

## Dossier De Vérification (DDV)

du projet

## Challenge De Radiogoniometrie (CDR)

### Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	Lestage Margot Lindois Jérémy L'Haridon Mathis	Technicien	20/02/2025	
Approuvé par	L. THEOLIER (IUT GEII Bdx)	Chef de projet	JJ/MM/AAAA	
Approuvé par	S. HEMOUR (IUT GEII Bdx)	Client	JJ/MM/AAAA	

### Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	05/01/2023	Publication préliminaire du DDV document à compléter par le Technicien.
2	12/03/2025	Première publication suite au test du produit.

### Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine
[CDC]	CDR_CDC	Cahier des charges	1	<Client>
[DDC]	CDR_DDC_EQ00	Dossier De Conception	2	IUT GEII Bdx
[DDF]	CDR_DDF_EQ00	Dossier De Fabrication	2	IUT GEII Bdx

## Table des matières

<b>1. Nature du document</b>	<b>4</b>
<b>2. Vérification du produit développé</b>	<b>4</b>
2.1. Varification EXIG_DIMENSIONS	4
2.2. Vérification EXIG_MAINTIEN	5
2.3. Vérification EXIG_MASSE	6
2.4. Vérification EXIG_ALL_IN_ONE	7
2.5. Vérification EXIG_RIGIDITE	8
2.6. Vérification EXIG_DIRECTIVITE	9
2.7. Vérification EXIG_FREQUENCE et EXIG_IMPEDANCE	11
2.8. Vérification EXIG_GAIN	15
2.9. Vérification EXIG_OUVERTURE	16
2.10. Vérification EXIG_CAPTEUR	18
2.11. Vérification EXIG_CONNECTEUR	19
2.12. Vérification EXIG_SOLIDITE_CONNECTEUR	20
<b>    2.13. Conclusion de la vérification du produit</b>	<b>21</b>
<b>3. Matrice de conformité du produit développé</b>	<b>22</b>

## 1. Nature du document

Ce document est un dossier de vérification et a pour but de décrire les essais et les résultats de vérification. Il apporte les preuves de la conformité du produit développé vis-à-vis des exigences client. Le paragraphe 3 du [CDC] décrit de façon plus détaillée la nature et le positionnement de ce document dans l'arborescence documentaire du projet.

## 2. Vérification du produit développé

Ce chapitre détaille la vérification par essais du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe d'essai fait donc clairement référence aux exigences client issues du Cahier des Charges.

### 2.1. *Varification EXIG\_DIMENSIONS*

Chaque bloc fonctionnel ainsi que l'ensemble du montage doit faire l'objet d'une fiche d'essai, présentée comme suit.

**Référence de l'essai :** ESS\_DIMENSIONS

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_DIMENSIONS

**But de l'essai :** Vérifier que les dimensions de notre antenne soit comprises dans 0.6mx1.2m

**Moyens utilisés :**

Un mètre à ruban de 10m

**Procédure d'essai:**

Prendre son antenne et vérifier le réflecteur qui est l'élément le plus long. Puis mesurer la longueur entre la tablette et le bout de l'antenne englobant ainsi l'antenne entière.

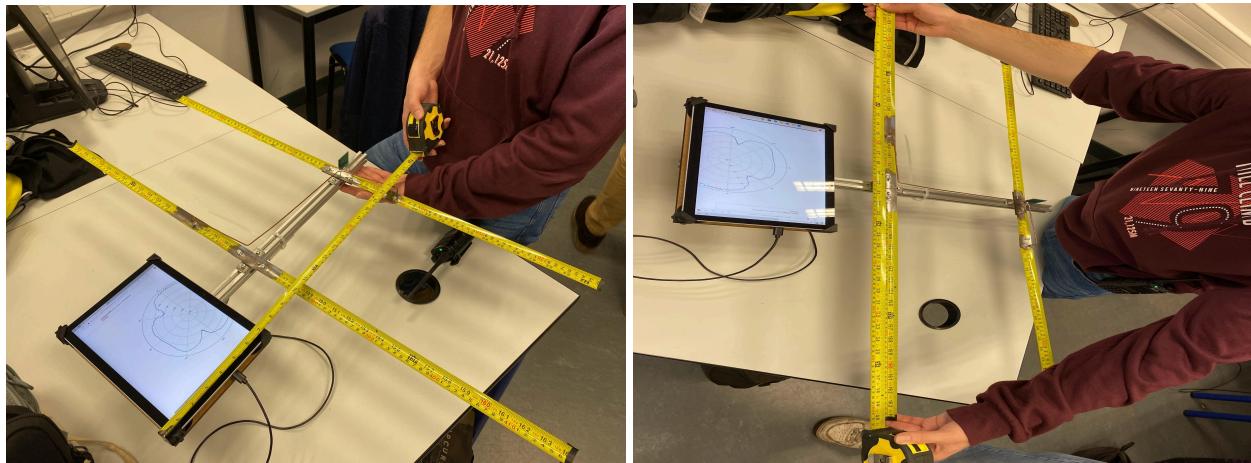
**Résultats attendus :**

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Largeur	<1.2m	Ø
Longueur	<0.6m	Ø

**Résultats obtenus :**

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Largeur	1.03m	Conforme

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Longueur	0.23m	Conforme



**Figure 1 : Mesure de la longueur et de la largeur**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## 2.2. Vérification EXIG\_MAINTIEN

**Référence de l'essai :** ESS\_MAINTIEN

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_MAINTIEN

**But de l'essai :** Vérifier que l'antenne se prend à une main sur une crosse qui se situe au centre de gravité (+/- 2 cm).

