Chapitre 4

Application au projet ALMA

4.1 Introduction

Ce chapitre décrit l'application de l'approche inverse du design introduite dans les deux chapitres précédents au design du projet ALMA (*cf.* Chapitre 1). Il correspond à une version corrigée du Memorandum ALMA numéro 400. L'optimisation des emplacements des socles (ou stations) du projet ALMA est entreprise dans le cadre des recommendations faites lors de la Revue Préliminaire de Design (Guilloteau & the Configuration PDR Review Committee 2001). D'après ce document les positions des stations doivent permettre : (1) une configuration compacte dans laquelle un maximum d'antennes (pas forcément toutes) sont accessibles par des routes de 20 m de large, (2) des configurations intermédiaires jusqu'à 3 km de ligne de base, (3) une configuration étendue de plus de 10 km de diamètre (La PDR spécifie 14 km, une configuration de 10 km est ici discutée). Le nombre total de stations ne doit pas excéder 250 et les configurations doivent être optimisées pour 60 antennes (sur les 64 antennes on prévoit qu'il y en aura toujours environ 4 en maintenance).

Le but de ce chapitre n'est pas seulement de donner les positions des stations résultant de l'optimisation mais aussi de décrire la façon dont elles ont été obtenues. Aussi, une attention particulière est donnée à l'identification des paramètres ayant un impact sur le design et dont les valeurs doivent être déterminées avant l'exécution du programme d'optimisation.

La configuration compacte pose les problèmes spécifiques du "shadowing"[1] et de l'accès aux antennes, elle est traitée dans la Section 4.2. Le partage des stations entre les configurations est de première importance. En effet, afin d'offrir un maximum de flexibilité en résolution et en sensibilité il est souhaitable d'avoir un grand nombre de configurations. Or le nombre total de pads est limité à 250, il faut donc que les configurations partagent un maximum de stations entre elles. Ce problème est abordé dans la Section 4.3. L'optimisation des configurations intermédiaires avec les contraintes de terrain du site

[1] terme désignant la diminution de la surface illuminée d'une antenne provoquée par l'occultation de la source par une autre antenne du réseau. Le shadowing devient particulièrement gênant pour les sources à basse élévation lorsque les antennes sont dans une configuration compacte.

de Chajnantor est menée dans la Section 4.4. L'optimisation de la configuration étendue est étudiée dans la Section 4.5. Les conclusions sont tirées dans la Section 4.6.

4.2 Deux configurations compactes

Dans le but de minimiser le shadowing la configuration la plus compacte sera principalement utilisée pour des observations proches du transit. Elle doit donc être optimisée pour l'élévation moyenne $\epsilon_m = 60\,\text{deg}$. Le logiciel d'optimisation permet de spécifier une autre élévation ϵ_{sh} qui est utilisée pour contraindre le shadowing : aucun shadowing n'est autorisé pour une source à cette élévation (et donc pour toutes les élévations supérieure). Cependant, optimiser une configuration avec une forte contrainte de shadowing affecte la qualité de l'échantillonnage aux lignes de base courtes (les antennes sont plus espacées). C'est pourquoi dans cette étude il est proposé d'optimiser deux configurations compactes : l'une pour $\epsilon_m = 60\,\text{deg}$ et $\epsilon_{sh} = 50\,\text{deg}$ et l'autre pour les sources à basse élévation avec $\epsilon_m = 30\,\text{deg}$. Cette dernière configuration sera suffisamment allongée dans la direction Nord-Sud pour qu'il soit inutile de spécifier une contrainte de shadowing.

Il peut être noté ici que le logiciel autorise un autre mode de contrainte : il est possible de prendre différentes élévations chacune affectée d'un poids et d'appliquer des forces de pression proportionnelles à la surface ombragée.

D'autre part, pour permettre de faire de l'imagerie avec un maximum de sensibilité, la configuration compacte doit être optimisée pour une distribution Gaussienne d'échantillons. Plus le niveau de troncation est bas, plus la configuration est dense au centre et plus le niveau de troncation et élevé plus la configuration ressemble à un anneau avec des antennes au centre (voir Chapitre 3). Comme dans les deux cas le design empêche l'accés aux antennes un compromis doit être trouvé.

La configuration optimisée pour les sources à basse élévation, de par son élongation Nord-Sud, pose moins de problèmes concernant l'accès aux antennes. Par conséquent, le problème des routes n'a été traité que pour la première configuration. Optimisée pour une élévation de 60 deg, celle-ci sera tout de même un peu allongée dans la direction Nord-Sud et pour cette raison des routes orientées selon l'axe Est-Ouest seront plus adaptées.

Quatre routes de 20 m de largeur, orientées Est-Ouest, ont été dessinées et une configuration de ligne de base projetée de 180 m a été optimisée pour une distribution Gaussienne d'échantillons de largeur à mi-hauteur égale à 160 m (c. à d. un niveau de troncation de 15.2 dB) et pour 2 heures d'observation. Cette durée d'observation est celle qui permet d'avoir une densité d'echantillons partout supérieure ou égale à la densité d'un échantillonnage de Nyquist (*cf* équation 3.28 du chapitre précédent avec $\alpha = 1$ et $\beta = 1$). Le résultat est donné Figure 4.5. Le lobe synthétisé est représenté sur la Figure 4.12 pour une pondération naturelle et une pondération suivant un modèle Gaussien (voir Chapitre 1) égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (troncation à 15.2 dB). On voit que pour une perte en sensibilité de 2.3% cette dernière pondération nettoie presque complètement les lobes secondaires. Cela signifie qu'il sera possible de construire des images propres de façon presque instantanée en effectuant une simple opération de

Tab. 4.1 – Largeurs à mi-hauteur (FWHM) de la distribution cible et durée d'observation requise pour atteindre les spécifications (α and Γ_c) pour chacune des quatre configurations intermédiaires. α est la contrainte sur la distance maximale entre les échantillons exprimée en unité d'intervalles de Nyquist (en fait c'est une contrainte sur la densité *cf.* Chapitre 3). Γ_c spécifie le niveau de troncation de la TF du lobe propre souhaité. Dans chaque case les deux paramètres sont donnés de haut en bas dans l'ordre croissant des tailles des configurations. On rappelle que la plus grande ligne de base dans chacune des configurations est respectivement de : 900 m, 1600 m, 2300 m et 3000 m.

	$\alpha = 1$		$\alpha = 2$		$\alpha = 4$	
	FWHM	Δt	FWHM	Δt	FWHM	Δt
$\Gamma_c = 10$ dB	988 m	4.0 h	988 m	2.0 h	988 m	1.0 h
	1756 m	7.1 h	1756 m	3.5 h	1756 m	1.8 h
	2736 m	8.0 h	2524 m	5.1 h	2524 m	2.5 h
	4050 m	8.0 h	3292 m	6.6 h	3292 m	3.3 h
$\Gamma_c = 15$ dB	828 m	8.0 h	806 m	4.5 h	806 m	2.2 h
	1696 m	8.0 h	1440 m	8.0 h	1433 m	4.0 h
	2737 m	8.0 h	2231 m	8.0 h	2061 m	5.8 h
	4050 m	8.0 h	3120 m	8.0 h	2688 m	7.5 h
$\Gamma_c = 20$ dB	828 m	8.0 h	729 m	8.0 h	698 m	5.5 h
	1696 m	8.0 h	1440 m	8.0 h	1280 m	8.0 h
	2737 m	8.0 h	2231 m	8.0 h	1932 m	8.0 h
	4050 m	8.0 h	3120 m	8.0 h	2670 m	8.0 h

pondération et une transformée de Fourier. Dans le lobe ainsi obtenu il reste malgré tout une cuvette négative de la taille du champ. Celle-ci est due au manque de données aux espacements courts (problème général de l'interférométrie mentionné dans le Chapitre 1).

La deuxième configuration compacte destinée aux sources à basse élévation a été optimisée pour une ligne de base projetée légèrement plus grande (206 m) afin de rendre la transition vers les configurations plus étandues continue. La configuration obtenue est représentée sur la Figure 4.6 et les lobes obtenus pour les deux méthodes de pondération sont représentés sur la Figure 4.13.

4.3 Le partage des stations

Dans le but d'étudier l'influence de la densité minimale d'échantillons spécifiée et du niveau de troncation de la TF du lobe propre souhaité sur le nombre de stations requises, plusieurs instruments de 5 configurations ont été optimisés pour différentes valeurs de ces deux paramètres. Le paramètre contrôlant la densité minimale est le paramètre α introduit au chapitre précédent et qui peut être interprété comme la distance maximale entre les échantillons permettant de faire de l'imagerie exprimée en unité d'intervalles

TAB. 4.2 – Resolutions pour $\lambda = 3$ mm (100 GHz) et pour trois différentes spécifications sur le niveau de troncation de la fonction de poids propre (la TF du lobe propre) d'après l'équation 3.30 avec $\beta = 1$ (pas d'extrapolation).

	200 m	900 m	1600 m	2300 m	3000 m	10 km
$\Gamma_c = 10$ dB	2.49″	0.55″	0.31″	0.22″	0.17″	0.05″
$\Gamma_c = 15$ dB	3.05″	0.68″	0.38″	0.26″	0.20″	0.06″
$\Gamma_c = 20$ dB	3.52″	0.78″	0.44″	0.31″	0.23″	0.07″

TAB. 4.3 – Nombre de stations obtenu après l'optimisation de 5 configurations (1 compacte et 4 intermediaires) pour différentes valeurs du paramètre d'échantillonnage, α, et du niveau de troncation de la fonction de poids propre (TF du lobe propre), Γ_c.

	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 4$
$\Gamma_c = 10$ dB	241	226	214
$\Gamma_c = 15$ dB	236	218	205
$\Gamma_c = 20$ dB	237	216	205

de Nyquist (une définition plus rigoureuse est donnée dans le Chapitre 3). Le niveau de troncation est donné par le paramètre Γ_c qui doit être ajusté en fonction du niveau des lobes secondaires souhaités dans le lobe propre.

