

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 1/35 Confidentiel
----------------	--	---

Code Affaire : **1-10-R&D-1901** N° Marché ou N° Cde :
Classification : **Non Protégé**

Diffusion interne : **B. TENEZE, T. YELSCH, M. HOURY** (Diffuse aux personnes concernées au sein de sa structure)
Diffusion externe : **L. VASTINE** (Diffuse aux personnes concernées au sein de sa structure)

Rédigé par O. CLAUZIER Visa	Rédigé par A. MAZAUDOU Visa	Vérifié par B. TENEZE Visa	Approuvé par T. YELSCH Visa	Approuvé par Client Visa
--	--	---	--	---------------------------------------

*En l'absence de tout retour formel dans un délai maximum de 3 semaines,
ce document est considéré comme approuvé par défaut par le client.*

Nombre de pages (hors annexes) : **21**

Spécification Technique de Besoin du RESEAU ANTENNAIRE

EVOLUTIONS

IND.	DATE	SECR.	REDACTEUR	OBJET
00	26/11/19		O. CLAUZIER A. MAZAUDOU	Version Initiale
01	12/12/19		O. CLAUZIER A. MAZAUDOU	Modifications apportées suite à la réunion du 11/12/19
02	29/01/20		O. CLAUZIER A. MAZAUDOU	Modifications apportées aux exigences de pertes d'insertion sur les chemins de mesure et calibration Ajout exigence sur la tenue au feu et sur la préhension du RA. Ajout d'une exigence sur la présence de 10 amplificateurs avec fonction by pass. Modification de l'exigence PRO_4.

	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 2/35 Confidentiel
---	--	--

SOMMAIRE

2. OBJET	4
3. DOCUMENTS APPLICABLES	4
4. DOCUMENTS DE REFERENCE	4
5. GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS	4
6. PRESENTATION DU PRODUIT ET DE SON UTILISATION	5
6.1. PRESENTATION DES SOUS-ENSEMBLES DU RA	5
6.2. INSTALLATION DU RA SUR AVION	9
7. EXIGENCES FONCTIONNELLES	9
7.1. PERFORMANCES	10
7.1.1. CHEMIN DE MESURE	10
7.1.2. CHEMIN DU TARAGE DU TARAGE	13
8. EXIGENCES OPERATIONNELLES	14
9. EXIGENCES D'INTERFACES	14
9.1. INTERFACES PHYSIQUES ENTRE LE PRODUIT ET L'EXTERIEUR	14
9.2. INTERFACES FONCTIONNELLES ENTRE LE PRODUIT ET L'EXTERIEUR	15
9.3. INTERFACES AVEC L'OPERATEUR	15
10. EXIGENCES DE CONCEPTION ET DE REALISATION	15
10.1. EXIGENCES RELATIVES RF, ELECTRIQUE ET ANTENNE	15
10.2. EXIGENCES RELATIVES AUX CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT	17
10.3. EXIGENCES RELATIVES A LA REGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE	18
10.4. EXIGENCES GENERALES RELATIVES AU PRODUIT	19
10.5. EXIGENCES D'INDUSTRIALISATION ET D'OPTIMISATION	20
10.6. EXIGENCES GENERALES SPECIFIQUES AU LOGICIEL	20
10.7. EXIGENCES RELATIVES AUX FACTEURS DE QUALITE LOGICIELLE	20
11. LIVRABLES ET MANAGEMENT	20
11.1. EXIGENCES GENERALES	20
11.2. DOCUMENTATION	21
12. QUALIFICATION ET CONTROLE DU PRODUIT	21

	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 3/35 Confidentiel
---	--	--