**Moyens utilisés :** Aucun outils juste l'antenne

**Procédure d'essai:**

Prendre l'antenne et la faire maintenir en équilibre sur la crosse.

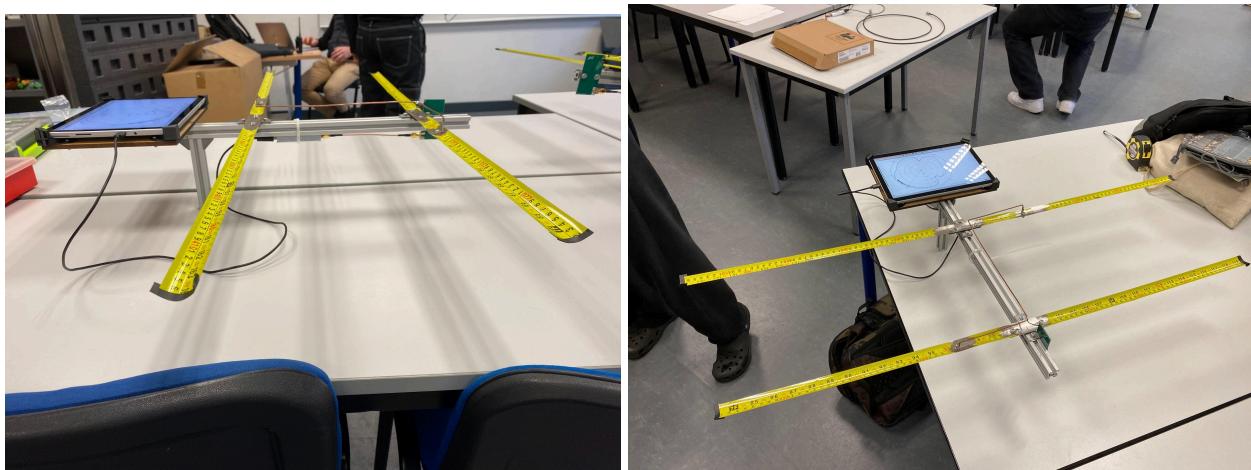
**Résultats attendus :**

Nous nous attendons à ce que l'antenne tienne sans support.

**Résultats obtenus :**

Notre antenne possède bien son centre de gravité au niveau de la crosse, l'antenne tient en équilibre sans support lorsqu'elle est posée sur la crosse.

## Challenge de radiogoniométrie



**Figure 2 : Image de notre antenne tenant en équilibre sur la crosse**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Au départ, nous n'avions pas la tablette et nous avions donc positionné le centre d'équilibre sur la crosse. Cependant, une fois la tablette ajoutée, nous avons dû repositionner la crosse pour rétablir l'équilibre.

### 2.3. Vérification EXIG\_MASSE

**Référence de l'essai :** ESS\_MASSE

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_MASSE

**But de l'essai :** Le but de l'essai est de vérifier que l'antenne entière avec la clé et la tablette ait une masse inférieure à 1400g

**Moyens utilisés :** Balance

**Procédure d'essai:**

Poser l'antenne complète sur la balance sans que l'antenne soit tenue. Il lui faut un point d'équilibre pour simplifier la pesée.

**Résultats attendus :**

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Masse de l'antenne	<1400g	Ø

**Résultats obtenus :**

Grandeur	Valeur attendue	Conf/Non conf.
Masse de l'antenne	1355 g	Conforme

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## 2.4. Vérification EXIG\_ALL\_IN\_ONE

**Référence de l'essai :** ESS\_ALL\_IN\_ONE

**Exigences client vérifiées par l'essai : EXIG\_ALL\_IN\_ONE**

**But de l'essai :** Vérifier que le corps de l'antenne a un lieu pour accueillir une tablette 10", de façon à faciliter la chasse à la balise.

**Moyens utilisés :**

Un mètre à ruban de 10m

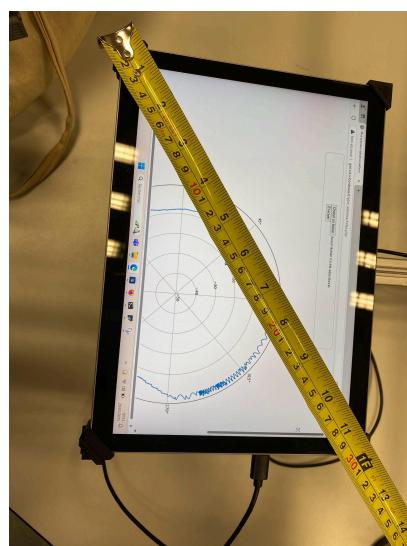
**Procédure d'essai:**

Pour vérifier l'exigence, nous allons prendre un mètre et mesurer la diagonale de l'écran de la tablette. Nous utiliserons un mètre qui nous donne la distance en mètres et en pouces. Cela nous permettra de valider plus facilement l'exigence.

**Résultats attendus :**

Nous nous attendons à avoir une mesure diagonale de l'écran égale à 10".

**Résultats obtenus :**



**Figure 3 : Mesure de la diagonale de l'écran tablette**

**Statut de l'essai :** Conforme

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : CDR_DDV_EQ13 Révision : 2 – 26/02/2025	7/22
----------------------------------	-------------------------------------------------------	------

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## 2.5. Vérification EXIG\_RIGIDITE

**Référence de l'essai :** ESS\_RIGIDITE

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_RIGIDITE

**But de l'essai :** L'objectif de cet essai est de vérifier que les éléments rayonnants de l'antenne respectent l'exigence de flexibilité et de mémoire de forme. Cela garantira que lors de la chasse l'antenne ne se casse pas lors de son utilisation et qu'elle puisse reprendre sa forme initiale.