Pour cette étude les tailles des configurations vont de 200 m à 3 km par intervalles constants : les longueurs des plus grandes lignes de base des 4 configurations intermédiaires sont de 900 m, 1 600 m, 2 300m et 3 000m. Les résolutions correspondantes pour Γ_c =10 dB, 15 dB and 20 dB sont données dans le tableau 4.2. En fait ce choix n'est pas justifié et pour pouvoir couvrir régulièrement l'intervalle de sensibilité en brillance il faut prendre une croissance géométrique. Il s'avère que ce choix n'a que peu d'incidence sur le problème du partage des stations et au pire il surestime le nombre de stations requises. Une fois cette étude réalisée l'optimisation du projet ALMA dans la section suivante sera entreprise pour une croissance géométrique des configurations.

Chaque configuration a été optimisée, allant de la plus compacte vers la plus étendue en essayant à chaque fois de réutiliser les stations des configurations déjà optimisées. Cette fonctionnalité est intégrée dans le logiciel APO : au cours de l'optimisation lorsqu'une antenne se trouve suffisamment proche (une distance critique à fournir par l'utilisateur) d'une station existante inoccupée alors l'antenne est fixée dessus.

Les largeurs à mi-hauteur (FWHM) des distributions cibles et les durées des observations (Δt) sont calculées d'après les résultats du chapitre précédent en prenant β égal à 1 (pas d'extrapolation permise) et une durée maximum d'observation égale à 8 heures (la justification de ce choix est illustrée Fig.4.1). Les valeurs des paramètres FWHM et Δt sont données dans le tableau 4.1 pour les différentes configurations et pour différentes valeurs de α et Γ_c. Il peut être noté que pour $\Gamma_c = 20$ dB, même si la contrainte sur l'échantillonnage est faible ($\alpha = 4$), des observations de longue durée sont requises. Pour toutes les optimisations la déclinaison de la source est prise égale à la déclinaison moyenne : $\delta_m = -10\,\mathrm{deg}$.

Le nombre de stations obtenu pour un choix de valeurs (α, Γ_c), ne correspond peut-être pas à un minimum absolu mais donne une valeur approximative du nombre de stations effectivement requis pour réaliser les spécifications. Le Tableau 4.3 donne les résultats pour 9 choix de (α, Γ_c). Les positions des stations correspondantes sont représentées Fig.4.2 ($\alpha = 1$), Fig.4.3 ($\alpha = 2$) et Fig.4.4 ($\alpha = 4$).

Il apparaît clairement (Fig.4.2) que pour une forte contrainte d'échantillonnage ($\alpha = 1$) les configurations prennent la forme d'un anneau quel que soit le niveau de troncation Γ_c spécifié pour la TF du lobe propre (appelée ici distribution de poids propre). Cela vient du fait qu'en dessous de 8 heures d'observation il n'y a pas assez d'échantillons pour réaliser une distribution Gaussienne tronquée au niveau de Γ_c et satisfaisant la contrainte d'échantillonnage. La contrainte d'échantillonnage impose de prendre une distribution plus platte que la TF du lobe souhaité (voir Chapitre 3). Or, plus la distribution cible est platte plus la configuration ressemble à un anneau. A contrario, plus la contrainte d'échantillonnage est assouplie (par ex. $\alpha = 4$) et plus le niveau de troncation est bas, plus les configurations sont denses au centre (moins le nombre de stations nécessaires est grand) et plus le design approche celui de la spirale proposée par Conway (2000b) (*cf.* la dernière ligne de la Fig.4.4).

La configuration la plus étendue d'ALMA de plus de 10 km aura nécessairement la forme d'un anneau pour assurer une qualité minimum d'échantillonnage (on ne considère ici que la qualité d'imagerie et pas du tout le coût ni la logistique qui finalement imposeront peut-être une autre forme). Il faut donc prévoir au moins 50 stations en plus des stations utilisées pour les configurations intermédiaires. Celles-ci ne doivent donc pas nécessiter plus de 200 stations. Alors, d'après le Tableau 4.1, le paramètre α doit être pris supérieur ou égal à 4. Il doit être souligné qu'en principe prendre α supérieur à 2 implique l'existence d'informations *a priori* sur la source (par ex. on sait que la taille de la source est inférieure à un quart de la taille du champ). Sans information *a priori* la technique du mosaicing permet de prendre $\alpha = 2$, pas plus. D'autre part, dans cette étude il a été choisi de prendre la même contrainte d'échantillonnage pour toutes les configurations, alors que ce n'est pas nécessaire. Il est par exemple possible de choisir une contrainte plus forte pour les configurations compactes que pour les configurations étendues. Il peut également être remarqué que les durées d'observations requises pour $\Gamma_c = 15$ dB sont plus réalistes que pour $\Gamma_c = 20$ dB alors que le nombre de stations est comparable.

D'après toutes ces considérations il a été décidé de prendre $\Gamma_c = 15$ dB et $\alpha = 2$ pour les 2 premières configurations intermédiaires et $\Gamma_c = 15$ dB et $\alpha = 4$ pour les 2 autres.

4.4 Les configurations intermédiaires

Cette section donne les résultats de l'optimisation de 4 configurations intermédiaires tenant compte des contraintes de terrain imposées par la topographie du site de Chajnantor. Un masque digital décrit dans Butler (2001) est utilisé pour exclure les stations des régions où la pente est supérieure à 5 deg. Le centre de la configuration compacte est situé au point nommé “Chajnantor South” comme spécifié par la PDR. Les paramètres utilisés pour l'optimisation de chaque configuration sont ceux déduits de la section précédente. Les tailles des configurations suivent une croissance géométrique avec un facteur d'échelle égal à 1.968 : 393 m, 775 m, 1525 m et 3000m.

Les configurations obtenues sont représentées sur les figures 4.8, 4.9, 4.10. Le nombre total de stations obtenu pour les configurations compactes et intermédiaires est égal à 193. Les lobes sont représentés sur les figures 4.14, 4.15, 4.16, 4.17. Dans chacune de ces figures deux lobes sont représentés : celui obtenu pour une pondération naturelle et celui obtenu pour une pondération selon un modèle comme décrit dans le Chapitre 1. Pour cette dernière pondération le modèle est pris égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation. De plus, les deux paramètres permettant d'ajuster la perte de sensibilité (le seuil et le facteur de couplage) sont ajustés de façon à ce que la perte de sensibilité ne dépasse pas 5%. On voit, d'après ces figures, qu'il est possible par cette méthode de faire disparaître une grande partie des lobes secondaires et de les ramener à un niveau inférieur à 2% presque partout.

D'une certaine manière, la quantité d'échantillons réalisés par ALMA change la nature du problème d'imagerie : alors que pour les interféromètres actuels il s'agit d'un problème d'interpolation, pour des interféromètres de nouvelle génération tels qu'ALMA le problème se réduira en grande partie a un simple ajustement des poids.

4.5 La configuration étendue

Dans le cas où aucune information *a priori* sur la source n'est disponible mais qu'il est possible de faire du mosaicing (ce qui signifie $\alpha = 2$ dans la terminologie du chapitre précédent) et que la durée maximum des observations est de 8 h alors la plus grande ligne de base autorisée est de 9.8 km (équation 3.24). Pour cette raison il a été choisi d'optimiser une configuration étendue de 10 km. La distribution cible correspondante a une largeur à mi-hauteur égale à 20 km (cela correspond à une coupure à 3 dB). En raison des contraintes de terrain la configuration a dû être optimisée autour de la montagne Chascon. Le résultat est montré sur la Figure 4.11. La configuration utilise 53 stations supplémentaires, ce qui fait un total de 246 stations. Le lobe synthétisé est représenté sur la Figure 4.17 et comme pour les autres configurations on voit que la plus grande partie des lobes secondaires peut être supprimée pour 5% de perte de sensibilité.

4.6 Conclusion

Un interféromètre composé de 246 stations a été optimisé à l'aide du logiciel APO (Chapitre 2) conformément à l'analyse développée dans le Chapitre 3 et dans le cadre défini par la PDR. Les caractéristiques des configurations sont rassemblées dans le Tableau 4.4. Le temps de calcul nécessaire à l'optimisation complète sur un PC de 1 GHz est de l'ordre de 3 heures.

TAB. 4.4 – Caracteristiques des configurations.

config.	largest proj. basel.	FWHM of target dist.	duration of the obs.	sampling α	truncation level	resolution @100 GHz
compact	180 m	160 m	1.9 h	1	15.2 dB	3.41″
compact 2	206 m	180 m	2.5 h	1	16 dB	3.05″
1rst	393 m	353 m	2.0 h	2	15 dB	1.55″
2nd	775 m	694 m	3.9 h	2	15 dB	0.79″
3rd	1525 m	1366 m	3.8 h	4	15 dB	0.40″
4th	3000 m	2690 m	7.5 h	4	15 dB	0.20″
extended	10 km	20 km	8 h	2	3 dB	0.06″

Il a été montré qu'une configuration compacte pouvait être optimisée en tenant compte du problème de shadowing. Pour les sources à basse élévation une seconde configuration compacte utilisant une grande partie des stations de la première et allongée dans la direction Nord-Sud a été obtenue.

Ensuite il a été montré que, si 4 configurations intermédiaires devaient être optimisées, le choix des paramètres était contraint par le nombre limité de stations. Une étude consistant à optimiser quatre configurations intermédiaires pour différentes combinaisons de paramètres a permis de sélectionner les valeurs des paramètres pour lesquelles le nombre de stations était inférieur à la limite spécifiée par la PDR.

Les positions des stations ont été obtenues sur le masque digital excluant les régions de trop grande pente du site de Chajnantor. Enfin, une configuration de 10 km de diamètre a été optimisée autour du Mont Chascon. La qualité des configurations a été verifiée en montrant que pour une perte en sensibilité inférieure à 5% il était possible de supprimer une grande partie des lobes secondaires. Ceci, grâce à une nouvelle méthode de pondération dans laquelle la densité locale de poids est ajustée en fonction d'un modèle (voir Chapitre 1).

