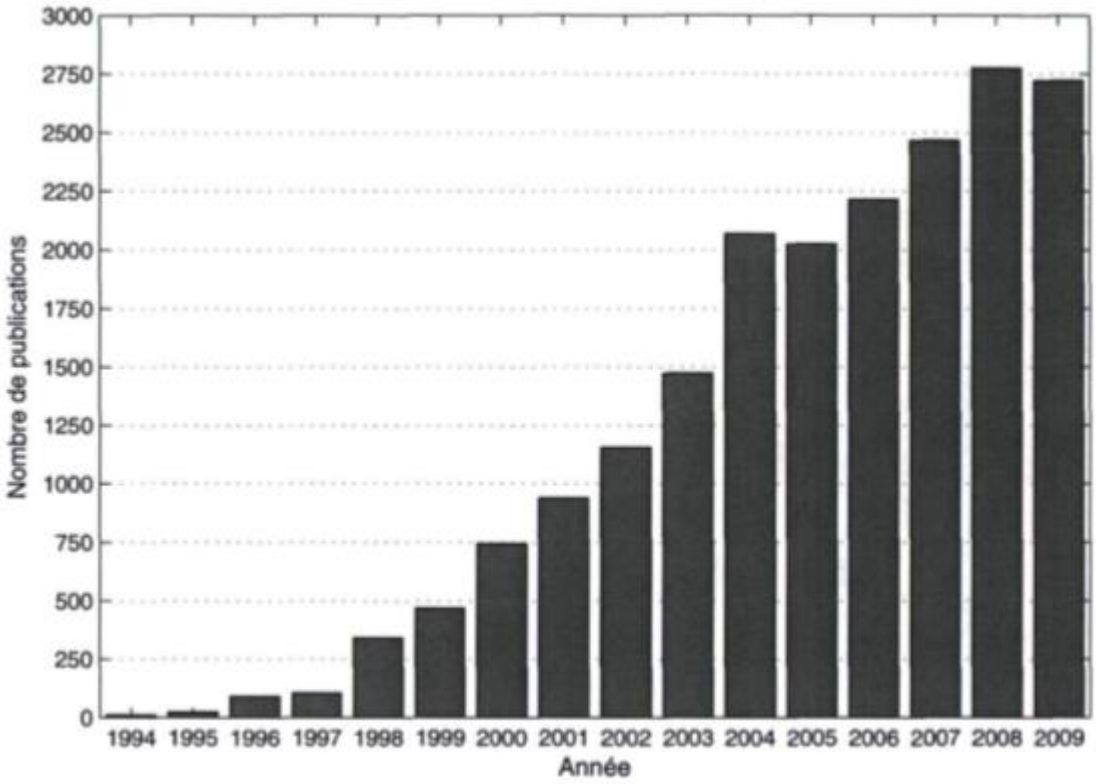


**Figure 2.1 : Nombre de publications sur le tatouage numérique (INSPEC - juin 2010).**

En outre, à cette époque plusieurs organisations ont commencé à considérer le tatouage numérique pour l'inclure dans leurs normes. Le Copy Protection TechnicalWorking Group a testé des systèmes de tatouage numérique pour la protection de la vidéo dans des disques DVD

Les premières publications portant sur le tatouage d'images numériques ont été publiés par Tanaka et al. [8]en 1990 et par Tirkel et al.

## 2.3 Les différentes attaques

### 2.3.1 Attaques malveillantes :

Regroupe les opérations qui ont pour objectifs de supprimer ou d'empêcher l'extraction correcte de la marque.

**2.3.2Les attaques intentionnelles :** Hartung et al. [Hartung et al., 1999] proposent sous forme de tableau une classification des différents algorithmes d'attaques proposés dans la littérature en fonction des catégories qu'ils ont définies. Le tableau 2.1 regroupe une grande majorité des attaques utilisées couramment pour mettre en défaut les algorithmes de tatouage. Nous avons complété le tableau avec des schémas d'attaques plus récents.

| Type d'attaque | Exemples |
|---|---|
| Suppression ou détérioration de la signature | Estimation<br>Compression<br>Quantification<br>Remodulation<br>Collusion |
| Attaques de désynchronisation | Transformations géométriques<br>Distorsions |
| Attaques cryptographiques | Recherche de clés<br>Attaque Oracle |
| Attaques de confusion | Remarquage<br>Attaque copie |

**Tab 2.1 : Classification des attaques sur les schémas de tatouage**

## 2.4 Principe de la transformée en ondelettes :

La transformée de Fourier permet de connaître le comportement fréquentiel d'un signal mais perd toutes les informations relatives au temps, d'où est venu l'idée d'utiliser la transformée de Fourier à court terme, développée par GABOR en 1946. Cette transformée consiste à considérer le signal autour d'un temps t. Ce signal est analysé ensuite par une fenêtre glissante *g(u-t)* centrée sur cette instant *t* en appliquant sa transformée de Fourier définie par l'équation suivante :

$$\int x(u)g(u - t)e^{-i2\pi vu}du \text{.....(2)}$$

Avec $x(u) \in L2(\mathbb{R})$.

Le glissement de cette fenêtre au long du signal permet de mesurer le continu spectral au cours de temps. Cette manière d'analyse par la transformée de Fourier à court terme a quelques inconvénients :

- Si on considère une fenêtre large en temps, on constatera une bonne résolution fréquentielle contre une mauvaise résolution temporelle.
- Dans le cas contraire, si on considère une fenêtre étroite en temps, on constatera une résolution temporelle précise contre une mauvaise résolution fréquentielle.

Pour cela, Morlet a introduit la transformée en ondelettes qui est conçue pour être adaptative. Cette transformée permet de déterminer les différentes composantes fréquentielles d'un signal donné, ainsi que leur localisation spatiale ou temporelle. Par définition, les ondelettes sont des fonctions gérées à partir d'une fonction appelée ondelette mère ψ de moyenne nulle ($\int\psi(t)$ dt=0)$+\infty-\infty$par dilatations et translations. Ainsi, la décomposition en ondelettes fait intervenir deux paramètres qui sont le facteur d'échelle set le facteur de translation *u* :

$$\Psi u,s = \frac{1}{\sqrt{s}}\Psi\left(\frac{t-u}{s}\right)\text{.....(3)}$$

L'ondelette $\psi u$, *s*ayant été déplacée pour être centrée sur *u* : c'est donc le point autour duquel l'analyse se fait. Le paramètre d'échelle *s* permet d'obtenir des ondelettes à partir d'une ondelette mère, des ondelettes comprimées (support réduit) ainsi que des ondelettes dilatées (support étendu). Les ondelettes comprimées sont utilisées pour déterminer les composantes de haute fréquence tandis que les ondelettes dilatées permettent de déterminer les composantes de basse fréquence. Le paramètre *u*, quant à lui, permet d'analyser par translations successives le signal jusqu'à ce que celui-ci soit entièrement parcouru comme nous pouvons l'apercevoir dans la figure 7 :

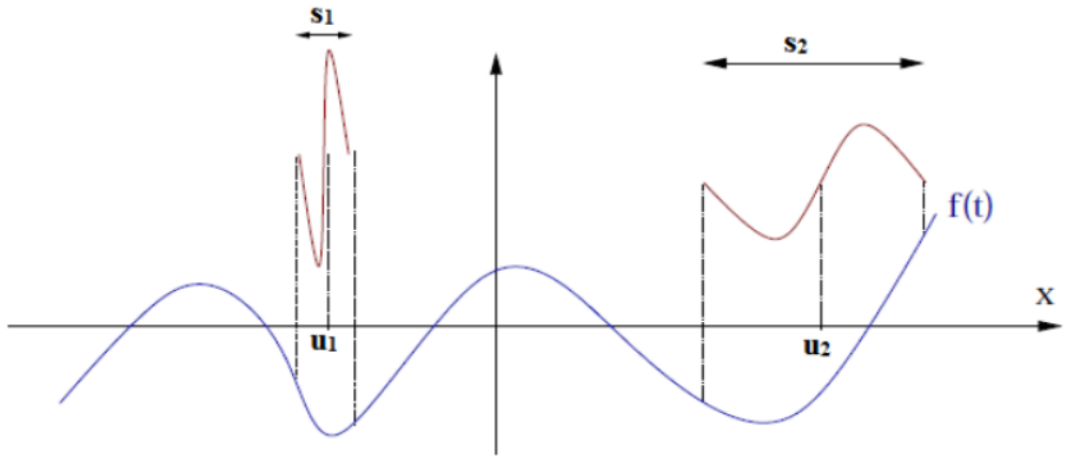


**figure 2.2 : Exemples d'ondelettes $\psi u1,s1$ et $\psi u2,s2$**

**2.4.1 La transformé continue en ondelette** :

un signal *x* à l'échelle *s* et à la position *u* est donnée par:

$$W_{x(U,s)} = \varsigma_{-\infty}^{+\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} - \left(\frac{t-u}{s}\right) dt \quad \text{.....(4)}$$