Table des illustrations

Figure 1 : Sous-ensemble complet RA.....	5
Figure 2 : Equipement sans les antennes BH, BBV et BBH.....	5
Figure 3 : Vue détail boîte penta.....	6
Figure 4 : Antenne BBV.	7
Figure 5 : Antenne BBH.	7
Figure 6 : 5 antennes BH.	7
Figure 7 : PCB d'alimentation BH.	8
Figure 8 : Carte commande.....	8
Figure 9 : Carte interface.....	8
Figure 10 : Antenne IQ BH.....	8
Figure 11 : Installation équipement.....	9
Figure 12 : Chemin de mesure en BB.	10
Figure 13 : Chemin de mesure en BH.....	11
Figure 14 : Exemple d'un chemin du tarage du tarage en BB.	13
Figure 15 : Exemple du chemin du tarage du tarage en BH.....	13
Figure 16 : Vue de la couche top du PCB radial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	24
Figure 17 : Vue de la couche bottom du PCB radial (pas en transparence ; en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	24
Figure 18 : Vue de la couche top du PCB orthoradial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	25
Figure 19 : Vue de la couche bottom du PCB orthoradial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	25
Figure 20 : Vue de la couche top du PCB toit (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	26
Figure 21 : Vue de la couche bottom du PCB toit (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).	26
Figure 22 : Vue de la couche top du PCB des antennes BBH.	26
Figure 23 : Vue de la couche bottom du PCB des antennes BBH.....	27
Figure 24 - Vue de la couche top de l'antenne BH.	27
Figure 25 : Fonctionnalités des PCB d'alimentation BH.	28
Figure 26 - Photographie de la carte de commande du RA hors de son boîtier.	28
Figure 27 - Listes des accès de la carte commande du RA.....	29
Figure 28 - Photographie de la carte d'interface.	30
Figure 29 : Proposition de montage « tête-bêche » pour la caractérisation des pertes d'insertion des PCB d'alimentation BH. PCB_1 (a) et PCB_2 (b).	32
Figure 30 : Carte commande (en transparence) insérée dans la boîte pentagonale.....	34

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 4/35 Confidentiel
----------------	--	---

2. OBJET

Ce document est la Spécification Technique de Besoin pour la réalisation du produit suivant :

- ◆ Réseau antennaire

Le but de la prestation est l'industrialisation et l'optimisation de l'antenne RA à la suite d'un premier prototype V2.

3. DOCUMENTS APPLICABLES

Rep.	Intitulé	Référence	Indice	Date
DA1	Environmental Conditions and test Procedures for Airborne Equipment	DO-160	G	December 2014

4. DOCUMENTS DE REFERENCE

Rep.	Intitulé	Référence	Indice	Date
DR1	Modèles 3D et plans de détails Solidworks RA V1	Dossier Antenne diamant 3D et plans Solidworks	-	-
DR2	Plan positions antennes RA	Plan_positions_antennes_RA.pdf	-1	-
DR3	Dossiers de réalisation des antennes	Dossier PCB_Antennes		
DR4	Dossiers de réalisation carte commande et PCB d'alimentation BH	Dossier Circuits RF		
DR5	Dossier de réalisation carte interface	Dossier Circuit DC		

5. GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS

Terme	Définition
ACU	A confirmer ultérieurement
ADU	A définir ultérieurement
BB	Bande Basse
BBH	Antenne Bande Basse (BB) à polarisation Horizontale (H)
BBV	Antenne Bande Basse (BB) à polarisation Verticale (V)
BH	Bande Haute
CDR	Critical design review
CE	Capteur embarqué
FAI	First article inspection
PDR	Preliminary design review
RA	Réseau antennaire
RF	Radio fréquence
STEP	Format fichier d'échange 3D
VNA	Vector Network Analyzer

6. PRESENTATION DU PRODUIT ET DE SON UTILISATION

6.1. PRESENTATION DES SOUS-ENSEMBLES DU RA

Ci-dessous les différents sous-ensembles de l'antenne RA :

