

République Algérienne Démocratique Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Ibn-Khaldoun – Tiaret

Faculté des Mathématiques et de l'Informatique

Département Informatique

Thème

Fusion D'image Multi-résolution

Pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Informatique

Réalisé par :

BERRADHIA Abdrrahmane

Dirigé par :

DAOUD Bachire

Année universitaire 2016-2017

Remerciements :

En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH qui m'aide et me donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude. Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire. Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté des mathématiques et de l'informatique, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée. Je tiens à remercier sincèrement Monsieur DAOUD BACHIR qui, en tant qu'encadreur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Je n'oublie pas mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes parents pour leur amour inestimable, leur soutien, Leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer. A toute ma famille pour leur soutien, leur complicité et leur présence. Pour tous que m'ont donnés et pour leurs précieux encouragements.

A toute ma famille ainsi qu'à mes amis.

Résumé

La recherche présentée dans cette thèse porte sur le problème de la fusion d'image au niveau du pixel. L'objectif était de produire des méthodes fiables qui représentent l'information visuelle, obtenue à partir d'un certain nombre de capteurs d'imagerie disparates, sous une seule image fusionnée sans introduction de distorsion ou de perte d'information. Au total, trois différentes méthodes de fusion d'image au niveau des pixels sont présentées. La première méthode utilise l'analyse d'image à plusieurs résolutions d'ondelettes conventionnelles pour fusionner des images dans le domaine de la pyramide à plusieurs résolutions. La fusion de l'information s'effectue à l'aide d'une sélection de fonctionnalités de bande transversale avancée et d'une technique de fusion pyramidale qui réduit la perte de contraste et l'apparence des artefacts de reconstruction caractéristiques des méthodes conventionnelles de fusion d'image en ondelettes. La méthode finale de fusion d'image proposée dans cette thèse présente une nouvelle approche pour la fusion de l'information d'image à l'aide d'une technique de traitement d'image multiscalaire avec un nombre réduit de niveaux. L'accent est mis sur deux points: i) la conception d'un processus de fusion efficace en termes de calcul qui fonctionne sur des images d'entrée pré-enregistrées pour fournir une image fusionnée monochrome et ii) la minimisation / élimination des effets de "aliasing", trouvés dans la fusion multi-résolution conventionnelle. Algorithmes. Fusion est obtenue en combinant l'information d'image à deux gammes différentes d'échelles et la décomposition spectrale étant effectuée en utilisant des modèles de moyenne de taille adaptative. Les fonctions de plus grande taille sont fusionnées en utilisant des méthodes de fusion arithmétique simples, tandis qu'une sélection de fonctionnalités efficace est appliquée pour fusionner les détails plus fins.

Table des matières

Introduction générale.....	1
1. Contexte de travail	2
2. Problématique.....	2
3. Objectifs du projet et organisation de la thèse.....	5
Chapitre 1 : Littérature	6
1. Introduction	7
2. Fusion d'image au niveau de pixel	7
2.1 Techniques générales de fusion d'image au niveau du pixel	7
2.2 Fusion d'images multi-résolutions basée sur la représentation de la pyramide gaussienne...	9
2.3 Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée ondelettes	15
Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes	16
1. Introduction	17
2. Transformée d'ondelettes discrètes et la mise en œuvre de QMF	17
2.1 Décomposition dimensionnelle du signal de multi-résolution QMF :.....	22
3 Fusion d'image au niveau de pixel en utilisant la DWT.....	28
3.1 Structure de fusion d'ondelettes :	28
3.2 . Sélection des caractéristiques des ondelettes multi-résolution et Fusion Pyramidale	29
3.3 . Sélection de caractéristiques classiques et mécanismes de fusion pyramidale.....	30
4 Conclusion	32
Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique.....	32
1. Introduction	34
2. Fusion d'image multi-niveaux au niveau du pixel	35
2.1 Théorie multi-échelle de la fusion de l'image	35
2.2 Approche de fusion de l'image multi-échelle efficace en calcul.....	36
3 Analyse d'image multi-échelle adaptative rapide	39
4. Fusion d'Image sous-bande	42
4.1 Fusion sous-bande d'arrière-plan	43
4.2 Fusion de sous-bande de premier-plan	47
5. Conclusion	48
Conclusion générale.....	48
Conclusion générale.....	50
Bibliographie.....	53

Table des figure

Figure 1 : Structure de base d'un système multi-capteur utilisant une fusion d'image au niveau des pixels.	4
Figure 2 : Structure générale des systèmes de fusion d'image au niveau des pixels à plusieurs résolutions basés sur les dérivés de la pyramide gaussienne.	10
Figure 3 : Structure de base d'un système de fusion d'image basé sur une analyse multi-résolutions d'ondelettes.....	15
Figure 4 : Décomposition et reconstruction basiques de l'ondelette à l'aide de paires de filtres conjugués ($\downarrow 2$ -Décimation et $\uparrow 2$ - interpolation avec un facteur 2).....	22
Figure 5 : (a), (b) Les réponses impulsionnelles de l'analyse passe bas et passe-haut et (c) synthèse passe haut, (d) leurs réponses en fréquence d'amplitude.	24
Figure 6 : Structure de décomposition / reconstruction QMF: (a)banque d'analyse (b)banque de synthèse.....	25
Figure 7 : a) pyramide gaussienne b) pyramide d'ondelette.....	26
Figure 8 : (a)Un exemple d'image et (b) sa représentation pyramidale en ondelettes.....	28
Figure 9 : Structure générale d'un système de fusion d'image au niveau des pixels à base d'ondelettes.....	29
Figure 10 : Exemple de fusion pyramidale utilisant une méthode de sélection basée sur des pixels et basée sur la zone.	30
Figure 11 : Une structure générale d'un système de fusion d'image au niveau des pixels utilisant une représentation du signal à plusieurs niveaux.	36
Figure 12 : Structure générale du système de fusion d'image multi-échelle à l'efficacité de calcul...39	
Figure 13 : Structure générale de la décomposition multi-échelle à adaptative rapide.	40
Figure 14 : Réponse d'amplitude spectrale d'un modèle de moyenne.	42
Figure 15 : Fusion de signal arriéré plan : entrée (a) ans (b), fusionnée (c) images sous-bandes arrière-plan associées : entrées (d) et (e) et fusion (f).....	46
Figure 16 : Exemple fusion de premier plan : entrer les images de premier plan (a) et (b), la carte de sélection et l'image à quatre niveaux (d).....	48

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

1. Contexte de travail

La fusion d'images est apparue comme un domaine de recherche novatrice et prometteuse au cours des dernières années. La fusion d'images a de nombreuses applications dans les domaines de l'armée, la télédétection, la vision artificielle, robotique, de la surveillance et de l'imagerie médicale, etc. L'objectif de la fusion d'images est de fusionner le contenu d'informations à partir de plusieurs images (ou acquies de différents capteurs d'imagerie ou modalités) prises de la même scène dans une seule image qui contient les informations les plus fines provenant de la source des images. Par conséquent, l'image fusionnée offre une meilleure image que les images originales. En fonction de l'étape de fusion, la fusion d'image pourrait être effectuée à trois niveaux différents, à savoir : niveau de pixel, niveau de fonctionnalité et niveau de décision. Parmi ceux-ci, la fusion d'image au niveau des pixels est la méthode la plus simple dans laquelle les images sont fusionnées au niveau du capteur.

2. Problématique

La fusion d'image au niveau des pixels est l'objet de cette thèse. Il représente la fusion de l'information visuelle de la même scène, à partir de n'importe quel nombre de signaux d'image enregistrés, obtenus à l'aide de différents capteurs. L'objectif de la fusion d'image au niveau des pixels peut généralement être défini comme : la représentation de l'information visuelle présente dans n'importe quel nombre d'images d'entrée, en une seule image fusionnée sans introduction de distorsion ou de perte d'information.

En termes plus simples, la condition principale pour une fusion réussie est que les informations visibles "toutes" dans les images d'entrée devraient également apparaître visibles dans l'image fusionnée. Cependant, bien que théoriquement possible, en raison de la nature redondante de l'information multi-capteur (par exemple, des signatures légèrement différentes du même objet dans différentes modalités de capteur), la représentation complète de toutes les informations visuelles à partir d'un certain nombre d'images d'entrée en une seule est rarement réalisée dans la pratique. Ainsi, le but pratique de la fusion d'image au niveau des pixels est modifié à : la fusion ou la préservation de l'image fusionnée de sortie, de l'information visuelle «la plus importante» qui existe dans l'ensemble d'image d'entrée. L'exigence principale du processus de fusion est alors d'identifier les caractéristiques les plus importantes dans les images d'entrée et de les transférer sans perte dans l'image fusionnée. Ce qui définit les informations visuelles importantes est généralement une application dépendante. Dans

Introduction générale

la plupart des applications et dans la fusion d'images à des fins d'affichage en particulier, cela signifie des informations importantes sur le plan de la perception.

L'introduction, par le processus de fusion, des distorsions dans l'image fusionnée et la perte possible d'informations visuelles utiles représentent les principaux problèmes associés aux algorithmes de fusion au niveau des pixels. La distorsion se réfère à des informations "fausses" qui sont introduites par l'algorithme de fusion dans l'image fusionnée. Cela peut se présenter sous la forme de nouvelles fonctionnalités qui ne peuvent pas être incorporées dans les images d'entrée ou de «bruit» additif superposé aux caractéristiques valides de l'image fusionnée. Dans les deux cas, la distorsion réduit l'efficacité du processus de fusion soit en amenant un observateur à les considérer comme des informations «vraies», soit en provoquant par exemple la classification erronée d'objets dans les systèmes ATR.

L'image fusionnée de sortie peut également être déformée en raison de la perte d'information "vraie" causée par le transfert incomplet de données des entrées vers l'image fusionnée. La perte d'informations d'image peut être réalisée de plusieurs façons, bien que la plus courante et certainement la plus évidente soit la perte de contraste.

Un schéma simple d'un système utilisant une fusion d'image au niveau des pixels est représenté dans le schéma de principe de la figure 1. Pour simplifier, seuls deux capteurs d'imagerie examinent l'environnement, produisant deux représentations différentes de la même scène. Les représentations de l'environnement sont encore sous la forme de signaux d'image qui sont corrompus par le bruit résultant des aberrations atmosphériques, la conception du capteur, la quantification, etc.

Introduction générale

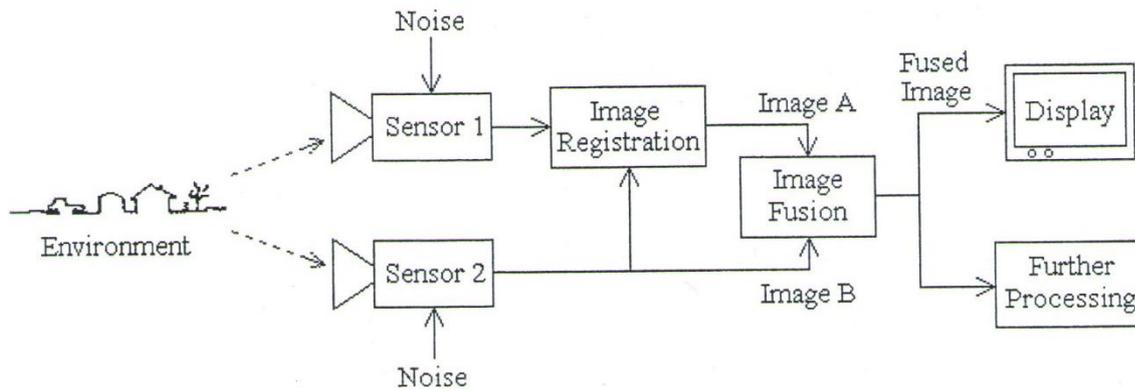


Figure 1 : Structure de base d'un système multi-capteur utilisant une fusion d'image au niveau des pixels.

Les signaux d'image produits par les capteurs sont entrés dans un processus d'enregistrement qui garantit que les images d'entrée au processus de fusion correspondent spatialement, en déformant géométriquement l'une d'entre elles, par exemple Image A. L'enregistrement d'images multi-capteur est une autre zone largement étudiée et plus de détails peuvent être trouvés dans ^[3,4,5]. Dans la figure 1, les images d'entrée enregistrées sont fusionnées et l'image fusionnée résultante peut ensuite être utilisée directement à des fins d'affichage ou peut être transmise pour un traitement ultérieur.

Le travail de fusion d'image au niveau des pixels présenté dans cette thèse suppose que les images d'entrée répondent à un certain nombre d'exigences. Tout d'abord, les images d'entrée doivent être de la même scène, C'est-à-dire que les champs de vision des capteurs doivent contenir un chevauchement spatial. En outre, les entrées sont supposées être enregistrées spatialement et de taille égale et résolution spatiale. En pratique, les contraintes de taille et de résolution sont souvent satisfaites en ré-échantillonnant une des images d'entrée.

Une autre considération importante dans la fusion au niveau des pixels est le nombre d'images d'entrée et les caractéristiques de couleur des images d'entrée et de sortie. Cette thèse traite du sujet de la fusion au niveau des pixels avec deux images d'entrée monochrome et une image de sortie monochrome fusionnée. Cependant, tout le travail peut être facilement étendu pour répondre à un plus grand nombre d'entrées et des explications sont fournies le cas échéant. En considérant la couleur au lieu des images monochromes, il existe deux possibilités de fusion, c'est-à-dire la fusion d'images

Introduction générale

monochromes pour produire une image fusionnée pseudo-couleur et une fusion de couleurs et des images monochromes pour donner une image fusionnée de couleur vraie. Notez que la fusion monochrome peut être facilement étendue à ce dernier cas en appliquant une fusion monochrome sur les canaux individuels des représentations de couleurs. La fusion de pseudo-couleur nécessite cependant une compréhension des propriétés de perception des couleurs et n'est pas une extension directe du boîtier de fusion monochrome.

3. Objectifs du projet et organisation de la thèse

Les objectifs du travail de recherche décrits dans cette thèse étaient double : la conception d'algorithmes de fusion d'image à un niveau de pixel de performance améliorée, par rapport aux schémas existants en termes: i) minimiser les effets de perte et de distorsion de l'information et la conception de mesures objectives perceptuellement significatives de la performance de fusion d'image au niveau des pixels le chapitre qui suit immédiatement cette introduction fournit des informations de base sur l'image au niveau des pixels et traite du travail rapporté au cours des dix dernières années dans diverses publications, tant dans le domaine de la fusion au niveau des pixels que de l'évaluation de la fusion de l'image.

Le chapitre 1 présente une étude générale sur la fusion d'image et quelques techniques de fusion d'image.

Dans le chapitre 2, un algorithme de fusion basé sur l'approche de fusion pyramidale en ondelettes à plusieurs résolutions classique est présenté. Le système utilise un nouveau mécanisme de sélection de caractéristiques qui exploite la redondance du coefficient de pyramide entre bandes afin d'augmenter la robustesse du système aux distorsions de reconstruction.

Une méthode de fusion innovante basée sur une fusion simplifiée à plusieurs niveaux et nécessitant seulement des ressources informatiques limitées est proposée au chapitre 3. La structure multi-échelle proposée, malgré ses architectures simplifiées, une performance de fusion réfléchissante à très faible complexité.

Chapitre 1 : Littérature

1. Introduction

La fusion de l'image multi-capteur a suscité une attention considérable dans les dix dernières années. Peu de temps après l'introduction des premiers réseaux multi-capteurs dans les systèmes dépendants de l'image, les chercheurs ont commencé à envisager la fusion de l'image comme une nécessité pour résoudre le problème croissant de la surcharge d'information. Depuis la fin des années 1980 et à travers l'image des années 1990, et en particulier au niveau des pixels, la fusion a été établie comme sujet à travers un flux de publications présentant des algorithmes de fusion. Les publications ont émergé des organisations de recherche et industrielles car la nécessité de « donner un sens » au champ croissant de la fusion de l'image a augmenté. À cette fin, bon nombre des principes établis dans le traitement de l'image perceptuelle, l'évaluation de la qualité de l'image et l'estimation et la localisation du contenu de l'information ont été utilisés.

2. Fusion d'image au niveau de pixel

La dernière décennie a donné lieu à un nombre considérable d'approches différentes pour fusionner les informations d'image visuelle. Ces méthodes varient en fonction de leur complexité, de leur robustesse et de leur sophistication. La télédétection est peut-être l'une des principales applications de fusion d'images.