La transformation en ondelette est inversible à condition que :

$C\psi = \int |\psi(\omega)2| \omega + \infty 0 d\omega < +\infty$ Où $\Psi(\omega)$ est la transformée de Fourier de $\psi$. L'inverse de la transformé en ondelettes est donnée par l'équation suivante :

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{C_w}} \iint W_{x(u \cdot S)} \frac{1}{s} \psi * \left(\frac{t-u}{s}\right) du \frac{ds}{s^2} \quad \text{.....(5)}$$

**2.4.2 La transformée discrète en ondelette** :

- Est dérivée de la version continue. Elle utilise un facteur d'échelle et une translation discrétisée. Nous parlons de la transformée en ondelettes discrète dyadique lorsque le facteur d'échelle est égal à $2i$.
- L'analyse multi résolution permet d'analyser un signal en différente bandes de fréquences, pour avoir une vue de la plus fine à la plus grossière. Le principe est d'analyser le signal à hautes fréquences, pour prélever les détails, ensuite analyser le signal à une résolution deux fois moins fine et réitérer l'opération en grossissant son échelle d'un facteur de deux, jusqu'à obtenir une description complète du signal. L'un des éléments fondamentaux de l'analyse multirésolution est l'introduction d'une matrice de dilatation D qui définit le "processus" de lissage lors d'un changement de résolution. Nous présentons dans la Figure 3.03 l'algorithme de décomposition/synthèse rapide (DWT) d'un signal x(n).
- Le calcul de l'approximation passe-bas et des coefficients d'ondelettes à l'échelle $l$ se résume à la convolution (filtrage) des coefficients de l'approximation passe-bas à l'échelle $l - 1$ suivie d'une opération de décimation suivant D : $h0$(n) représente le filtre passe-bas, $h1$(n) est le filtre passe-haut, 2 ↓ représente l'opération de décimation d'un facteur 2 et 2 ↑ représente l'interpolation qui consiste à intercaler un zéro entre deux échantillons

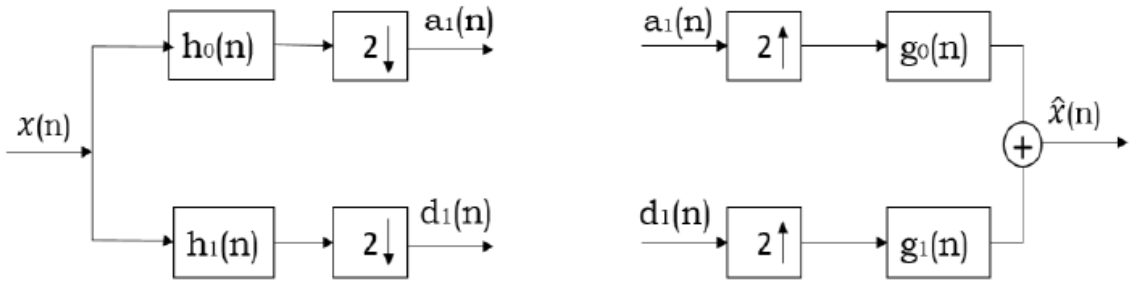


**figure 2.3 : Décomposition en ondelettes sur un niveau de résolution**

- En suivant le même raisonnement que pour la décomposition, on obtient que la reconstruction de l'approximation passe-bas à l'échelle $l$ se résume à la convolution des coefficients del'approximation passe-bas et des coefficients d'ondelettes à l'échelle $l$+1 précédée d'une opération d'interpolation suivant D.
- Comme pour l'analyse, ce processus peut se réitérer permettant ainsi de reconstruire la séquence initiale à partir de tous les coefficients d'ondelettes et de la dernière approximation passe-bas.[9][10]

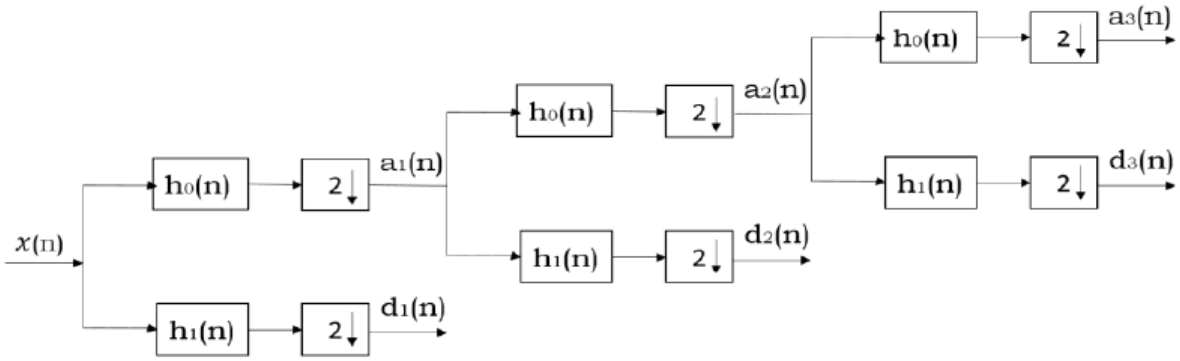


**Figure 2.4 : Décomposition en ondelette sur trois niveaux de résolution**

La Figure 2.5 illustre un exemple d'analyse de l'image à partir d'un banc de filtres. La reconstruction d'une image à partir de ses coefficients en ondelettes c'est-à-dire : l'image à sa résolution la plus grande, est égale à la somme d'une version floue, et des détails apparaissant à des échelles différentes, c'est à dire à des résolutions différentes.


**Figure 2.5 : Décomposition par la transformée d'ondelette**

### 2.4.3 Sélection de meilleures bases de décomposition en paquets d'ondelette

La notion de meilleure base de paquets d'ondelettes a été introduite par Coifman et Wickerhauser [11] dans le cadre de la compression des signaux. L'idée principale est de trouver une base qui représente le mieux le signal, c'est à dire sur laquelle l'information sera la plus concentrée.

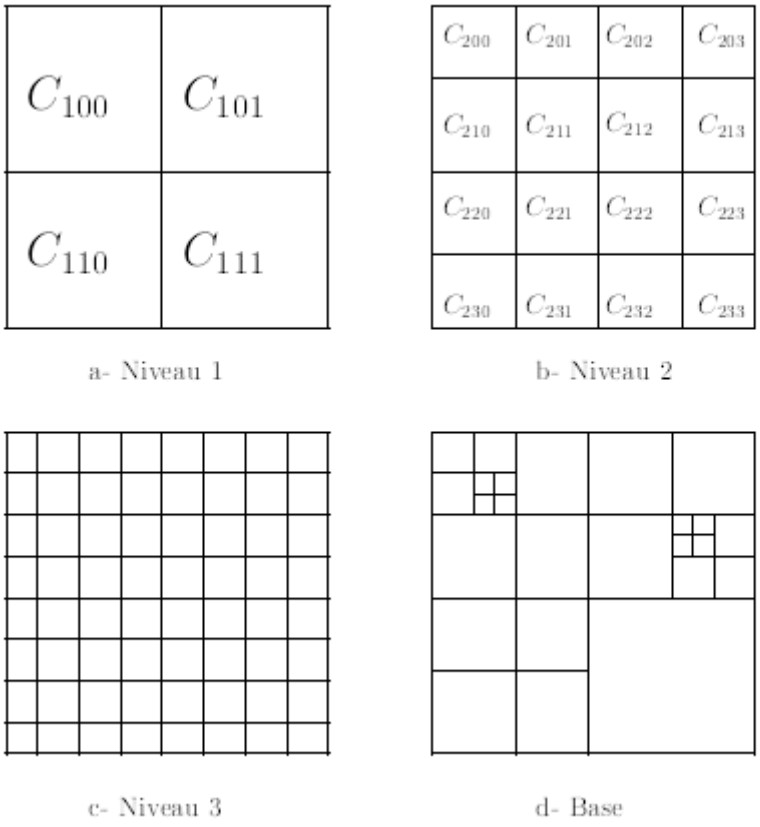


**Figure 2.6 : exemple de meilleure base**

a, b ,c : Découpages espace-fréquence correspondant aux trois premiers niveaux

d : meilleure base

de la décomposition en paquets d'ondelettes

### 2.5 Représentation des coefficients d'ondelettes :

Dans cette représentation, la transformée en ondelettes discrète décompose une image en quatre sous-bandes, à savoir une sous-bande d'approximation LL et trois sous-bandes de détails : LH, HH et HL, correspondant, respectivement aux détails verticaux, diagonaux et horizontaux. La lettre H correspond au filtrage passe-haut et la lettre L à celui du passe-bas appliqués de façon séparable sur les lignes et les colonnes. La décomposition de la sous-bande d'approximation LL permet d'obtenir une représentation sous forme pyramidale. La Figure 2.7 montre la représentation à échelles séparées de la décomposition successive par la

transformée en ondelettes discrète d'une image quelconque jusqu'à trois niveaux de résolution avec les sous-bandes correspondantes.