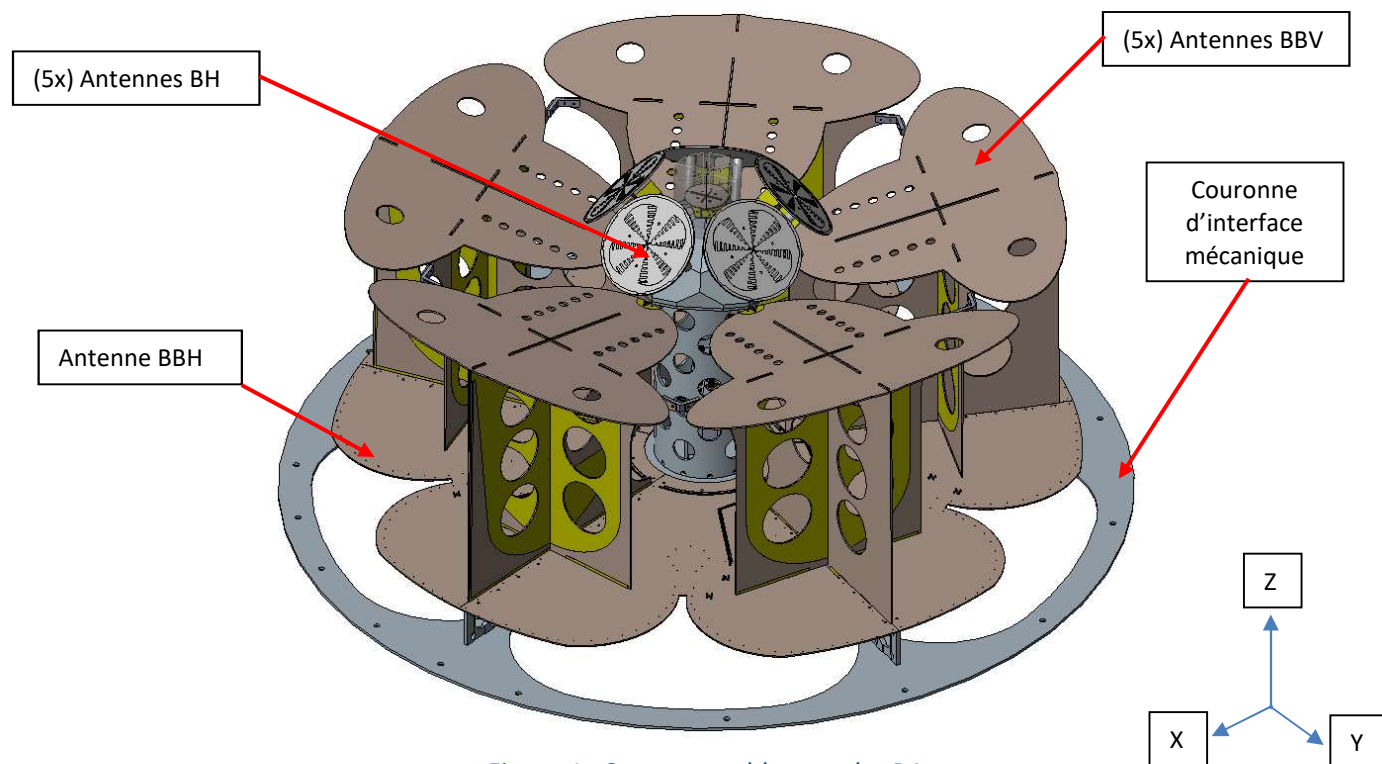


Figure 1 : Sous-ensemble complet RA

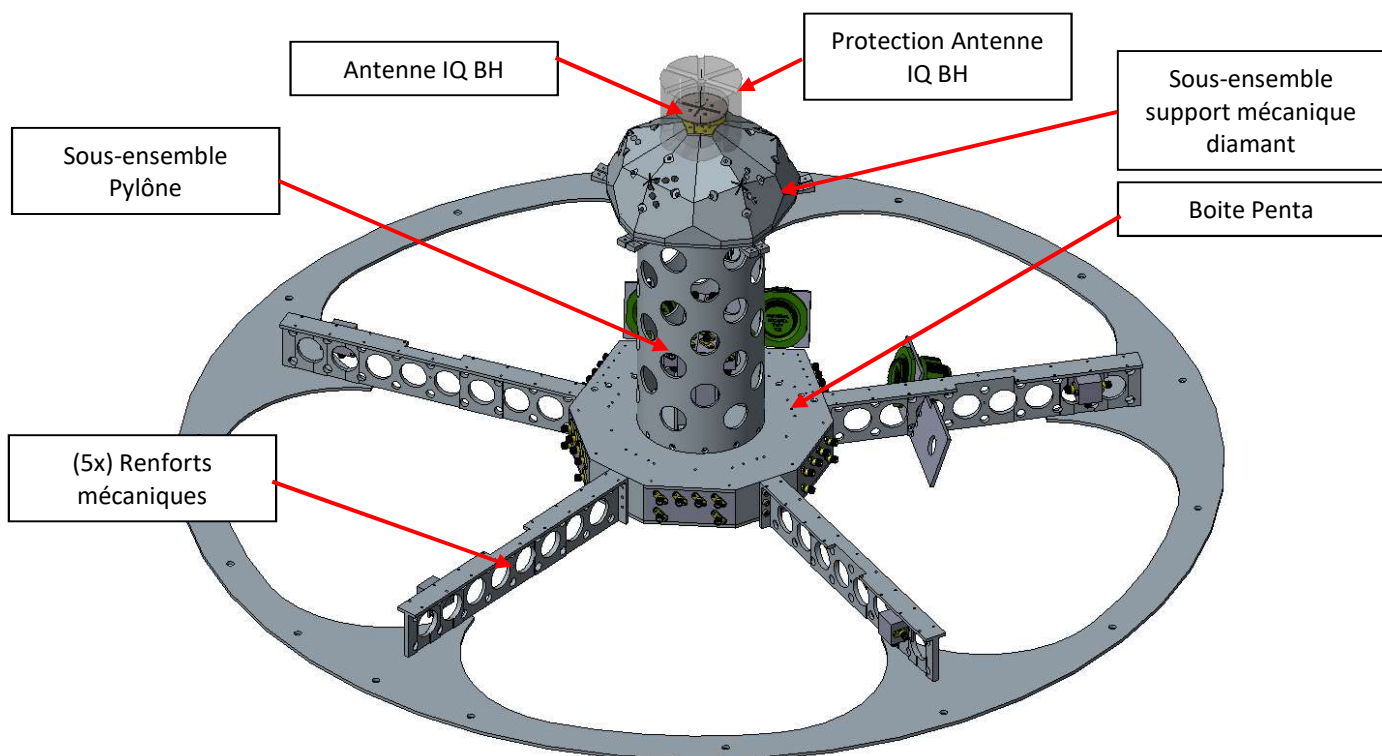