2.1 Techniques générales de fusion d'image au niveau du pixel

Bien que nous puissions affirmer en toute sécurité que les méthodes multi-résolutions et multi-échelles dominent le domaine de la fusion au niveau des pixels, les algorithmes de fusion arithmétique sont les méthodes de fusion les plus simples et parfois efficaces. Les algorithmes de fusion arithmétique produisent le pixel d'image fusionnée par pixel, en tant que combinaison arithmétique des pixels correspondants dans les images d'entrée. La fusion arithmétique peut être résumée par l'expression donnée dans l'équation (1.1):

$$F(n, m) = k_A A(n, m) + k_B B(n, m) + C \dots \dots \dots (1.1)$$

Chapitre 2 : littérature

Où A , B représentent les images des entrées et F l'image fusionnée respectivement à l'emplacement (n, m) . k_A , k_B et C sont toutes des constantes définissant la méthode de fusion, avec k_A et k_B définissant l'influence relative des entrées individuelles sur l'image fusionnée et C le décalage moyen.

La moyenne de l'image est l'exemple le plus couramment utilisé de telles méthodes de fusion. Dans ce cas, le signal fusionné est évalué comme la valeur moyenne entre les entrées, c'est-à-dire $k_A = 1/2$, $k_B = 1/2$ et $C = 0$. Cependant, malgré d'être significativement beaucoup plus efficace que la plupart des autres systèmes de fusion, la moyenne de l'image, comme toutes les autres méthodes de fusion arithmétique, ne permet pas d'atteindre des performances enviables. La principale raison en est la perte de contraste. En général, la moyenne produit une qualité d'image raisonnable dans les zones où les images d'entrée sont similaires, mais la qualité diminue rapidement dans les régions où les entrées sont différentes. Les pires résultats sont dans les domaines où les images d'entrée sont négatives photographiques. Malgré les problèmes potentiels associés à leur utilisation, Yamamoto et Yamada ^[8] ont démontré l'efficacité potentielle de la fusion arithmétique de base dans la détection des obstacles de navigation. L'objectif était de fusionner la lumière visible et l'imagerie infrarouge pour aider à la détection aérienne d'obstacles tels que les lignes aériennes. La méthode de fusion utilisée était la superposition moyenne de base des signaux d'image qui diffèrent de la moyenne de l'image uniquement dans la plage dynamique du signal fusionné, l'équation (1.1) avec ($k_A, k_B = 1/2$ Et $C = -E [A (n, m)] + E [B (n, m)]$). Les problèmes potentiels de fusion arithmétique que nous avons identifiés ci-dessus ont été évités dans une certaine mesure grâce à l'utilisation intelligente des techniques de prétraitement. Les auteurs ont signalé que la fusion d'image a produit une amélioration de la détection d'objets de navigation par rapport aux modalités de capteurs individuelles.

En général cependant, bien que la performance des méthodes de fusion arithmétique puisse être améliorée à l'aide d'un prétraitement tel que le renforcement du contraste et l'inversion des couleurs des images d'entrée, la performance de ces méthodes reste considérablement inférieure à celle fournie par des algorithmes de fusion plus sophistiqués.

Chapitre 2 : littérature

2.2 Fusion d'images multi-résolutions basée sur la représentation de la pyramide gaussienne

Les méthodes de traitement multi-résolutions permettent à un système de fusion d'image de fusionner les informations d'image dans un format pyramidal approprié. Les pyramides d'images sont constituées d'une série de signaux de sous-bandes, organisés en niveaux de pyramide, de résolution décroissante (ou de taille) représentant chacun une partie du spectre d'image original. L'information contenue dans les signaux de sous-bandes individuels correspond à une plage d'échelle particulière, c'est-à-dire que chaque sous-bande contient des caractéristiques d'une certaine taille. Les niveaux de pyramide de résolution grossière contiennent des informations à grande échelle alors que ceux de résolution supérieure contiennent des détails plus fins à partir du signal d'image d'origine. La fusion des images dans leur représentation pyramidale permet donc au système de fusion de considérer les caractéristiques d'image de différentes échelles séparément, même si elles se chevauchent dans l'image d'origine. En fusionnant des informations dans le domaine de la pyramide, la superposition de fonctionnalités à partir de différentes images d'entrée est obtenue avec une perte d'information beaucoup plus faible que dans le cas d'un traitement de résolution unique où des méthodes de coupe et de collage ou de combinaison arithmétique sont utilisées. En outre, cette séparabilité de l'échelle limite également l'endommagement des décisions de fusion sous-optimales, réalisées pendant le processus de sélection des fonctionnalités, dans une petite partie du spectre. Ces propriétés rendent les algorithmes de fusion à plusieurs résolutions potentiellement plus robustes que les autres approches de fusion.

Le traitement d'image multi-résolutions a d'abord été appliqué à la fusion d'image au niveau des pixels à l'aide de dérivées de la représentation de la pyramide gaussienne dans laquelle les informations du signal d'image d'origine sont représentées par une série d'approximations passives (plus grossières) de résolution décroissante. La pyramide est formée par une application itérative du filtrage passe-bas, habituellement avec un gabarit gaussien de 5x5 pixels, suivie d'un sous-échantillonnage avec un facteur 2, procédé également connu sous le nom de réduction. Tous les systèmes de fusion d'image multi-résolution basés sur cette approche générale présentent une structure très similaire qui est montré dans le diagramme de la figure 2. Les images d'entrée obtenues à partir de différents capteurs sont d'abord décomposées dans leurs représentations pyramide gaussienne. Les pyramides gaussiennes sont ensuite utilisées comme base pour un autre type de pyramides Passe Haut (HP), comme le Laplacien, qui contiennent, à chaque niveau, uniquement des informations exclusives au niveau correspondant de

Chapitre 2 : littérature

la pyramide gaussienne. Les pyramides HP représentent une représentation appropriée pour la fusion d'images. Les caractéristiques importantes des images d'entrée sont identifiées comme des coefficients significatifs dans les pyramides HP et elles sont transférées (fusionnées) dans l'image fusionnée en produisant une nouvelle pyramide HP fusionnée à partir des coefficients des pyramides d'entrée. Le processus de sélection d'informations significatives à partir des pyramides d'entrée est généralement désigné comme sélection de fonctionnalités et l'ensemble du processus de formation d'une nouvelle pyramide composite est connu sous le nom de fusion pyramidale. La pyramide fusionnée se transforme en image fusionnée en utilisant un processus de reconstruction à plusieurs résolutions. Ce processus est double pour la décomposition et implique une expansion itérative (sur-échantillonnage) des niveaux successifs de la pyramide et de la combinaison Gaussiennes fusionnées (ajout dans le cas des pyramides laplaciennes) avec les niveaux correspondants de la pyramide HP fusionnée, appelée opération d'expansion.

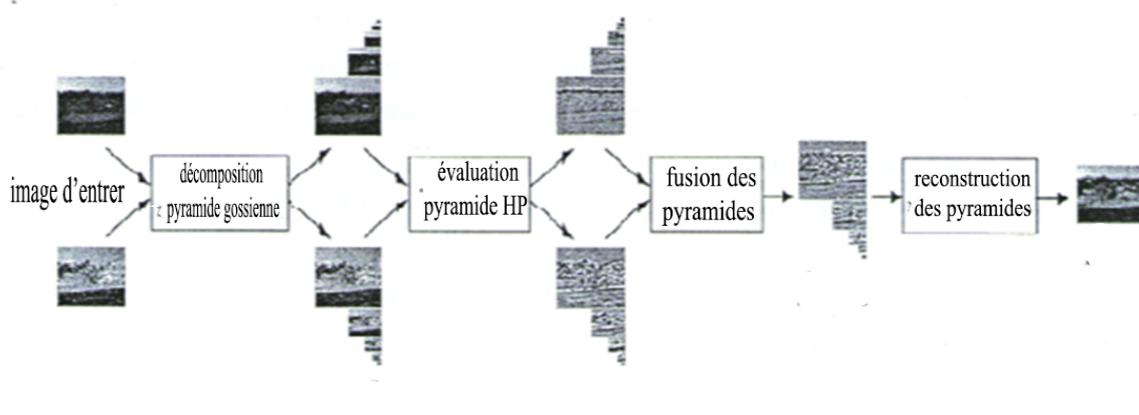


Figure 2 : Structure générale des systèmes de fusion d'image au niveau des pixels à plusieurs résolutions basés sur les dérivés de la pyramide gaussienne.

Le premier travail de recherche sur la fusion d'image à plusieurs résolutions est effectué à l'aide de dérivés de la pyramide de Gauss était à l'Institut TNO pour la perception aux Pays-Bas. Toet. a présenté un algorithme basé sur le contraste ou la pyramide Ratio of Low Pass (RoLP)^[6,7]. Dans cette représentation, chaque niveau de la pyramide RoLP est formé comme le rapport du niveau correspondant de la pyramide gaussienne et la version élargie de son approximation passe-bas (le niveau suivant). Les coefficients de la pyramide RoLP, réduits par unité, représentent une approximation du contraste local de luminance, C , tel que défini par Weber:

Chapitre 2 : littérature

$$C = \frac{L}{L_b} - 1 \quad (1.2)$$

Où la luminance locale donnée par la valeur du signal au niveau actuel et L_b est la luminance de fond approchée par son approximation passe-bas. La fusion de la pyramide RoLP est obtenue en tant que maximisation du contraste de luminance local à chaque position et échelle, en choisissant et en transférant le coefficient de pyramide d'entrée correspondant au plus grand contraste local dans la pyramide fusionnée. Enfin, l'image fusionnée est obtenue à partir de la pyramide RoLP fusionnée en élargissant récursivement le niveau le plus bas de la pyramide gaussienne et en multipliant par les niveaux correspondants de la pyramide RoLP fusionnée jusqu'à épuisement de tous les niveaux de la pyramide fondue.

En plus de ce système de fusion, le même auteur a présenté une technique d'amélioration du contraste multi-échelle qui augmente les performances du processus de fusion RoLP ^[9]. L'amélioration du contraste entraîne une performance de fusion indépendante des changements d'éclairage et des gradients de niveaux de gris, et est réalisée grâce à la multiplication non linéaire de couches successives de la pyramide RoLP. L'utilité de cette technique a été démontrée sur la fusion des images visuelles et infrarouges dégradées.

La pyramide de contraste ^[6.10] a également été utilisée dans une autre approche de fusion intéressante présentée par Cui. Dans leur cas, la pyramide fusionnée a été obtenue en multipliant les niveaux correspondants des pyramides de contraste d'entrée. Le principal avantage de l'utilisation de cette pyramide est que, en évitant le processus de sélection, une mise en œuvre efficace peut être obtenue. En effet, les auteurs ont signalé une opération en temps réel au niveau de résolution d'image d'entrée de (256 x 256) pixels et temps quasi-réel à 512x512, lorsqu'ils sont mis en œuvre sur des dispositifs DSP à grande vitesse). Cependant, la fusion pyramidale RoLP (contraste) souffre d'une instabilité due aux opérations de multiplication / division utilisées dans la décomposition et la reconstruction qui entraînent souvent l'introduction de faux contours dans l'image fusionnée et l'amplification du bruit qui pourrait être présent dans les entrées. Ceci est démontré dans l'image fusionnée RoLP à la figure 2 e). La qualité de l'image fusionnée est clairement bonne et les artefacts

Chapitre 2 : littérature

de reconstruction ne sont pas facilement perceptibles, mais les faux bords sont également évidents, par exemple sur les toits en haut à droite de l'armature.

Une représentation alternative de la pyramide à plusieurs résolutions dérivée du Gaussien et utilisée pour la fusion d'image au niveau des pixels^[11] est la pyramide laplacienne^[12], voir Pavel et derman^[13]. De même que la pyramide RoLP utilisée par Toet, chaque niveau de la pyramide laplacienne est formé comme une différence entre le niveau correspondant de la version gaussienne et la version élargie de son approximation passe-bas. Bien que les coefficients (pixels) de la pyramide laplacienne ne soient pas des représentations directes du contraste local comme celles de la pyramide RoLP, la valeur de ces coefficients est encore proportionnelle à la saient du détail à haute fréquence à un emplacement donné.

Pavel^[12] a utilisé l'approche de la pyramide laplacienne pour fusionner l'image simulée de l'onde millimétrique passive (PMMW) avec des images synthétiques formées à partir de l'information obtenue à partir des bases de données du terrain. Ils utilisent la fusion pyramidale arithmétique, où les coefficients pyramidaux fusionnés prennent la valeur d'une somme pondérée des coefficients d'entrée, équation (1.3):

$$D_l^F(n,m) = k_l^A(n,m)D_l^A(n,m) + k_l^B(n,m) D_l^B(n,m) \quad \dots \quad (1.3)$$

Où $D_l^F(n, m)$, $D_l^A(n, m)$ et $D_l^B(n, m)$ représentent les coefficients des pyramides fusionnées et entrées, respectivement au niveau l et à la position (n, m) . Les coefficients de pondération $k_l^A(n, m)$ et $k_l^B(n, m)$ déterminent l'influence relative de chaque entrée sur la pyramide fusionnée à cette position et cette échelle. Dans le système par Pavel et. Al., La taille des coefficients de pondération dépend de l'incertitude locale de l'image PMMW, mesurée par variance, et du niveau de corrélation entre les coefficients de pyramide d'entrée^[12]. Dans les zones où la corrélation entre les images d'entrée est faible, les contributions de la pyramide PMMW sont augmentées par rapport à l'image synthétique, $k_l^{PMMW}(n, m) > k_l^{syn}(n, m)$. C'est également le cas dans les zones où l'image PMMW présente des niveaux de variance locaux plus élevés.

Chapitre 2 : littérature

La méthode de fusion pyramidale utilisée par Akerman ^[13] utilise une approche de sélection de coefficient. Il est basé sur un pixel par sélection de pixels, mais la règle de sélection a été laissée pour être flexible et dépendante de l'application. La sélection des coefficients les plus courants est l'approche maximale sélectionnée par pixel dans laquelle le coefficient fusionné prend la valeur de l'entrée avec la plus grande valeur absolue exprimée dans l'équation (1.4).

$$D_i^f(n, m) = \left\{ \begin{array}{l} D_i^A(n, m), \text{ if } |D_i^A(n, m)| \geq D_i^B(n, m) \\ D_i^B(n, m), \text{ otherwise} \end{array} \right\} \dots(1.4)$$

Dans la fusion laplacienne, les images fusionnées sont à nouveau obtenues grâce à une expansion itérative du niveau le plus bas de la pyramide gaussienne, suivie de l'addition des niveaux de laplacienne fusionnés. En général, lorsqu'il est utilisé avec la même stratégie de fusion pyramidale, la fusion pyramidale Laplacienne atteint de meilleurs résultats que la fusion basée sur RoLP, tant en termes de robustesse de la performance de fusion que de qualité d'image fusionnée. La raison en est la « stabilité » relative (manque de faux contours et saturation du signal) des opérations de soustraction / addition du processus de décomposition / reconstruction de Laplacien par rapport aux opérations de division / multiplication utilisées dans le cas RoLP.

L'utilité de la fusion de la pyramide laplacienne dans les applications de télédétection a été démontrée dans le travail par Aiazzi ^[14]. Ils ont utilisé une pyramide Laplacienne généralisée (GLP) pour résoudre le problème le plus fréquent dans la fusion de l'image à distance, celle d'augmenter la résolution de l'imagerie multi-spectrale (couleur) avec des images panchromatiques (monochromes) haute résolution. En remplaçant les opérations de réduction et d'extension des processus de reconstruction et de reconstruction de la pyramide gaussienne par des processus de décomposition / reconstruction à plusieurs résolutions de la pyramide gaussienne, `reduce {expand {}}` et `expand {reduce {}}`, respectivement, en utilisant des filtres LP avec des fréquences de coupure appropriées et des facteurs d'interpolation de décimation Et q), l'approche GLP permet une réduction de la résolution par un facteur d'échelle rationnel, p:q. De cette façon, les images dont les rapports de résolution ne sont pas des puissances de 2 peuvent être fusionnées sans devoir être rééchantillonnées. L'amélioration de la résolution de la fusion est alors obtenue par un remplacement de niveau simple dans le domaine de la pyramide lorsque le niveau de résolution le plus élevé de la pyramide laplacienne panchromatique devient le niveau de résolution le plus élevé manquant pour chaque canal pyramidal de l'image multi-

Chapitre 2 : littérature

spectrale. Ce schéma est significatif dans son applicabilité à une large gamme de données à distance, en plus d'une performance légèrement supérieure par rapport à l'approche par ondelettes.