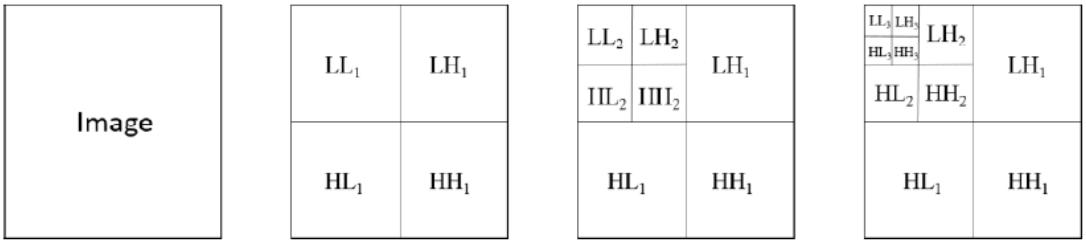


**Figure 2.7 : Représentation à échelles séparée d'une décomposition successive par la transformée en ondelettes discrète**

(a) : image à décomposer,

(b) : Niveau 1,

(c): Niveau 2,

(d) :Niveau 3

Avec

**LL: low**-low frequency band**.**

**LH**: low-high frequency band.

**HL: high**-low frequency band**.**

**HH :** high-high frequency band

## 2.6 Propriétés des ondelettes :

**2.6.1 Sélectivité en fréquence :** Une ondelette est constituée de plusieurs fréquences. Les coefficients d'ondelettes se réfèrent à ce mélange de fréquence de fréquences. Plus de fréquence de l'ondelette est étroite, plus l'ondelette est sélective en fréquence.

**2.6.2 Similarité :** Toutes les ondelettes qui appartiennent à la même famille doivent être similaires, c'est-à-dire se déduire les unes des autres par combinaison linéaire de translation et de dilatation.

**2.6.3Symétrie :** Pour l'ondelette la symétrie temporelle permet d'éviter le déphasage dans la transformée en ondelettes.

**2.6.4 Régularité :** Une ondelette doit être suffisamment régulière vue que c'est la principale contribution des ondelettes dans le domaine du codage. Elle agit sur la qualité de la reconstruction

du signal. Une ondelette est dite régulière si elle est très lisse et que l'on peut l'approximer localement par un polynôme. L'ordre de régularité d'une ondelette est égal au nombre de ses moments nuls.

**2.6.5 Nombre de moments nuls** : Pour certaines applications, les ondelettes doivent également avoir un certain nombre de moments nuls, afin d'éliminer la partie polynômiale du signal et être ainsi plus sensible aux fluctuations les moins régulières.

**2.6.6 Facteur d'échelle minimal :** En théorie, le facteur d'échelle a qui est strictement positif, peut varier jusqu'à $+\infty$. En pratique, il suffit de fixer un nombre de points de discrétisation minimum (min), de telle sorte que les valeurs discrètes de l'ondelette soient représentatives de sa forme continue.

## 2.7 Principe du tatouage par DWT :

Le principe de tatouage numérique dans le domaine d'ondelettes est illustré dans la figure 12, Il consiste à décomposer l'image par la transformé en ondelette discrète DWT puis à insérer une marque dans une résolution donnée.

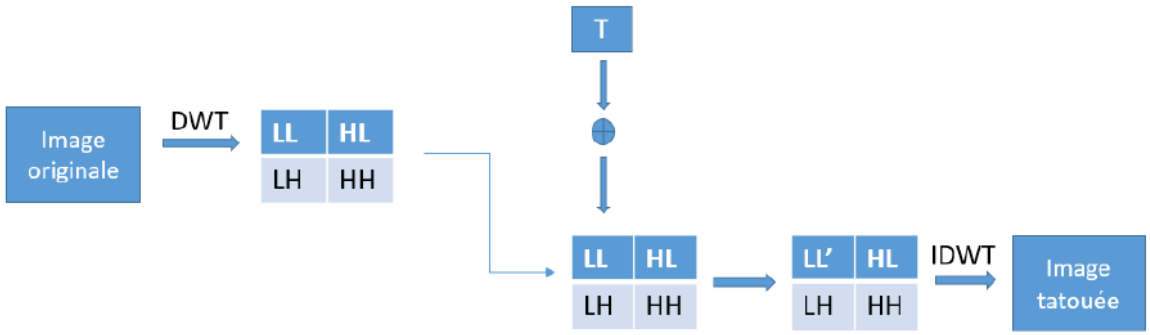


**Figure 2.8 : Insertion d'une marque dans le domaine des ondelettes**

Pour extraire la marque, il suffit d'effectuer l'inverse des étapes d'insertion dans le domaine de DWT.

## 2.8Quelques types d'ondelettes

### 2.8.1 Les ondelettes de Haar :

Le mérite revient à Alfred Haar d'avoir construit en 1909 des bases considérées aujourd'hui comme le fondement de la théorie des ondelettes. En effet, Haar a défini une fonction h(x) telle que :

$$h(x) = \begin{cases} -1 \text{ pour } 0 \le x \le \frac{1}{2} \\ 1 \text{ pour } \frac{1}{2} \le x \le 1 \\ 0 \quad \text{ailleurs} \end{cases}$$

### 2.8.2 Ondelettes de Daubechies :

Ingrid Daubechies (1990) a complété l'œuvre de Haar en 1987 . Pour toute valeur r, Daubechies construit une base orthonormée de ( ) 2 L R de la forme, x K j Z K Z j r j 2 2ψ (2 – ), ∈ , ∈ qui vérifie les propriétés énoncées plus haut. En effet, ψ est définie sur un support compact [0,2r + 1] et satisfait l'équation :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} . \Psi r(x)\, dx = \int_{-\infty}^{+\infty} x \ \Psi r(x)\, dx \text{.....(6)}$$

### 2.8.3 Ondelettes bi-orthogonales :

Pour définir les ondelettes bi-orthogonales, il est nécessaire d'introduire les fonctions duales ( ) ~ψ x et ( ) ~ ϕ x , de ϕ(x) et ψ (x) , respectivement. Les conditions présentées par l'équation sont alors vérifiées :

$$\begin{cases} \left\langle \phi_k^j \middle| \tilde{\Phi}_L^j \right\rangle = \delta_{k \cdot L} \\ \left\langle \psi_k^j \middle| \tilde{\psi}_L^j \right\rangle = \delta k \cdot L \end{cases} avec\ \delta_{k \cdot L} \begin{cases} 1 \text{ pour } l=k \\ 0\ ailleurs \end{cases} \text{.....(7}$$

)

### 2.9 choix une ondelette :

Il n'y a pas une ondelette qui soit meilleure qu'une autre. Tout dépend de l'application utilisée. Dans certains cas, l'ondelette la plus simple (Haar) sera optimale. Pour d'autres applications, ce sera le pire des choix possibles. En pratique, il semblerait que l'élément le plus important soit le nombre de moments nuls. Pour la plupart des applications, il est désirable d'avoir le plus de coefficients d'ondelettes nuls et donc plus de moments nuls implique une meilleure transformation. Cependant, les ondelettes ayant un plus grand nombre

de moments ont aussi un support plus grand ce qui signifie que si la fonction ou le signal a des discontinuités brusques

## 2.10 Extraction de l'image tatouage

le processus d'algorithme d'extraction est l'inverse du processus d'insertion. Il est supposé que la marque est aussi comme elle est vue depuis l'expéditeur est disponible à la fin récepteur pour les utilisateurs autorisés.