Figure 2 : Equipement sans les antennes BH, BBV et BBH.

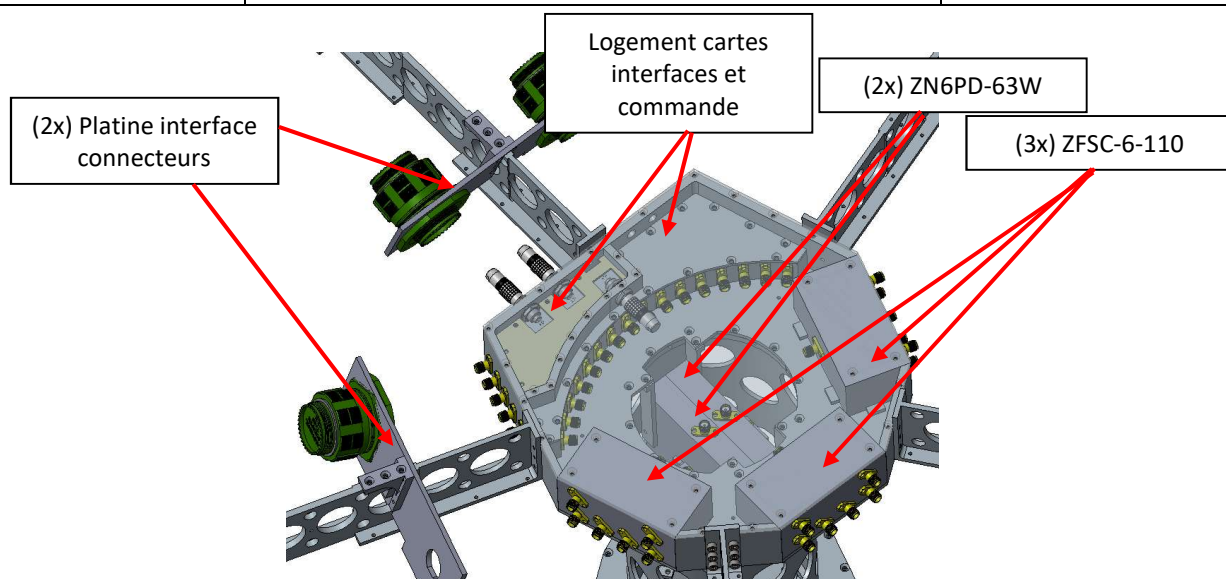
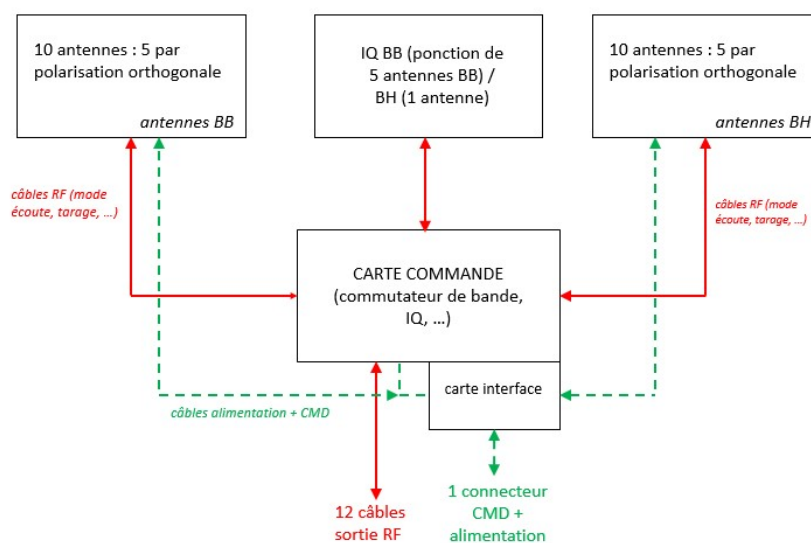


