

Chapitre 4

Détection de mines antipersonnel sur des données Cscan

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, une méthode de détection de mines antipersonnel, utilisant le filtre numérique adapté aux données Cscan, conçu dans la section 2.3 et des techniques classiques de traitement d'images, est proposée afin de détecter automatiquement les positions spatiales des mines suivant x et y .

Sur des données Cscan, les signatures des mines sont représentées dans l'image par des disques. L'application de notre filtre numérique sur ces données permet de réduire significativement le clutter tout en préservant les disques dans l'image. Ainsi, notre filtre permet de réhausser les contours des disques. Des techniques de traitement d'images peuvent alors être utilisées pour détecter les disques dans les données Cscan.

Dans [FL99] et [YKF03], les auteurs utilisent une transformée de Hough afin de détecter respectivement les cercles et les ellipses dans des données Cscan. Dans [Per01] et [PDVB04], une autre approche consiste à détecter les contours fermés dans l'image et à appliquer un filtre morphologique de manière à ne conserver que les contours de forme circulaire d'une certaine taille. Cette méthode, associée à une méthode de prétraitement des données Ascans, basée sur les ondelettes, a été testée par les auteurs sur certains scénarios de la campagne MACADAM et donne de bonnes performances en terme de taux de détection et de fausse alarme. Ainsi, l'idée principale de notre approche est d'associer cette méthode de détection de disques à une nouvelle étape de prétraitement des données Cscan basées sur l'utilisation de notre filtre numérique. Les performances des deux méthodes de prétraitement pourront ainsi être comparées.

La méthode de détection de mines antipersonnel est présentée dans la section 4.2. Les résultats de simulations sur des données réelles sont donnés dans la section 4.3. Enfin, la section 4.4 présente une comparaison avec d'autres méthodes de détection similaires.

4.2 Méthode de détection de mines antipersonnel

La méthode de détection de mines antipersonnel proposée, consiste à détecter les disques dans des données Cscan prétraitées par le filtre numérique, conçu dans la section 2.3. Plus précisément, la procédure est constituée de deux étapes :

- Etape 1 : Les données Cscan issues d'un même scénario de mesure sont prétraitées. Pour chaque donnée Cscan le clutter est réduit afin d'augmenter le rapport signal sur clutter des objets à détecter. Une nouvelle donnée Cscan est obtenue en sommant toutes les données Cscan prétraitées.
- Etape 2 : Les disques, caractérisant les réponses des mines, dans la donnée Cscan obtenue à l'étape 1 de la méthode, sont détectés à partir d'une méthode de détection, basée sur l'extraction et le filtrage morphologique des contours de l'image.

Les étapes 1 et 2 de la méthode sont décrites précisément dans les sections 4.2.1 et 4.2.2.

4.2.1 Etape 1 : Prétraitement des données Cscan

Les mines antipersonnel étant enfouies à différentes profondeurs, leurs réponses peuvent apparaître sur différentes données Cscan. En sommant toutes les données Cscan, issues d'un même scénario de mesure, une nouvelle donnée Cscan est obtenue. Cette donnée contient toute l'information disponible sur les positions des mines, pour le scénario de mesure considéré. Pour obtenir de bonnes performances de détection, il est nécessaire, de réduire préalablement le clutter, afin d'augmenter significativement le rapport signal sur clutter des objets à détecter. En effet, la réponse de l'interface air-sol peut varier d'un point de mesure à l'autre du fait de la rugosité du sol, des variations de la hauteur du GPR lors des mesures ou encore des variations des paramètres physiques du sol. Les variations en amplitude du clutter sur la donnée Cscan résultante peuvent ainsi masquer celles provenant des réponses des mines de faible amplitude.

Le filtre numérique adapté aux données Cscan, proposé dans la section 2.3, est choisi. En effet, ce filtre permet de réduire significativement le clutter tout en préservant les signatures caractéristiques des mines sur les données Cscan, c'est à dire les disques. Ainsi, chacune des données Cscan, issue d'un même scénario de mesure, est filtrée. Ensuite, un seuillage sur l'amplitude des échantillons du Cscan est effectué, afin d'éliminer les résidus de clutter de faible amplitude. Pour chaque donnée Cscan, les amplitudes des

échantillons suivant x et y , inférieures à un seuil S sont mises à zéro. Toutes les données Cscan, issues d'un même scénario de mesure sont additionnées pour former une nouvelle et unique donnée Cscan.

Une dernière étape de prétraitement consiste à appliquer une échelle logarithmique sur l'amplitude des échantillons du nouveau Cscan. En effet, pour un scénario donné, il peut y avoir des mines antipersonnel de type plastique ou métallique enfouies dans le sol. Les réponses des mines métalliques étant nettement supérieures en amplitude à celles des mines plastiques. Les réponses des mines plastiques sont souvent peu visibles sur l'image lorsqu'on applique une échelle linéaire.

4.2.2 Etape 2 : Détection des disques dans la donnée Cscan obtenue à l'étape 1.

L'étape suivante consiste à détecter les disques, caractérisant les réponses des objets enfouis sur la donnée Cscan qui résultent des opérations précédentes. Pour cela, on utilise la méthode de détection proposée dans [Per01] et [PDVB04]. La détection des mines dans la donnée Cscan est réalisée à partir de critères morphologiques portant sur les variations locales d'amplitude dans l'image. Dans le but d'extraire ces variations localisées, une méthode d'extraction de contours est mise en place. L'extraction des contours est réalisée en déterminant tous les contours dont les points possèdent la même valeur. Seuls les contours fermés sont conservés. Ensuite, les contours extraits sont filtrés par un filtre morphologique, en fonction de contraintes données sur la taille et la forme. Ainsi, seuls les contours de forme circulaire caractéristiques de la présence d'une mine antipersonnel sur une donnée Cscan, sont conservés. Afin de filtrer les contours en fonction de ces contraintes, un modèle anneau est utilisé, voir figure 4.1. Seuls les contours dont l'ensemble des points est contenu dans ce modèle anneau, c'est à dire la partie grisée de la figure 4.1 sont conservés. r_{int} et r_{ext} sont respectivement les rayons intérieur et extérieur du modèle anneau.