**Moyens utilisés :**

Antenne testée

Table pour simuler une contrainte mécanique

**Procédure d'essai:**

Soumission de l'antenne à des chocs en la cognant contre un pied de table.

Déformation volontaire du réflecteur et du directeur en mélangeant leurs branches.

Remise en place des éléments pour vérifier qu'ils retrouvent leur forme initiale sans dommage.

**Résultats attendus :**

Les éléments rayonnants doivent reprendre leur forme dès l'arrêt de la contrainte exercée contre le pied de table.

Une fois repositionnés correctement, le réflecteur et le directeur doivent retrouver leur forme initiale sans altération.

**Résultats obtenus :**

Nous pouvons voir que les éléments rayonnants sont flexibles et à mémoire de forme.



**Figure 4 : Illustration des éléments sous contrainte**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## **2.6. Vérification EXIG\_DIRECTIVITE**

**Référence de l'essai :** ESS\_DIRECTIVITE

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_DIRECTIVITE

**But de l'essai :** Le but est de vérifier que l'antenne a un gain plus élevé dans une direction privilégiée.

**Moyens utilisés :**

- Antenne avec tablette et clé RTL-SDR
- Antenne patch
- Programme pour diagramme de rayonnement
- GBF

**Procédure d'essai:**

- Installer l'antenne patch dans une salle avec un espace dégagé
- Brancher l'antenne au GBF et régler sa puissance au alentour de 1 mW
- Se placer au centre de la salle
- Lancer le programme permettant de réaliser le diagramme de rayonnement (on peut trouver ce programme grâce au QR code présent en salle de SAE).
- Tenez votre antenne en direction de l'antenne patch
- Tourner sur nous même après avoir lancé le programme, un tour doit prendre une trentaine de secondes.
- Fermer l'interfaces pour sauvegarder le fichier.
- Passer le fichier dans le programme qui transforme le fichier csv en affichage visuel pour voir le diagramme de rayonnement de l'antenne.

**Résultats attendus :**

Nous nous attendons à avoir un graphique de rayonnement de ce type.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : CDR_DDV_EQ13 Révision : 2 – 26/02/2025	9/22
----------------------------------	-------------------------------------------------------	------

## Challenge de radiogoniométrie

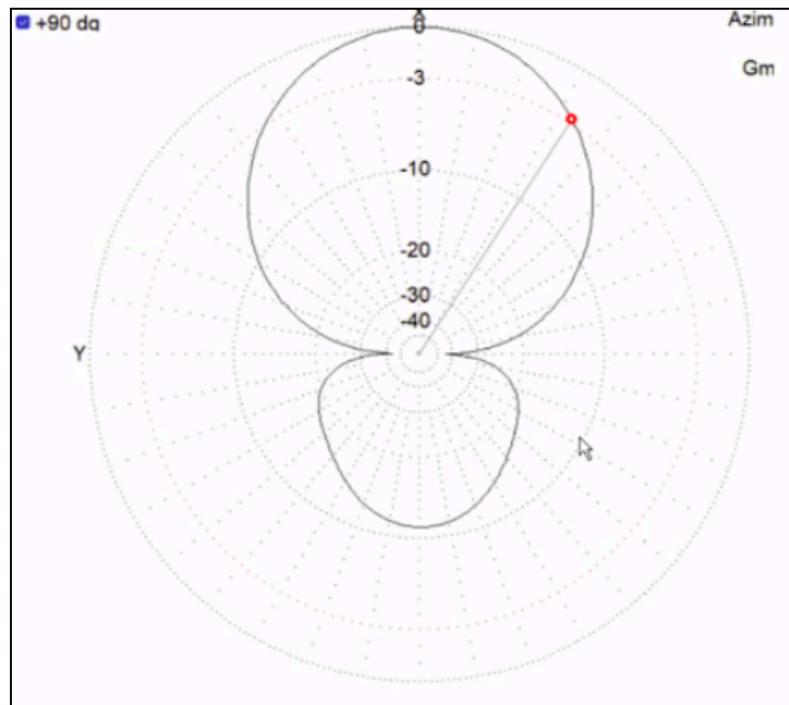


Figure 5 : Diagramme de rayonnement attendu

### Résultats obtenus :

Nous avons obtenu le diagramme de rayonnement suivant.