Le résultat le plus important de cette étude est d'avoir montré qu'il était possible de concevoir le design d'ALMA en suivant une approche inverse. Un certain nombre de problèmes tels que le scénario de reconfiguration (dans quel ordre déplacer les antennes ?), le tracé des routes, le câblage des antennes n'ont pas été considérés. Cependant, puisqu'il est le résultat d'une optimisation informatisée et rapide, le design obtenu n'a rien de définitif et peut être modifié à souhait en changeant les paramètres de départ ou les contraintes ou encore en définissant de nouveaux types de contraintes. Cette méthode permet d'assurer une utilisation optimale du potentiel de l'instrument en termes de qualité d'imagerie puisque les positions des stations sont directement optimisées pour des spécifications sur l'imagerie (échantillonnage minimum, niveau de lobes).

Le design issu de cette étude a été proposé à la commission chargée de définir le design d'ALMA lors d'une réunion tenue à Socorro (Nouveau Mexique) fin janvier 2002 (CDR). Deux autres propositions ont été présentées par J. Conway et A. Webster. Ces deux propositions ont été élaborées en suivant une approche directe du problème et sont basées sur un concept géométrique développée par J. Conway. L'idée est de placer les stations le long des bras d'une spirale. Des antennes placées sur de tels bras produisent une distribution Gaussienne d'échantillons pour une observation sans intégration et au zénith. Il faut souligner que les distributions Gaussiennes ainsi obtenues sont tronquées à un niveau très bas (environ 25 dB). Cela implique que la densité d'échantillons au bord de la région échantillonnée est très basse (elle correspond à $\alpha \gg 4$). D'après l'analyse du Chapitre 3 cela signifie que les échantillons situés à la périphérie n'apportent rien à la résolution du problème d'imagerie, ils sont "sacrifiés".

L'avantage de la spirale est la simplicité du scénario de reconfiguration : en déplaçant les antennes selon un certain ordre le long des bras on obtient une série de configurations autosimilaires de plus en plus grandes (d'où le nom du concept : "zoom spiral"). Le fait qu'un tel design autorise une reconfiguration continue (c. à d. qu'en ne déplaçant que 2 ou 3 antennes on retrouve une configuration de bonne qualité) n'est cependant pas son exclusivité. En effet, on peut montrer que le logiciel APO permet d'optimiser des configurations "hybrides" (c. à d. des configurations intermédiaires aux configurations optimisées et ne nécessitant pas de nouvelles stations) de très bonne qualité dans le cas du design présenté ici.

Le concept de J. Conway a été retenu par la commission qui a, en outre, recommandé d'optimiser le design en utilisant le logiciel APO.

4.7 Figures

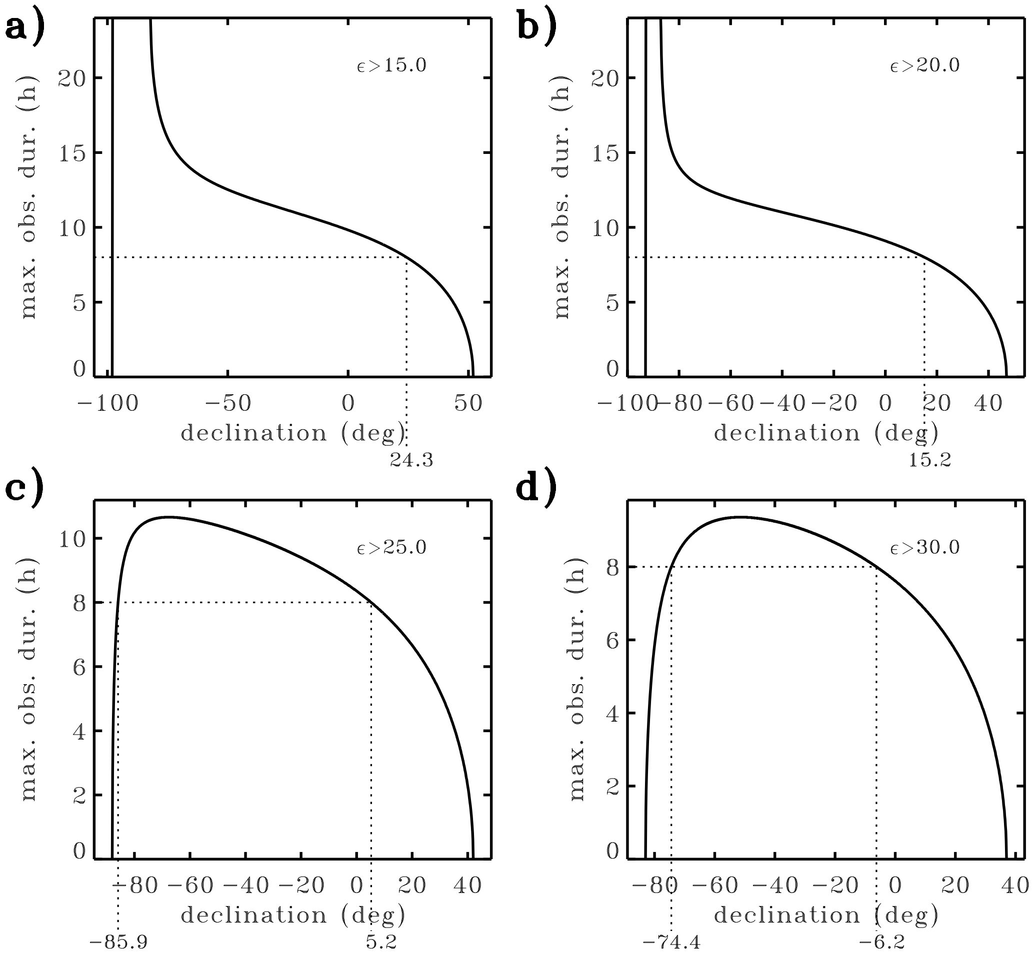

FIG. 4.1 – Cette figure représente la durée maximum d'observation en fonction de la déclinaison de la source, pour une latitude de -23 deg et pour différentes limites inférieures sur l'élévation ϵ : **a)** $\epsilon > 15$ deg, **b)** $\epsilon > 20$ deg, **c)** $\epsilon > 25$ deg et **d)** $\epsilon > 30$ deg. On note que les sources de déclinaison comprise dans l'intervalle [-74.4 deg, 6.2 deg] (ce qui représente 54% des sources) sont observables pendant huit heures a des élévations supérieure à 30 deg. Il a, par conséquent, été décidé d'optimiser les configurations pour une durée maximale d'observation de 8 heures.

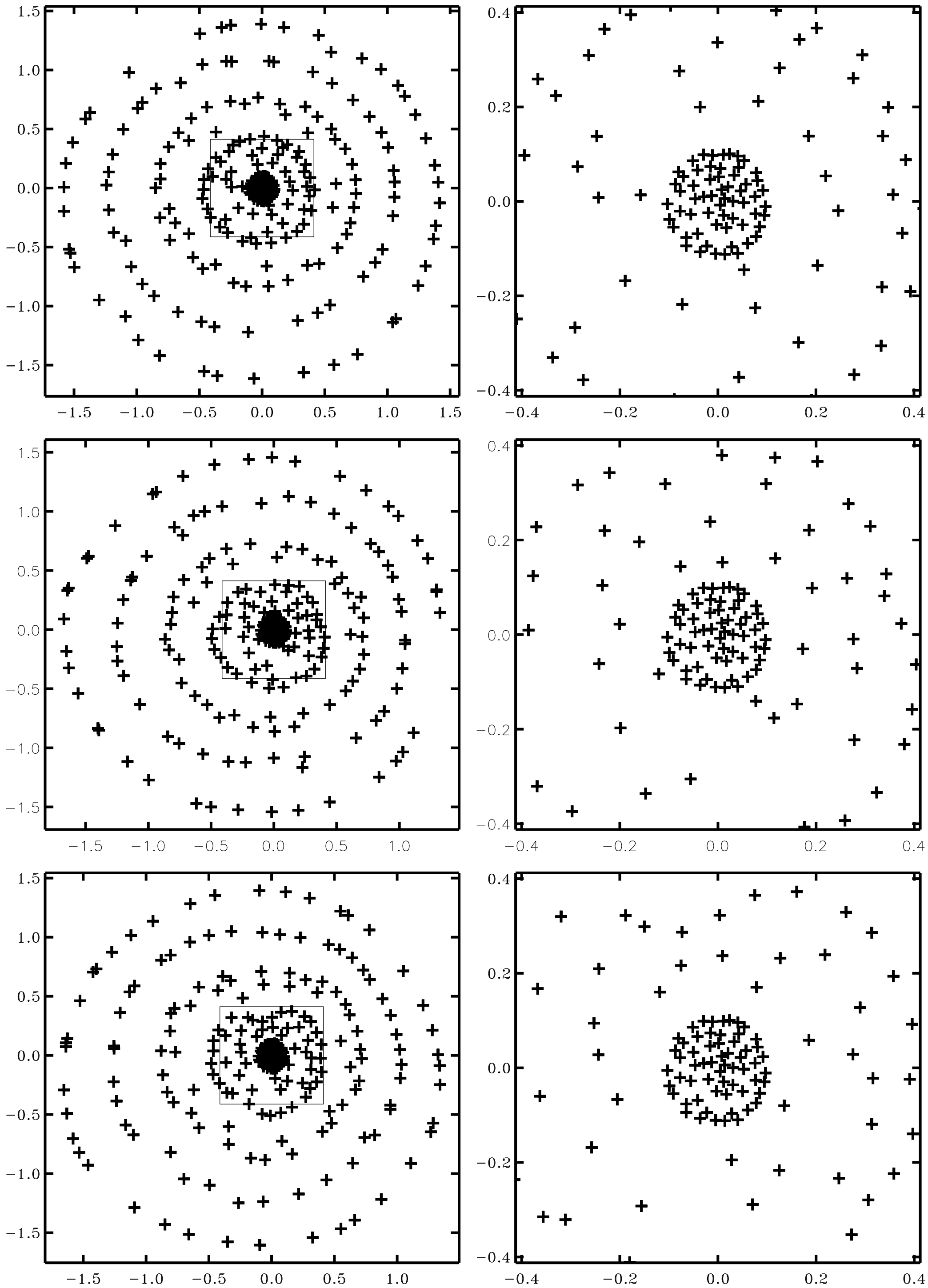

FIG. 4.2 – Positions des stations obtenues après l'optimisation de 4 configurations intermédiaires et une compacte, pour $\alpha = 1$ et Γ_c =10 dB (première ligne), 15 dB (seconde ligne) et 20 dB (troisième ligne). Pour chaque ligne, la figure de droite est un zoom de la partie centrale.