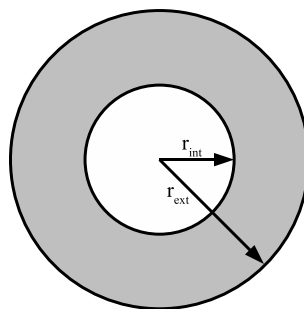


FIG. 4.1: Modèle anneau pour le filtrage morphologique de l'image contenant les contours fermés.

Pour finir, on procède à une étape d'association des contours. Chaque contour peut être positionné dans l'image grâce à la connaissance de son barycentre. Ainsi, tous les barycentres des contours séparés entre eux par une distance inférieure à un rayon de capture donné, dénoté r_c , sont considérés comme un seul et unique barycentre, positionné au barycentre des barycentres associés. Chaque position représentée par un barycentre associé est considérée comme une détection. Pour chaque détection, l'étalement spatial suivant x (respectivement y), dénoté S_{xm} (S_{ym}), est donné par la moyenne des étalements spatiaux suivant x (y) des N_m contours associés. Les étalements spatiaux S_{xm} et S_{ym} ainsi que la position de la détection permettent de déterminer une ellipse qui modélise la détection considérée. Le petit et le grand axe de chaque ellipse sont respectivement égaux à la valeur minimale et maximale entre S_{xm} et S_{ym} . Le centre de l'ellipse correspond à la position de détection, c'est à dire au barycentre associé. Pour chaque scénario, une image de détection, contenant les ellipses ainsi obtenues, est déterminée.

La méthode de détection automatique pour les données Cscan est résumée sur l'organigramme de la figure 4.2.

4.2.3 Réglage des paramètres

Les paramètres de la méthode de détection sont r_{int} et r_{ext} les paramètres de l'anneau, r_c le rayon de capture pour l'association des contours et S le seuil de détection.

Du fait de la non directivité parfaite de l'antenne du GPR, le contour représentant une mine sera de taille supérieure à la taille réelle de l'objet. Le rayon moyen des mines MAUS1, VSMK2 et AUPS est de l'ordre de 5 cm. Le rayon intérieur r_{int} est choisi de sorte que les contours de petites tailles provenant de fausses cibles ou de fausses alarmes soient rejetés. Ainsi, $r_{int} = 3$ cm. Un objet de taille importante, même s'il ne s'agit pas d'une mine antipersonnel, peut potentiellement être un objet dangereux tel qu'une mine antitank par exemple. C'est pourquoi le rayon extérieur r_{ext} est choisi égal à 15 cm.

Le rayon de capture r_c est choisi égal à 10 cm de sorte que seuls les contours les plus proches soient associés.

Enfin, il n'y a pas de réglage automatique pour le seuil de détection S . Une analyse des résultats de simulation sur des données Cscan contenant les réponses de mines plastiques et/ou de mines métalliques a été utilisée pour sélectionner S . Un seuil de détection choisi entre 10% et 25% de la valeur maximale parmi les amplitudes des échantillons des données Cscan, issues d'un même scénario de mesure pour les données MACADAM, est approprié.