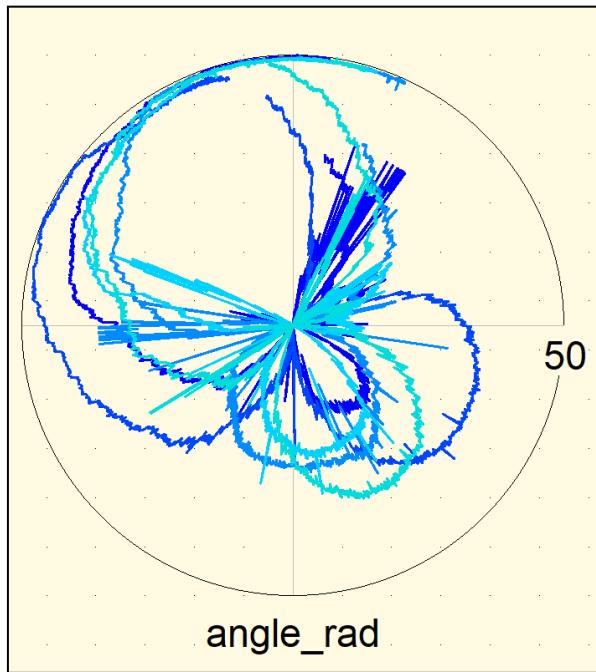
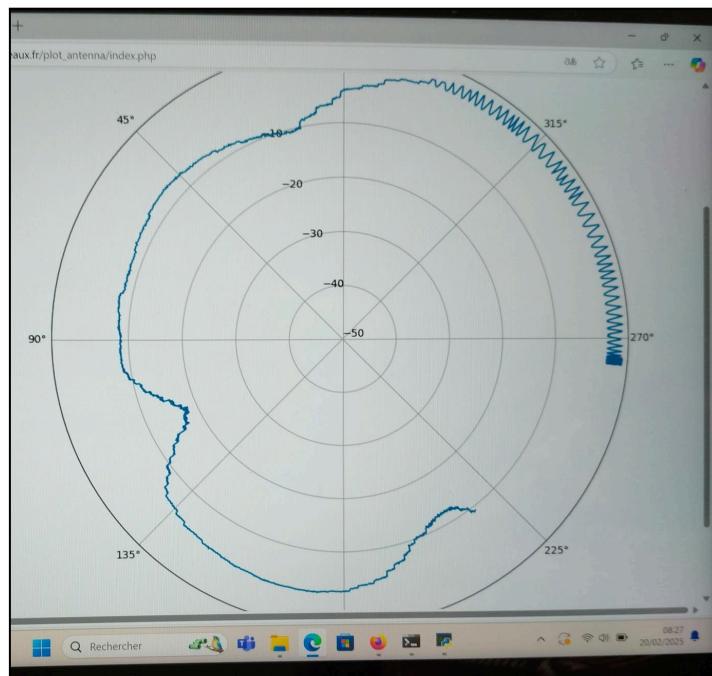


Figure 6 : Diagramme de rayonnement obtenu

Vous pouvez constater que nous avons réalisé plusieurs mesures pour vous montrer qu'elles peuvent être obtenues plusieurs fois, sans difficulté.

**Statut de l'essai : Conforme**

**Problèmes rencontrés :** Attention à ne pas mettre trop de puissance au niveau du GBF sinon les diagrammes saturés.



**Figure 7 : Diagramme de rayonnement saturé**

## 2.7. Vérification EXIG\_FREQUENCE et EXIG\_IMPEDANCE

Référence de l'essai : ESS\_FREQUENCE et ESS\_IMPEDANCE

Exigences client vérifiées par l'essai : EXIG\_FREQUENCE et EXIG\_IMPEDANCE

But de l'essai :

- Vérifier que l'antenne résonne à  $144 \text{ MHz} \pm 2 \text{ MHz}$
- Vérifier que sur la plage de fréquence [143 ; 145] MHz, le paramètre S11 est strictement inférieur à 10 dB.

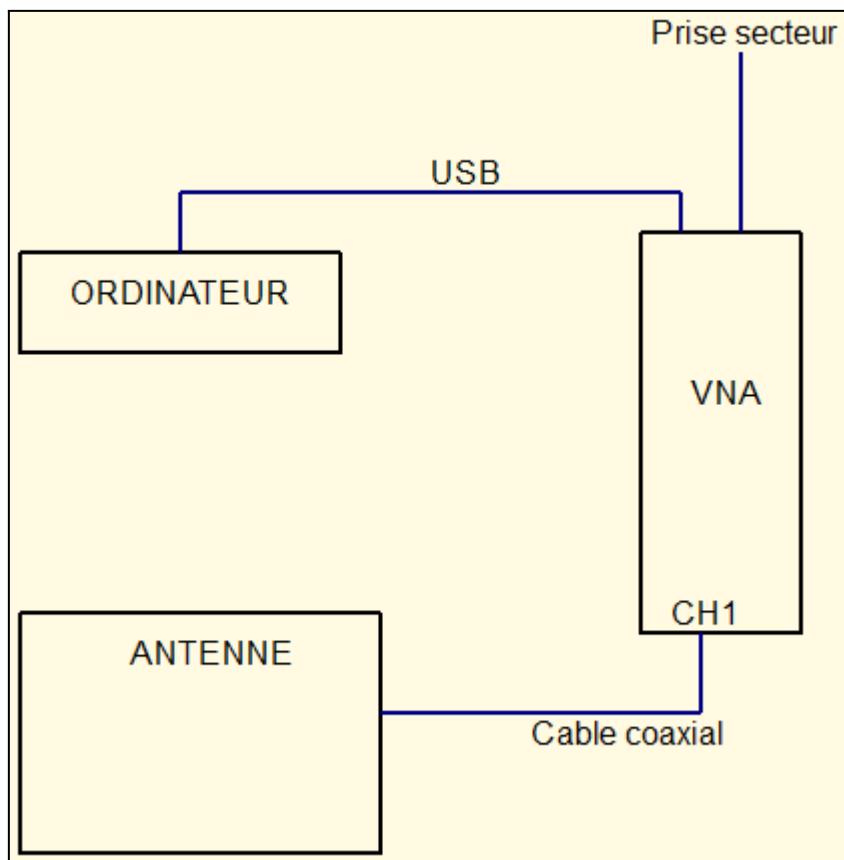
Moyens utilisés :

- Analyseur de réseau (VNA)
- TRVNA
- Antenne avec tablette, clé RTL-SDR, câble coaxial et circuit d'adaptation d'impédance
- Qucs Studio
- Adaptateurs et câble coaxial
- Carte de calibration

**Procédure d'essai :**

Être en extérieur et loin de toutes structures métalliques pour avoir moins de parasites dans les mesures.