La fusion de pyramide en gradient présentée par Burt et Kolczynski est une autre méthode importante de fusion d'image au niveau des pixels basée sur l'approche de la pyramide gaussienne. Leur travail représente une extension de la représentation de la pyramide laplacienne dans cette information visuelle, dans la pyramide à gradient, est séparée en sous-bandes selon la direction et l'échelle. La pyramide en Gradient est dérivée de la pyramide laplacienne du filtre-soustraction-décimation (FSD) en appliquant quatre filtres sensibles à la direction. Lorsqu'il est appliqué à tous les niveaux d'échelle, chaque filtre supprime toutes les informations qui ne relèvent pas d'une gamme d'orientation bien définie, ce qui entraîne quatre pyramides laplaciennes orientées qui sont fusionnées indépendamment. Que les quatre filtres directionnels soient satisfaisants, signifie que la pyramide laplacienne d'origine est obtenue par une sommation directe des quatre pyramides orientées. En effet, l'image fusionnée finale est obtenue par la reconstruction pyramidale Laplacienne conventionnelle à partir de la pyramide fusionnée produite de cette manière.

En plus de la pyramide à gradient, Burt et Kolczynski ont été les premiers à suggérer une technique de fusion pyramidale plus sophistiquée que l'approche simple par pixel par sélection de pixels. Le mécanisme de sélection des fonctionnalités proposé dans leur article utilise une règle de sélection du coefficient basé sur la zone, où une mesure de la saliance et de la similarité locales (mesure de correspondance) entre les entrées est évaluée pour chaque pixel dans la pyramide à l'aide d'un quartier 3x3 ou 5x5. En cas de mauvaise correspondance, ou aucune similitude entre les intrants, une simple sélection du coefficient ayant une plus grande marge associée à celle-ci donne la valeur fusionnée. Sinon, on utilise une somme pondérée des coefficients d'entrée, dans laquelle les coefficients de pondération dépendent de la différence de salaire et de la mesure de concordance entre les coefficients. Cette méthode de fusion pyramidale est une amélioration de la règle simple maxi basée sur les pixels, tant en termes de qualité d'image que de robustesse des performances. Par conséquent, il a été utilisé dans un certain nombre d'autres systèmes de fusion et des approches telles que la fusion à base d'ondelettes.

Plus récemment, Peli^[15] et a proposé un système de fusion d'image multi-échelle pour affichage visuel. L'analyse d'image à plusieurs niveaux est basée sur une série de filtres passe-bande octave orientés qui séparent les spectres d'entrée originaux en une série de sous-bandes selon l'échelle et

Chapitre 2 : littérature

l'orientation. Les signaux sous-bandes de différentes images d'entrée sont fusionnés par un simple pixel par sélection de pixels en utilisant un critère basé sur l'évaluation de contraste local, similaire à Toet [6.10] dans les équations (1.3) et (1.4). Ils ont également examiné l'effet de l'utilisation d'un nombre différent d'orientations dans l'analyse multi-échelle et ont conclu que peu de choses venaient de passer de deux à quatre orientations différentes.

2.3 Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée ondelettes

La Transformée d'ondelettes discrètes (DWT) a été appliquée avec succès dans le domaine du traitement d'image avec l'apparence de l'algorithme de Mallat [23] qui a permis la mise en œuvre de DWT bidimensionnel utilisant des banques de fil unidimensionnelles. Cependant, DWT n'a pas été utilisé dans les applications de fusion d'image au niveau des pixels jusqu'à la deuxième partie de la décennie suivante. Cette approche multi-résolution significative est discutée plus en détail au chapitre suivant. Sa structure générale, décrite brièvement ici, est très similaire à celle de l'approche fondée sur la pyramide gaussienne. La structure d'un système de fusion d'image à base d'ondelettes est illustrée à la figure 3. Les signaux d'entrée sont transformés en utilisant le processus de décomposition des ondelettes dans la représentation de la pyramide des ondelettes. Contrairement aux méthodes basées sur la pyramide gaussienne, les informations de passage élevé sont également séparées en différents signaux de sous-bandes en fonction de l'orientation et de l'échelle.

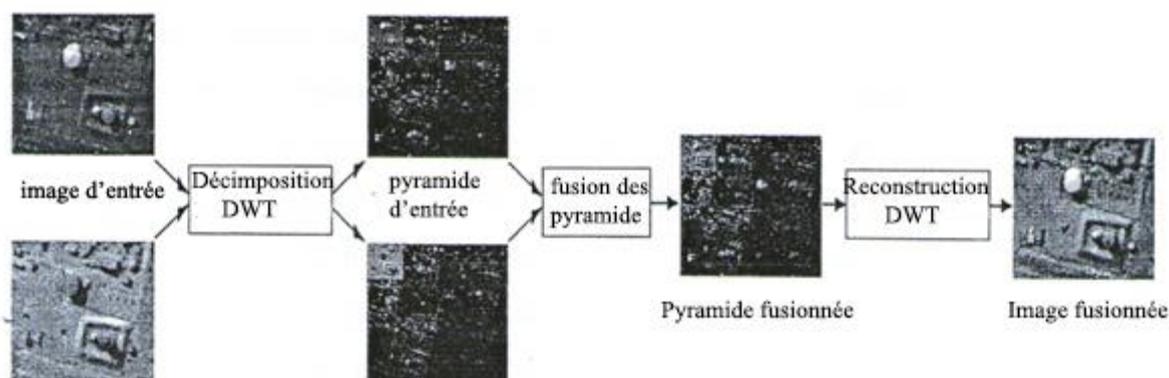


Figure 3 : Structure de base d'un système de fusion d'image basé sur une analyse multi-résolutions d'ondelettes.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

1. Introduction

L'analyse multi-résolution représente les signaux d'image dans une forme de pyramide à plusieurs résolutions ^[16]. Cela signifie que la réalisation de la fusion d'image dans ce domaine "pyramide" permet la fusion de fonctions à partir de différentes images d'entrée à différentes échelles, même lorsqu'elles occupent des zones de superposition de la scène observée. La segmentation du spectre d'image en niveaux de pyramide correspondant à des gammes d'échelle étroites et l'utilisation de techniques sélectives de fusion pyramidale introduit une robustesse dans le système de fusion en minimisant la perte d'information produite lors de l'application d'algorithmes de fusion sur une seule base de résolution. En conséquence, un certain nombre de techniques de traitement d'image à plusieurs résolutions ont été proposées dans le domaine de la fusion d'image au niveau des pixels ^[1].

La représentation multi-résolutions DWT, ou la pyramide en ondelettes, présente un certain nombre d'avantages par rapport aux autres techniques multi-résolutions à base de pyramide à prédominance gaussienne. L'une des questions les plus fondamentales est que les fonctions d'ondelettes utilisées dans ce type d'analyse d'image à plusieurs résolutions constituent une base orthonormée qui aboutit à une représentation de signal non redondante. En d'autres termes, la taille de la pyramide à plusieurs résolutions est exactement la même que celle de l'image originale, les représentations pyramidales basées sur Gauss sont 4/3 de la taille d'image originale. En outre, en plus de leur représentation de signal redondante, la complexité de calcul du processus d'analyse multi-résolutions utilisé pour obtenir des pyramides basées en Gauss ^[10.12.13] dépasse largement celle du processus de décomposition des ondelettes, qui peut être implémenté uniquement à l'aide de filtres unidimensionnels. Le processus de reconstruction qui transforme la pyramide multi-résolution fusionnée en la représentation originale de l'image est le double du processus de décomposition.

2. Transformée d'ondelettes discrètes et la mise en œuvre de QMF

L'idée de base de la transformée en ondelettes est de représenter un signal arbitraire f comme superposition pondérée d'ondelettes. Les ondelettes sont des fonctions générées par les dilatations et les translations d'une seule fonction prototype, appelée l'ondelette orthogonale $\psi(\mathbf{t})$:

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad \dots(2.1)$$

La transformée en ondelettes est utile dans les applications de fusion d'image en raison de ses bonnes propriétés de localisation dans le domaine spectral et spatial. Ces propriétés résultent de la nature du processus dans lequel les ondelettes sont produites à partir de la fonction prototype. Les dilatations de l'ondelette orthogonale permettent d'analyser le signal à différentes chaînes spectrales offrant une localisation spectrale, tandis que les translations fournissent une analyse spatiale aboutissant à une bonne localisation dans le domaine spatial. La reconstruction du signal d'origine de la représentation d'ondelettes est possible si la fonction prototype d'ondelettes satisfait la condition de décroissance :

$$\int \frac{|\Psi(\omega)|}{|\omega|} d\omega < \infty \quad \dots(2.2)$$

Où $\Psi(\omega)$ représente la transformée Fourier de $\psi(t)$.

L'équation (2.1) concerne les ondelettes continues (CWT), mais pour des raisons pratiques et dans cette thèse, la Transformée d'ondelettes discrètes (DWT) est préférée. Le DWT produit une représentation multi-résolution du signal d'origine à des résolutions séparées par un facteur 2, en utilisant un facteur de dilatation qui est une puissance de 2, $a = 2^m$ et en se déplaçant le long du domaine spatial par des étapes proportionnelles à la puissance correspondante de 2, pas de translation $b = n2^m$, où n et m sont des nombres entiers. La représentation en ondelettes discrète de notre signal d'origine est alors définie comme suit :

$$f(t) = \sum_{m,n} D_{m,n}^f \psi_{m,n}(t) \quad \dots(2.3)$$

Où la représentation des coefficients d'ondelettes $D_{m,n}^f$ sont des mesures de la similarité entre le signal $f(t)$ et la translation et la dilatation d'une fonction prototype d'ondelettes^[16] :

$$\phi_{m,n}(t) = 2^{-m/2} \psi [2^{-m} t - n] \quad \dots(2.4)$$

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

Ils existes des choix spéciaux de $\psi(t)$ (ondelette orthogonale), tels que $\psi_{m,n}(t)$ qui constituent une base ortho normale et des coefficients d'ondelettes peuvent être obtenus du signal d'origine par le produit scalaire :

$$D_{m,n}^f = \langle f, \psi_{m,n} \rangle = \int \psi_{m,n}(t) f(t) dt \quad \dots(2.5)$$

Dans l'analyse par multi-résolution d'ondelettes, une autre fonction de mise à l'échelle $\phi(t)$ est utilisée :

$$\phi_{m,n} = 2^{-m/2} \phi[2^{-m}t - 2^{-m}n] \quad \dots(2.6)$$

Cette fonction est utilisée pour produire des approximations du signal d'origine $f(t)$ aux résolutions inférieures appelées approximations discrètes A . Approximations de $f(t)$ à 2^m et la résolution plus grossière de 2^{m-1} est obtenue grâce aux produits internes du signal d'entrée avec les versions dilatées de la fonction de mise à l'échelle à ces résolutions

$$A_{m,n}^f = \langle f, \phi_{m,n} \rangle = \int \phi_{m,n}(t) f(t) dt \quad \dots(2.7)$$

$$A_{m-1,n}^f = \langle f, \phi_{m-1,n} \rangle = \int \phi_{m-1,n}(t) f(t) dt \quad \dots(2.8)$$

Les approximations du signal original $A_{m+L,n}^f$ contiennent de moins en moins d'informations originales dans $f(t)$ à mesure que L augmente et que leur résolution diminue. La perte d'information se produisant lorsque nous réduisons la résolution de l'approximation est extraite dans la représentation des coefficients d'ondelettes D_{mn}^f évalués selon l'équation (2.5). $D_{m-1,n}^f$ représente le signal de détail discret, ou la différence d'information, entre la résolution supérieure $A_{m,n}^f$ et l'approximation $A_{m-1,n}^f$ plus grossière de $f(t)$. De cette façon, toutes les informations dans un signal arbitraire $f(t)$ peuvent être représentées par une série d'approximations $A_{m-i,n}^f$ de résolution décroissante et de signaux de détail discrets $D_{m-1,n}^f$ ($-J \leq i \leq -1$, pour tout $J > 0$)^[16].

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

En outre, on peut montrer que des approximations successives de résolution inférieure peut être évalué à partir de l'approximation à la plus haute résolution $A_{l,n}^f$, qui est essentiellement $f(t)$, au moyen d'un algorithme récursif [16]. L'algorithme produit une approximation de la résolution décroissante en favorisant l'approximation de la résolution supérieure avec un filtre discret $\tilde{h}(n)$ et en maintenant tous les autres échantillons de la suite :

$$\langle f(u), \phi_{m,n}(u) \rangle = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \tilde{h}(2n-k) \langle f(u), \phi_{m-1,k}(u) \rangle \quad \dots(2.9)$$

$\tilde{h}(n)$ est un filtre miroir de $h(n)$, c'est-à-dire $\tilde{h}(n) = h(-n)$ qui est donné en tant que produit interne des fonctions de mise à l'échelle à des résolutions discrètes adjacentes :

$$h(k) = \langle \phi_{-1}(u), \phi_0(u-k) \rangle, \quad \forall k \in Z \quad \dots(2.10)$$

En pratique, il est possible de choisir $h(n)$, ou bien sa transformée de Fourier $H(\omega)$, de sorte que la fonction de mise à l'échelle associée $\phi(x)$ a de bonnes propriétés de localisation dans les domaines fréquentiel et spatial [16]. Par analogie avec le cas d'approximation discrète, on peut montrer que des signaux de détail discrets peuvent également être obtenus directement à partir des approximations de résolution inférieure, en convoluant l'approximation de résolution supérieure avec le filtre numérique $\tilde{g}(n)$ et en conservant tous les autres échantillons :

$$\langle f(u), \psi_{m,n}(u) \rangle = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \tilde{g}(2n-k) \langle f(u), \phi_{m-1,k}(u) \rangle \quad \dots(2.11)$$

$\tilde{g}(n)$ est à nouveau un filtre miroir de $g(n)$, $\tilde{g}(n) = g(-n)$, qui est défini comme le produit intérieur de la fonction de mise à l'échelle et de l'ondelette orthogonale :

$$g(n) = \langle \psi_{-1}(u), \phi(u-n) \rangle \quad \dots(2.12)$$

On peut en outre montrer que les filtres $g(n)$ et $h(n)$, c'est-à-dire $G(\omega)$ et $H(\omega)$, sont connectés en profondeur à une relation :

$$G(\omega) = e^{-j\omega} \overline{H(\omega + \pi)} \quad \dots(2.13)$$

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

Ce qui signifie que $g(n)$ et $h(n)$ représentent des filtres à conjugués. En outre, si nous choisissons $H(\omega)$ comme un filtre passe-bas, comme c'est souvent le cas en pratique, $G(\omega)$ devient automatiquement un filtre passe-haut. Cela signifie que les approximations de résolution inférieure contiennent des informations de bande de base à partir du signal d'origine, analogue à la représentation de la pyramide gaussienne ^[13]. Les signaux de détail discrets représentent alors une information de fréquence plus élevée dans une gamme de bandes spectrales logarithmiquement plus étroites de plus en plus proche de la fréquence zéro.

Dans le but de la reconstruction d'ondelettes à multi-résolutions, on peut montrer qu'une approximation discrète à la résolution $m-1$ peut être évaluée comme une somme des signaux générés par l'insertion de zéros entre chaque échantillon de l'approximation et le signal de détail à la résolution m , et en les convolant avec $h(n)$ et $g(n)$ respectivement, équation (2.14). Cela signifie que nous pouvons reconstruire le signal d'origine $f(t)$ à partir de l'approximation de résolution la plus basse et utiliser des signaux de détail à chaque niveau de résolution, au moyen d'un algorithme récursif

$$\langle f(u), \phi_{m-1,n} \rangle = 2 \sum_{k=-\infty}^{+\infty} h(2n - k) \langle f(u), \phi_{m,k} \rangle + 2 \sum_{k=-\infty}^{+\infty} g(2n - k) \langle f(u), \psi_{m,k}(u) \rangle. (2.14)$$

Les filtres utilisés dans la reconstruction sont les filtres miroirs des réponses impulsionnelles utilisées dans l'analyse. La reconstruction du signal original à partir de sa représentation en multi-résolutions d'ondelettes peut être obtenue en appliquant ce processus de manière récursive jusqu'à ce que tous les signaux de détail soient utilisés.