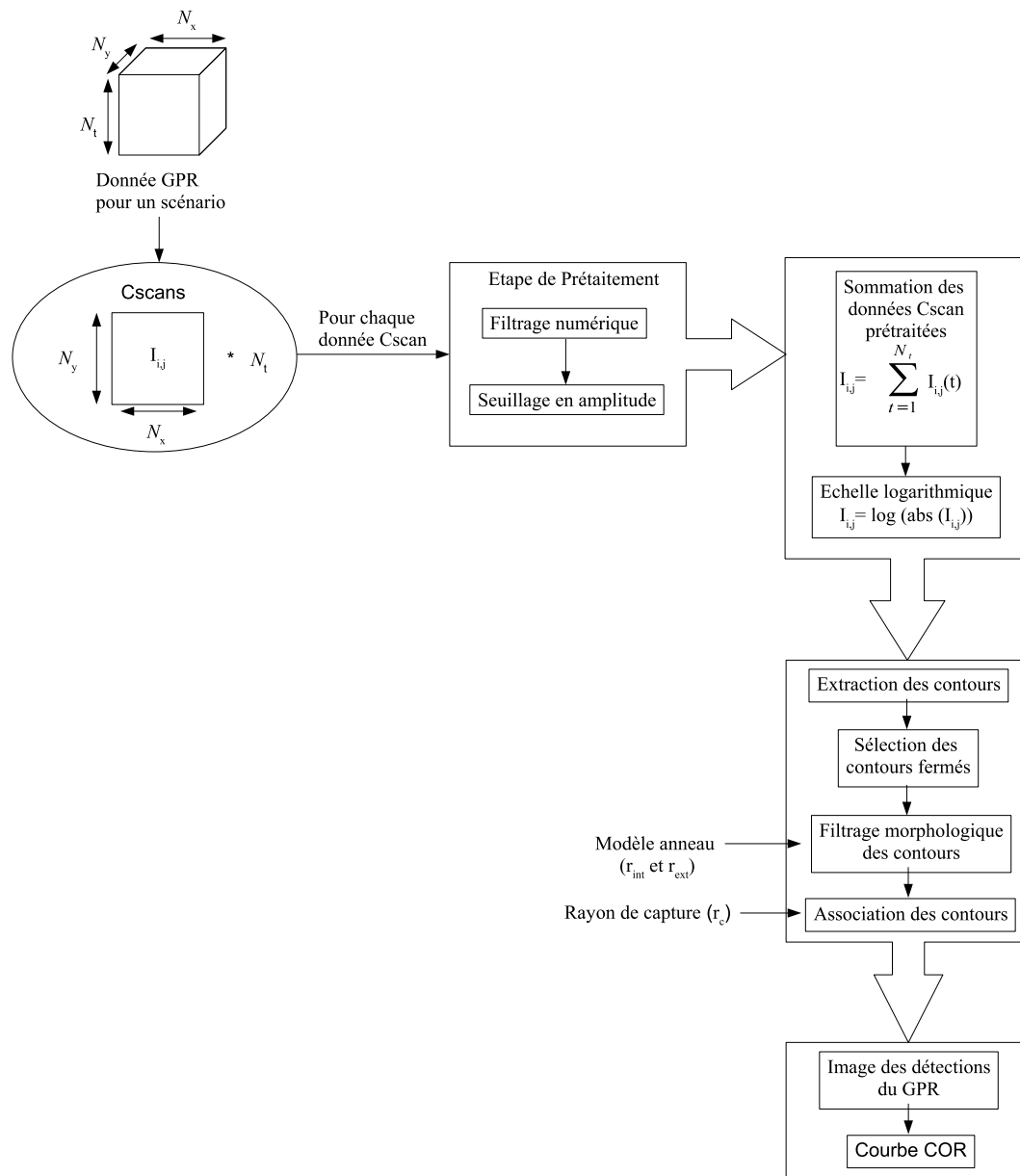


FIG. 4.2: Organigramme de la méthode de détection automatique de mines antipersonnel pour des données Cscan.

4.3 Simulations

La méthode de détection décrite précédemment est appliquée aux données Cscan du scénario 11 de la campagne MACADAM. Dans ce scénario, une mine antipersonnel de type AUPS et cinq mines de type MAUS1 ont été enfouies à différentes profondeurs, dans une terre homogène recouverte d'herbe. La configuration de pose des mines antipersonnel pour ce scénario est donnée sur la figure 4.3. L'étape 1 de la méthode consiste dans un

premier temps à réduire le clutter sur chacune des données Cscan par l'intermédiaire du filtre numérique proposé dans la section 2.3. Les paramètres du filtre numérique sont $a = 6$ cm, la valeur moyenne des rayons des disques présents sur les données Cscan, $\nu_{xs} = 50\text{m}^{-1}$ et $\nu_{ys} = 50\text{m}^{-1}$, les fréquences d'échantillonnage spatiales suivant x et y . Ensuite, un seuillage est réalisé sur l'amplitude des échantillons de chaque Cscan. Les amplitudes des échantillons inférieures à 10% de la valeur maximale, parmi les amplitudes des échantillons des Cscans du scénario 11, sont mises à zéro. Les données Cscan ainsi prétraitées sont additionnées de façon à obtenir une donnée Cscan unique. Enfin, une échelle logarithmique est appliquée de façon à rendre visible dans l'image la réponse de la mine plastique AUPS. La figure 4.4 montre la donnée Cscan obtenue après l'étape 1 de la méthode de détection. Les réponses des six mines, représentées par des disques sur la donnée Cscan, sont visibles.

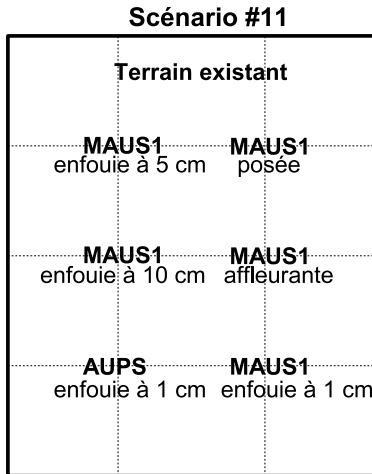


FIG. 4.3: Configuration pour le scénario 11 de la campagne MACADAM

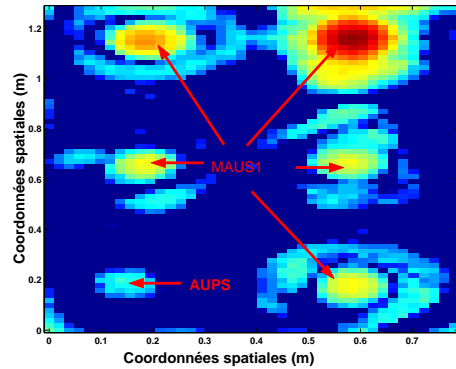


FIG. 4.4: Donnée Cscan résultant de la somme des Cscans après filtrage et seuillage pour le scénario 11. Une échelle logarithmique est appliquée sur l'amplitude des échantillons du Cscan.

L'étape 2 de la méthode consiste à détecter les disques sur la donnée Cscan de la figure 4.4. Dans un premier temps, les contours du Cscan sont extraits, et seuls les contours fermés sont conservés, voir figures 4.5 et 4.6. Ensuite, un filtrage morphologique des contours est réalisé afin de conserver uniquement les contours dont l'ensemble des points est contenu dans l'anneau de paramètres $r_{int} = 3$ cm et $r_{ext} = 15$ cm. L'image des contours filtrés est représentée sur la figure 4.7. Enfin, les contours filtrés proches sont associés, voir figure 4.8. Tous les barycentres des contours séparés entre eux par une distance inférieure à $r_c = 5$ cm sont considérés comme un seul et unique barycentre, positionné au barycentre des barycentres associés. Les étalements spatiaux S_{xm} et S_{ym} ainsi que la position du barycentre associé permettent de déterminer une ellipse qui modélise la détection considérée. La figure 4.9 montre l'image des détections. Les six

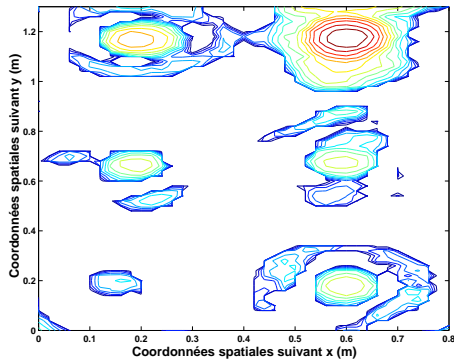


FIG. 4.5: Image des contours pour le Cscan de la figure 4.4.