Figure 3 : Vue détail boîte penta.

Le réseau antennaire comporte deux sous réseaux couvrant des bandes de fonctionnement qui leurs sont propres :

- Le sous réseau bande basse (BB) couvre la bande 30 – 764 MHz,
- Le sous réseau bande haute (BH) couvre la bande 764 – 3000 MHz.

D'un point de vue radio fréquence, le RA peut être décrit comme suit :



Le RA est composé de :

- 10 antennes bande basse composées de 5 antennes à polarisation verticale et 5 antennes à polarisation horizontale.
- 10 antennes bande haute composées de 5 PCB présentant sur chacun 2 antennes à polarisation orthogonale.
- 1 carte commande. Cette carte est composée de 14 commutateurs RF SPDT permettant notamment de sélectionner la bande d'écoute (BB ou BH).
- 1 carte interface accueillant l'alimentation 12 V et les commandes issues du CE. Cette carte distribue par ailleurs l'alimentation et les commandes aux différents commutateurs RF présents dans le RA (carte commande, PCB antenne, ...).
- 1 voie d'écoute (IQ) dans les 2 sous bandes. En BB, cette voie est issue de la ponction des 5 antennes à polarisation verticale. En BH, une antenne est ajoutée sur le réflecteur BH.
- 1 voie de tarage.
- Des câbles RF et DC reliant les différents PCB du RA.

Dans la suite, nous décrivons les différents éléments constitutifs du RA (hors mécanique) :

- Antennes BB :
 - Antenne BBV :
 - L'antenne est constituée de 3 PCB imbriqués.

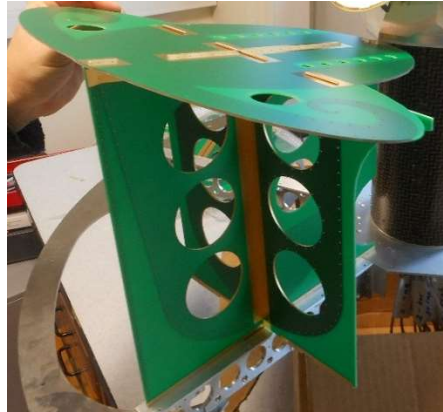


Figure 4 : Antenne BBV.