Les processus de décomposition et de reconstruction exprimés dans les équations (2.9), (2.11) et (2.14) décrivent une implémentation de la transformée de multi-résolution d'ondelettes sur la base d'un ensemble de deux paires de filtres conjugués. En outre, les filtres eux-mêmes peuvent tous être dérivés d'une seule réponse impulsionnelle prototype. Les structures des processus de décomposition et de reconstruction utilisant ces filtres sont illustrées à la figure 4. Ils représentent une base pour la mise en œuvre multi-résolution QMF proposée par Mallat ^[16] qui est facilement étendue au cas bidimensionnel de signaux d'image.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

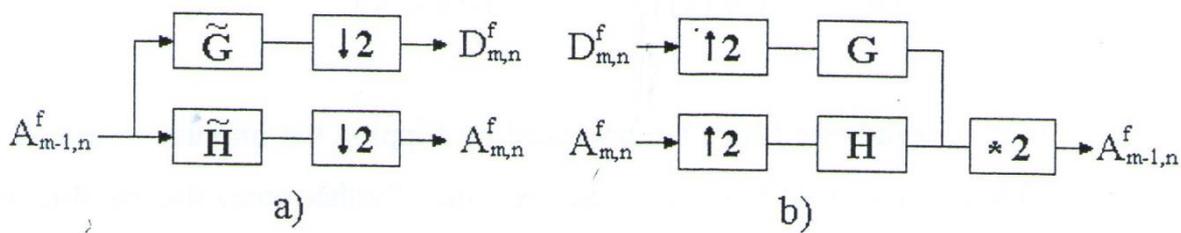


Figure 4 : Décomposition et reconstruction basiques de l'ondelette à l'aide de paires de filtres conjugués ($\downarrow 2$ -Décimation et $\uparrow 2$ - interpolation avec un facteur 2)

2.1 Décomposition dimensionnelle du signal de multi-résolution QMF :

La technique d'analyse d'image multi-résolution utilisée dans notre système de fusion repose sur l'implémentation du filtre à miroir en quadrature (QMF) de la transformée en ondelettes discrètes, incorporée dans l'algorithme de Mallat ^[16]. Les filtres à miroir en quadrature représentent une classe spéciale de filtres de décomposition / reconstruction d'ondelettes développés indépendamment pour le codage et la compression sous-bande de signaux discrets. Ils sont très utiles dans l'analyse du signal à plusieurs résolutions en raison du fait qu'ils satisfont à la condition de para-unitaire et sont capables de reconstruire parfaitement le signal original à partir de la représentation pyramidale décomposée.

Les banques de filtres QM utilisées dans le traitement du signal multi-résolutions sont constituées de deux paires de filtres FIR conjugués à la puissance complémentaire. La décomposition du signal est effectuée dans la banque de filtres d'analyse par l'analyse QMF pair $h_0(n)$ et $h_1(n)$, qui correspond aux filtres de décomposition des ondelettes $\tilde{h}(n)$ et $\tilde{g}(n)$ introduit dans la section précédente. La reconstruction du signal s'effectue dans une banque de synthèse composée de la paire de synthèse QMF aller $g_0(n)$ et $g_1(n)$ correspondant aux filtres de reconstruction d'ondelettes $h(n)$ et $g(n)$.

Les filtres QMF utilisés dans nos investigations sur la fusion d'image en ondelettes sont des filtres FIR à demi bande conçus par Johnston. Les banques d'analyse et de synthèse se composent d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut dérivé d'une seule réponse impulsionnelle de prototype passe-bas $h_0(n)$. Le filtre passe-haut d'analyse est produit à partir de $h_0(n)$ en reflétant la fonction de transfert

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

spectral autour de la fréquence d'échantillonnage de quart. En pratique, cela signifie que tous les autres échantillons de la réponse impulsive passe-bas sont négatifs :

$$h_1(n) = (-1)^n h_0(n) \quad 0 < n \leq N \quad \dots (2.15)$$

Les filtres de synthèse sont générés par les réponses impulsives des filtres d'analyse, $h_0(n)$ et $h_1(n)$, au cours du temps. En outre, le facteur d'amplification qui restaure l'énergie globale du signal d'origine qui a été perdu par décimation, voir la figure 4, est également inclus :

$$g_0(n) = 2 * h_0(N-n+1), \quad 0 < n \leq N \quad \dots (2.16)$$

$$g_1(n) = 2 * h_1(N-n+1), \quad 0 < n \leq N \quad \dots (2.17)$$

Les réponses d'impulsion et les fonctions de transfert des filtres QMF sont illustrées à la figure 5. Ils sont dérivés du prototype passe-bas $h_0(n)$ de Johnston 16A QMF. Le prototype est un filtre de phase linéaire, c'est-à-dire qu'il a une réponse impulsionnelle symétrique, et par conséquent, la synthèse passe bas $g_0(n)$, est identique à l'exception de l'échelle (comprend le facteur 2 d'amplification). Les réponses impulsionnelles des deux filtres passe-haut sont affichées dans b) et c), respectivement pour l'analyse et la synthèse. Les réponses en fréquence d'amplitude des combinaisons LP-HP sont affichées sur l'intrigue en 2.2 d), et nous pouvons voir qu'il existe un chevauchement spectral considérable. Cependant, en raison de la propriété de reconstruction parfaite des QMF, ces composants d'aliasing s'annulent pendant le processus de reconstruction.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

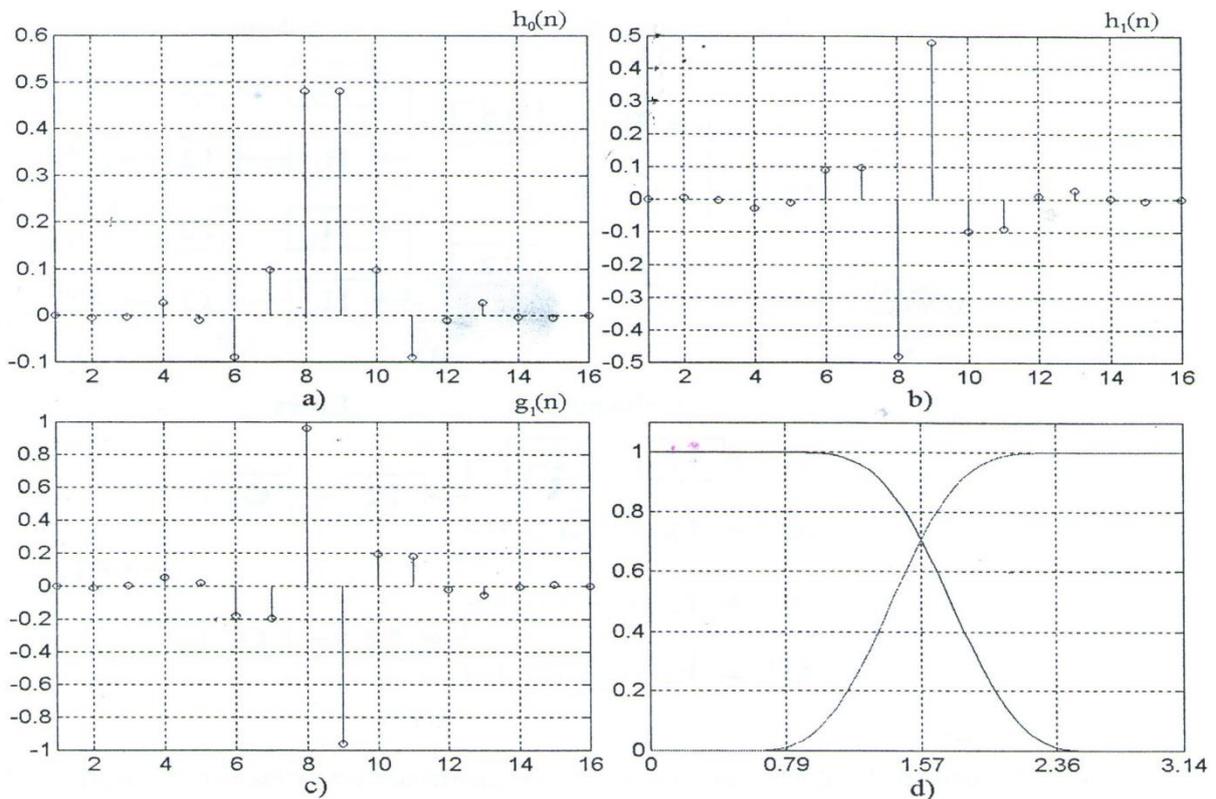


Figure 5 : (a), (b) Les réponses impulsionnelles de l'analyse passe bas et passe-haut et (c) synthèse passe haut, (d) leurs réponses en fréquence d'amplitude.

Application, des banques de filtres QM, à la décomposition bidimensionnelle du signal multi-résolution est à travers une structure développée par Mallat ^[16]. Les signaux bidimensionnels sont décomposés avec des filtres FIR à une seule dimension en appliquant les filtres dans les deux sens indépendamment. La structure des banques de filtrage d'analyse et de synthèse QMF est illustrée à la figure 5. Dans la banque d'analyse, une banque de filtre de décomposition unidimensionnelle, comme celle représentée sur la figure 4 a), est d'abord appliquée dans le sens horizontal à l'image d'entrée ou c'est approximation $A^{LL_{K+1}}$, l'image est filtrée le long des lignes avec l'Filtres d'analyse passe-bas et haut, H_0 et H_1 , et les signaux résultants sont fortement décimés dans la direction horizontale en gardant une colonne sur deux. Les deux demi-images produites de cette manière sont elles-mêmes entrées dans des banques de filtres identiques qui fonctionnent dans la direction verticale. Les signaux sont filtrés le long de leurs colonnes et seules toutes les autres lignes des signaux traités sont conservées.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

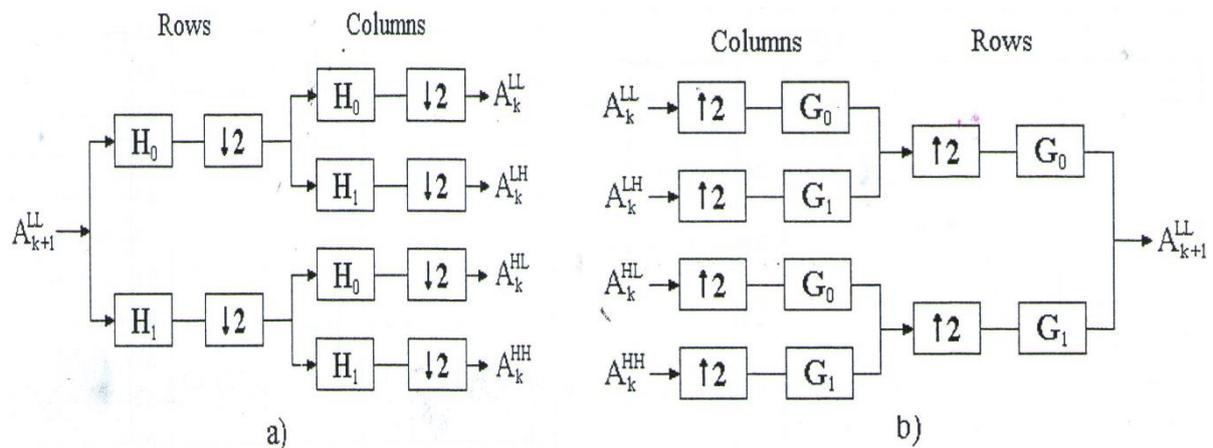


Figure 6 : Structure de décomposition / reconstruction QMF: (a) banque d'analyse (b) banque de synthèse.

En raison de la nature à moitié bande des filtres, ce processus de décomposition bidimensionnel divise le spectre d'image en moitiés dans les directions x et y. La division spectrale qui se déroule au sein de la banque d'analyse QMF est démontrée sur le schéma de la figure 6 a). Le résultat d'une étape unique de l'analyse QMF est une résolution inférieure à quatre signaux de sous-bande: une approximation discrète A_k^{LL} , et trois images de détail A_k^{LH} , A_k^{HL} et A_k^{HH} . Par rapport au cas unidimensionnel, la moitié supérieure du spectre d'image d'entrée dans chaque direction constitue 3/4 de la taille globale du spectre d'origine, voir la figure 6 a). Les signaux de détail de résolution inférieure, sous la forme de sous-bandes passe-haut, qui résultent de la première étape de décomposition, sont présentés dans la bague extérieure du spectre dans 2.4 a). Ils diffèrent selon l'orientation de l'information de fréquence spatiale qu'ils contiennent alors qu'ils séparent les informations de détail horizontales, verticales et diagonales respectivement. Le diagramme montre également les signaux de détail de la deuxième étape de la décomposition et la mesure dans laquelle les niveaux supérieurs contiennent des informations progressivement proches de la fréquence zéro.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

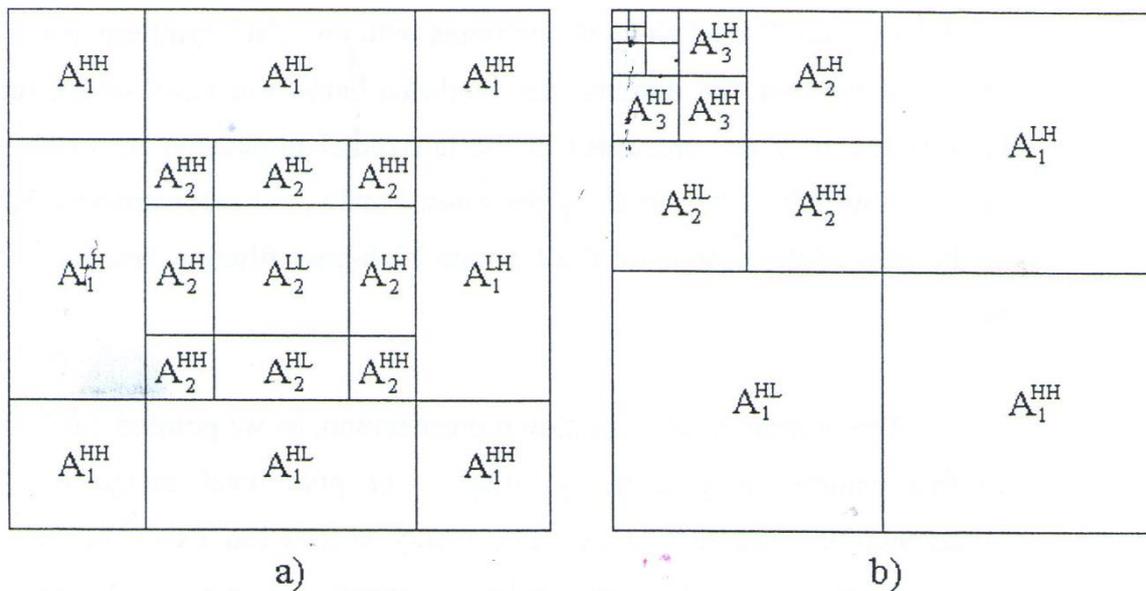


Figure 7 : a) pyramide gaussienne b) pyramide d'ondelette.

Le facteur de décimation de 2, signifie qu'à chaque étape de décomposition, la résolution est réduite de deux dans les directions x et y. Cela se traduit par des signaux de sous-bande d'un quart de la taille de l'entrée. Garder ce facteur constant tout au long de la décomposition pyramidale, produit une structure de multi-résolution logarithmique, c'est-à-dire que la taille des sous-bandes décomposées diminue de façon exponentielle à mesure que nous nous rapprochons de la fréquence zéro. Ceci est démontré dans la structure de représentation pyramidale montrée à la figure 6 b).

Une implication du facteur de décimation qui est comme la taille relative des signaux de la sous-bande est divisée par deux ou doublée, il existe une contrainte de dimensions valide pour les signaux pouvant être traités. Les dimensions valides sont des pouvoirs du facteur de décimation, dans ce cas 2^i ($i \in \mathbb{Z}$). Pour la plupart des applications, cette restriction ne peut être satisfaite par le processus d'acquisition d'image et des techniques efficaces de traitement du signal sont nécessaires pour étendre les signaux aux dimensions valides.

La reconstruction d'image à partir de la pyramide à plusieurs résolutions se fait à travers une série de banques de filtres de synthèse, illustrées à la figure 6 b). Le processus de reconstruction est double pour le processus de décomposition. Dans chaque étape de la reconstruction, tous les signaux de sous-bande du même niveau de résolution sont entrés dans la banque de synthèse pour produire l'approximation passe-bas du niveau de résolution plus élevée. Initialement, tous les signaux sont

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

interpolés dans la direction verticale en insérant une rangée de zéros après chaque rangée de sous-bandes. Les signaux interpolés sont ensuite filtrés le long des colonnes avec la paire de synthèse QMF G_0 et G_1 . Les résultats des deux banques de synthèse unidimensionnelle sont entrés dans une autre banque de synthèse où ils sont traités dans la dimension horizontale en insérant des colonnes de zéros suivies d'un filtrage le long des lignes. Enfin, le signal reconstruit est obtenu en tant que somme des sorties des branches de filtres passe bas et passe-haut de la dernière banque de filtres.