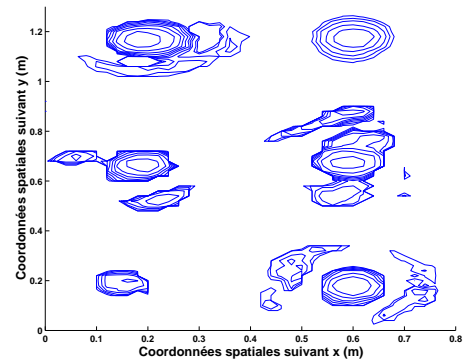


FIG. 4.6: Image des contours fermés.

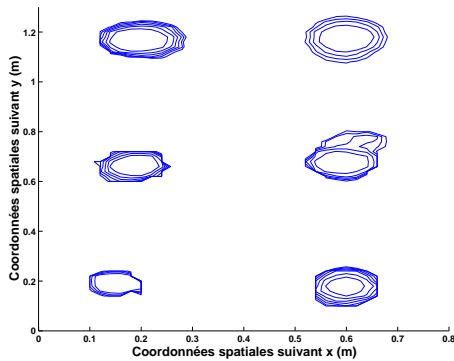


FIG. 4.7: Image des contours filtrés ($r_{int} = 3$ cm et $r_{ext} = 15$ cm).

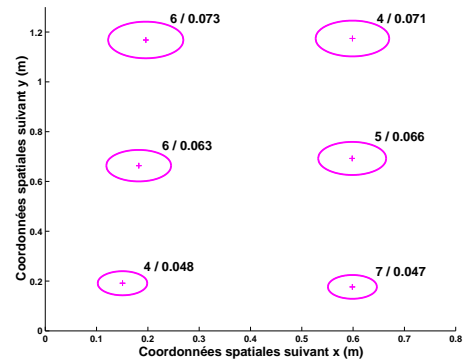


FIG. 4.8: Association des contours de l'image représentée sur la figure 4.7. Pour chaque disque, il est indiqué : (le nombre de contours associés / l'étalement suivant x).

ellipses de détection obtenues correspondent bien aux positions réelles des six mines antipersonnel présentes dans ce scénario de mesure, voir figure 4.10.

La méthode de détection est ensuite testée sur les données Cscan du scénario 4 de la campagne MACADAM. Dans ce scénario, quatre mines plastiques de type AUPS et VSMK2 ainsi que deux mines métalliques de type MAUS1 ont été enfouies à différentes profondeurs, dans une terre homogène. La configuration de pose des mines antipersonnel pour ce scénario est donnée sur la figure 4.11. Les paramètres du filtre numérique sont identiques à ceux du scénario 11. Le seuil de détection S est égal à 20% de la valeur maximale parmi les amplitudes des échantillons des différents Cscans. La donnée Cscan résultante de l'étape 1 de la méthode de détection est représentée sur la figure 5.27. Les réponses des six mines antipersonnel sont visibles, il y a également quelques résidus de clutter. Les images obtenues après l'extraction des contours et le filtrage morphologique

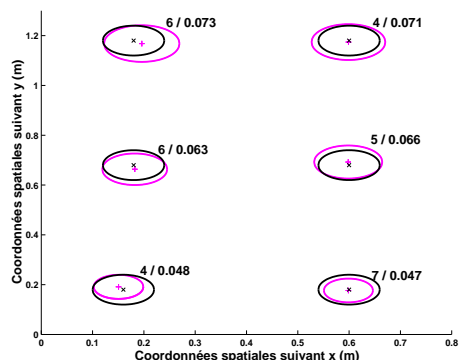


FIG. 4.9: Image de détection. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

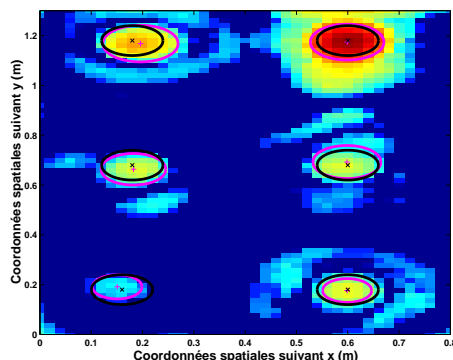


FIG. 4.10: Superposition de l'image de détection et du Cscan de la figure 4.4.

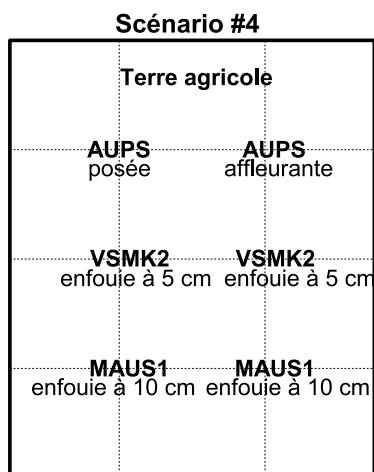


FIG. 4.11: Configuration pour le scénario 4 de la campagne MACADAM.