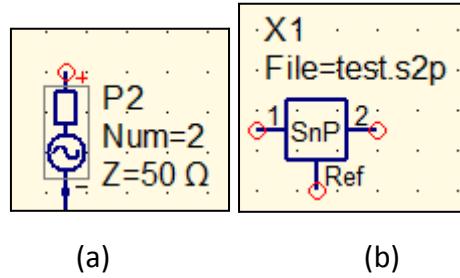
Allumer un ordinateur avec le logiciel TRVNA. Brancher un analyseur de réseau à l'ordinateur et au courant. Faire la calibration avec la carte de calibration (LOAD, OPEN, SHORT). Relier la sortie 1 du VNA à l'antenne en utilisant les adaptateurs et le câble coaxial (Figure 8). Exporter les mesures en fichier s1p.



**Figure 8 : Schéma du montage**

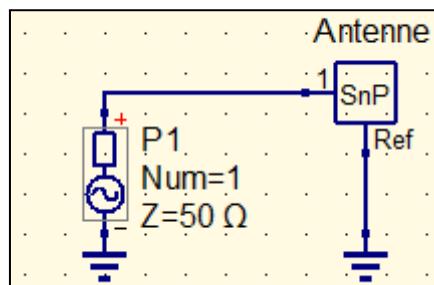
Sur Qucs Studio, ouvrir un nouveau projet. Ajouter un template “s-parametres”. Supprimer le bloc P2 (Figure 9.a). Ajouter un bloc “S parameter file” dans Components/system components (Figure 9.b). Double cliquer sur le bloc “S parameter file”, entrer votre fichier s1p et mettre le nombre de ports à 1.

## Challenge de radiogoniométrie



**Figure 9 : Blocs à supprimer et à ajouter**

Relier les blocs en eux (Figure 10). Lancer la simulation avec Simulate ou la touche F2.



**Figure 10 : Montage sur Qucs Studio**

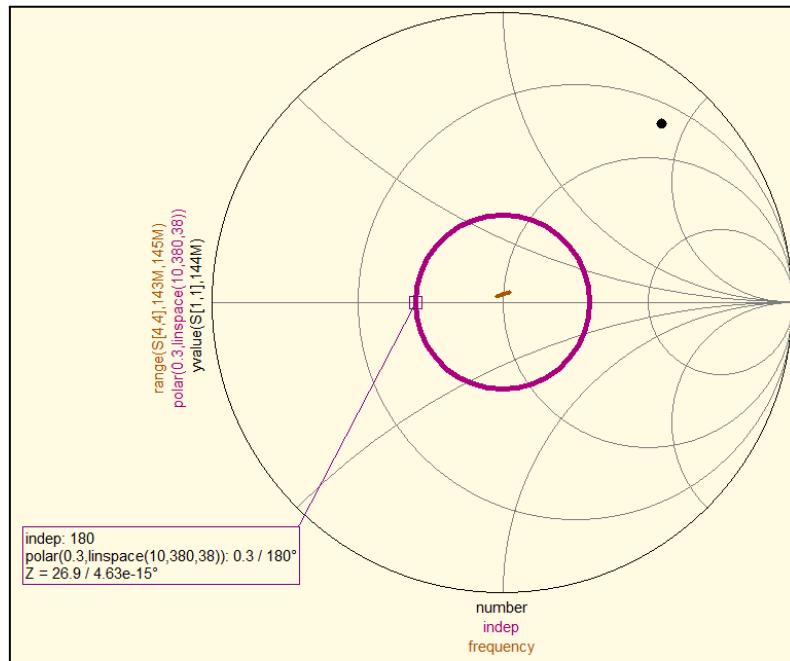
Ajouter, sur l'abaque de Smith, les graphs suivants :

```
polar(0.3,linspace(10,380,38))
range(S[1,1],143M,145M)
```

Vous visualiserez un cercle correspondant à un gain de -10 dB et l'impédance de l'antenne sur les fréquences allant de 143 MHz à 145 MHz.