La représentation de la multi-résolution des ondelettes, comme nous l'avons souligné dans l'introduction de ce chapitre, convient particulièrement à la fusion d'image au niveau des pixels. La représentation orthogonale garantit que la corrélation inutile n'existe pas entre les niveaux d'image qui nous permettent d'isoler efficacement l'information d'une échelle particulière. En outre, en raison de la nature passante des filtres utilisés pour produire les images de détail, la taille relative des coefficients de sous-bandes représente la résistance ou l'intensité des arêtes correspondantes dans le signal d'image d'origine. Ceci est important pour un système de fusion lorsqu'une discrimination efficace entre les caractéristiques dans différentes images d'entrée est recherchée, car de gros coefficients correspondent toujours à des arêtes vives. De bonnes propriétés de localisation spatiale et spectrale, signifient également que les caractéristiques les plus importantes sont facilement isolées et transférées entre les pyramides (telles que l'entrée et la fusion) sans perte importante d'informations.

La nature des détails trouvés dans les sous-bandes d'une pyramide d'image est illustrée dans la Figure 7 où a) représente une image d'entrée et b) c'est une représentation pyramidale. L'image contient un certain nombre de fonctionnalités avec différentes forces et orientations qui apparaissent dans la pyramide. Un bon exemple est la tranchée verticale sur le droit de l'image qui domine l'information verticale, A^{HL}_k , sous-bande (à gauche de la pyramide).

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

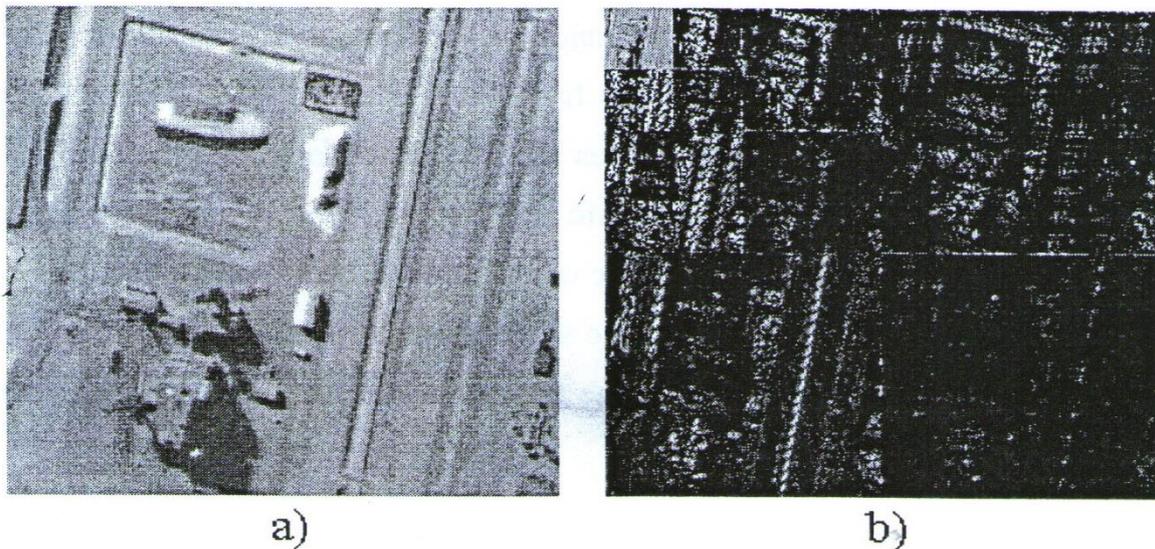


Figure 8 : (a) Un exemple d'image et (b) sa représentation pyramidale en ondelettes.

3 Fusion d'image au niveau de pixel en utilisant la DWT

3.1 Structure de fusion d'ondelettes :

Les systèmes de fusion d'image au niveau des pixels basés sur les ondelettes augmentent le contenu de l'information des images fusionnées en sélectionnant les caractéristiques les plus importantes à partir des images d'entrée et en les transférant dans l'image composite. Ce processus se déroule dans le domaine de la pyramide multi-résolutions atteinte par le processus d'analyse multi-résolution. La fusion de l'information est obtenue en créant une nouvelle représentation pyramidale fusionnée qui contient toutes les informations significatives issues des pyramides à plusieurs résolutions des images d'entrée. La structure générale des systèmes de fusion d'ondelettes est similaire à celle d'autres méthodes de fusion à plusieurs résolutions et elle est illustrée dans le diagramme de la Figure 8.

Intégrez seulement deux images A et B, pour des raisons de simplicité, sont d'abord décomposées en pyramides multi-résolution. Ensuite, un nouveau réseau pyramidal est initialisé sans aucune information, c'est-à-dire qu'il est rempli avec des zéros. L'algorithme de fusion pyramidale considère ensuite, de manière systématique individuel ou des groupes de pixels à partir des représentations pyramidales à plusieurs résolutions des images d'entrée, et forme des valeurs pour les pixels correspondants de la nouvelle pyramide. Les coefficients de la nouvelle pyramide sont formés

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

soit en transférant directement les valeurs du coefficient d'entrée, soit en combinaisons arithmétiques des coefficients correspondants à partir des pyramides d'entrée. Les critères de sélection et / ou de fusion des coefficients de pyramide d'entrée sont déterminés dans la conception du processus de sélection de fonctionnalité qui est incorporé dans l'algorithme de fusion pyramidale.

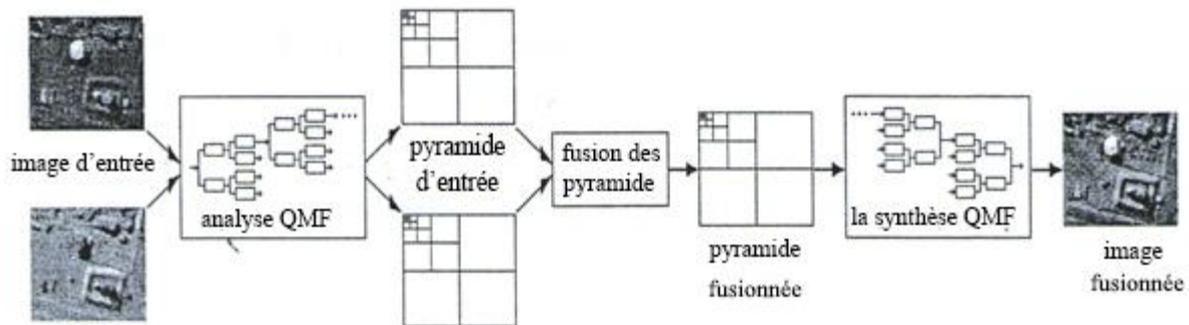


Figure 9 : Structure générale d'un système de fusion d'image au niveau des pixels à base d'ondelettes.

3.2. Sélection des caractéristiques des ondelettes multi-résolution et Fusion Pyramidale

Le but pratique de la fusion d'image au niveau des pixels, tel qu'introduit au chapitre 1, est de conserver, en transférant dans l'image fusionnée de sortie, l'information visuelle «la plus importante» qui existe dans l'ensemble d'images d'entrée. L'objectif de la sélection des fonctionnalités dans le processus de fusion d'image est d'identifier et de déterminer l'importance relative des fonctionnalités contenues dans les images d'entrée et de sélectionner les plus importantes pour l'image fusionnée. Le mécanisme de fusion pyramidale est ensuite utilisé pour transférer ces caractéristiques sélectionnées des pyramides d'image d'entrée dans la pyramide fusionnée. Ceci est réalisé en considérant les coefficients de sous-bande des pyramides d'image d'entrée et en sélectionnant les sources pertinentes en tant que sources à partir desquelles les coefficients de pyramide fusionnés sont déterminés. En outre, comme la taille des coefficients de pyramide d'ondelettes reflète également l'importance de la caractéristique d'image correspondante, la sélection de fonctionnalités et les méthodes de fusion développées pour d'autres approches de fusion à plusieurs résolutions sont directement applicables à la fusion à plusieurs résolutions à base d'ondelettes.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

3.3. Sélection de caractéristiques classiques et mécanismes de fusion pyramidale

La sélection des fonctionnalités de multi-résolution et les schémas de fusion pyramidale proposés dans la littérature jusqu'à présent ont été brièvement présentés au chapitre 1. En général, ils varient considérablement en termes de complexité et d'efficacité. Les mécanismes de sélection des fonctionnalités peuvent être largement divisés en schémas basés sur les pixels et les zones, et les méthodes de fusion du coefficient de pyramide sont purement sélectives, purement arithmétiques ou composites, une combinaison des deux premiers.

Les systèmes de sélection de fonctionnalités basés sur des pixels font une décision de fusion pour chaque pixel pyramidal individuellement, en fonction de sa valeur. En revanche, les méthodes basées sur la zone utilisent un voisinage de valeurs de coefficient pour former un critère de sélection le pixel central. Un schéma illustrant ces deux types de mécanismes de sélection de coefficients est représenté pour une seule fusion sous-bande de pyramide dans la figure suivante.

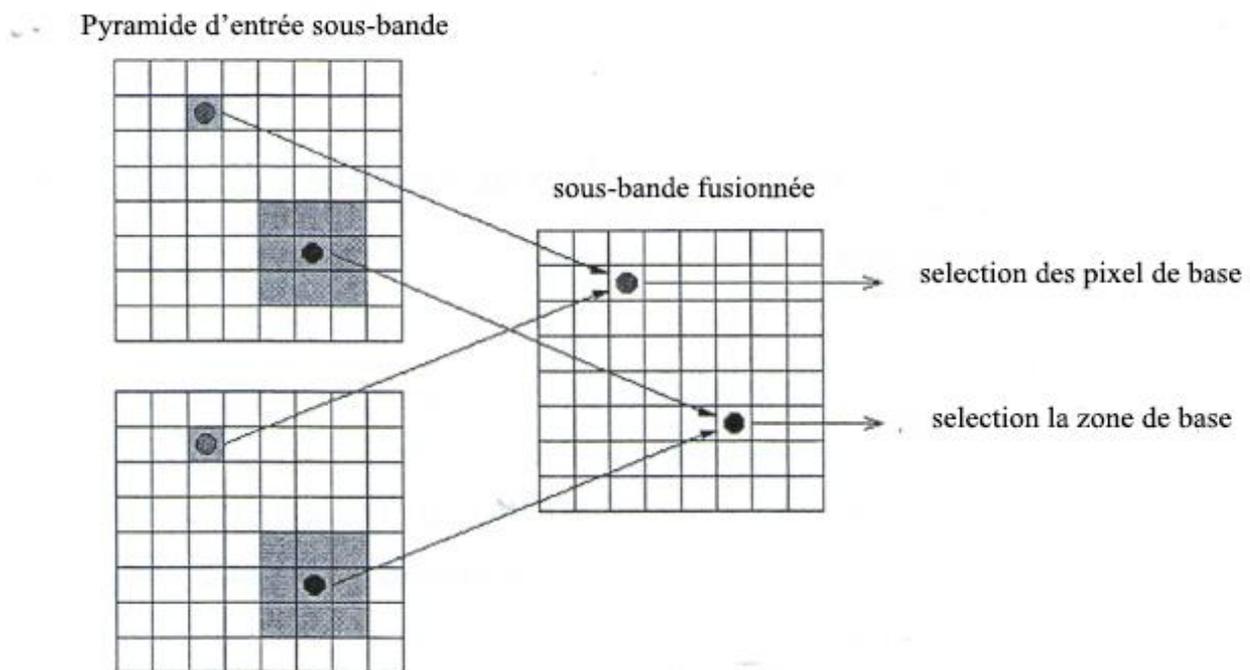


Figure 10 : Exemple de fusion pyramidale utilisant une méthode de sélection basée sur des pixels et basée sur la zone.

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

En termes de fusion pyramidale, les schémas sélectifs forment la pyramide composite par transfert direct des valeurs de coefficients des pyramides d'entrée en fusion, selon une carte de sélection produite par le processus de sélection de fonctionnalité. Les méthodes arithmétiques, d'autre part, évaluent les coefficients pyramidaux fusionnés en tant que combinaison arithmétique, généralement une somme pondérée, une équation (2.5), des valeurs pyramidales d'entrée. Les méthodes composites utilisent les deux approches ci-dessus. Pour cela, ils nécessitent une sortie supplémentaire du processus de sélection de fonctionnalité qui détermine laquelle des deux méthodes de fusion sera utilisée.

Le schéma de fusion simplifié à base de pixel-select-max couramment utilisé ^[6.15], est le schéma de fusion de sélection le plus simple. Les valeurs absolues des coefficients d'entrée correspondants sont directement comparées et la plus grande est copiée dans la pyramide fusionnée. Comme la plupart des autres schémas sélectifs basés sur des pixels, l'approche select-max souffre d'une robustesse relativement faible au bruit et des sélections aléatoires, ce qui donne un aspect "sel et poivre" des cartes de sélection. De telles cartes de sélection augmentent le niveau de discontinuité dans la pyramide fusionnée provoquant des artefacts de sonnerie étendus dans l'image fusionnée.

La robustesse peut être ajoutée au système par l'utilisation de critères de sélection basés sur la zone, tels que ceux utilisés dans les schémas par Burt et Kolczynski ^[17]. Décisions basées sur un voisinage autour du coefficient central supprimez la plupart des aléas de la carte de sélection en raison du bruit et des grandes valeurs aléatoires dans le signal de la sous-bande. Ils réduisent également la perte de contraste en s'assurant que tous les coefficients appartenant à une caractéristique dominante particulière sont sélectionnés. La performance de ces méthodes dépend cependant du contenu de l'image et de la taille du quartier utilisé. Lorsque les caractéristiques importantes sont situées les unes à côté des autres, par exemple dans des approches de résolution plus basse, les zones de quartier large peuvent fortement polariser les décisions de sélection vers une des images d'entrée. Cela peut entraîner des caractéristiques importantes de l'autre entrée manquée par le processus de fusion et l'introduction d'artefacts de sonnerie à des résolutions inférieures. Une diminution dans la zone de sélection avec la résolution décroissante serait avantageuse.

Enfin, les schémas de fusion pyramidale composée, comme ceux présentés par Burt et Kolczynski ^[17], surmontent, dans une certaine mesure, les problèmes associés aux deux approches

Chapitre 2 : Fusion d'image multi-résolutions basée sur la transformée des ondelettes

décrites jusqu'ici. Dans les systèmes présentés dans la littérature, la moyenne des coefficients est principalement utilisée dans les zones où les valeurs de la pyramide d'entrée sont similaires et une sélection simple ailleurs. Cela empêche généralement le problème de la saturation du signal fusionné et réduit les discontinuités sous-bandes fusionnées. Le choix de la sélection de la résolution et le caractère aléatoire de la carte de sélection restante sont toujours présents. La nouvelle méthode de sélection des caractéristiques de la bande transversale proposée dans la seconde moitié de cette section peut être classée comme un schéma composite de fusion pyramidale.

Un mécanisme qui supprime la plus grande quantité d'effet de sélection et de bruit aléatoire est le filtrage majoritaire des cartes de décision, également appelé étape de vérification de la cohérence. suite à une sélection basée sur la zone. Cependant, ses effets sont très semblables à ceux de l'utilisation d'une zone plutôt que d'une sélection basée sur les pixels. En outre, il est également susceptible de produire un biais de sélection s'il est appliqué avec un grand modèle à faible résolution. Une technique utile de vérification de la cohérence, proposée par Zhang ^[3], repose sur un filtrage majoritaire des cartes de sélection par rapport aux régions définies par un algorithme de segmentation d'image. Le même auteur donne également un examen complet d'une enquête sur les différents aspects des méthodes de sélection / fusion de pyramides et recommande une solution optimale ^[3]. La majorité des autres auteurs conviennent toutefois que l'approche optimale de sélection / fusion de pyramide dépend de l'application et devrait être recherchée à partir des algorithmes possibles avec des critères spécifiquement définis.