En effet, l'opération de la TOD d'un niveau est appliquée sur les images, originale et tatouée, pour produire les coefficients approximatifs et les coefficients de détail.

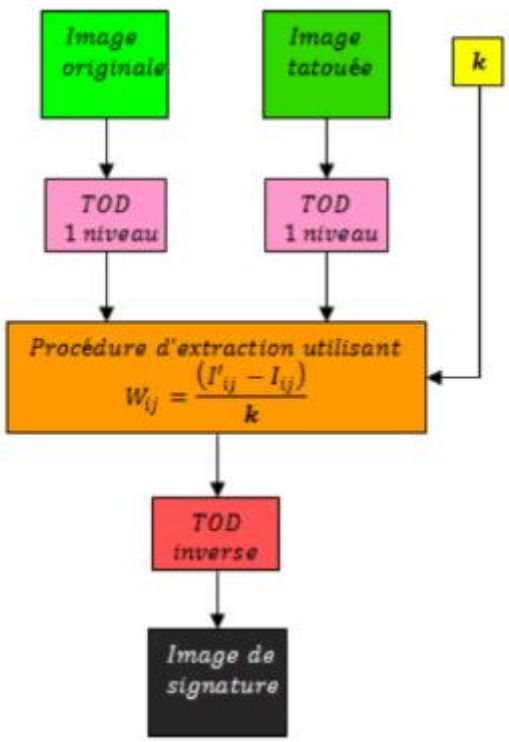


**Figure 2.9 : Schéma d'extraction de l'image tatouage**

Après l'étape de transformée, nous pouvons extraire l'image de signature par l'algorithme d'extraction de l'image tatouée, figure 2.9. Pour ce but, la formule suivante est utilisée :

$$w(t \cdot j) = \frac{I*(i \cdot j) - I(i \cdot j)}{k} \quad \text{.....(8)}$$

Après que cette formule étant exécutée, la TOD inverse de 1 niveau est appliquée sur les données de tatouage pour produire une image de tatouage extraite.

## 2.11 qualité :

Il faut d'une part que l'image tatouée soit de la même qualité que l'image originale, D'autre part, les attaques auxquelles doit être robuste le tatouage, doivent conserver la qualité d'image

### 2.11.1 Mesure de la qualité d'une image

La qualité absolue d'une image. Aucun algorithme n'est capable, sans image de référence, de dire qu'une image est de bonne ou mauvaise qualité. Cependant, dans le cadre de nos applications, cette contrainte n'est pas restrictive puisque l'image originale peut nous servir de référence. La mesure de qualité des images est donc une mesure de distance entre deux images.

Les mesures de distances les plus simples comparent les deux images pixels par pixels[12]

Elles sont fondées sur la différence entre les deux images ou sur des corrélations entre ces images. Les mesures de distorsion les plus populaire en traitement d'image et compression étant tout simplement le rapport signal sur bruit (SNR Signal to Noise Ratio) et le (PSNR Peak Signal to Noise Ratio). Ils sont mesurés en décibel (dB) à partir des relations suivantes :

$$(\mathrm{SNR})\ \mathrm{dB} = 10\log_{10}\left(\sum_{m\cdot n} I^2_{m\cdot n} / \sum(\mathrm{Im.\,n} - \bar{\mathrm{I}}_{\mathrm{m\cdot n}})2\right) \ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

$$(\mathrm{PSNR})\mathrm{dB} = 10\log_{10}(\mathrm{MNmax}\mathrm{I}^2_{\mathrm{M\cdot n}}/\Sigma(\mathrm{Im.\,n} - \bar{\mathrm{I}}_{\mathrm{m\cdot n}})2)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

Où I (m ; n) est la valeur du pixel (m ; n) de l'image référence et ~I (m ; n) celle de l'image à tester, les deux images étant de taille [M _ N].

Si ces mesures quantifient bien les dégradations par ajout de bruit, leurs applications dans notre cadre de travail pose différents problèmes. Les plus évidents concernent par exemple les transformations affines : Si on fait subir une symétrie à une image, le PSNR entre l'image modifiée et son original pourra être très bas alors que l'image n'est pas modifiée. On ne peut donc pas utiliser ces mesures de manière systématique.

On peut observer aussi que ces mesures n'intègrent pas dans le calcul les comportements des voisinages des pixels traités, et qu'aucun comportement fréquentiel n'est pris en compte. Enfin, aucun critère psycho visuel n'est utilisé. On utilisera cependant le PSNR comme valeur indicative. On sait par exemple qu'une image de PSNR inférieure à 35 dB sera probablement de mauvaise qualité.

La qualité des images peut s'obtenir à partir de critères subjectifs. La recommandation 500 du propose de présenter les images modifiées et originales à un groupe d'observateurs composé d'experts et de non-spécialistes. On présente les images à deux moments distincts, la distance de présentation requise est de quatre fois la hauteur de l'écran.

| Note | Qualité |
|---|---|
| 5 | Excellente |
| 4 | Bonne |
| 3 | Assez bonne |
| 2 | Médiocre |
| 1 | Mauvaise |

**Tab2.2 : note de qualité d'image**

## 2.12Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un bref aperçu sur la théorie des ondelettes. En effet, les algorithmes de décomposition et de reconstruction à deux dimensions font l'objet de ce chapitre. Par l'algorithme de décomposition

# Chapitre 3 : Simulation algorithme de tatouage

## 3.1 introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter algorithme et les différents résultats pratiques obtenus du tatouage numérique des images par paquette d'ondelette en utilisant Matlab 2011.

## 3.2Les attaques sur les schémas de tatouage

L'attaque est définie comme étant tout traitement susceptible d'altérer la marque ou provoquer une ambiguïté lors de son extraction. On distingue plusieurs types d'attaques, Parmi ces attaques classiques nous retrouvons :

- Les transformations géométriques (décalage, rotation, zoom, …).
- La compression avec pertes, essentiellement le JPEG.
- L'addition d'un bruit.
- Le filtrage.
- Découpage

Les attaques tiennent une place très importante dans le cahier des charges d'un processus de tatouage puisqu'elles définissent sa robustesse. Classiquement, on peut séparer les attaques de la manière suivante :

- **Les attaques non-intentionnelles** : ce sont les traitements usuels de l'image comme la compression, le filtrage, la conversion A/N…etc. ces attaques ne visent pas forcément à supprimer la signature, l'identifier ou l'isoler.
- **Les attaques intentionnelles** : ces attaques visent à supprimer ou à dégrader la signature insérée comme l'attaque jiter qui consiste à enlever des lignes et des colonnes de l'image tatouée et à en dupliquer d'autres.

### 3.2.1 Attaques non intentionnelles :

#### 3.2.1.1Les techniques de compression :

Les algorithmes de compression sont particulièrement dangereux pour les processus de tatouage puisque leur objectif est exactement l'opposé de celui du tatouage. On veut en effet, par l'utilisation de ces algorithmes ne garder de l'image que les composantes basse-fréquence essentielles à leur compréhension (une signature invisible n'est évidemment pas essentielle). Si un algorithme de tatouage veut être robuste aux schémas de compression, il doit posséder une composante basse-fréquence qui sera conservée après la compression.

**3.2.1.2 Les opérations de rehaussement, de lissage :**

Le rehaussement des images s'effectue en augmentant les composantes hautes fréquences de l'image. Les composantes hautes fréquences de la signature sont alors accentuées. Le lissage des images atténue la composante haute fréquence de l'image qui devient alors plus floue. Les composantes hautes fréquences de la signature sont dégradées.

**3.2.1.3 Les transformations géométriques usuelles :**

L'édition des images nécessite constamment de modifier leur géométrie, on peut vouloir effectuer un fenêtrage, un changement d'échelle, un zoom, une translation, ou encore appliquer une rotation sur l'image. Ces transformations géométriques désynchronisent dans la plupart des cas le détecteur qui ne retrouve plus la signature (bien que celle-ci soit présente).