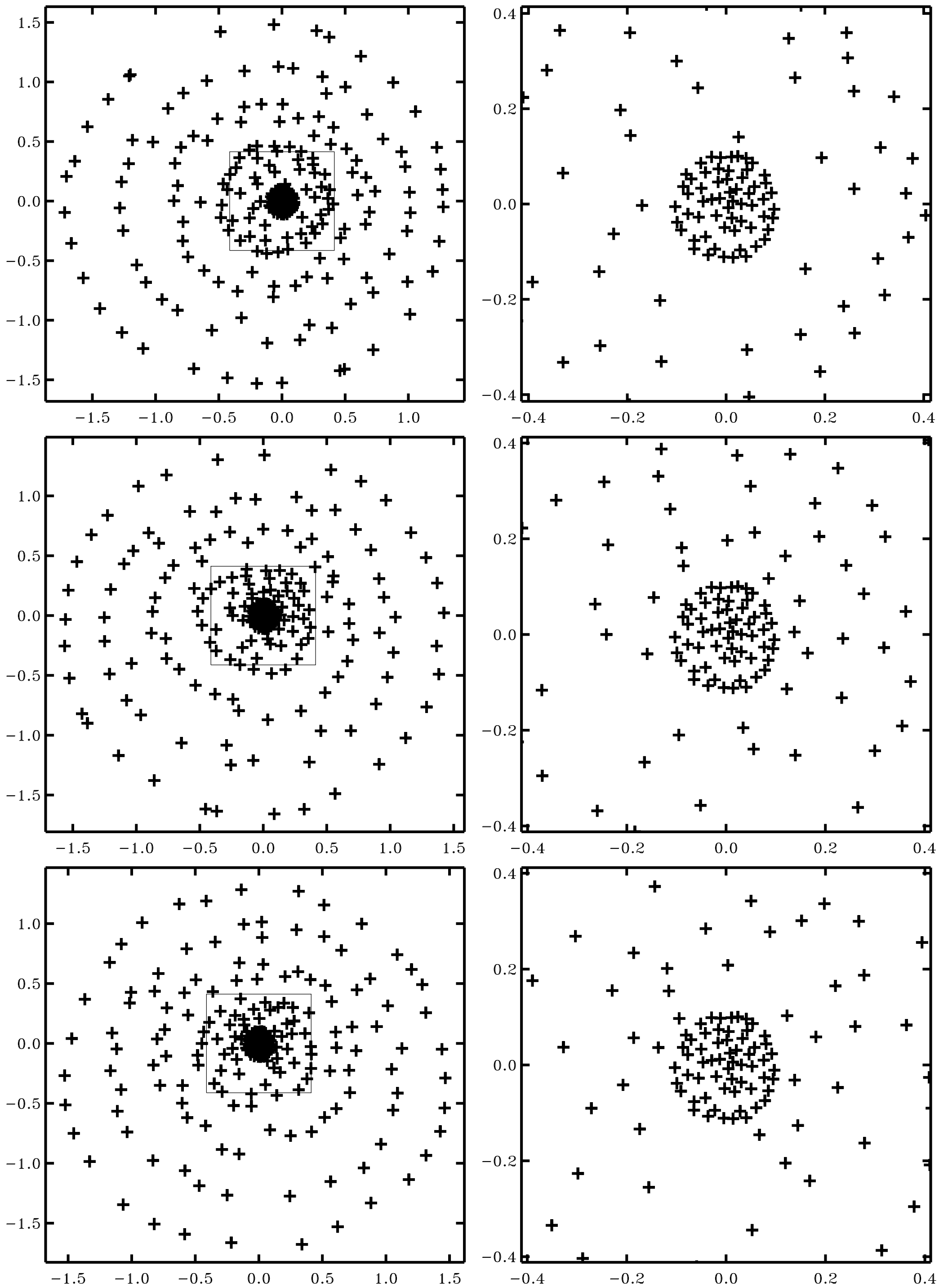

FIG. 4.3 – Positions des stations obtenues après l'optimisation de 4 configurations intermédiaires et une compacte, pour $\alpha = 2$ et Γ_c =10 dB (première ligne), 15 dB (seconde ligne) et 20 dB (troisième ligne). Pour chaque ligne, la figure de droite est un zoom de la partie centrale.

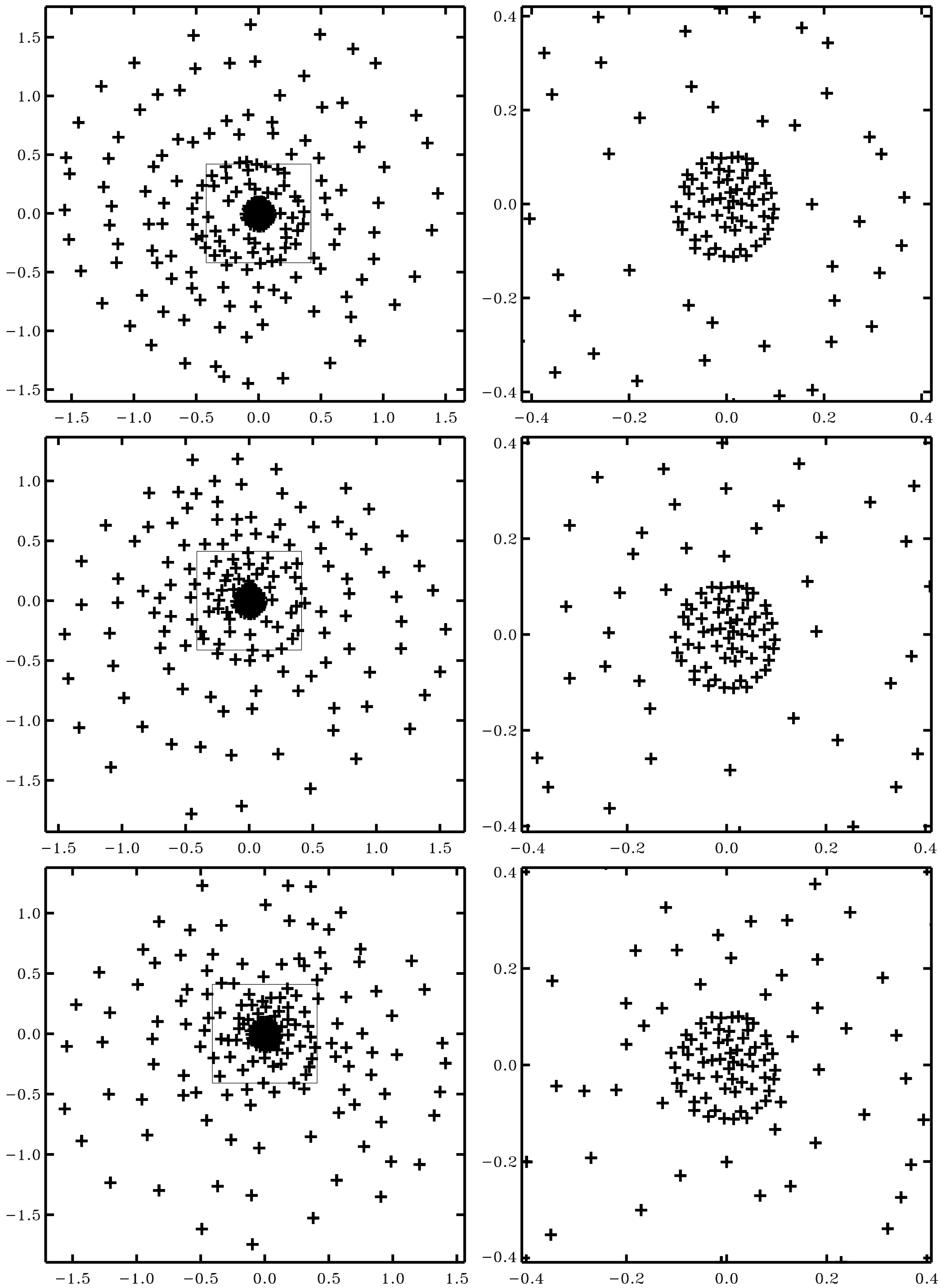

FIG. 4.4 – Positions des stations obtenues après l'optimisation de 4 configurations intermédiaires et une compacte, pour $\alpha = 4$ et Γ_c =10 dB (première ligne), 15 dB (seconde ligne) et 20 dB (troisième ligne). Pour chaque ligne, la figure de droite est un zoom de la partie centrale.

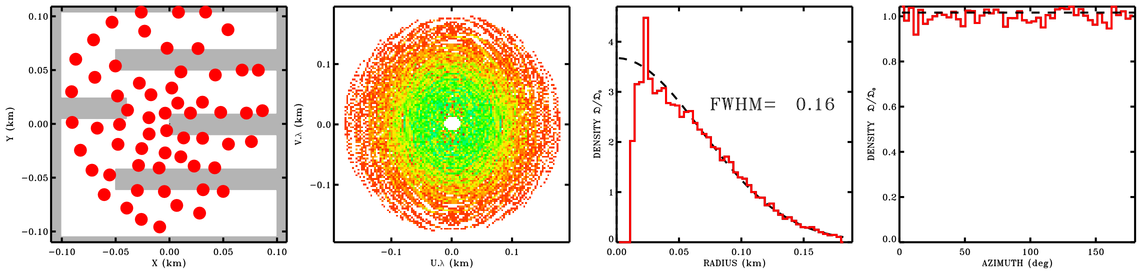

FIG. 4.5 – Configuration compacte optimisée pour une distribution Gaussienne d'échantillons de largeur à mi-hauteur FWHM= 160 m/λ pour une ligne de base projetée maximale de 180 m (c. à d. un niveau de troncation de 15.2 dB) et pour l'élévation moyenne : $\epsilon_m = 60$ deg. Les contraintes interdisent tout shadowing pour les sources d'élévation supérieure à 50 deg.