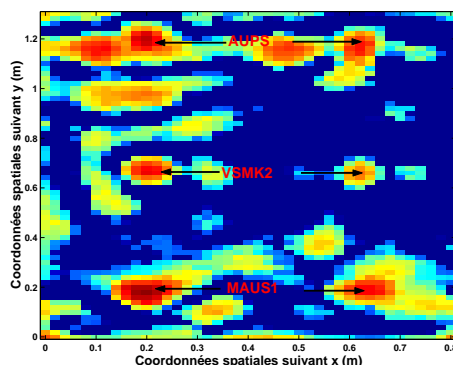


FIG. 4.12: Donnée Cscan résultant de la somme des Cscans après filtrage et seuillage pour le scénario 4. Une échelle logarithmique est appliquée sur l'amplitude des échantillons du Cscan.

de ce Cscan sont représentées respectivement sur les figures 4.13 et 4.14. L'image de détection résultant de l'association des contours filtrés est montrée sur la figure 4.15. On peut voir que les positions des six mines sont correctement détectées. Cependant, les résidus de clutter présents sur le Cscan obtenu à l'étape 1, sont à l'origine de cinq fausses alarmes, voir figure 4.16. En effet, cinq ellipses de détection ne correspondent pas aux positions réelles des mines.

Les simulations suivantes consistent à mettre en évidence l'importance de la réduction de clutter sur les données Cscan en vue de la détection des positions spatiales des mines

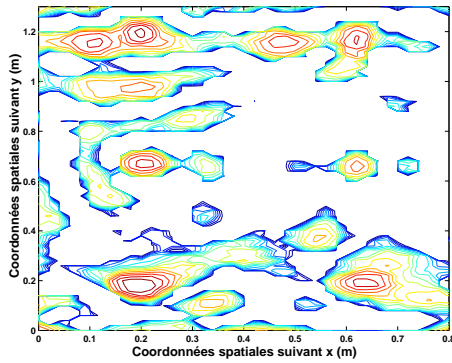


FIG. 4.13: Image des contours pour le Cscan de la figure 5.27.

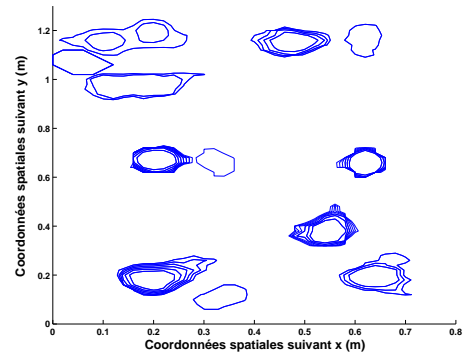


FIG. 4.14: Image des contours filtrés ($r_{int} = 3$ cm et $r_{ext} = 15$ cm).

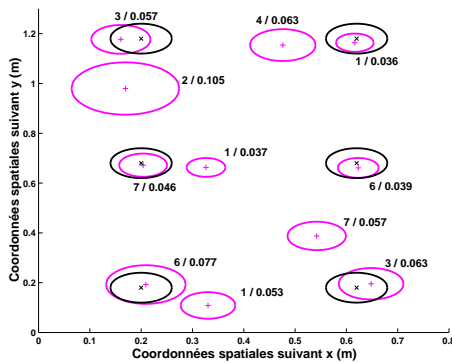


FIG. 4.15: Image de détection. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

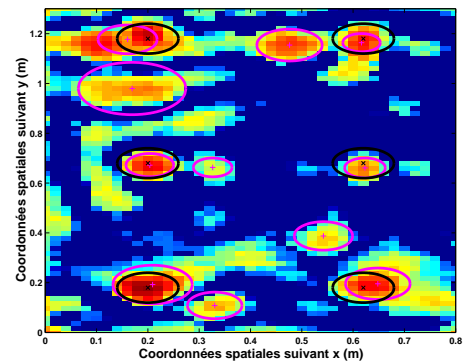


FIG. 4.16: Superposition de l'image de détection et du Cscan de la figure 5.27.

antipersonnel. Pour cela, la méthode de détection est appliquée aux données Cscan des scénarios 11 et 4, en supprimant cette fois l'opération de filtrage numérique permettant la réduction de clutter. Les figures 4.17 et 4.18 montrent la superposition de l'image de détection et du Cscan résultant de l'étape 1 respectivement pour les scénarios 11 et 4. Les réponses des mines sont peu visibles et seules sept mines sur les douze présentes dans ces deux scénarios sont détectées.

Les résultats de simulation montrent que l'étape de prétraitement des données Cscan proposée dans ce chapitre, associée à la méthode de détection proposée dans [Per01] et [PDVB04], est efficace pour détecter avec précision les positions des mines antipersonnel à partir de données Cscan. Les performances de la méthode de détection sont directement liées à l'étape de prétraitement des données Cscan. Celle-ci doit permettre d'augmenter significativement le rapport signal sur clutter des objets à détecter c'est à dire de réhausser les contours des disques caractérisant les signatures des mines dans les données Cscan.

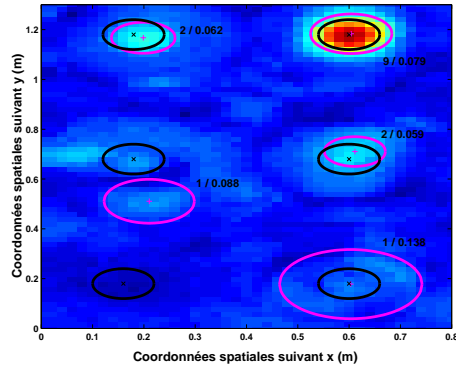


FIG. 4.17: Superposition de l'image de détection et du Cscan résultant de l'étape 1, lorsque les données Cscan du scénario 11, ne sont pas prétraitées par filtrage numérique. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

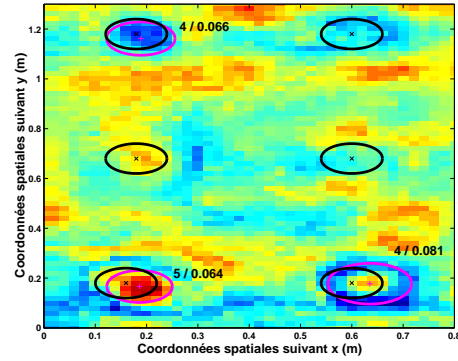


FIG. 4.18: Superposition de l'image de détection et du Cscan résultant de l'étape 1, lorsque les données Cscan du scénario 4, ne sont pas prétraitées par filtrage numérique. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

Dans la section suivante, les résultats de simulations sont comparés avec ceux obtenus en utilisant d'autres méthodes de prétraitement pour l'étape 1 de la méthode de détection.