**3.2.2 Les attaques intentionnelles :**

**3.2.2.1 Attaque par copiage :**

L'attaque par copiage consiste à recopier une marque obtenue préalablement (par exemple par estimation) sur une image non marquée. Le détecteur validera alors la nouvelle image comme étant tatouée. Cette attaque s'applique naturellement aux problèmes d'intégrité, puisqu'elle rend possible la présentation de faux qui seront authentifiés par le détecteur.

**3.2.2.2Attaque "jitter" :**

Elle consiste à inverser, à supprimer ou à remplacer certaines linges ou colonnes de l'image numérique. Cette attaque est très efficace face à des schémas de type étalement de spectre.

**3.2.2.3Attaque "mosaïque " :**

Elle consiste à diviser l'image en différentes parties. A cause de la division, la détection ne pourra pas être effectuée sur toute l'image mais seulement sur les parties séparées de l'image. Elle permet d'invalider la détection sans pour autant supprimer la marque.

**3.2.2.4Attaque"randombending" :**

Elle consiste à appliquer des déformations géométriques aléatoires sur l'image tatouée. Des petits seuillages sont effectués sur les zones planes de l'image pour dégrader la marque dans ces zones.

**3.2.2.5 Attaque "sur marquage" :**

L'attaque par sur-marquage vise à tatouer à nouveau une image déjà tatouée. Pour certains schémas, en particulier si les lieux de tatouages sont fixés, cette attaque peut être très dangereuse.

## 3.3 Les applications du tatouage :

### 3.3.1 Protection des droits d'auteur :

L'objectif du tatouage pour la protection du copyright est d'introduire dans une image originale une marque invisible contenant un code de copyright de propriétaire. Afin que L'image marquée ou tatouée puisse alors être distribuée en toute sécurité contre le piratage et la redistribution illégal.

### 3.3.2 Authentification :

La marque permet de s'assurer que le contenu du document est authentique, il s'agit d'une marque fragile, qui subit des distorsions si le document a été altéré.

### 3.3.3 Protection de Copie :

Dans certain cas le cryptage d'un document ne suffit pas à assurer la protection de la copie. Car une fois décrypté le document n'est plus protégé et rien n'empêche le client de le copier. Le tatouage peut s'appliquer à cette famille de problèmes.

### 3.3.4 Information sur le support :

La marque peut contenir des données globales sur l'œuvre, du genre : l'auteur de l'œuvre, titre, date d'édition, adresse électronique etc. il ne s'agirait pas d'une seconde marque, mais d'informations supplémentaires insérées dans la première marque. Dans la possibilité où cette application interviendrait en complément d'une protection de la propriété,

### 3.3.5 Indexation :

On peut envisager l'utilisation du tatouage afin de faciliter l'accès à des banques de données.

## 3.4 les domaines et les méthodes de tatouage :

### 3.4.1 Le domaine spatial. :

Cette approche consiste en la modification directe des pixels de l'image. Afin d'assurer l'invisibilité de la signature, cette modification doit rester limitée. Une des toutes premières approches utilisée consiste à insérer les bits du message dans les bits de poids faible de chaque pixel (least signifiant bits, LSB). Une autre approche, appelée patchwork, est la modification des propriétés statistiques de petites régions de l'image, comme la moyenne ou l'écart-type, le message étant représentée par exemple par la différence de ces propriétés entre deux régions adjacentes. On peut aussi inclure dans cette catégorie les techniques consistant à encoder le message dans l'histogramme de l'image, en modifiant les valeurs des pixels en conséquence. Ou bien le tatouage *w* peut être tout simplement ajouté aux pixels de l'image, avec une faible intensité. L'inconvénient des méthodes appliquées au domaine spatial est qu'elles sont en général peu robustes.

### 3.4.2Le domaine fréquentiel :

Les schémas qui utilisent le domaine fréquentiel comme domaine d'insertion peuvent être davantage robustes face aux opérations de compression puisqu'ils utilisent le même espace que celui qui sert au codage de l'image. D'autre part, grâce aux algorithmes de transformations rapides, le calcul de la transformée d'une image est devenue peu coûteux. Par contre, l'utilisation de la TCD comme espace d'insertion rend le schéma très sensible aux transformations géométriques (translation, rotation, etc.). En effet, celles-ci ont pour effet de modifier considérablement la valeur des différents coefficients TCD d'une manière qui n'est pas facilement modélisable. Par contre l'espace obtenu après la TFD possède des propriétés d'invariance qui peuvent être exploitées pour détecter la signature après une transformation géométrique.

### 3.4.3 Les méthodes additives :

Les méthodes additives sont les plus nombreuses et consistent principalement à ajouter un bruit à l'image. La figure (3.1) montre le schéma complet d'une méthode additive. La première étape est la génération d'une marque $W_0$ qui est composée d'un bruit blanc bb de générateur K modulant parfois un message M. La seconde étape est la pondération de cette marque par un facteur α issu du calcul d'un masque psychovisuel Ma. La troisième étape est l'addition de la marque à l'image. Cette incrustation peut se faire directement sur l'image I (dans le domaine spatial) ou sur une transformée Tr de celle-ci (TFD, TCD, TOD,…etc.) pour obtenir l'image tatouée $I^*$

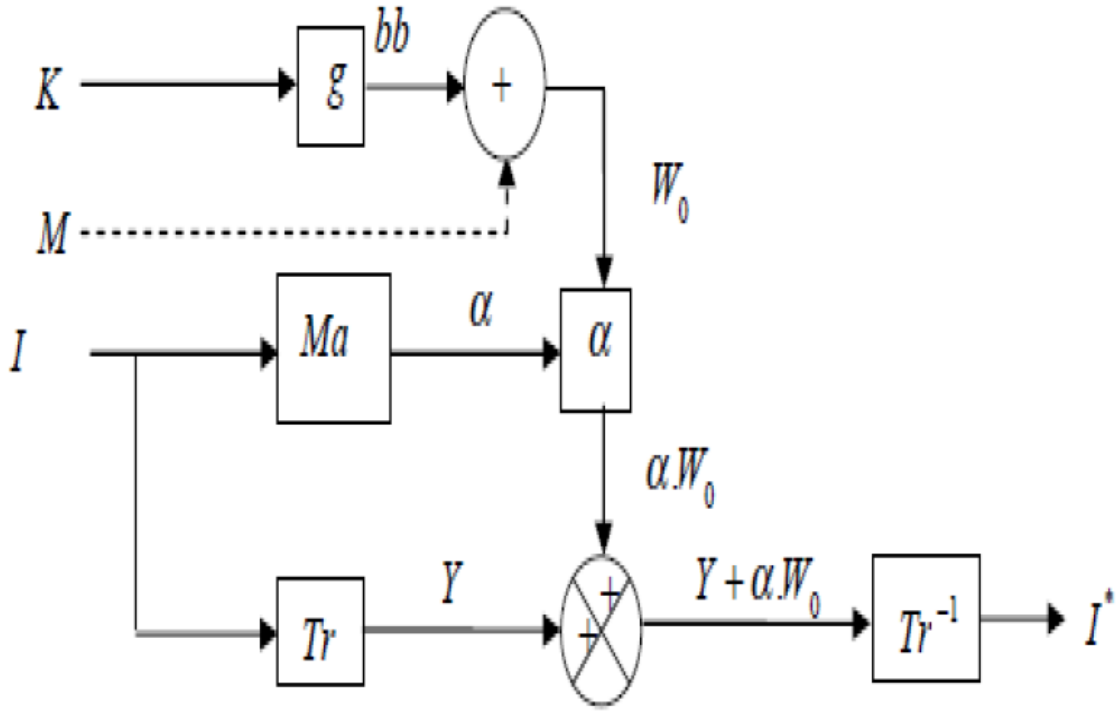


**Figure 3.1 tatouage d'une méthode additive.**

### 3.4.4 Les méthodes substitutives :

La classe des schémas substitutifs peut être représentée par des schémas où la signature n'est pas ajoutée mais substituée des composantes de l'image. Une clé secrète *K* associée à un générateur aléatoire permet de sélectionner les différentes composantes *C* (*I*) *K* de l'image. Ces composantes peuvent désigner les pixels d'une image, ou une transformée de celle-ci (TCD, TFD,…etc.). La signature à insérer est obtenue en appliquant une contrainte (par exemple : un critère de similarité ou une relation d'ordre) sur *C* (*I*) *K* en fonction du message à insérer. On procède ensuite à l'étape de substitution. L'image tatouée *I** est reconstruite à partir des composantes propres à la signature figure (II.4). La détection de la signature s'effectue en comparant le degré de similitude entre le message retrouvé à partir des composantes extraites de l'image tatouée *C* (*I**) *K* et le préambule utilisé lors de l'insertion