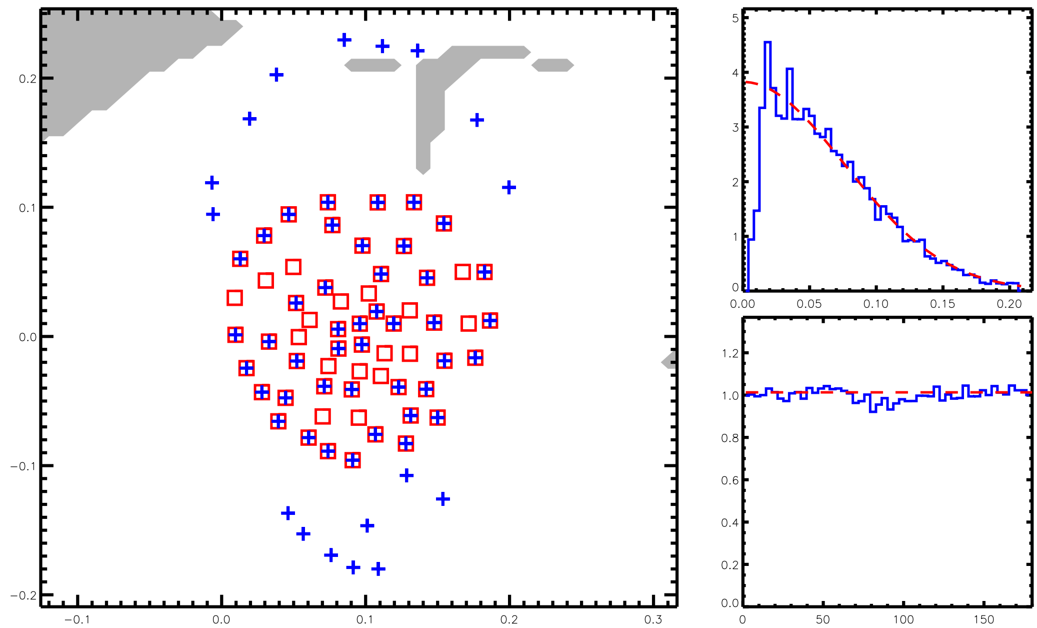

FIG. 4.6 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la seconde configuration compacte optimisée pour 30 deg d'élévation. Les carrés rouges représentent les positions des stations de la première configuration compacte. Les courbes sur le côté droit représentent les distributions radiales (en haut) et azimuthales (en bas). Les courbes en tiret représentent la distribution cible.

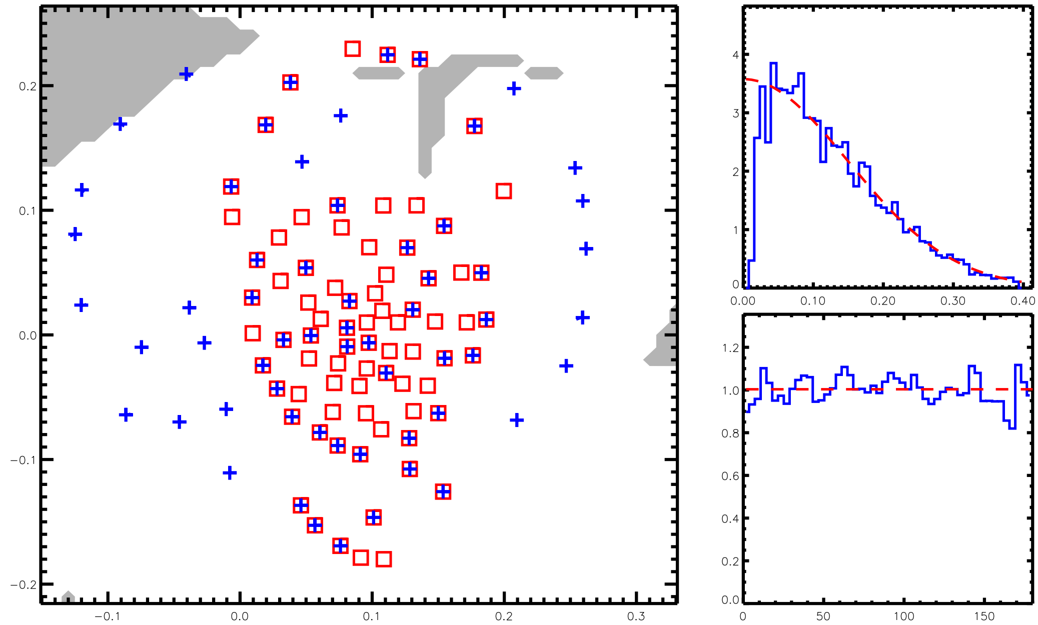

FIG. 4.7 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la première configuration intermédiaire. Les carrés rouges représentent les positions des stations des deux configurations compactes. Les courbes sur le côté droit représentent les distributions radiales (en haut) et azimuthales (en bas). Les courbes en tiret représentent la distribution cible.

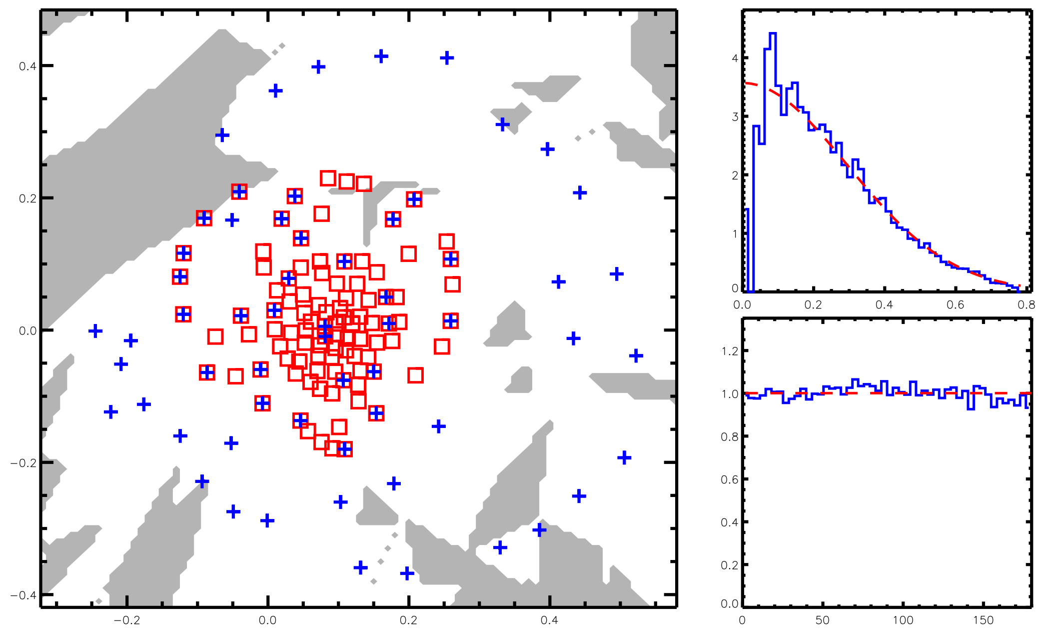

FIG. 4.8 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la seconde configuration intermédiaire. Les carrés rouges représentent les positions des stations des configurations compactes et de la première intermédiaire. Les courbes sur le côté droit représentent les distributions radiales (en haut) et azimuthales (en bas). Les courbes en tiret représentent la distribution cible.

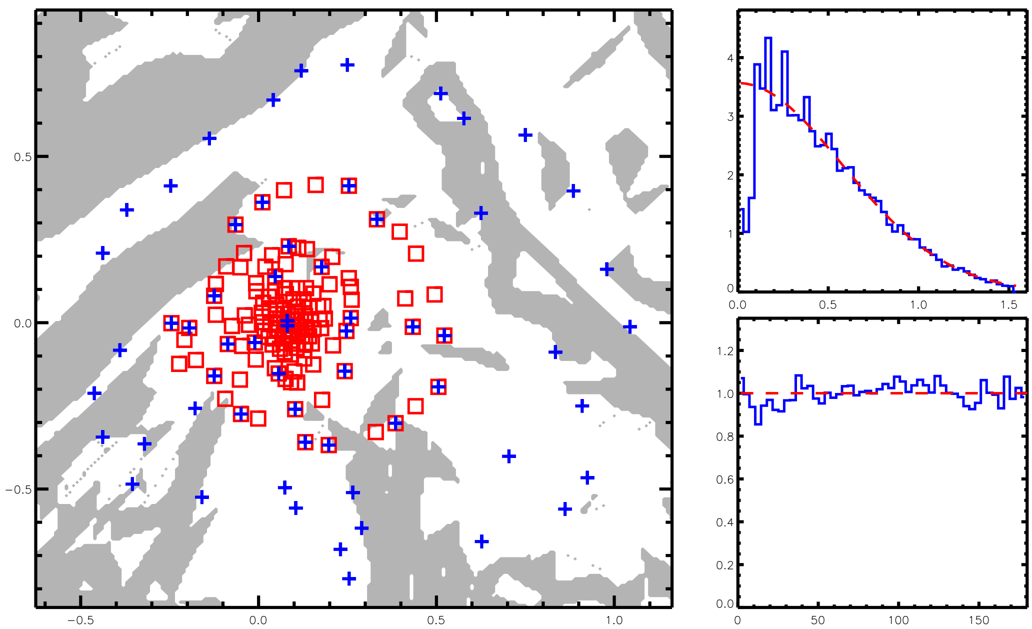

FIG. 4.9 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la troisième configuration intermédiaire. Les carrés rouges représentent les positions des stations des configurations compactes et des deux premières configurations intermédiaires. Les courbes sur le côté droit représentent les distributions radiales (en haut) et azimuthales (en bas). Les courbes en tiret représentent la distribution cible.