**Résultats attendus :**

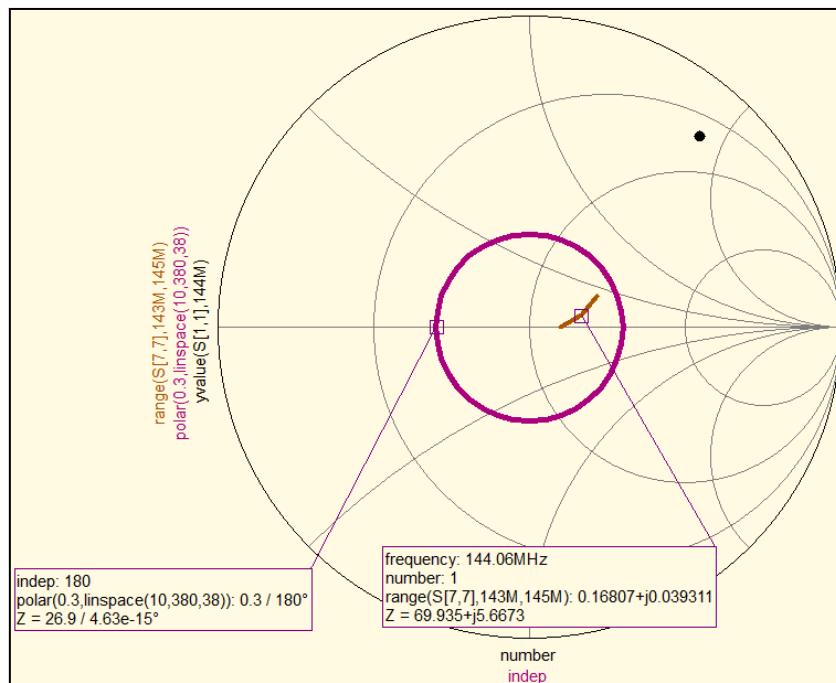
## Challenge de radiogoniométrie



**Figure 11 : Attente de l'impédance de l'antenne sur 143 MHz à 145 MHz**

Nous devons obtenir le diagramme de Smith du dessus. Le point noir correspond à l'impédance de notre antenne à 144 MHz avant adaptation. Le cercle violet correspond à un gain de -10 dB. Et le trait marron correspond à l'impédance de notre antenne après l'adaptation aux fréquences 143 M jusqu'à 145 MHz. Nous observons que théoriquement notre antenne est adaptée et dans le cercle de gain -10 dB.

### Résultats obtenus :



**Figure 12 : Abaque de Smith de notre antenne 143 MHz à 145 MHz**

Nous avons obtenu le diagramme du dessus. La légende est la même. Le point noir correspond à l'impédance de notre antenne à 144 MHz avant adaptation. Le cercle violet correspond à un gain de -10 dB. Et le trait marron correspond à l'impédance de notre antenne après l'adaptation aux fréquences 143 M jusqu'à 145 MHz. Nous voyons une différence avec le diagramme théorique qui s'explique par la qualité des composants du circuit d'adaptation d'impédance et l'ajout d'étain pour souder les composants. L'exigence est quand même conforme parce que l'impédance de notre antenne à 143 MHz jusqu'à 145 MHz est comprise dans le cercle de gain -10 dB.

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème

## 2.8. Vérification EXIG\_GAIN

**Référence de l'essai :** ESS\_GAIN

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_GAIN

**But de l'essai :** L'objectif de cet essai est de vérifier que l'antenne respecte l'exigence de gain en mesurant son rapport avant/arrière. Cette mesure permet d'évaluer les performances de l'antenne en termes de directivité et de comparer ses performances avec une antenne isotrope.

**Moyens utilisés :**

- Antenne avec tablette et clé RTL-SDR
- Antenne patch
- Programme pour diagramme de rayonnement
- GBF

**Procédure d'essai:**

- Génération d'un signal à 144 MHz avec une antenne externe
- Réalisation d'un diagramme de rayonnement pour observer la répartition du gain dans l'espace
- Mesure du niveau du signal à l'avant et à l'arrière de l'antenne

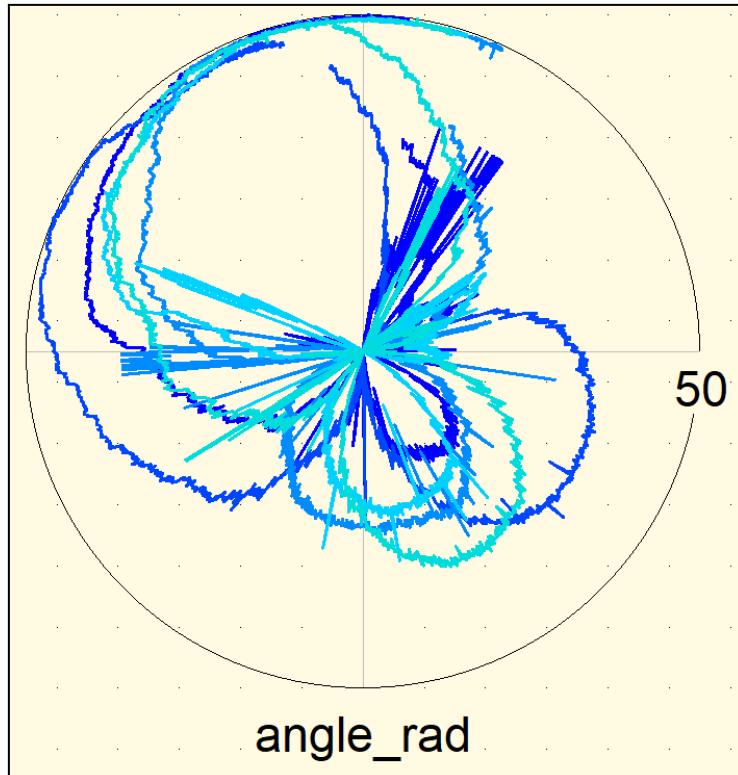
**Résultats attendus :**

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Rapport avant/arrière	$\geq 3\text{dB}$	$\emptyset$

**Résultats obtenus :**

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : CDR_DDV_EQ13 Révision : 2 – 26/02/2025	15/22
----------------------------------	-------------------------------------------------------	-------

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Rapport avant/arrière	5 dB de moyenne	Conforme



**Figure 13 : Diagramme de rayonnement**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## 2.9. Vérification EXIG\_OUVERTURE

**Référence de l'essai :** ESS\_OUVERTURE

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_OUVERTURE

**But de l'essai :** Vérifier que l'antenne possède un angle d'ouverture inférieur à 160°.

**Moyens utilisés :**

- Antenne avec tablette et clé RTL-SDR
- Antenne patch
- Programme pour diagramme de rayonnement
- GBF