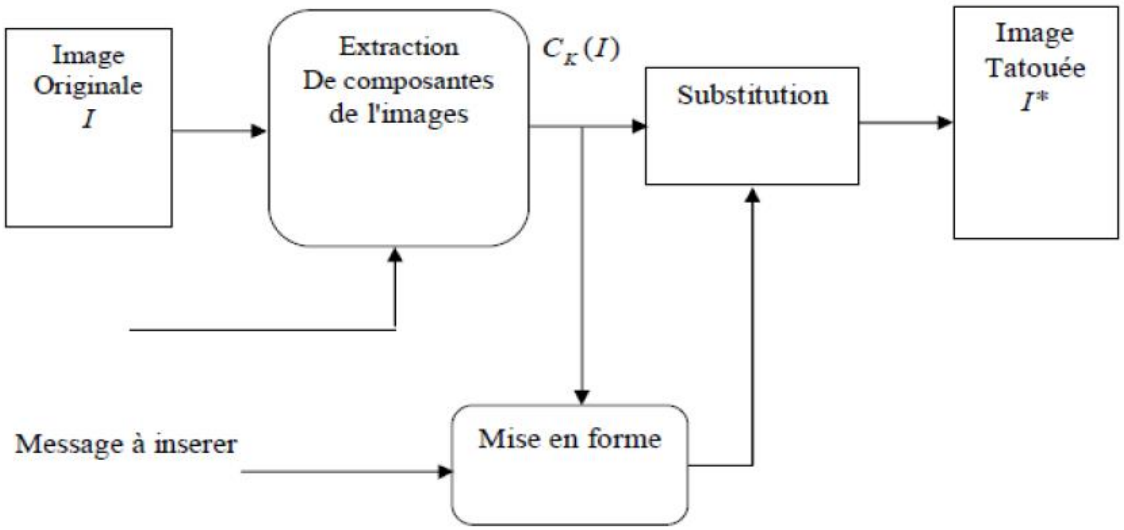


**Figure 3.2 : Principe de l'insertion par Substitution.**

### 3.5 algorithme de tatouage :

### 3.5.1 Phase d'insertion

L'insertion de la marque consiste à insérer dans l'image originale I, une marque M et ainsi créer une nouvelle image appelée image tatouée Iw Un troisième paramètre facultatif peut être ajouté : la clé secrète de marquage Cm qui permet d'assurer un certain niveau de sécurité au processus de tatouage, comme indiqué sur la Figure. 3.3

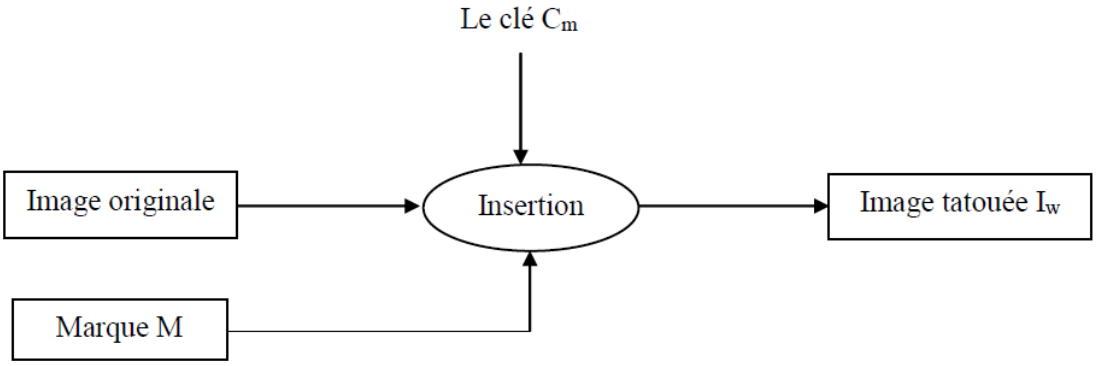


**Figure 3.3 Schéma général de l'insertion d'une marque**

### 3.5.2 Phase d'extraction :

Lors de cette phase on peut avoir besoin de l'image originale I. l'utilisation d'un tatouage informé permet de déterminer si l'image tatouée a été attaquée. Par exemple, si celle-ci a subi une transformation géométrique, la présence de l'image originale fournit des informations supplémentaires qui peuvent servir pour améliorer l'extraction de la marque. L'utilisation de l'image originale à la phase extraction apporte beaucoup de robustesse à l'algorithme de tatouage numérique des images.

La figure 3.4 illustre un schéma général d'extraction non aveugle d'une marque.

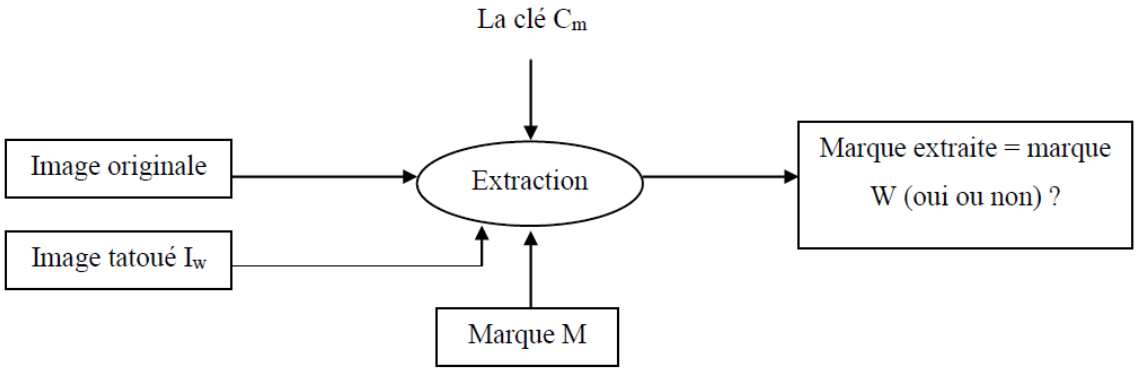


**Figure 3.4 Schéma général d'extraction d'une marque**

### 3.6 Avantages de la DWT (Discret Wavelet Tronsform)

1- Pas besoin de diviser l'entrée de codage en blocs de 2-D en cas de compression, car il a des tauxde compression supérieurs qui nous permettre d'éviter l'effet de «blockingArtifacts »1.

2- Permettre une bonne localisation dans le domaine temporel et le domaine fréquentiel

3- La transformation de la totalité de l'image introduit une mise à l'échelle inhérente.

4- Meilleure identification des données appropriées à la perception humaine.

5- Haute flexibilité dans le choix de l'ondelette.

## 3.7 Les caractéristiques de tatouage efficace :

### 3.7.1 Robustesse :

C'est la capacité qui possède un algorithme de tatouage à résister aux attaques extérieures, qu'elles soient bienveillantes ou malveillantes. En effet beaucoup d'attaques permettent aujourd'hui de modifier l'image de telle sorte qu'on ne puisse plus y déceler la signature du propriétaire. Ces techniques utilisées pour le piratage combinent notamment les transformations géométriques, la compression, les filtrages divers et attaques de type cryptographique.

### 3.7.2Capacité :

C'est la quantité d'information (bits de tatouage) que l'on peut cacher au sein du média (image ou vidéo). Il paraît évident que plus on augmente la capacité, plus la signature sera perceptible, et plus la robustesse diminuera (dans le cas où on veut retrouver exactement la marque).

### 3.7.3 Invisibilité :

Le tatouage doit être imperceptible, c'est à dire qu'un utilisateur quelconque ne doit pas pouvoir différencier visuellement l'image tatouée de l'image originale. Cette propriété est importante pour deux raisons. La première est évidente : le tatouage ne doit pas empêcher la compréhension de l'œuvre, celle-ci doit garder toute sa qualité commerciale. Une autre raison est, qu'ainsi cachée, la marque est plus difficilement détruite par piratage.