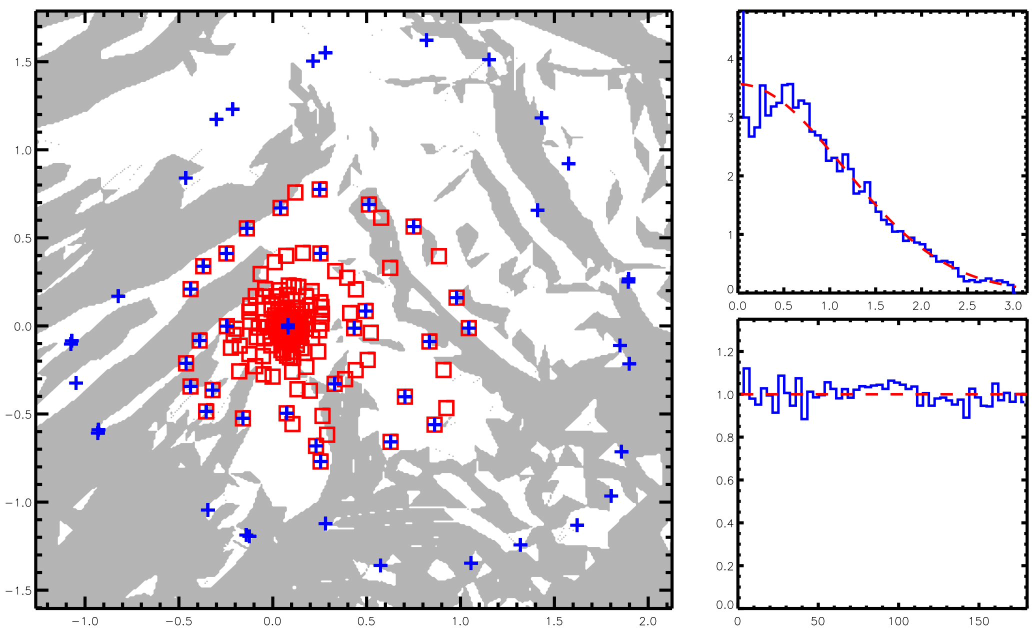

FIG. 4.10 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la quatrième configuration intermédiaire. Les carrés rouges représentent les positions des stations des configurations compactes et des trois premières configurations intermédiaires.

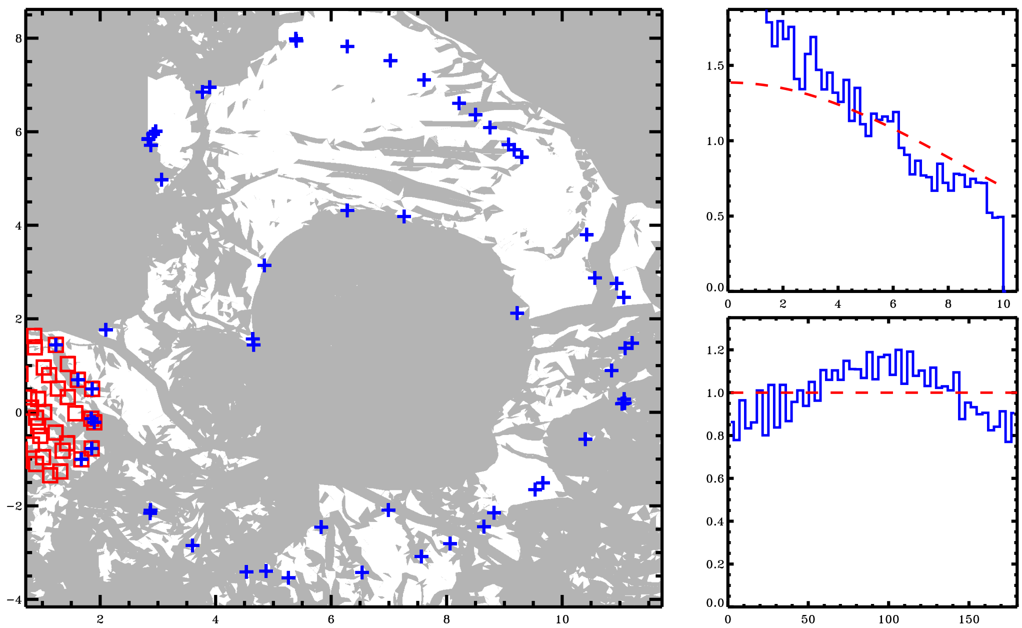

Fig. 4.11 – Les croix bleues représentent les positions des antennes dans la configuration étendue. Les carrés rouges représentent les positions des stations des configurations compactes et intermédiaires.

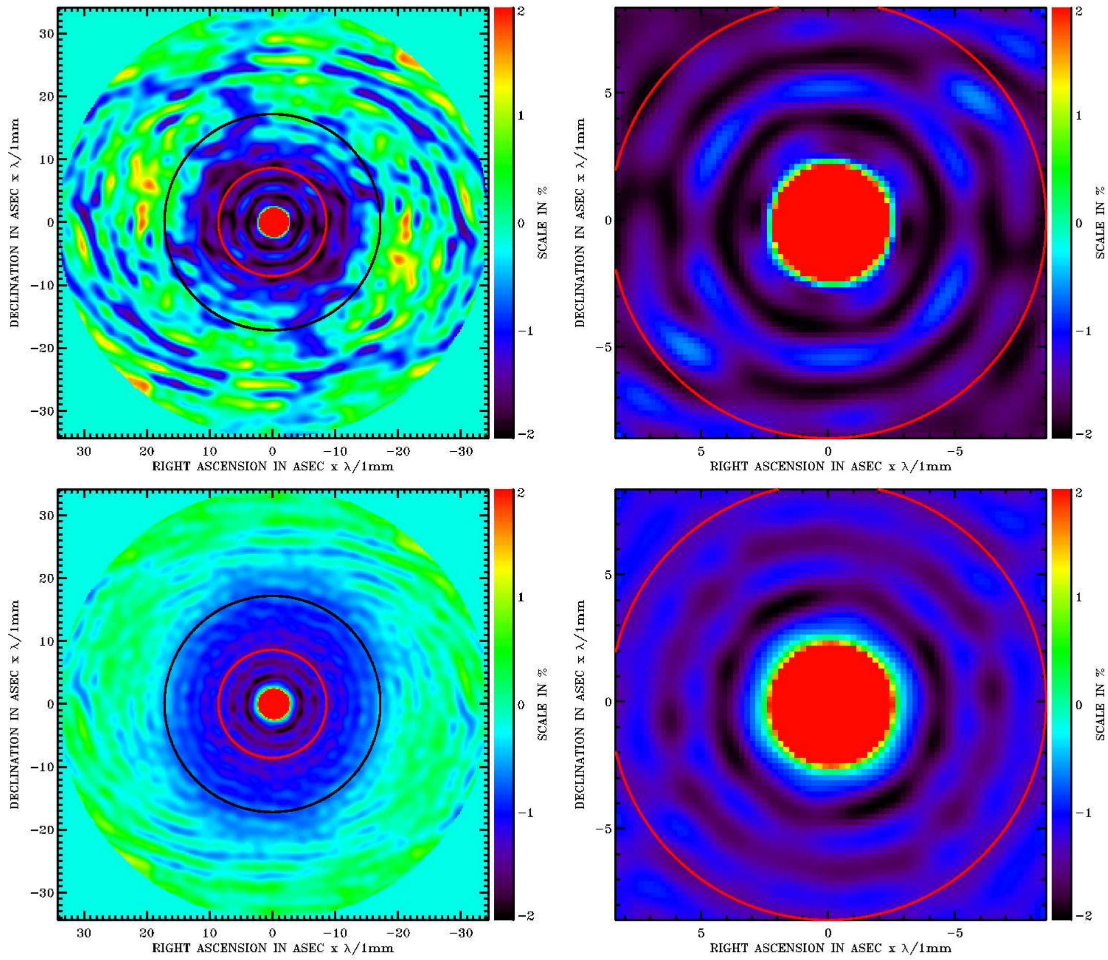

FIG. 4.12 – Lobe synthétisé de la première configuration compacte pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 2.3%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