**Procédure d'essai:**

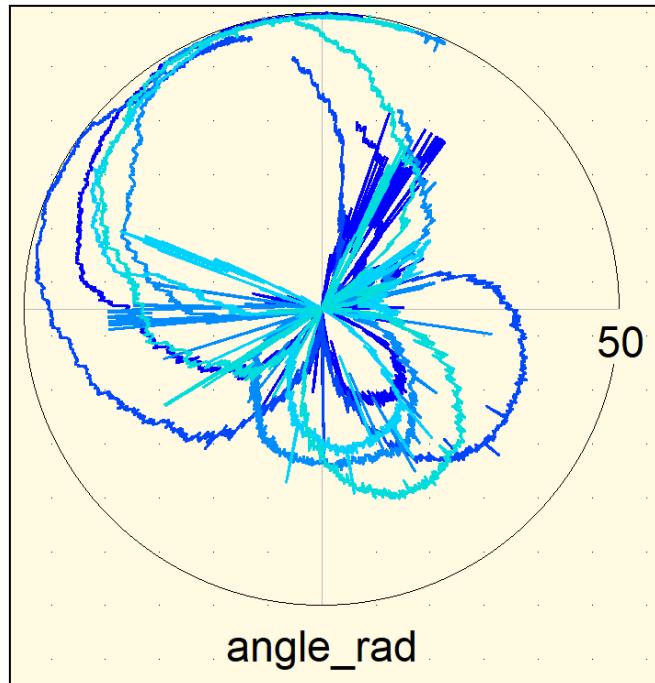
- Faire un diagramme de rayonnement de l'antenne
- Regarder l'angle après une perte de 3dB de chaque côté pour voir l'angle d'ouverture

**Résultats attendus :**

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Angle d'ouverture	< 160°	Ø

**Résultats obtenus :**

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Angle d'ouverture	120 de moyenne	Conforme



**Figure 14 : Diagramme de rayonnement**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## 2.10. Vérification EXIG\_CAPTEUR

Référence de l'essai : ESS\_CAPTEUR

Exigences client vérifiées par l'essai : EXIG\_CAPTEUR

But de l'essai : Vérifier que la matériau de l'antenne est adaptée pour la réception des ondes électromagnétiques.

Moyens utilisés :

- Tablette
- Antenne patch
- Programme pour diagramme de rayonnement
- GBF

Procédure d'essai:

Une antenne qui n'est pas adaptée pour la réception des ondes électromagnétiques ne peut pas capter de signal radio quel qu'il soit. Nous allons donc chercher à regarder un signal avec notre antenne afin de savoir si elle peut en capter ou non.

- Installer l'antenne patch dans une salle avec un espace dégagé
- Brancher l'antenne au GBF et régler sa puissance au alentour de 1 mW
- Se placer au centre de la salle
- Lancer le programme permettant de réaliser le diagramme de rayonnement (on peut trouver ce programme grâce au QR code présent en salle de SAE).
- Tenez votre antenne en direction de l'antenne patch
- Tourner sur nous même
- Observer la détection sur l'écran de la tablette
- Conclure sur le fonctionnement de l'antenne

Résultats attendus :

On s'attend à avoir un diagramme qui s'affiche sur l'antenne quand on tourne sur nous même.

Résultats obtenus :

Nous avons obtenu un graphique lorsque nous avons tourné sur nous même, cela nous informe que l'antenne fonctionne correctement.

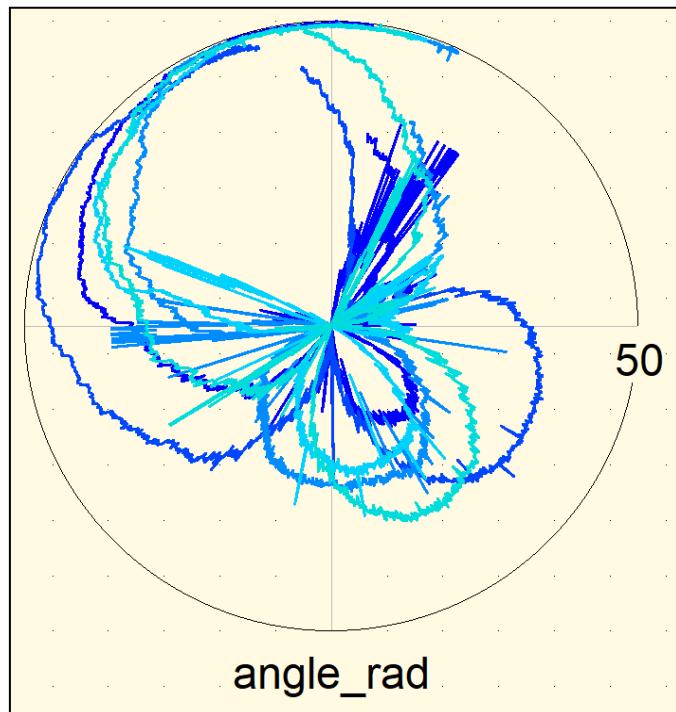


Figure 15 : Diagramme de rayonnement

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problèmes rencontrés.

## 2.11. Vérification EXIG\_CONNECTEUR

**Référence de l'essai :** ESS\_CONNECTEUR

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_OUVERTURE

**But de l'essai :** Montrer que l'antenne se relie que le connecteur RF de la clé USB RTL\_SDR.

**Moyens utilisés :**

- Téléphone portable
- Antenne totalement monter avec les connecteurs

**Procédure d'essai:**

Afin de vérifier si l'antenne peut bien se connecter au RTL\_SDR, on peut simplement regarder et prendre une photo pour le DDV.