4 Conclusion

Une approche importante de la fusion d'image au niveau des pixels à l'aide d'une analyse multi-résolutions d'ondelettes et d'un schéma de fusion pyramidale basée sur une nouvelle méthode de sélection de fonctionnalité de bande transversale a été présentée dans ce chapitre. Le système proposé affiche des performances supérieures à celles des approches de fusion d'ondelettes plus conventionnelles qui utilisent la sélection et la fusion des caractéristiques pyramides utilisées sur une sous-bande de pyramide

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

1. Introduction

L'évolution des technologies de détection au cours de la dernière décennie a permis de fournir des tableaux de capteurs qui sont plus spectralement et spatialement précis et couvrent une bande passante spectrale toujours croissante. Les systèmes multi-capteurs fournissent des observations précises de l'environnement en utilisant une résolution spatiale élevée dans un grand nombre de chaînes spectrales indépendantes. Les observations de capteurs individuels représentent déjà des ensembles de données d'entrée importants et leur traitement exige de grandes quantités de temps et d'effort de calcul. Toute augmentation du nombre de capteurs utilisés (tableaux multi-capteurs) signifie une augmentation proportionnelle de la quantité de données d'entrée et nécessite une augmentation correspondante de la puissance de calcul pour la traiter. En outre, une augmentation linéaire de la résolution spatiale d'un capteur, la fusion d'image au niveau des pixels fournit une solution au problème de la surcharge de données en réduisant efficacement la quantité de données nécessaires pour représenter l'information utile obtenue à partir d'observations de scène multiples. Bien que cela entraîne une réduction de la complexité requise dans les étapes de traitement ultérieures, les algorithmes de fusion de capteurs doivent toujours fonctionner sur toutes les données d'entrée disponibles. En conséquence, l'efficacité de calcul représente l'une des principales contraintes dans la conception d'algorithmes de fusion d'image au niveau des pixels. La complexité computationnelle de certains algorithmes de fusion d'image proposés jusqu'à présent peut être prohibitif pour les applications rapides, réelles ou quasi-réelles. Il est donc souhaitable de développer des techniques de fusion simples et efficaces si la mise en œuvre d'une résolution d'image au niveau du pixel en temps réel doit être largement adoptée.

Dans ce chapitre, nous présentons une approche de traitement pour la fusion de l'image à l'échelle des pixels à l'aide d'un niveau adaptatif, réduit de niveaux et d'une technique multi-échelle. Le but est triple: 1) obtenir une fusion d'image efficace en termes de calcul qui peut être utilisée en applications de fusion en temps réel ; ii) préserver la performance de fusion robuste présentée par d'autres approches de fusion multi-échelle et multi-résolues plus complexes et iii) Éliminer les artefacts de bruit structurés indésirables présents dans les images fusionnées par les autres systèmes de fusion multi-échelle et multi-résolutions.

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

2. Fusion d'image multi-niveaux au niveau du pixel

Cette section présente brièvement la théorie fondamentale des systèmes de fusion d'image multi-échelle. Dans la partie supérieure de la section, on discutera de l'application d'approches multi-échelles à une fusion rapide de l'image au niveau des pixels ^[2] et on propose la structure générale d'un système de fusion d'image multi-échelle adaptable et efficace en termes de calcul.

2.1 Théorie multi-échelle de la fusion de l'image

Les approches de fusion multi-échelle sont étroitement liées aux approches de fusion à plusieurs résolutions. Ils sont basés sur le même concept général que la performance de fusion optimale est obtenue lorsque l'information est fusionnée indépendamment à différentes échelles. En outre, les approches multi-échelles et multi-résolution utilisent des techniques de traitement très similaires pour décomposer les images d'entrée en signaux de sous-bande qui contiennent des informations de spectre mutuellement exclusives. La principale différence est que les techniques de décomposition du signal multi-échelle forment des représentations de signaux hautement redondantes tandis que les représentations multi-résolutions, telles que la pyramide des ondelettes ^[16.1] ne sont pas redondantes ou seulement un peu redondantes (pyramides laplaciennes et RoLP ^[6.10] sont 4/3 de l'image d'origine). Contrairement à l'analyse multi-résolutions, des méthodes d'analyse de signaux multi-échelles (telle que la transforme d'ondelette discrète au retard invariant) ne procèdent pas au ré échantillonnage invocateur des signaux filtrés

Les représentations de signaux à plusieurs échelles sont constituées d'une série de signaux de même taille que l'image originale, mais contenant seulement des parties limitées du spectre d'image. Ils incluent de grandes quantités de redondance spectrale qui sont éliminées par sous-échantillonnage dans les méthodes d'analyse de la pyramide à plusieurs résolutions. Cependant, en termes de fusion de l'information, la taille équivalente des signaux de sous-bande peut être utile pour généraliser les décisions de sélection de fonctionnalité selon différents niveaux d'échelle. Une structure générale d'un système de fusion d'image au niveau des pixels utilisant une représentation du signal à plusieurs niveaux est illustrée à la figure 20.

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

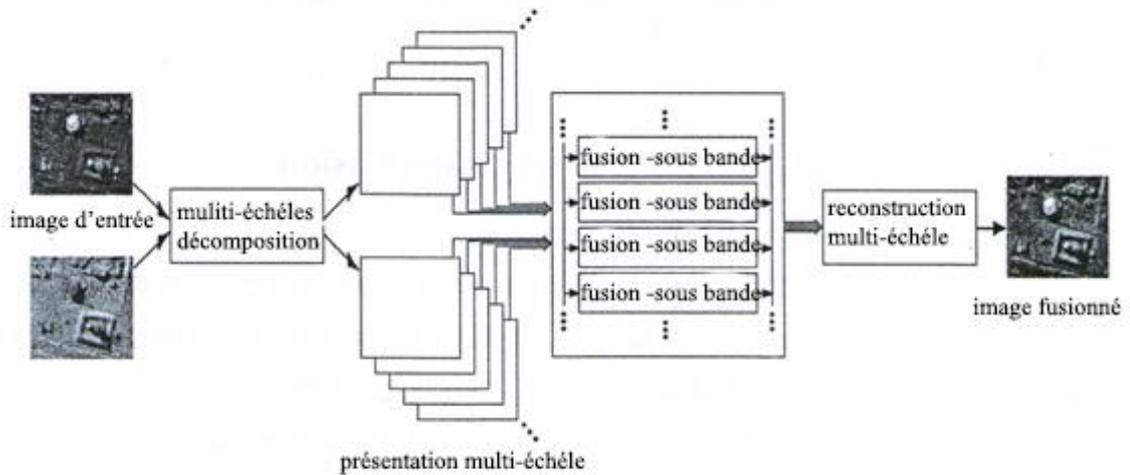


Figure 11 : Une structure générale d'un système de fusion d'image au niveau des pixels utilisant une représentation du signal à plusieurs niveaux.

La structure de la figure 20 est très similaire à celle des systèmes de fusion à plusieurs résolutions, avec la séquence de processus de décomposition-fusion-reconstruction reconnaissable. La décomposition à l'échelle multi-échelle est effectuée en utilisant l'une des nombreuses techniques standard pour l'analyse d'images multi-échelles comme la décomposition de pyramide laplacienne ou la DWT ^[3]. Les représentations multi-échelles résultantes peuvent être fusionnées en utilisant des mécanismes indépendants de fusion de sous-bandes, ou une seule stratégie générale de fusion peut être appliquée. Dans la pratique, la plupart des chercheurs utilisent des procédés indépendants de fusion sous-bande, comme la structure illustrée à la figure 20. La reconstruction d'image fusionnée implique l'infiltration d'images sous-bandes fusionnées avec des filtres de reconstruction appropriés et ajoutés.

2.2 Approche de fusion de l'image multi-échelle efficace en calcul

En raison de leur représentation de signal intrinsèquement redondante, les approches multi-échelles sont un choix étrange pour une fusion d'image au niveau des pixels rapide et efficace. Les méthodes de fusion multi-résolutions et multi-échelles, d'autre part, présentent le plus haut niveau de performance de fusion d'image au niveau des pixels, avec une fusion multi-échelle même signalée pour obtenir de meilleures performances que la fusion multi-résolution dans certaines applications. Cependant, ces méthodes de fusion utilisent des techniques de traitement d'image telles que la

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

transformation des ondelettes et les représentations basées sur la pyramide de Gaussian qui sont exigeantes en termes de calcul.

La robustesse des processus de fusion à plusieurs résolutions réside dans la structure efficace de représentation de l'information d'image. Les effets indésirables qui peuvent être causés par des propriétés de signaux d'entrée défavorables, tels que les niveaux d'illumination de signature opposés du même objet dans différentes modalités de capteur, sont limités dans la sélection de caractéristiques et les processus de fusion pyramidale à une petite partie du spectre d'image fusionné. Cela signifie que, alors que dans la fusion arithmétique, un tel effet provoquerait une superposition destructive et un anéantissement du contraste de l'objet, dans une fusion multi-échelle / multi-résolution, il peut être totalement évité par une reconstruction parfaite d'une des signatures ou une faible distorsion sera présente autour des zones les plus saillantes. En même temps, l'efficacité des méthodes de fusion arithmétique réside dans le fait qu'aucune décomposition spectrale n'est effectuée et que les images sont fusionnées à l'aide d'une seule règle de fusion sur l'image entière. En outre, il a été démontré que la qualité de l'imagerie produite par les méthodes de fusion arithmétique peut être améliorée grâce à l'utilisation de techniques de pré-traitement et de post-traitement telles que l'inversion de la plage du signal et l'étirement du contraste.

L'algorithme rapide de fusion d'image au niveau des pixels basé sur une approche multi-échelle adaptative proposée dans ce chapitre présente un compromis entre la fusion complète d'image multi-échelle et la fusion d'image arithmétique. L'objectif est de préserver la robustesse et la haute qualité d'image fusionnée de la fusion multi-résolutions / multi-échelle à une complexité de calcul réduite en réduisant le nombre de gammes d'échelle (niveaux de décomposition) auxquelles l'information est fusionnée. Une réduction de complexité supplémentaire est possible grâce à l'utilisation d'une approche de décomposition sous-optimale qui utilise des modèles de moyenne pour obtenir une division spectrale.

Les approches conventionnelles multi-échelle, comme la pyramide gaussienne redondante, décomposent l'image d'entrée en une série de bandes spectrales logarithmiquement plus petites. Ils utilisent tous deux un facteur d'interpolation 2 qui résulte, en fonction de la taille du signal d'entrée, dans une représentation avec un nombre élevé de niveaux d'échelle (9 pour une image 512x512).

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

Cependant, cette structure rigide n'est pas optimale pour la plupart des distributions d'énergie spectrales pratiques et aboutit à des signaux de sous-bande dont l'énergie approche zéro (pas d'information). En réduisant le nombre de niveaux de décomposition, c'est-à-dire en fusionnant les sous-bandes existantes en signaux de bande passante plus large, nous éliminons directement cette redondance de traitement. En outre, moins de niveaux signifie également moins de signaux de sous-bandes, ce qui réduit la probabilité d'erreurs de reconstruction au fur et à mesure de l'introduction de discontinuités pendant le processus de fusion.

Le système proposé fusionne l'information d'image à seulement deux grands niveaux d'échelle. Ils sont représentés sous la forme de deux signaux de sous-bandes: l'arrière-plan et les signaux de premier plan. Ces signaux contiennent respectivement les informations à grande échelle et à petite échelle de l'image d'entrée. Les noms des signaux de sous-bandes, attribués pendant la phase de conception initiale, ne correspondent pas nécessairement à la classification perceptuelle des caractéristiques d'image d'arrière-plan et de premier plan, mais sont conservés pour des raisons de simplicité. La décomposition spectrale ou la fréquence de coupure exacte entre les signaux de la sous-bande est déterminée de manière adaptative et dépend du contenu d'information de la scène évaluée à partir de la distribution de puissance spectrale des images d'entrée.

La structure générale du système de fusion proposé est illustrée à la figure 21. Deux images enregistrées et multi-capteurs monochromes de la même scène sont entrées dans le système. Les images sont transmises dans les banques de décomposition rapide à plusieurs niveaux qui produisent les images de sous-bandes d'arrière-plan et de premier plan pour les deux entrées. Au cours du processus, les statistiques des distributions d'énergie spectrales des images d'entrée passent dans un estimateur de paramètres qui détermine la coupure de fréquence optimale pour la paire d'entrée actuelle. Dans la fusion de séquence d'image, nécessitant une opération de fusion en temps réel, les paramètres de décomposition à plusieurs échelles peuvent être déterminés et généralisés pour un nombre prédéfini d'images (trames) à l'avance.

La fusion du signal s'effectue aux deux niveaux d'échelle indépendamment. L'estimateur de paramètre surveille les statistiques chromatiques, des images d'entrée, telles que leur corrélation d'illumination. Sur la base de ces mesures, on détermine les paramètres optimaux pour l'arrière-plan et

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

les algorithmes de fusion de premier plan utilisés après la décomposition multi-échelle. Les signaux de fond sont combinés en utilisant une approche de fusion arithmétique, tandis que les signaux de premier plan, nécessitent une technique de fusion de sélection de fonctionnalité au niveau du pixel en raison du degré plus élevé de localisation de l'information spatiale. Ces deux éléments du système produisent un premier fond fusion fusionné et un seul signal de fond fondu qui sont enfin combinés par un ajout simple pour reconstruire l'image fusionnée, voir la section 3.3.

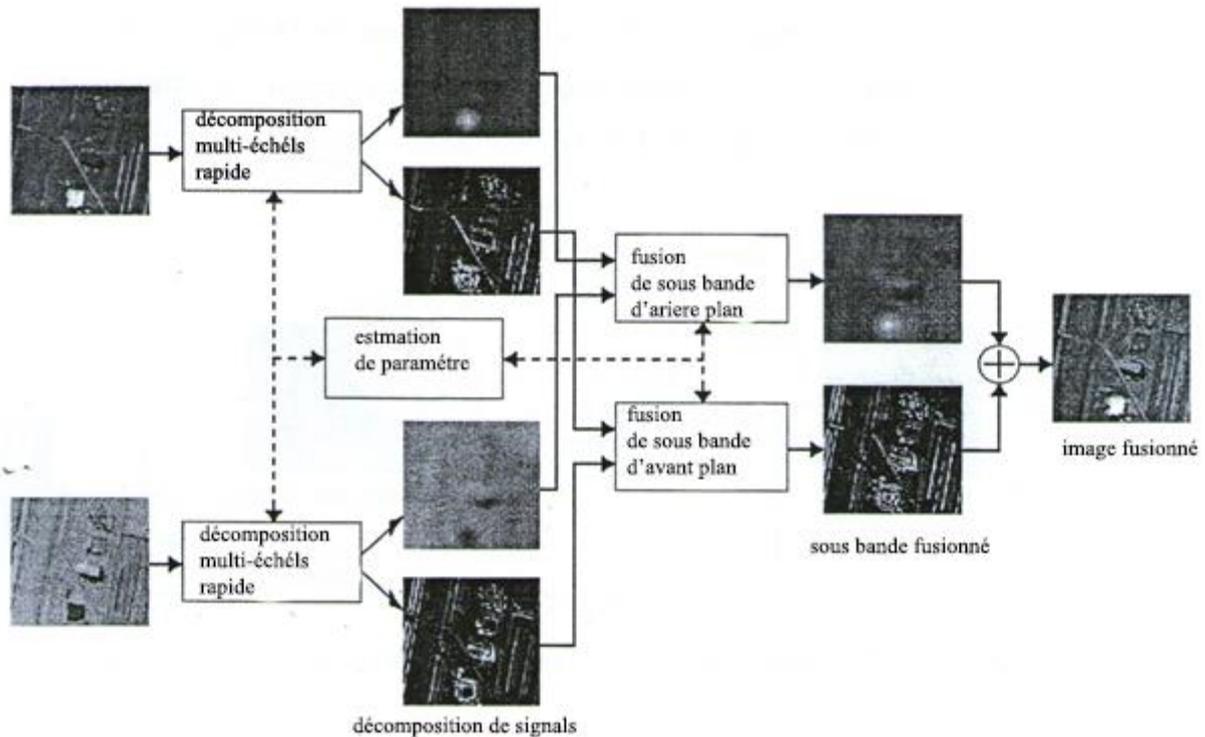


Figure 12 : Structure générale du système de fusion d'image multi-échelle à l'efficacité de calcul.

3 Analyse d'image multi-échelle adaptative rapide

Comme cela a été établi dans la section précédente, les approches conventionnelles multi-échelle et multi-résolution utilisées dans les applications de fusion souffrent d'une structure de sous-bandes rigide qui exige un excellent effort de calcul pour être évalué. Ce problème limite sérieusement l'applicabilité de tels algorithmes dans la fusion rapide de l'image applications. En outre, le grand nombre de sous-bandes et de niveaux de résolution augmente la probabilité des artefacts de fusion: qui apparaissent dans les images composites. Dans cette section nous décrivons une méthode d'analyse d'image multi-échelle simple et adaptative orientée vers des applications de fusion d'image en temps

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

réel. Le système n'utilise que deux niveaux d'échelle pour décomposer les informations présentées dans les signaux d'entrée. Ainsi, le signal d'image original est représenté sous la forme de deux images sous-bandes de même taille, contenant respectivement les parties inférieure et supérieure du spectre d'entrée. La décomposition spectrale est réalisée en utilisant une méthode simple semblable à la décomposition pyramidale gaussienne-laplacienne, et sa structure basique est illustrée à la figure 22. L'image d'entrée est d'abord lissée en la filtrant avec un modèle de calcul bidimensionnel qui produit l'image "en arrière-plan". Cette approximation lisse de l'image originale est ensuite soustraite de l'image d'entrée pour obtenir le petit détail, image qui est l'image "au premier plan".