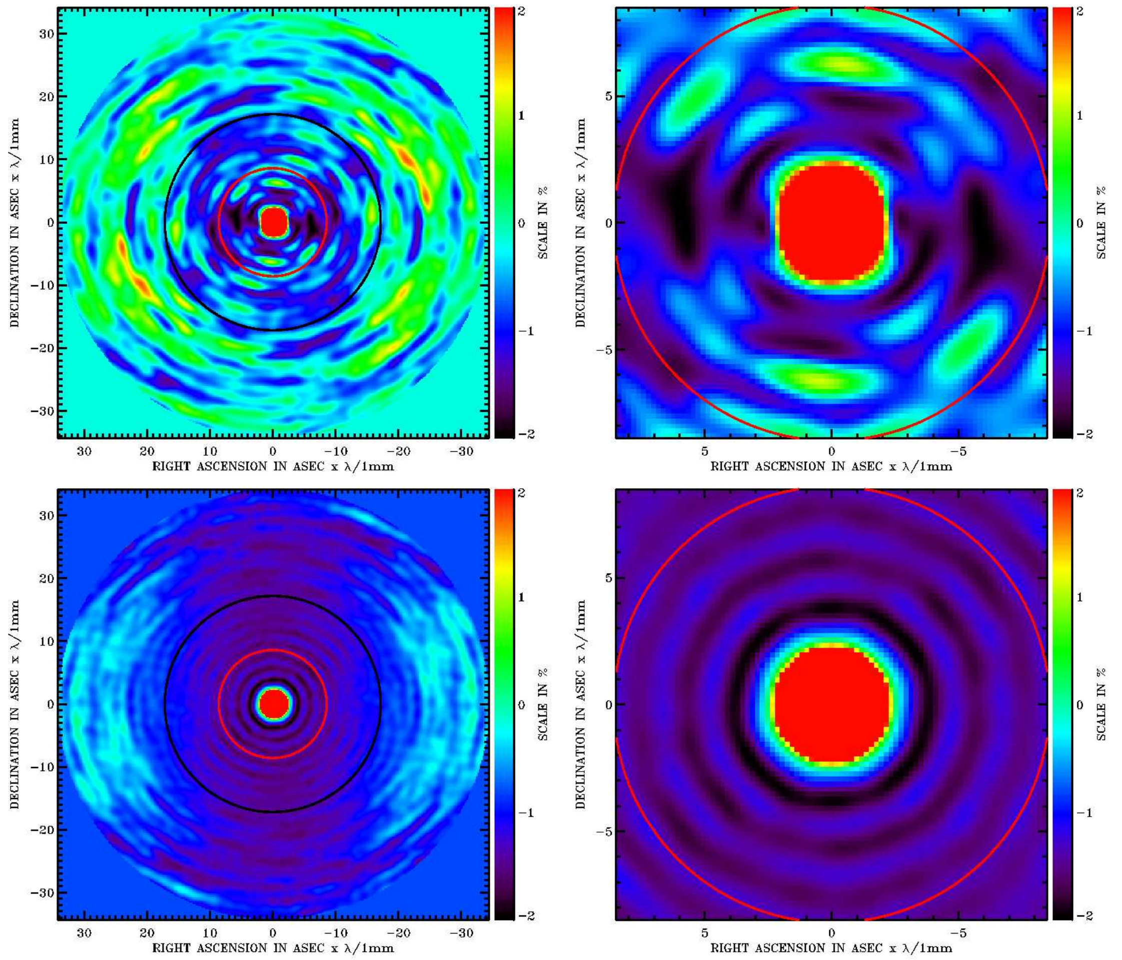

FIG. 4.13 – Lobe synthétisé de la deuxième configuration compacte pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 2.8%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

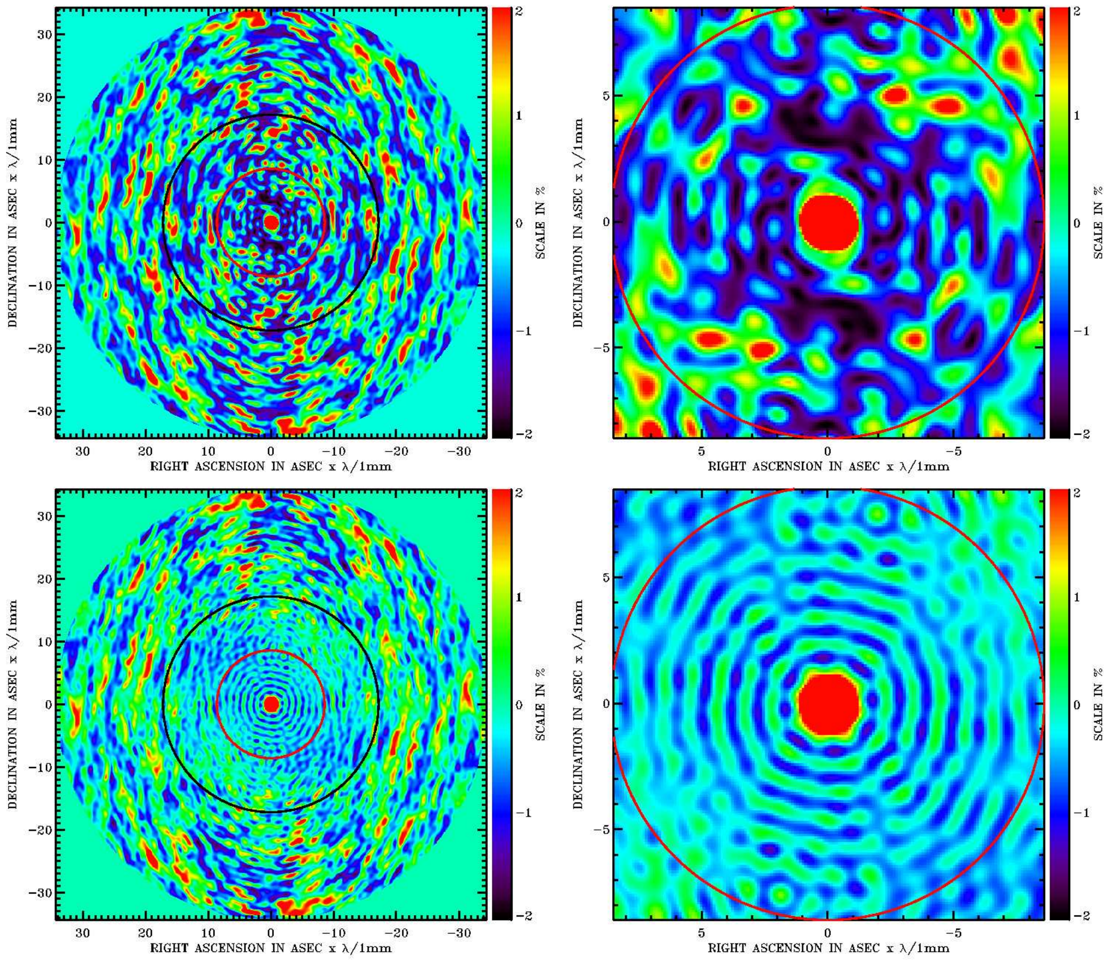

FIG. 4.14 – Lobe synthétisé de la première configuration intermédiaire pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 5%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

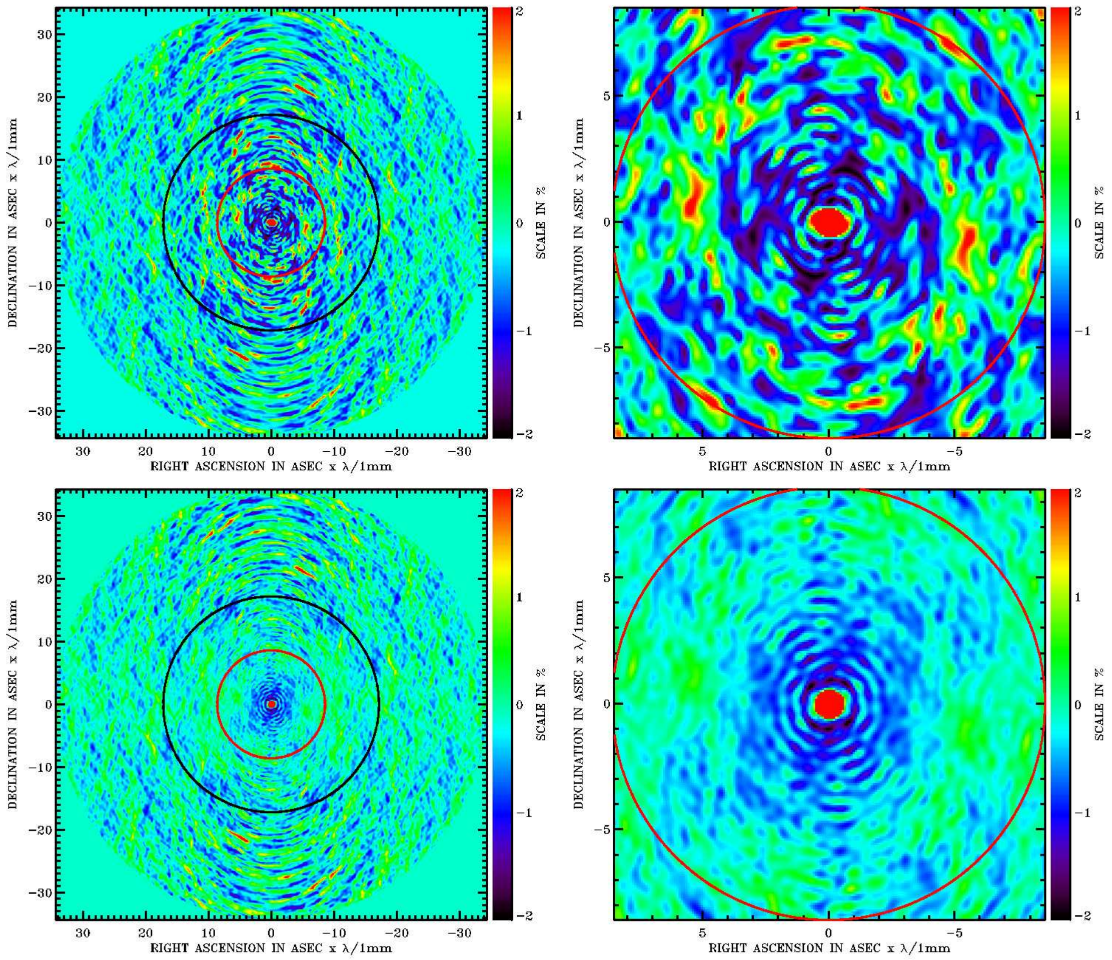

FIG. 4.15 – Lobe synthétisé de la seconde configuration intermédiaire pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 5%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