4.4 Comparaison avec d'autres méthodes de prétraitement

Les performances de deux méthodes de prétraitement, basées respectivement sur l'utilisation d'un filtre ACRC (voir section 1.3.2.2) et sur l'utilisation des ondelettes, sont comparées à celles de notre approche.

La première méthode consiste à remplacer le filtre numérique utilisé dans notre étape de prétraitement des données Cscan par un filtre ACRC d'ordre 5 appliqué suivant la direction des mesures x . Ainsi, une donnée Cscan filtrée suivant x , dénotée $I_f(x_i, y_j)$, est donnée par la relation suivante :

$$I_f(x_i, y_j) = I(x_i, y_j) - \frac{1}{5} \sum_{l=1}^5 I(x_{i-l}, y_j) \quad (4.1)$$

avec $I(x_i, y_j)$ l'amplitude de l'échantillon du Cscan enregistré à la position $(x = x_i, y = y_j)$.

La seconde méthode, proposée dans [Per01] et [PDVB04], consiste à décomposer les données Ascan d'un scénario de mesure en paquet d'ondelettes et à calculer les moments d'ordre supérieur des sous-bandes de l'analyse multirésolution. L'ondelette mère utilisée est une ondelette de Coiflet. Lorsqu'un paramètre statistique est déterminé sur une sous-bande donnée, pour chacun des Ascans constituant un scénario, une image est obtenue. Cette image est constituée de l'ensemble des valeurs prises par le paramètre statistique, pour la sous-bande considérée, à chaque position du radar. Ainsi, une image est obtenue pour chaque paramètre statistique et chaque sous-bande. Les paramètres statistiques calculés sont les moments d'ordre un à quatre, c'est à dire respectivement la moyenne, l'énergie, le skewness et le kurtosis. La figure 4.19 représente les images obtenues pour différents paramètres statistiques et différentes sous-bandes calculés à partir des données Ascan du scénario 11. Ces images peuvent être assimilées à des données Cscan puisqu'elles contiennent les variations des paramètres statistiques suivant x et y . Pour chaque image, l'étape 2 de la méthode de détection est ensuite appliquée afin de détecter les disques caractérisant les réponses des mines. Les ellipses de détection obtenues pour chaque image sont ensuite associées pour former une seule et unique image de détection.

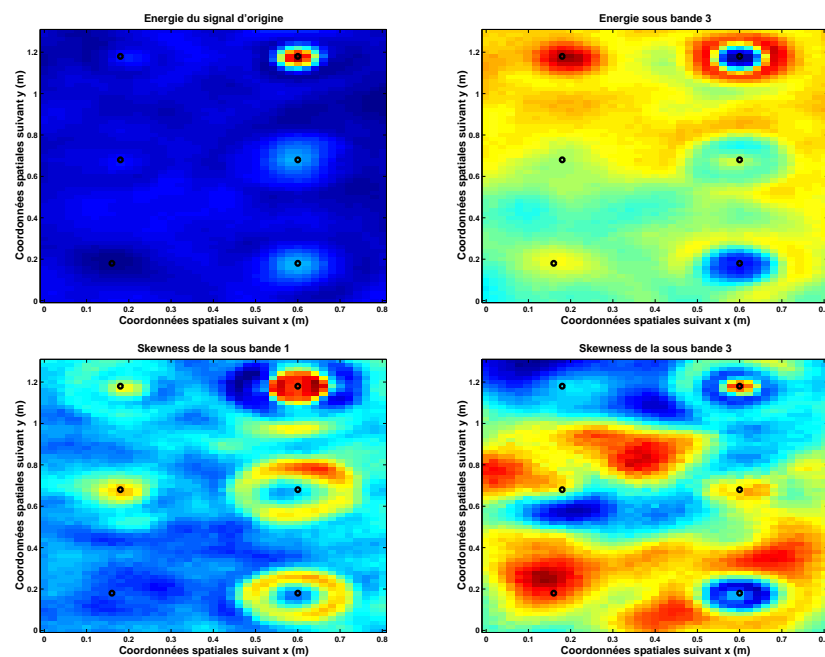


FIG. 4.19: Paramètres statistiques déterminés sur certaines sous-bandes et sur le signal d'origine. La position centrale de chacune des mines est représentée par un cercle noir.

Ces deux méthodes sont dans un premier temps testées sur les données GPR du scénario 11.

La figure 4.20 montre la donnée Cscan résultant de l'étape 1 de la méthode de détection, lorsque le filtre numérique utilisé, est un filtre ACRC d'ordre 5. On peut voir que ce filtre a permis de réduire le clutter, cependant la réponse de la mine plastique n'apparaît

pas. En effet, pour des signatures de faibles amplitudes l'action de retirer la moyenne, calculée sur les échantillons précédents, réduit encore davantage cette amplitude, relativement plus que pour des signatures d'amplitude élevées. Ainsi, la mine AUPS ne peut pas être détectée. L'image de détection obtenue après l'étape 2 de la méthode est représentée figure 4.21. Les disques présents sur la donnée Cscan résultant de l'étape 1 de la méthode sont correctement détectés. Cependant, les positions détectées suivant x et y ne correspondent pas exactement aux positions réelles des mines MAUS1. En effet, les réponses des mines MAUS1 étalées dans l'espace ont été divisées en deux disques par le filtrage. Ceci met en évidence la nécessité d'utiliser un filtre numérique adapté aux données Cscan qui préserve les signatures des objets enfouis, pour détecter précisément les positions des mines.