## 3.8 les résultats :

Le tatouage fait une partie très insérant surtout dans nos jours et sa utilisions généralement dans tous les domaines de la vie pour cela on a étudié 3 cas du tatouage dans des différents domaines

### 3.8.1 exemple A

Pour le premier cas qui est représenté la figure qui étude la protection des données personnel leur de la transmission

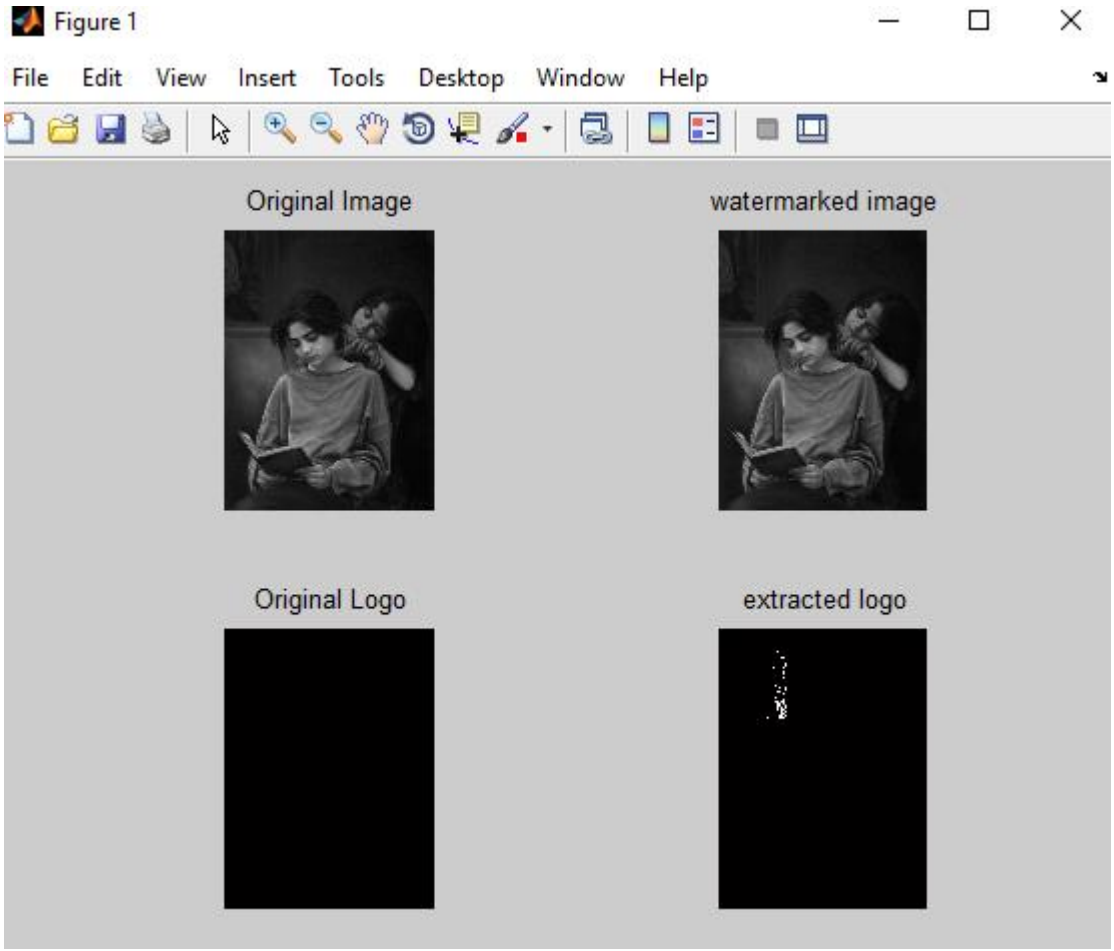


**Figure 3.5: 2Sisters-and-a-book**

### 3.8.2 exemple B:

Dans ce cas qui concret le domaine médical

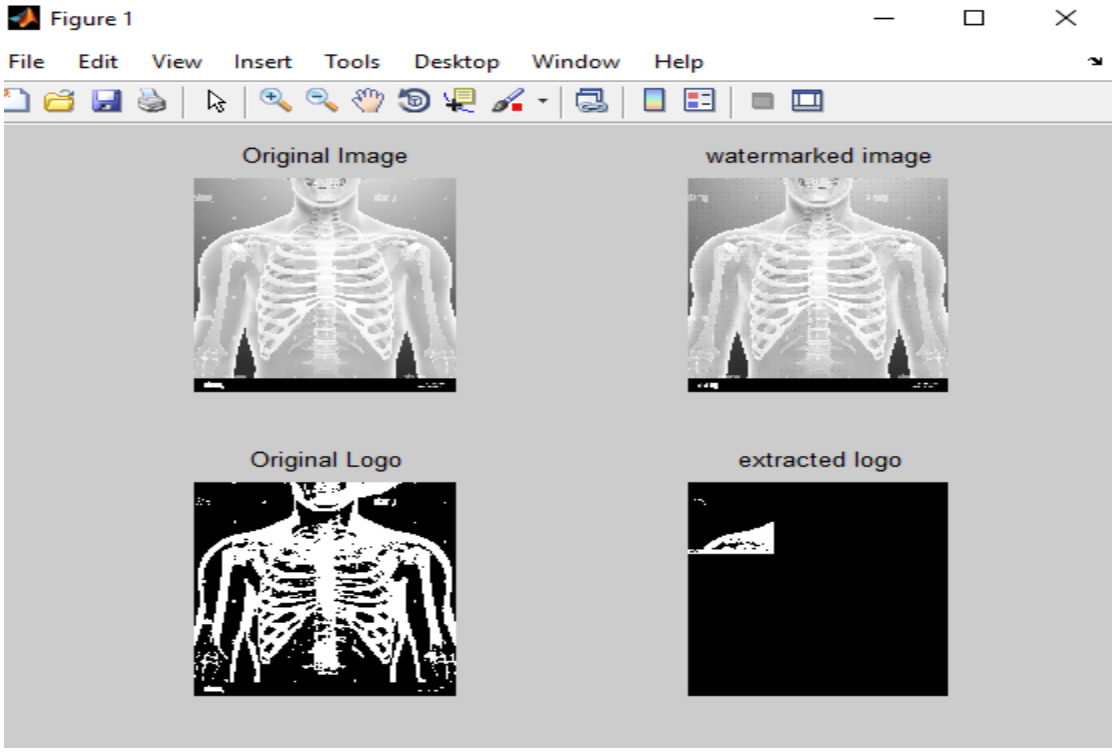


**Figure 3.6 : les-os-de-la-poitrine-masculine**

Une grande partie des applications liées à la télémédecine est basée sur l'utilisation d'un site web qui permet de facilité d'une part, la communication entre les médecins ou entre le médecin et le patient à travers des moyens synchrones (discussion en ligne appelée chat) ou asynchrones (forums, e-mails) et d'autre part, de faciliter le partage des images médicales. Plusieurs solutions informatiques existent pour assurer la sécurité dans les techniques de contrôle d'accès mais cette sécurité reste insuffisante devant des tentatives inlassables des pirates pour accéder aux sites web. Le tatouage des images permet de contribuer à la sécurité des images médicales partagées en offrant :

- Contrôle de la diffusion des images sur internet
- Amélioration de la confidentialité
- Insertion des données intéressantes pour éviter la perte d'information

### 3.8.3 Exemples C

L'application la plus évidente du tatouage est le droit d'auteur, le but est d'insérer une signature permettant d'identifier le propriétaire, de façon très robuste.

Les deux principales qualités à respecter sont la robustesse et l'invisibilité de la marque [13].

La marque doit être invisible mais aussi la plus résistante possible, car il est utilisé pour parer le piratage de données [14].