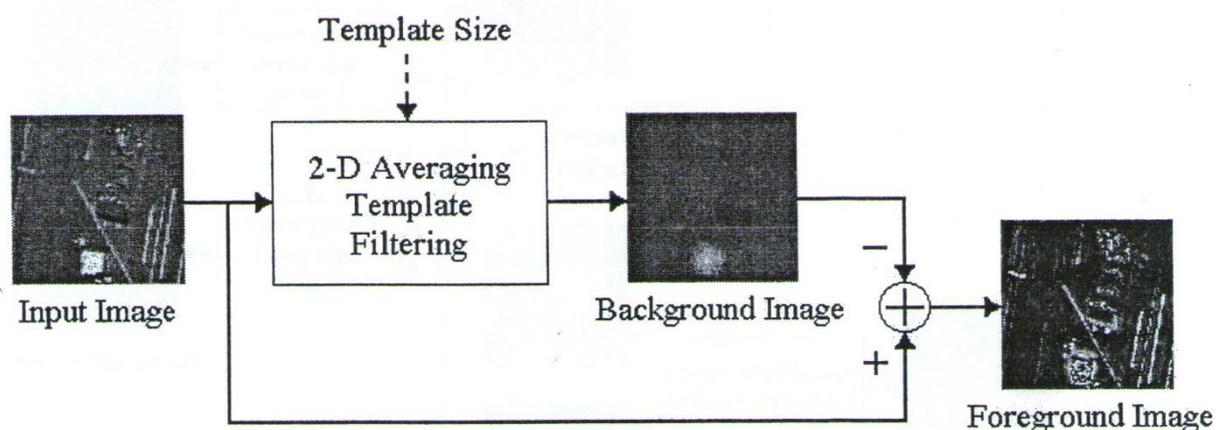


Figure 13 : Structure générale de la décomposition multi-échelle à adaptative rapide.

Les deux signaux de sous-bandes utilisés pour représenter l'information dans l'image d'origine contiennent des parties complémentaires du spectre d'entrée. Le premier, l'image de sous-bande d'arrière-plan, contient la composante de fréquence zéro (image moyenne) et les informations de fréquence inférieure. Il représente des objets et des fonctionnalités à grande échelle (informations) à partir de l'image d'entrée. Dans la demande d'avionique par exemple, cela inclut des informations telles que la position de l'horizon, les nuages, la forme générale du terrain à venir, de grands obstacles et toute autre information fournissant une description générale de l'environnement environnant. La fidélité de l'information contenue dans le signal d'arrière-plan est vitale pour l'apparence naturelle de l'image fusionnée. En revanche, le signal de premier plan contient les parties supérieures du spectre d'origine. Cela implique des caractéristiques à petite échelle, Les bords, les modèles de maraîchage, les petites formes et tout sillage de petite échelle vitaux pour des tâches telles que la reconnaissance et

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

la classification des objets Ainsi, le spectre du signal d'origine est décomposé dans les deux signaux de sous-bande

En utilisant un filtrage moyen bidimensionnel avec des modèles de taille variant de manière adaptative. Bien qu'ils ne possèdent pas de caractéristiques spectrales enviables, les modèles de moyenne sont utilisés car ils ne nécessitent qu'une fraction de l'effort de calcul nécessaire pour les filtres ayant de meilleures caractéristiques spectrales. Un modèle de lissage bidimensionnel "plus optimal" est la fenêtre gaussienne. La caractéristique spectrale d'un modèle de moyenne est illustrée à la figure 14. La nature passive générale de sa réponse en fréquence est évidente dans cet intrigue, la bande passante étant concentrée étroitement autour de la fréquence zéro. Cependant, les caractéristiques de la bande d'arrêt sont loin d'être optimales. Ceci est particulièrement perceptible dans les fréquences purement horizontales et purement verticales où la réponse de la bande d'arrêt reste élevée, autour de 0,1, même proche de la fréquence maximale. Pour plus de fréquences diagonales, la réponse de la bande d'arrêt est considérablement meilleure et découle vers zéro lorsque nous nous éloignons des deux axes (purement horizontale et verticale). En termes de décomposition de l'information, ces imperfections de réponse indiquent que certaines des informations à haute fréquence seront présentes dans le signal d'arrière-plan.

L'amélioration de l'efficacité obtenue avec les modèles de moyenne, par rapport à d'autres filtres passe-bas bidimensionnels, comme la fenêtre gaussienne, découle du fait que le modèle de moyenne n'a qu'une valeur de coefficient qui est répliquée dans tout le modèle. Cela réduit considérablement le nombre d'opérations arithmétiques

Impliqué dans le déplacement du modèle dans les deux sens de l'image, ce qui signifie que l'amélioration de l'efficacité est proportionnelle à la taille de l'image. Plus les images d'entrée sont grandes, plus grande est l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de modèles de moyenne.

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

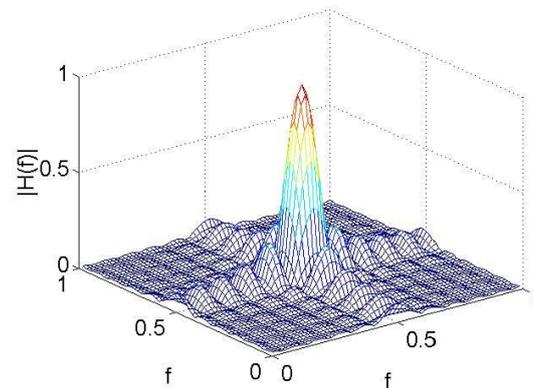


Figure 14 : Réponse d'amplitude spectrale d'un modèle de moyenne.

Un avantage supplémentaire des modèles de moyenne est la facilité relative avec laquelle la taille relative des sous-bandes produite par le processus de décomposition spectral peut être déterminée. Pour une taille d'image d'entrée fixe, la taille du modèle utilisé dans la décomposition détermine directement la fréquence de coupure de bande passante. Plus le modèle est grand comparé à la taille de l'image, plus le seuil est proche de zéro et vice versa. La réponse en fréquence tracée dans la Figure 23 est d'un modèle 11x11 appliqué sur une image 128x128. En outre, cette fréquence de coupure flexible permet d'adapter la décomposition spectrale aux propriétés des images d'entrée afin d'optimiser les performances de fusion.

4. Fusion d'Image sous-bande

La fusion de l'image sous-bande est le processus de fusion de l'information. Dans le système proposé, les informations provenant des deux gammes d'échelle sont fusionnées indépendamment en utilisant des méthodes fondamentalement différentes, mieux adaptées au type d'information contenue dans ces sous-bandes.

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

4.1 Fusion sous-bande d'arrière-plan

Les signaux d'arrière-plan sont fusionnés en utilisant des méthodes de fusion arithmétique simples. Comme indiqué dans la section précédente, ils contiennent des informations à grande échelle à partir des parties inférieures du spectre d'image d'entrée d'origine. Cela signifie que les signaux d'arrière-plan ne contiennent que des changements réguliers dans la valeur du signal et que la fusion basée sur la sélection comprendrait une grande quantité de redondance, les régions entières étant sélectionnées à partir de la même image. En outre, l'information moyenne provenant des images d'entrée, contenues dans les signaux d'arrière-plan, présente un autre problème pour les approches de fusion basées sur la sélection. Les faux contours apparaissent à la suite de la fusion de sélection coupée et collante dans les zones dans lesquelles les entrées ont des illuminations moyennes significativement différentes. D'autre part, des transitions lisses dans la moyenne locale sont préservées lorsque des méthodes de fusion arithmétique sont appliquées. Alors que la fusion basée sur la sélection choisit une seule des entrées comme source d'information à n'importe quelle position dans le signal fusionné, les méthodes de fusion arithmétique peuvent conserver toutes les informations dans les bandes de base d'entrée si les signaux d'arrière-plan d'entrée contiennent des informations complémentaires.

L'information contenue dans les signaux d'arrière-plan est vitale pour la conscience spatiale et l'apparence naturelle des images. Cependant, précisément, quelle quantité d'informations se trouve encore dans les bandes de base des signaux d'image d'entrée dépend également de la nature du capteur utilisé et des conditions en vigueur. Dans la lumière du jour et de bonnes conditions de visibilité, par exemple, les capteurs de lumière visible ont généralement beaucoup plus d'informations d'arrière-plan que l'infrarouge. Dans la nuit et dans les conditions brumeuses, la situation peut être inversée. Ces propriétés liées à l'état des signaux d'entrée influencent la conception des méthodes de fusion d'arrière-plan car on ne peut pas s'appuyer sur des généralisations de modèles de capteurs pour employer une seule méthode de fusion arithmétique simple. Au lieu de cela, les statistiques du signal sont surveillées afin de choisir la meilleure méthode de fusion possible.

En principe, la fusion idéale serait de conserver toutes les informations des deux images en les ajoutant ensemble. Cependant, dans la pratique, cela n'est pas possible lors de l'utilisation de la fusion arithmétique, en raison de la perte d'information introduite par des effets tels que la superposition destructrice. Éviter complètement ces effets est impossible, mais une solution simple qui peut

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

améliorer les performances dans de tels cas est d'utiliser un négatif photographique de l'une des images d'entrée au lieu de l'image originale. Cette technique simple, Appliqué aux images en niveaux de gris de 8 bits dans l'équation (3.1), ne supprime pas complètement le problème de la superposition destructive mais peut offrir une réduction significative de son effet en augmentant le nombre de zones dans lesquelles les signaux se combinent de façon constructive. Notez toutefois qu'il faut prendre soin de savoir quelle image peut être inversée, car tout changement important, «dans l'apparition d'images lumineuses visibles, par exemple, produit une image fusionnée d'apparence non naturelle à un observateur humain.

$$\bar{A}(n,m)=256-A(n,m) \quad , \forall n,m \quad \dots(3.1)$$

Dans le système proposé, deux approches de fusion arithmétique différentes pour les signaux de fond sont utilisées. Ils donnent une performance de fusion optimale pour des ensembles de conditions statistiques complémentaires. Dans le cas où, une image d'arrière-plan domine, c'est-à-dire que l'une des entrées contient beaucoup plus d'informations de base que l'autre, nous utilisons l'approche d'élimination directe. L'image d'arrière-plan dominante devient simplement l'image d'arrière-plan fusionnée tandis que l'autre image de fond est ignorée. Il s'agit d'un cas particulier de fusion arithmétique, voir l'équation (2.1) où les facteurs de pondération sont 0 et 1 qui peuvent-être exprimé dans une forme de sélection :

$$F_b(n,m)=f(x) = \begin{cases} A_b(n,m), & \text{if } I(A_b) \gg I(B_b) \\ B_b(n,m), & \text{if } I(B_b) \gg I(A_b) \end{cases} \quad , \forall n,m \quad \dots(3.2)$$

Où A_b , B_b et F_b représentent l'entrée et les images d'arrière-plan fusionnées respectivement et $I(A_b)$ et $I(B_b)$ les estimations de contenu d'information pour les images d'arrière-plan d'entrée. Cette méthode de fusion a une perte intrinsèque d'informations dans le signal d'arrière-plan rejeté, mais cette perte est relativement faible étant donné que l'une des conditions de 3.2 est satisfaite. En outre, comme le contenu d'information perceptuel général du signal d'arrière-plan est faible par rapport aux signaux de premier plan, la perte d'une image d'arrière-plan moins importante n'est pas significative et ne dégrade pas les performances de fusion. Dans le même temps, cette méthode de fusion est extrêmement efficace sur le plan informatique.

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

Dans le cas où les énergies des signaux d'arrière-plan d'entrée ont des valeurs similaires, le signal fusionné est construit comme une somme de la moyenne zéro, des signaux d'arrière-plan d'entrée et de la moyenne des valeurs moyennes d'image d'entrée. Ceci est exprimé dans l'équation (3.3):

$$F_b(n,m) = \hat{A}(n,m) + \hat{B}(n,m) + \frac{\mu_A + \mu_B}{2} \quad \dots(3.3)$$

Où μ_A et μ_B représentent les illuminations moyennes des signaux d'arrière-plan d'entrée et $\hat{A}_b(n, m)$ et $\hat{B}_b(n, m)$ sont les signaux moyens mis à zéro donnés par:

$$\hat{A}_b(n,m) = \hat{A}(n,m) - \mu_A \quad \dots(3.4)$$

$$\hat{B}_b(n,m) = \hat{B}(n,m) - \mu_B \quad \dots(3.5)$$

Les signaux à zéro contiennent toutes les informations de changement de niveau de gris sans la luminance moyenne (moyenne). Des énergies de signal similaires suggèrent que des informations significatives existent dans les deux signaux et, compte tenu de la nature disparate des capteurs, certaines de ces informations sont complémentaires. L'ajout de signal dans l'équation (3.3) conserve cette information et renforce l'information redondante présente dans les deux entrées. En outre, la superposition constructive ne produit pas de saturation du signal à ce stade, car les plages de signaux ont été considérablement réduites par le filtrage. La superposition destructive est réduite par l'inversion du signal, l'équation (3.1). Les conditions exactes sous lesquelles l'inversion du signal est appliquée sont traitées dans la section 3.3. En termes d'efficacité de calcul, la méthode de fusion dans l'équation (3.3) est plus grave que celle de (3.2) bien que l'augmentation de complexité soit encore très faible. Une réduction significative de la complexité peut être obtenue dans la fusion séquentielle en utilisant les valeurs moyennes évaluées pour la trame précédente, ce qui est une estimation raisonnable à des cadences en temps réel de 25 à 30 images par seconde.

Un exemple de fusion de signal d'arrière-plan est illustré à la figure 22. Les images d'entrée sont affichées dans a) et b) et leurs images d'arrière-plan correspondantes sont directement inférieures en d) et e). Les images d'arrière-plan ont été produites en utilisant un modèle de moyenne 17x17, et seules des modifications en douceur et les objets les plus importants des images d'entrée d'origine restent visibles. Les énergies des deux images d'arrière-plan sont similaires et il est évident qu'elles

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

contiennent des quantités similaires d'informations. Ainsi, la seconde fusion d'image sous-bande de fond exprimée dans l'équation (3.3) est utilisée pour fusionner les entrées. L'image d'arrière-plan fusionnée est illustrée à la figure 24 f) et on peut voir qu'elle contient tous les informations détectables à partir des entrées. L'image fusionnée qui en résulte est montrée aux côtés Les entrées de la figure 24 c).

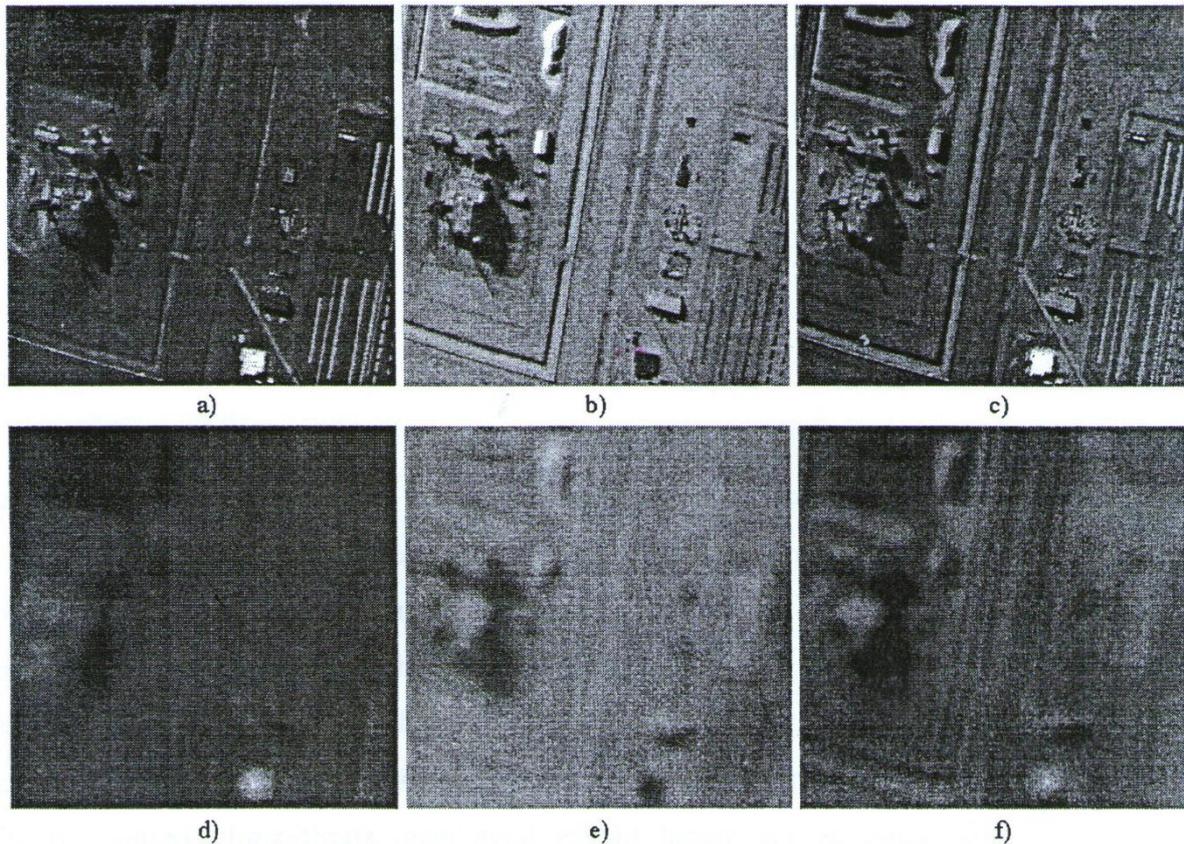


Figure 15 : Fusion de signal arrière plan : entrée (a) ans (b), fusionnée (c) images sous-bandes arrière-plan associées : entrées (d) et (e) et fusion (f).