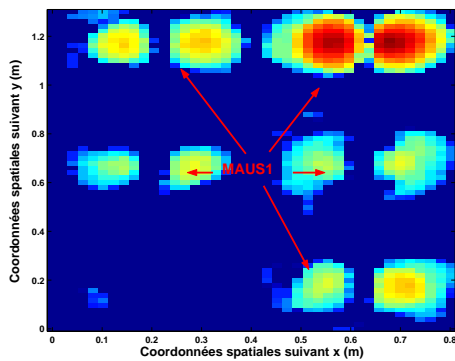


FIG. 4.20: Donnée Cscan résultant de la somme des Cscans après filtrage par un filtre ACRC d'ordre 5 et seuillage pour le scénario 11. Une échelle logarithmique est appliquée sur l'amplitude des échantillons du Cscan.

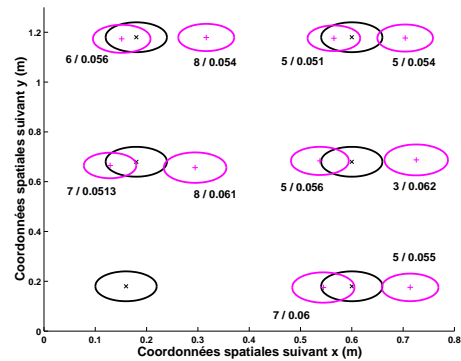


FIG. 4.21: Image de détection pour le Cscan de la figure 4.20. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

L'image de détection obtenue par la méthode de détection basée sur les ondelettes est représentée sur la figure 4.22. On peut voir que cette méthode permet de détecter avec précision les positions des mines suivant x et y . Il y a cependant, un nombre élevé de fausses alarmes. En effet, dix ellipses de détection ne correspondent pas aux positions réelles des mines. Pour cette méthode, le nombre d'associations N_m correspond, d'une part, au nombre de contours inscrits les uns dans les autres au sein d'une même image, et d'autre part, à la présence de contours proches pour l'ensemble des images. Ainsi, une valeur de N_m très faible implique que la détection se situe dans un nombre très faible d'images différentes, et/ou qu'elle possède une dynamique très faible, ce qui se traduit par peu de contours inscrits les uns dans les autres. Afin de réduire le taux de fausses alarmes, les détections caractérisées par un nombre d'associations $N_m \leq 3$ sont éliminées. L'image de détection obtenue après un seuillage sur le nombre d'associations N_m est représentée figure 4.23. Il n'y a plus qu'une fausse alarme.

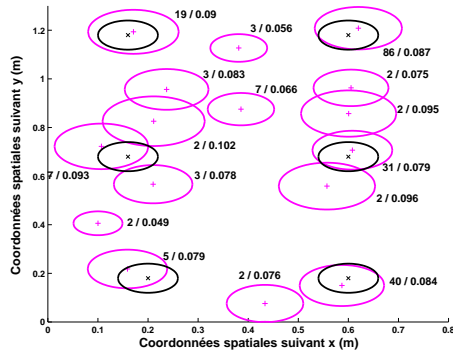


FIG. 4.22: Image de détection pour la méthode de détection proposée dans [Per01]. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

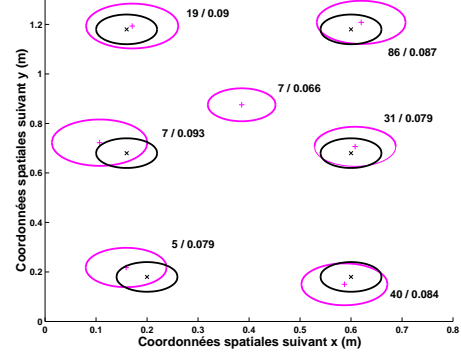


FIG. 4.23: Image de détection pour la méthode de détection proposée dans [Per01]. Les contours pour lesquels $N_m \leq 3$ sont éliminés. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

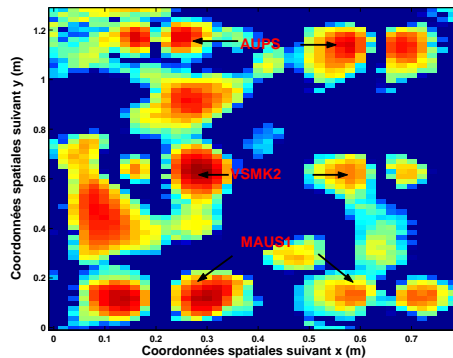


FIG. 4.24: Donnée Cscan résultant de la somme des Cscans après filtrage par un filtre ACRC d'ordre 5 et seuillage pour le scénario 4. Une échelle logarithmique est appliquée sur l'amplitude des échantillons du Cscan.

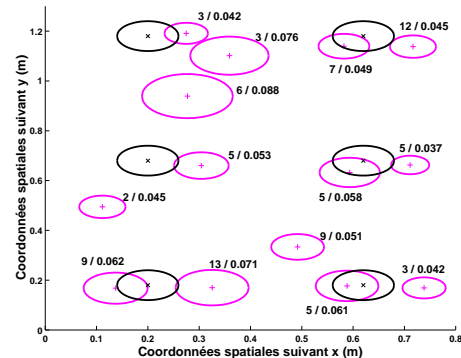


FIG. 4.25: Image de détection pour le Cscan de la figure 4.24. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

Les deux méthodes de prétraitement présentées dans cette section sont ensuite testées sur le scénario 4 de la campagne MACADAM. La figure 4.24 montre la donnée Cscan résultant de l'étape 1 de la méthode de détection, lorsque le filtre ACRC d'ordre 5 est utilisé. Les réponses des six mines antipersonnel sont visibles, cependant leurs signatures ont été dégradées par le filtrage puisque la partie centrale des disques a été éliminée. Ainsi, les positions des mines ne sont pas détectées de manière précise puisque les zones d'intersection entre les ellipses de détection et les cercles modélisant les réponses des

mines sont restreintes, voir figure 4.25. De plus, la présence de quelques résidus de clutter dans la donnée Cscan résultant de l'étape 1, engendrent des fausses alarmes.