- Antenne BBH :

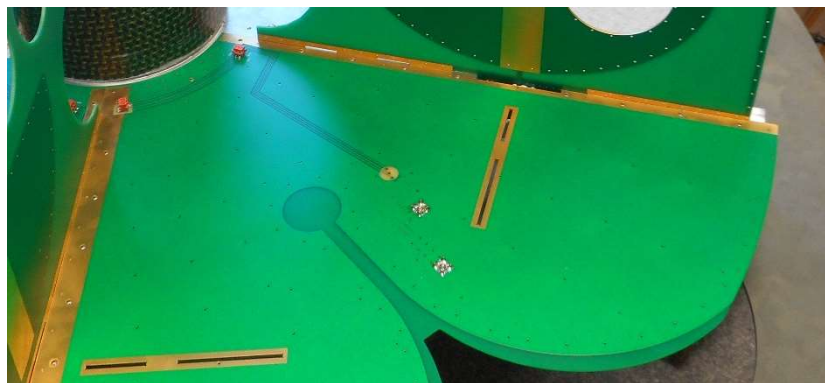


Figure 5 : Antenne BBH.

- Antennes BH :

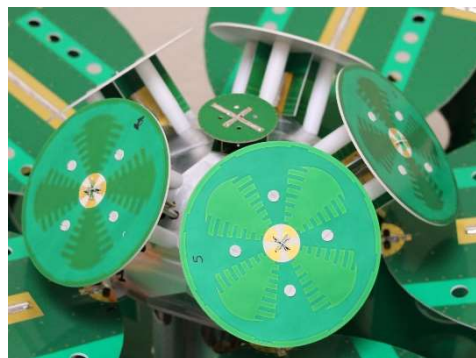


Figure 6 : 5 antennes BH.

- PCB alimentation BH

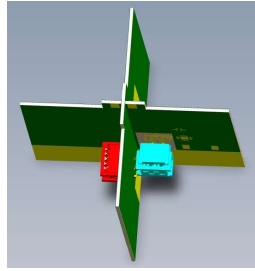


Figure 7 : PCB d'alimentation BH.

- Carte commande



Figure 8 : Carte commande.

- Carte interface :

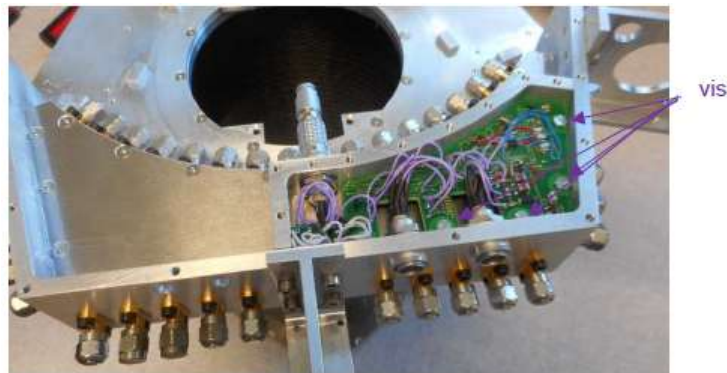


Figure 9 : Carte interface.

- Antenne IQ BH



Figure 10 : Antenne IQ BH.

6.2. INSTALLATION DU RA SUR AVION.

Le RA sera installé en partie basse d'un avion et pourra s'adapter sur différents types de modèles à l'aide d'une pièce d'interface (hors fourniture) différente pour chaque modèle d'avion. Il sera protégé par une coque (hors fourniture).

Ci-dessous les zones d'installation possible du RA :