Les deux méthodes de fusion présentées concernent les signaux d'arrière-plan d'entrée de manière optimale dans des circonstances relativement différentes. Lequel d'entre eux est appliqué à une paire d'entrée particulière est décidé par l'élément d'optimisation de paramètre du système de fusion, décrit dans la section 3.3.

4.2 Fusion de sous-bande de premier-plan

Les signaux de premier plan sont fusionnés en utilisant un mécanisme de fusion de sélection de fonctionnalité simple. Ils contiennent des informations détaillées à petite échelle, généralement à fort contraste, à partir des images d'entrée. Ce type d'information est relativement plus facile à localiser que les caractéristiques à grande échelle des signaux d'arrière-plan et un mécanisme de sélection de fonctionnalité efficace peut être implémenté au niveau des pixels. La fusion sélective garantit que les caractéristiques les plus importantes des entrées sont effectivement transférées dans l'image fusionnée. Cette forme de fusion augmente la robustesse du système de fusion global par rapport aux méthodes de fusion arithmétique simples qui sont normalement utilisées pour les signaux d'arrière-plan.

La fusion de sélection basée sur le pixel des signaux de premier plan est exprimée dans l'équation (3.6), où A_f , B_f et F_f représentent l'entrée et les images sous-bandes de premier plan fusionnées respectivement. De manière analogue à la pyramide laplacienne, les valeurs de signal dans l'image de sous-bande de premier plan correspondent à la différence du signal d'origine et à la luminance locale (moyenne) contenue dans le signal de fond qui est une approximation du contraste local. Les pixels du premier plan prennent des valeurs positives et négatives selon que les caractéristiques sont plus claires ou plus foncées que la zone environnante, mais plus la valeur absolue du signal est grande, plus la caractéristique est importante. Fusion en maximisant le contraste local signifie sélectionner le pixel d'entrée avec la plus grande valeur absolue à partir des deux images d'avant-plan d'entrée, l'équation (3.6).

$$F_f(n,m) = \begin{cases} A_f(n,m), & \text{if } |A_f(n,m)| \geq |B_f(n,m)| \\ B_f(n,m), & \text{if } |B_f(n,m)| > |A_f(n,m)| \end{cases}, \forall n,m \quad \dots(3.6)$$

La sélection par pixel, n'est qu'un des critères possibles pour la fusion sous-bande. Cependant, dans notre cas, d'autres solutions de rechange, telles que les méthodes de sélection basées sur la zone et les bandes croisées, sont trop coûteuses pour l'amélioration relativement modeste des performances qu'elles fournissent. Un exemple de la méthode de fusion de premier plan décrit ci-dessus est illustré à la Figure 25. Les images de premier plan d'entrée correspondant aux images d'entrée originales

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

montrées à la figure 24 a) et b) sont illustrées à la Figure 25 a) et b). Les images ont été modifiées pour être affichées en prenant la valeur absolue et en étirant le contraste afin de mieux illustrer leur contenu d'information. À partir des images de la figure 25 a) et b), on constate que les entrées contiennent une grande quantité d'informations complémentaires, bien que certaines fonctionnalités apparaissent dans les deux mais avec une différence différente. La carte de sélection produite par le processus de fusion de premier plan selon l'équation (3.6) est montrée à la figure 25 c) où les pixels blancs représentent des valeurs à prendre à partir de l'image d'entrée dans a) et les pixels sombres ceux choisis parmi b). L'image au premier plan fusionnée se trouve à la figure 25 d) et il est évident qu'elle contient toutes les informations les plus importantes parmi les deux premiers aperçus d'entrée. L'image fusionnée finale est l'image illustrée à la Figure 24 c) précédente.

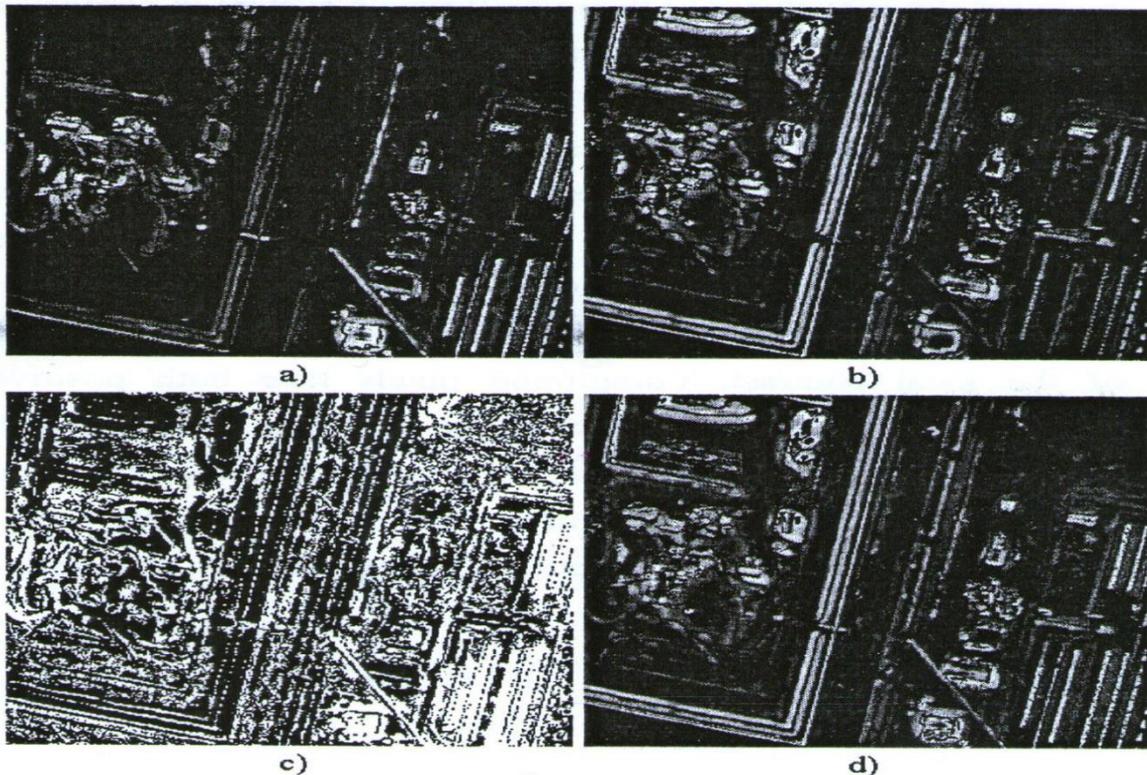


Figure 16 : Exemple fusion de premier plan : entrer les images de premier plan (a) et (b), la carte de sélection et l'image à quatre niveaux (d).

5. Conclusion

Dans ce chapitre, une nouvelle approche de la fusion rapide et multi-échelle à l'image au niveau des pixels a été présentée. Le système utilise un nombre réduit de niveaux d'échelle pour fusionner les images de manière robuste en utilisant une fraction de l'effort de calcul requis par les approches

Chapitre 3 : Fusion d'images multi-échelle efficace sur le plan informatique

conventionnelles de fusion multi-résolutions et multi-échelles. En outre, la qualité de l'image obtenue est supérieure ou égale à celle des approches de fusion à plusieurs résolutions conventionnelles. Les images fusionnées avec le système présenté ne souffrent pas d'objets de reconstruction caractérisés par une fusion multi-scalaire / multi-résolution ni par une perte de contraste produit par des algorithmes de fusion à résolution unique plus rapide. Le système démontre également l'utilité d'une analyse statistique simple des signaux d'entrée lorsqu'il est utilisé pour déterminer les valeurs de paramètres de fonctionnement adaptées.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce chapitre résume et conclut l'étude de la fusion d'image au niveau des pixels présentée dans cette thèse. Il souligne les principaux points du travail théorique et pratique effectué au cours de ce projet et présente des conclusions qui peuvent être tirées des résultats.

Dans cette thèse, la fusion de l'image au niveau des pixels a été étudiée à la fois en termes de développement d'algorithmes de fusion d'image nouveaux et de méthodes pour l'évaluation subjective et objective de la performance de fusion d'image. Un large aperçu des développements de ce type, présenté dans la littérature technique jusqu'à présent, a été donné au chapitre 1. L'attention a été attirée sur la tendance récente de l'utilisation des techniques d'analyse d'image multi-résolutions dans la fusion d'image au niveau des pixels, en particulier des méthodes tels que la transformée en ondelettes discrète.

Le sujet principal de cette thèse était la conception d'algorithmes de fusion d'image au niveau des pixels et trois approches différentes ont été proposées. Au chapitre 2, la fusion d'image basée sur la représentation sophistiquée de l'image en ondelettes multi-résolutions a été considérée. Une méthode de fusion pyramidale à plusieurs résolutions basée sur la sélection des caractéristiques de cross-band et la fusion de coefficients sélectifs ainsi que la fusion du coefficient arithmétique ont été proposées. Le système intègre des informations à partir d'un certain nombre de signaux de sous-bandes différents pour atteindre une décision de sélection pour un coefficient de pyramide particulier. Les informations provenant des résolutions inférieures sont utilisées pour déterminer la méthode de fusion et la sélection n'est utilisée que si la majorité des coefficients "enfants" correspondants, proviennent de la même pyramide d'entrée. Sinon, la fusion arithmétique est implémentée et les coefficients sont ajoutés ou calculés en fonction de la similarité des images d'entrée à cette position.

Le principal avantage de cette sélection de caractéristiques / approche de fusion pyramidale est l'utilisation d'une similitude inhérente entre les coefficients de pyramide correspondants afin de former une décision de sélection plus robuste.. Les images fusionnées avec cette méthode présentent une réduction significative de la quantité d'artefacts de sonnerie et de la perte d'informations de contraste, caractéristique de la fusion d'ondelettes. Les résultats montrent que ce mécanisme de sélection sophistiqué réduit considérablement le nombre de décisions parasites provoquées par des coefficients pyramidaux d'ondelettes relativement variables au format aléatoire et que des informations utiles peuvent être obtenues en intégrant l'information sur les niveaux pyramidaux. En outre, les résultats justifient l'utilisation de méthodes de fusion de coefficients arithmétiques, en particulier pour des

Conclusion générale

niveaux de résolution inférieurs, où il existe un chevauchement spatial important entre les caractéristiques d'intérêt pour différentes pyramides d'entrée qui ne peuvent être résolues par une simple sélection de coefficient.

Une analyse d'image à plusieurs résolutions, un cadre particulièrement adapté à la fusion d'image au niveau des pixels a été proposé au chapitre 2. Le cadre est basé sur l'analyse multi-résolutions DWT basique, mais utilise une approche alternative de fusion-puis-décomposition qui se concentre sur la préservation des bords de l'image. Les signaux d'image sont exprimés et fusionnés en tant que cartes de bordure, une représentation où l'information d'image est exprimée sous la forme de changements dans la valeur du signal. La banque d'analyse multi-résolutions utilisant de nouveaux filtres de bord traite des signaux fusionnés dans ce domaine pour produire une représentation conventionnelle de la pyramide des ondelettes à plusieurs résolutions de l'image fusionnée. Cet arrangement réduit considérablement le nombre de discontinuités introduites par des méthodes de fusion sélective dans le domaine de la sous-bande de l'image fusionnée qui minimise les effets des artefacts d'erreur de reconstruction. Une représentation de salience plus fidèle des cartes de bord assure une sélection de caractéristiques plus solide lors de la fusion avec des approches de sélection classiques développées pour la fusion DWT. La fusion dans le domaine de la carte de bord évite également le chevauchement spatial des fonctionnalités importantes, comme celle du domaine de la pyramide des ondelettes, et les images fusionnées avec l'algorithme proposé ne souffrent pas de perte de contraste. Cela a été confirmé par le fait que les images fusionnées avec l'approche proposée ont marqué significativement mieux que les méthodes de fusion basées sur la pyramide gaussienne et les ondelettes conventionnelles dans des tests de préférence subjectifs. De tels résultats soutiennent la théorie selon laquelle de meilleurs résultats peuvent être obtenus lorsque les images d'entrée sont d'abord fondues et ensuite décomposées, une approche qui préserve la robustesse de la fusion à plusieurs résolutions et minimise son principal problème d'artefacts.

L'investigation sur le domaine de la fusion d'image au niveau des pixels présentée dans cette thèse était approfondie, mais elle n'était pas exhaustive et des extensions naturelles de la recherche présentée dans cette section sont recommandées. Le plus grand effort requis pour favoriser le champ est lié au côté pratique du développement de la fusion d'image, comme la collecte de données. L'ensemble de données d'entrée utilisé pour obtenir les résultats présentés dans cette thèse est

Conclusion générale

raisonnablement important pour la recherche de ce profil, mais pour une recherche plus approfondie et plus pratique de la fusion d'images, d'autres ensembles de données seraient nécessaires.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] A Rani,G Kaur '' Image Enhancement using Image Fusion Techniques'',Proc.IJAR: www.ijarcse.com , Volume 4, Issue 9, September 2014
- [2] Roshan P, '' Image Fusion Based on Medical Images Using DWT and PCA Methods'',Proc.IJCT, Volume 2 Issue 1, 2015
- [3]Z Zhang,Investigations of image fusion,PhDThesis,Lehigh University,usa,1999
- [4] L Brown, ''Asurvey of image regestration techniques'',ACMcomputing surveys,vol.24(4),1999,pp325-376
- [5]H Li,Bmunjanath,S Mitra, ''A contour-bassed approach to multisensor image regestration'',IEEE Transactions Image Processing,vol.4(3),1995,pp 320-324
- [6] A Toet,L van Ruyven,J velaton, ''Merging thermal and visual images by a contrast pyramid'',Optical Ene=gineering, 1989,vol.28(27),pp 789-792
- [7] R Brooks,S Iyengar, Multisensor Fusion,Prentice-Hall,1998
- [8] K Yamamoto ,K yamada, ''Image processing and fusion to detect navigation obstacle'',Proc.SPIE,Vol.3374,1998,pp 337-346
- [9] A Toet ''Multiscale contrast enchacement with applications to image fusion'',Optical Engieneering ,vol.31(5), 1992,pp 1026-1031
- [10] A Toet, ''Hierarchical Image Fusion'',Machine vision and Application,vol.3,1990,pp 3-11
- [11] O Rockinger ,T fechner, ''pixel-lecel image fusion : the case of image sequences'',Proc SPIE, vol.3374,1998,pp 378-388
- [12] M Pavel,J larimer ,A Ahumada, ''Sensor Fusion for Synthetic Vision'',Proc,AIAA Conf.on Computing and Aerospace,Baltimore,1991,pp 164-173
- [13]A Akreman, ''pyramid techniques for multisensor fusion'',Proc.SPIE,Vol1828,1992,pp 124-131

Bibliographie

[14]B aiazzi,L Alparone, S Boronti,Rcarla,L Mortelli,,“Pyramid-based multi-sensor image data fusion”,Proc.SPIE,Vol.3169,1997,pp 224-235

[15]T Peli,E Peli,K Ellis,R Sthal,“Multi-Spectral Image Fusion for Visual Display”,Proc.SPIE,vol3719,1999,pp 359-368

[16] S Mallat,“ATheory for Multiresolution Signal Decomposition : the Wavelet Representation”,IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence,Vol.11(7),1989,pp 674-693

[17] R Kolczynki,“Enhanced Image Capture Through Fusion”,Proc.4th International Conference on Computer Vision,berlin 1993,pp,173182