Enfin, les images de détection obtenues en utilisant la méthode de détection basée sur les ondelettes, avant et après seuillage sur le nombre d'associations N_m , sont représentées respectivement sur les figures 4.26 et 4.27. Les six mines antipersonnel sont détectées puisque six ellipses de détection présentent une intersection avec les cercles représentant les réponses réelles des mines. Les variations des paramètres physiques du sol sont à l'origine de fausses alarmes.

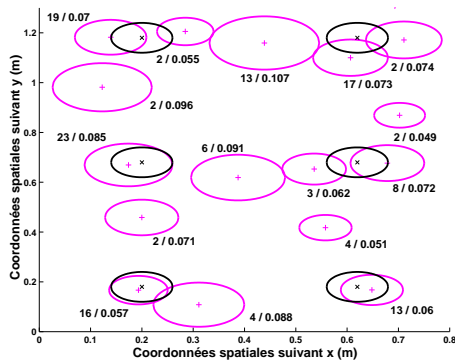


FIG. 4.26: Image de détection pour la méthode de détection proposée dans [Per01]. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

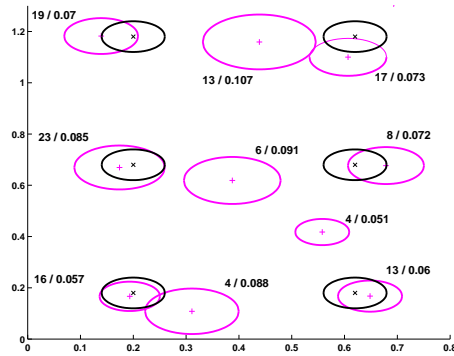


FIG. 4.27: Image de détection pour la méthode de détection proposée dans [Per01]. Les contours pour lesquels $N_m \leq 3$ sont éliminés. Les cercles noirs indiquent les positions réelles des mines. Les cercles roses les positions détectées.

Afin de comparer les performances des différentes méthodes de prétraitement, en vue de la détection des positions des mines antipersonnel suivant x et y , les taux de détection et de fausse alarme sont calculés pour chaque méthode. Le taux de détection est déterminé en réalisant le rapport du nombre de vraies détections sur le nombre d'objets effectivement présents. Une détection est vraie lorsque l'ellipse qui la modélise présente une intersection avec un cercle représentant la position réelle d'une mine. Lorsque plusieurs ellipses de détection présentent une intersection avec un même cercle, l'ellipse possédant la plus grande zone d'intersection est considérée comme la vraie détection, les autres sont des fausses alarmes. Le taux de fausse alarme est déterminé par le nombre de fausses alarmes par mètre carré. Le tableau 4.1 donne les taux de détection et de fausse alarme pour les scénarios 4 et 11.

Dans le cadre de la détection de mines antipersonnel, l'objectif est d'obtenir un taux de détection de 100% avec un taux de fausse alarme le plus faible possible. Ainsi, seules deux méthodes de prétraitement répondent à ces critères : la méthode basée sur le filtre adapté, décrite dans la section 4.2.1, et la méthode basée sur les ondelettes, proposée dans [Per01] et [PDVB04]. Ces deux méthodes donnent des résultats semblables pour les

TAB. 4.1: Taux de détection et de fausse alarme pour les scénarios 4 et 11.

Méthode de prétraitement	Sans Filtre	Filtre adapté	Filtre ACRC	Ondelettes
Taux de détection	58.3%	100%	83.3%	100%
Taux de fausse alarme par m ²	0.5	2.5	7	2.5

scénarios 4 et 11 de la campagne MACADAM. Cependant, notre méthode à l'avantage de nécessiter un nombre de calcul beaucoup plus faible que celui de la méthode basée sur les ondelettes. En effet, celle-ci nécessite de réaliser une analyse multirésolution sur 3750 données Ascan pour chaque scénario. En considérant que seules les sept premières sous-bandes issues de la décomposition en ondelettes sont conservées pour chaque Ascan, et que quatre paramètres statistiques sont calculés pour chaque sous-bande, 28 images sont obtenues pour lesquelles il faut extraire et associer les contours. Notre approche nécessite de convoluer la réponse du filtre avec les 200 Cscans issus d'un scénario et ensuite de les additionner. L'étape d'extraction et d'association des contours n'est réalisée qu'une seule fois. Le temps CPU, pour un processeur Intel Pentium M à 1.6 GHz, est de 1 min 35 s sous Matlab pour la méthode basée sur les ondelettes et de 10 s pour notre méthode.

4.5 Conclusion

Le traitement des données Cscan à partir du filtre numérique, conçu dans la section 2.3, associé à la méthode de détection de disques, proposée dans [Per01] et [PDVB04], se montre efficace pour détecter automatiquement les positions spatiales des mines antipersonnel dans les scénarios de la campagne MACADAM. En effet, les résultats de simulations montrent que la méthode de détection basée sur notre filtre permet de détecter les positions des mines de type plastique et métallique avec un taux de fausse alarme faible. De plus, elle nécessite un coût de calcul faible.

Les performances de la méthode sont évaluées dans le chapitre 5 en terme de probabilité de détection et probabilité de fausse alarme à partir des différents scénarios de la campagne MACADAM.