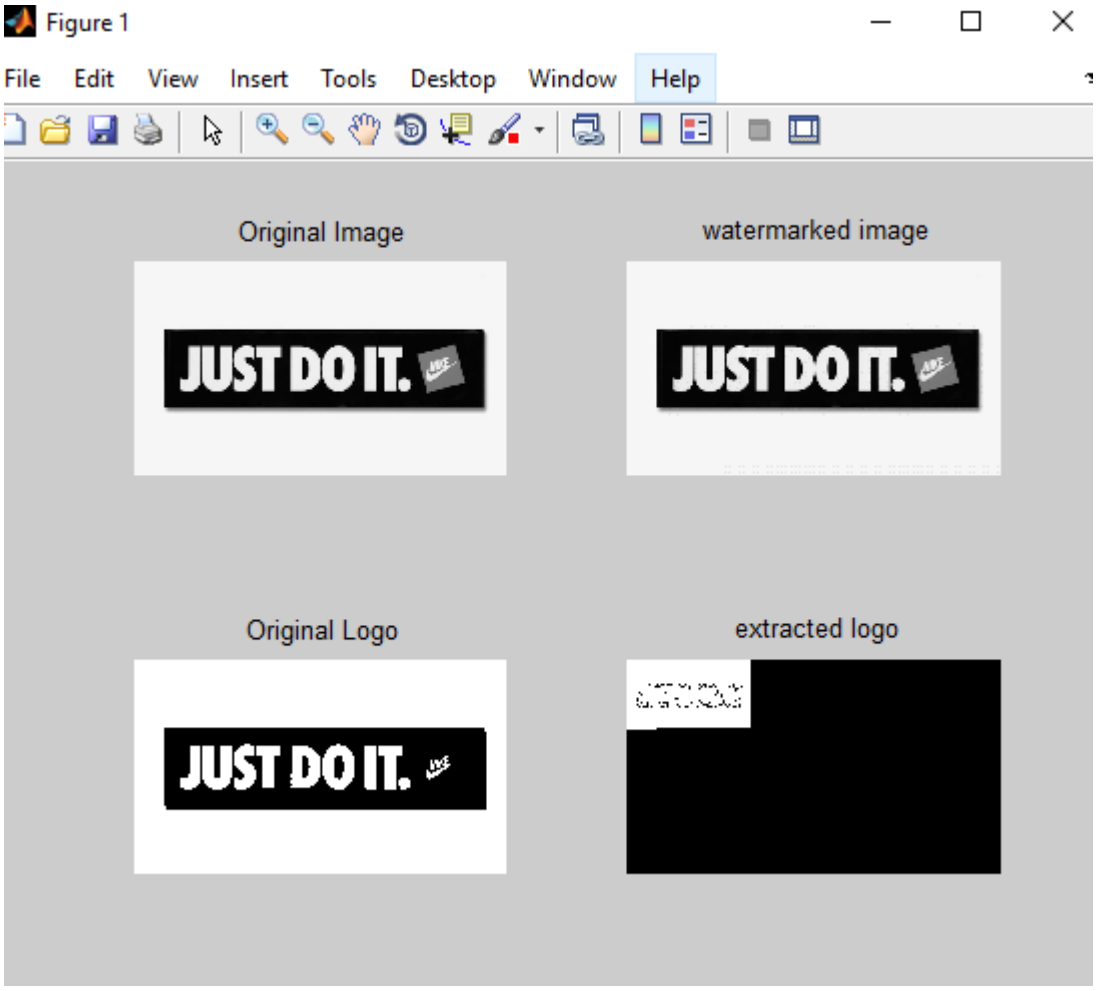


**Figure 3.7 : marque**

## 3.9 conclusion :

Bien que nous ne puissions pas conclure à partir des quelques exemples présentés ici, l'algorithme de tatouage semble prometteur. En effet, selon les valeurs de la force du marquage et celles du coefficient de redondance, le tatouage est soit invisible soit très robuste à la compression JPEG. Notre méthode présente de plus un atout important pour le tatouage des images : la marque peut être de longueur très

# Conclusion général

Avec l'apparition et le développement des nouvelles technologies numériques, les fraudes se sont multipliées, soulignant le manque de méthodes concernant la protection des données numériques. Ces données sont en effet très faciles à pirater : on peut les stocker, les copier, les modifier et enfin les diffuser illégalement sans qu'elles perdent de leur qualité et sans prise en compte des droits d'auteurs. Pour répondre à ces besoins, un nouvel axe de recherche se développe très rapidement : le tatouage. Le principe des techniques dites de tatouage est d'insérer une marque imperceptible dans les valeurs de la donnée. Dans le cadre de la protection des droits d'auteurs, la marque insérée, appelée watermarque correspond au code du copyright. Ce type de tatouage doit répondre à des contraintes fortes en termes de robustesse. En effet, quelles que soient les transformations (licites ou illicites) que la donnée tatouée subie, la marque doit rester présente tant que la donnée reste exploitable. De plus, la présence de la marque ne doit être détectée que par des personnes autorisées (possédant une clef de détection privée). De nombreux algorithmes ont étés présentés récemment et certains produits sont même commercialisés, cependant, aucun d'eux ne satisfait pleinement au cahier des charges idéal. Le travail présenté dans ce rapport a pour objectif de proposer une nouvelle méthode de tatouage des images digitales en vue de la protection du copyright. Dans un premier temps, nous présenterons les propriétés générales du processus de tatouage ainsi qu'un aperçu des méthodes utilisées actuellement. Puis nous présenterons la décomposition en paquets d'ondelettes d'un signal ainsi que la sélection de meilleures bases. Ces outils, très utilisés en traitement des images et du signal pour des applications variées tels que la compression, le débruitage, la classification ou la détection de rupture nous permettrons de définir le domaine sur lequel nous insérons la watermarque. Après avoir explicité l'algorithme de tatouage, nous donnerons diverses améliorations à cette méthode. Puis nous l'analyserons de façon conceptuelle.

Nous avons alors présenté la méthode développée pendant ce mémoire, elle consiste à représenter une image par une structure en meilleure base de paquets d'ondelettes. La marque sera implémentée en déformant cette structure. La suite de notre travail vise à analyser les comportements de notre méthode face à un grand ensemble d'attaques puis à trouver des stratégies visant à diminuer l'effet de ces attaques. Nous avons mis en œuvre une méthode permettant de certifier que le tatouage ne dégrade pas l'image marquée. Choisir des ondelettes dérivant de filtres proches de ceux utilisés par les modèles du SVH.

Enfin, on peut envisager d'adapter la méthode de tatouage par paquets d'ondelettes à d'autres applications que la protection du copyright et à d'autres supports que les images fixes.

## Bibliographies

[1]**J. Seitz.** « Digital Watermarking for Digital Media ». Information Science Publishing 2004.

[2] **A. Tirkel, G.Rankin, R. Schyndel, W. Ho, N. Mee, and C. Osborne.** « Electronic watermark ». In DICTA 1993, pages 666-672, 1993.

[3] **S. Mohanty, N. Ranganathan, and K. Namballa.** « VLSI Implementation of Visible Watermarking for Secure Digital Still Camera design ». In 17th International conference on VLSI Design, pages 1063-1068, 2004.

[4] **Y. Hu, J. Huang, S. Kwong, and Y. Chan.** « Image Fusion Based Visible Watermarking using Dual-Tree Complex Wavelet Transform ». In IWDW'2003, pages 86-100, 2003.

[5] **C. Rey and J. Dugely.** « Un panorama des méthodes de tatouage permettant d'assurer un service d'intégrité pour les images ». Traitement du signal, vol.18, no. 4, pages 283-295 2001.

[6] **D. Zheng, Y. Liu, J. Zhao, and A. Saddik.** « A survey of RST Invariant image Watermarking Algorithms. » ACM ComputingSurveys, Volume 39, Issue 2, 2007.

[7] **I. Gharzouli.** « Filtrage linéaire à 2D et applications sur le signal image » Mémoire de fin d'études, université Sétif, 2006.

[8] **K. Tanaka, Y. Nakamura, and K. Matsui.** « Embedding Secret Information into a Dithered »Multilevel Image ». In1990 IEEE Military Communications Conference, pages 216–220, 1990.

[9] **J. Fridrich,** « *Application of data hiding in digital image* », Tutorial for the ISSPA, Conference in Melbourne, Austria, November 1998.

[10] **G.C. Langelaar, I. Setyawan,** « *Watermarking Digital Image and Video* », IEEE signal processing magazine, Vol. 17, Issue. 5, pp. 20-46, September 2000.

[11] **M.V. Wickerhauser R.R. Coifman**. Entropy based algorithms for best basis selection. IEEE transaction on Information Theory, 38(2) :713_778, 1992.

[12] **M. Kutter and F.A.P. Petitcolas.** A fair benchmark for image watermarking systems. Electronic Imaging : Security and Watermarking of multimedia Contents, 3657 :226_ 239, January 1999.

[13] **I. Assini, A. Badri, K. safi,** Technique Hybride de Compression pour le Tatouage des images, 2015.

[14] **F. Autrusseau,** Tatouage d'images fondé sur la modélisation su système visuel humain et sur la transformation mojette, 7 Novembre 2002.