**Résultats attendus :**

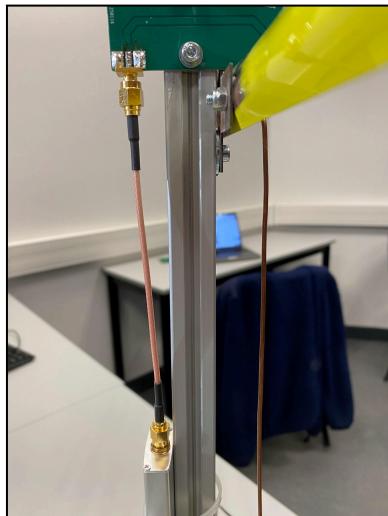
L'antenne peut se connecter au RTL SDR, grâce à un câble coaxial.

**Résultats obtenus :**

L'antenne possède un connecteur SMA femelle.

Le câble coaxial qui permet de connecter l'antenne à la clé RTL\_SDR, à deux connecteurs SMA male.

La clé RTL\_SDR, possède un connecteur SMA, femelle.



**Figure 16 : Photo de l'antenne connecter au RTL\_SDR**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

## **2.12. Vérification EXIG\_SOLIDITE\_CONNECTEUR**

**Référence de l'essai :** ESS\_SOLIDITE\_CONNECTEUR

**Exigences client vérifiées par l'essai :** EXIG\_OUVERTURE

**But de l'essai :** Vérifier que le connecteur SMA est solidaire à l'antenne.

**Moyens utilisés :**

- Appareil photo

**Procédure d'essai:**

Vérification visuel que le connecteur est solidaire de l'antenne.

**Résultats attendus :**

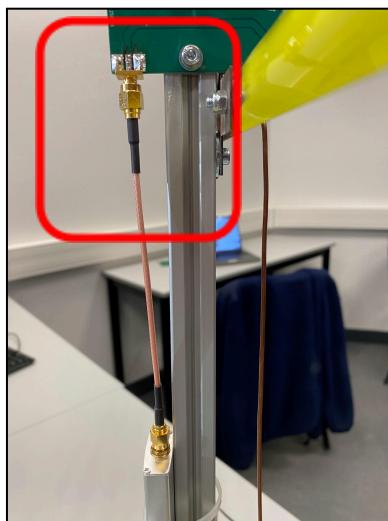
Le connecteur fait est fixé à l'antenne

**Résultats obtenus :**

Comme souhaité, le connecteur SMA est fixé à la structure du l'antenne via un PCB qui est lui-même vissé sur la structure principale de l'antenne.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : CDR_DDV_EQ13 Révision : 2 – 26/02/2025	20/22
----------------------------------	-------------------------------------------------------	-------

Le connecteur est soudé sur le PCB avec des soudure qui ont une quantité d'étain raisonnable afin d'assurer la tenue mécanique.



**Figure 17 : Image de notre antenne avec le connecteur SMA fixé**

**Statut de l'essai :** Conforme

**Problèmes rencontrés :** Aucun problème rencontré

### **2.13. Conclusion de la vérification du produit**

En résumé, après une analyse approfondie et des contrôles rigoureux, nous pouvons affirmer qu'aucune non-conformité n'a été détectée sur notre produit. L'antenne a été conçue et testée de manière à répondre avec précision et fiabilité à l'ensemble des spécifications définies dans le cahier des charges. Tous les critères techniques, de performance et de qualité ont été validés, garantissant ainsi que le produit final est conforme aux attentes et aux exigences.

Avec cette validation complète, nous avons confiance dans le fait que le produit est prêt à être lancé sur le marché. La prochaine étape consistera à lancer sa commercialisation à grande échelle, afin de le rendre accessible à un large public tout en maintenant les standards de qualité que nous avons établis. Cette phase marque un jalon important dans le processus de développement, et nous sommes convaincus que le produit rencontrera un succès notable sur le marché.

### 3. Matrice de conformité du produit développé

Ce chapitre synthétise par l'intermédiaire d'un tableau la conformité du produit développé par rapport aux exigences issues du Cahier des Charges.

Exigence	Méthodes Vérification	Eléments vérifiant l'exigence	Statut
EXIG_DIMENSIONS	Vérification	ESS_DIMENSIONS	Conforme
EXIG_MAINTIEN	Vérification	ESS_MAINTIEN	Conforme
EXIG_MASSE	Vérification	ESS_MASSE	Conforme
EXIG_ALL_IN_ONE	Vérification	ESS_ALL_IN_ONE	Conforme
EXIG_RIGIDITE	Vérification	ESS_RIGIDITE	Conforme
EXIG_DIRECTIVITE	Vérification	ESS_DIRECTIVITE	Conforme
EXIG_FREQUENCE	Vérification	ESS_FREQUENCE	Conforme
EXIG_IMPEDANCE	Vérification	ESS_IMPEDANCE	Conforme
EXIG_GAIN	Vérification	ESS_GAIN	Conforme
EXIG_OUVERTURE	Vérification	ESS_OUVERTURE	Conforme
EXIG_CAPTEUR	Vérification	ESS_CAPTEUR	Conforme
EXIG_CONNECTEUR	Vérification	ESS_CONNECTEUR	Conforme
EXIG_SOLIDITE_CONNECTEUR	Vérification	ESS_SOLIDITE_CONNECTEUR	Conforme