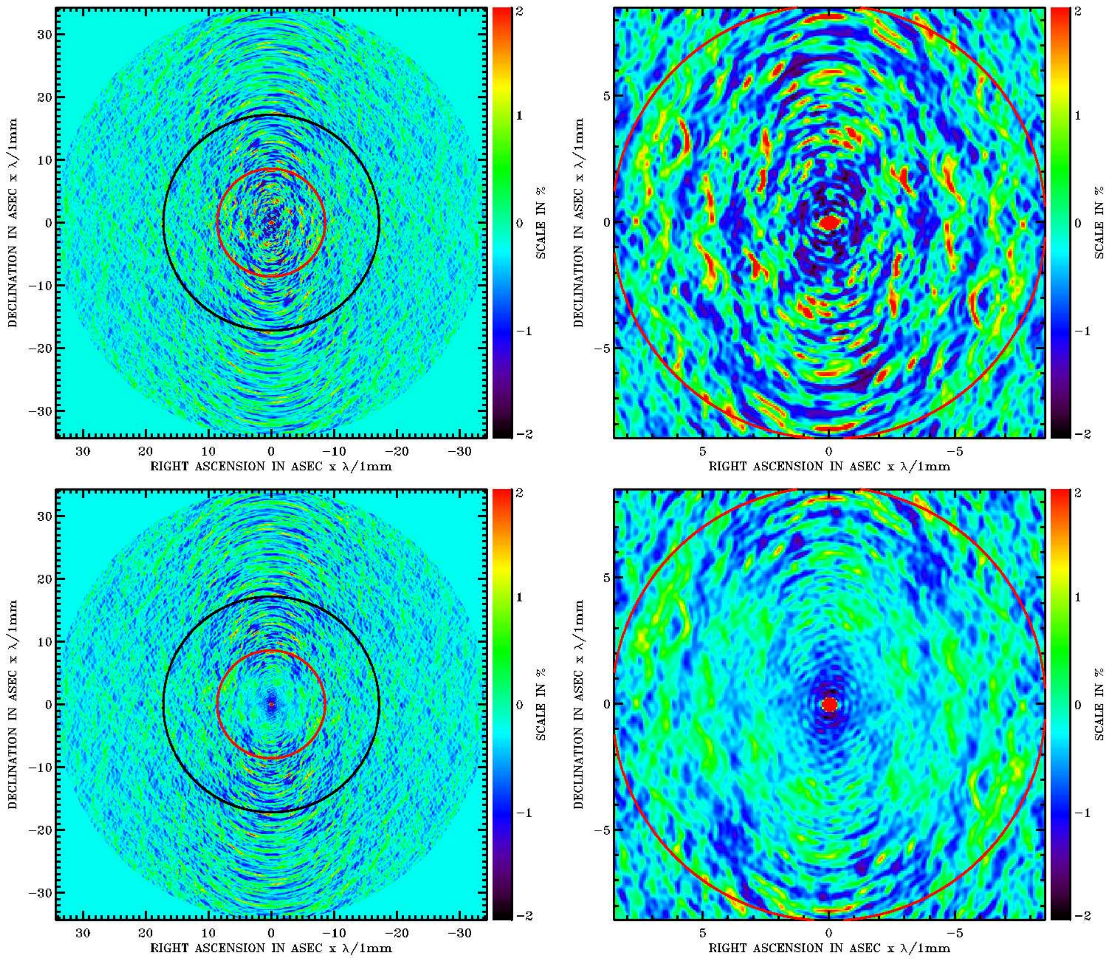

FIG. 4.16 – Lobe synthétisé de la troisième configuration intermédiaire pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 5%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

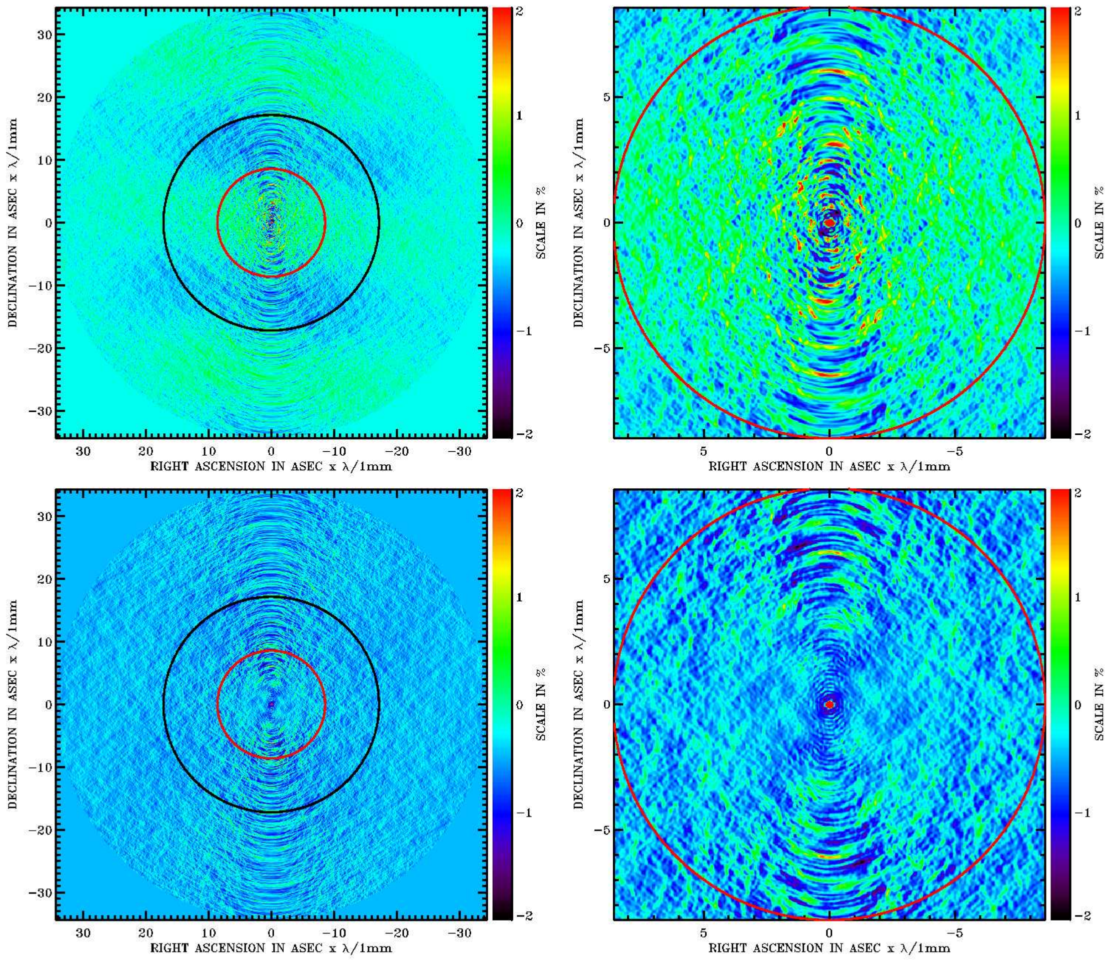

FIG. 4.17 – Lobe synthétisé de la quatrième configuration intermédiaire pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 5%. Le cercle rouge représente le lieu où le lobe de l'antenne vaut la moitié de son maximum (diamètre = λ/D) et le cercle noir le périmètre du champ de vue (diamètre = $2\lambda/D$).

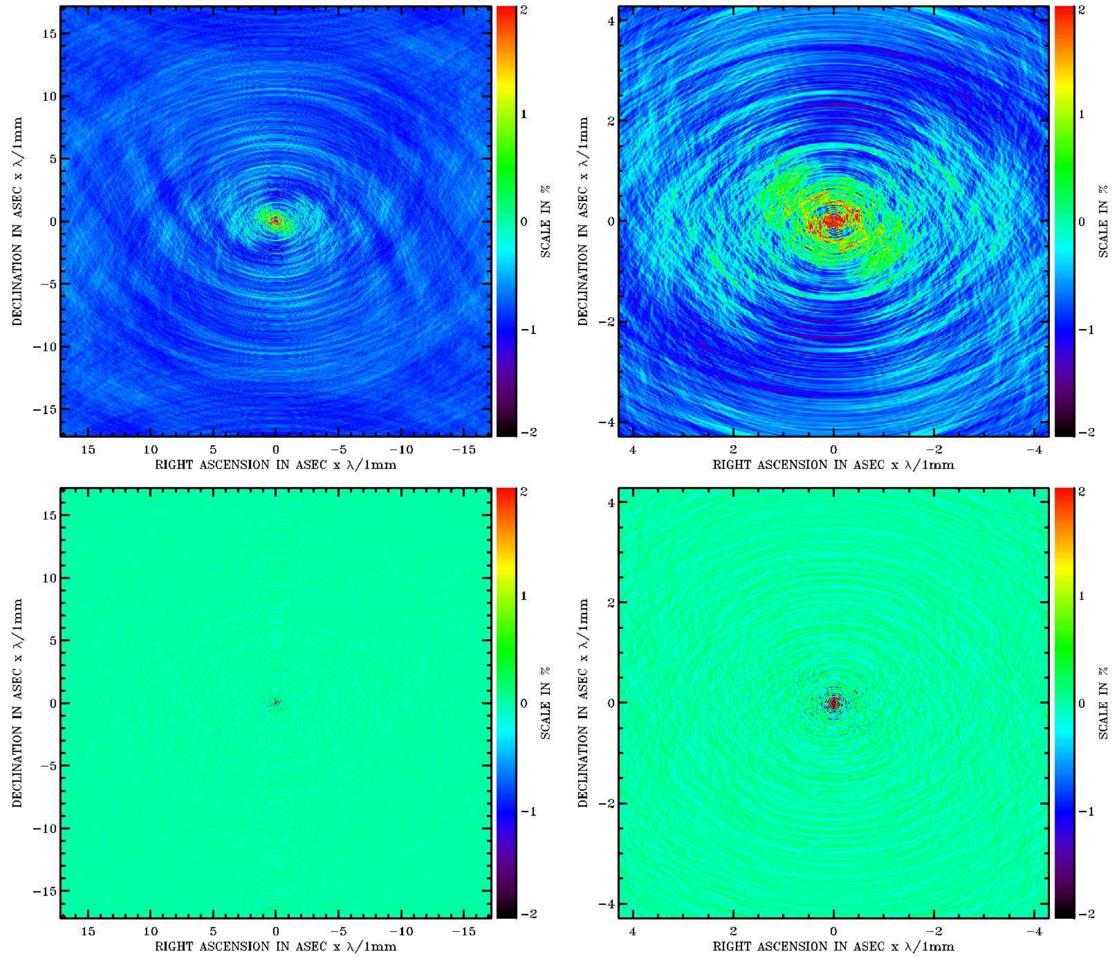

FIG. 4.18 – Lobe synthétisé de la configuration étendue pour une pondération naturelle (première ligne) et pour une pondération selon un modèle Gaussien égal à la distribution cible utilisée pour l'optimisation (deuxième ligne). La perte de sensibilité dans ce dernier cas est de 5%.