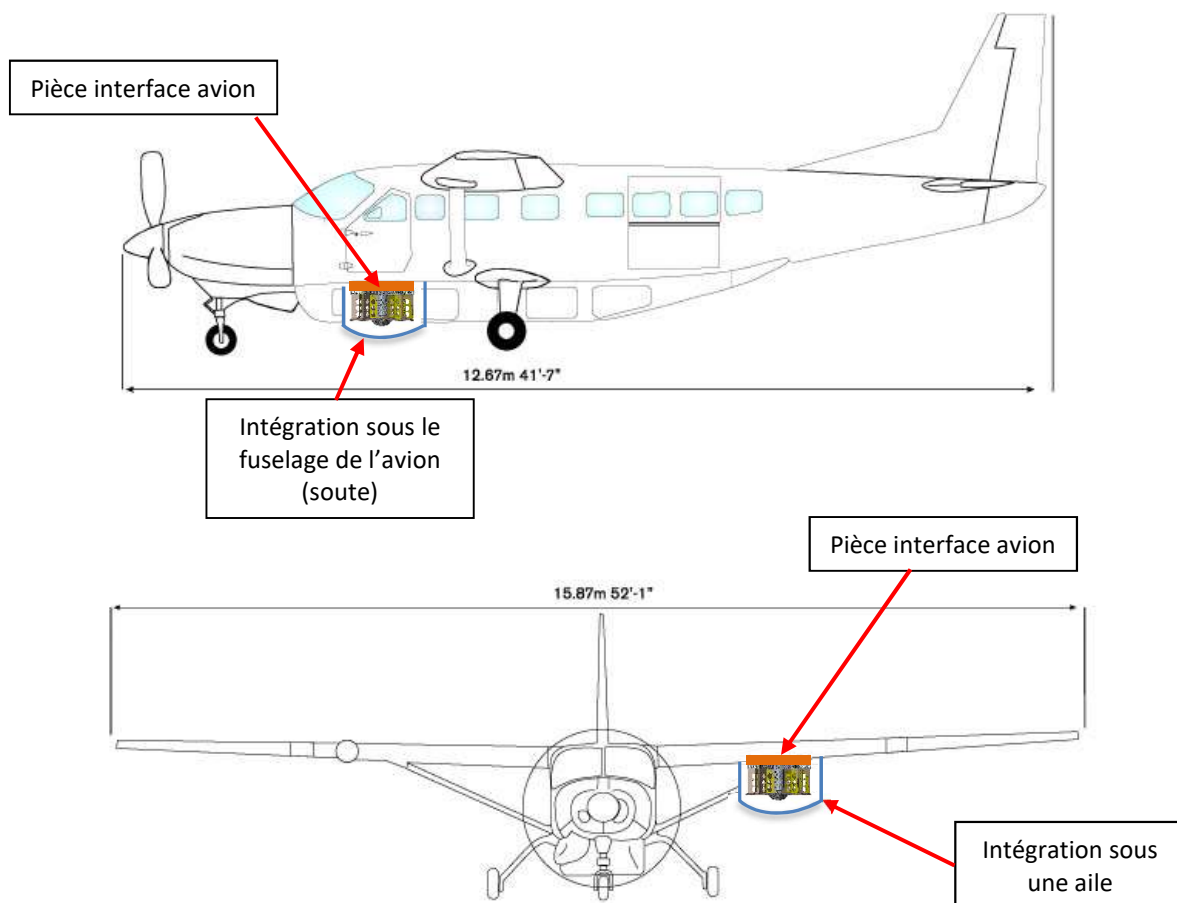


Figure 11 : Installation équipement

7. EXIGENCES FONCTIONNELLES

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
DES_1.	Masse maxi de l'équipement	La masse totale de l'équipement ne doit pas être supérieure à 12 kg	
DES_2.	Encombrement maxi de l'équipement	Dimensions maxi de l'équipement : 1 cylindre $\varnothing$ 800 mm x hauteur 400 mm	
DES_3.	Mécanique	La conception et l'assemblage du RA devra permettre de garantir les positions des antennes ainsi que la répétabilité du montage Suivant <i>Plan positions antennes [DR2]</i> . La tolérance générale d'usinage des pièces est suivant la norme ISO 2768 classe : mK (sauf indication contraire sur les plans d'origine)	Justification par chaîne de cotes.

AVANTIX		Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 10/35 Confidentiel
DES_4.	Environnement	L'équipement doit pouvoir résister à un environnement décrit dans la norme DO-160 F suivant catégories défini §10.2 Tous les tests environnementaux sont à la charge du concepteur.	Voir § 2
DES_5.	Continuité de masse	Les surfaces de contact inter-pièces mécaniques et la surface de contact de la pièce d'interface doivent garantir une continuité électrique. Un traitement nickelage chimique ou équivalent est demandé sur ces surfaces de contact.	Validation si autre proposition de traitement que le nickelage chimique par AVANTIX. Le traitement doit pouvoir résister à une manipulation et à une installation répétée du RA.
DES_6.	Connectiques	Les connecteurs doivent résister à tous les environnements définis dans ce document.	
DES_7.	Estimation de polarisation	Le RA doit disposer de deux sous-réseaux à capacité de double polarisation.	Mesures effectuées par Avantix

7.1. PERFORMANCES

7.1.1. CHEMIN DE MESURE

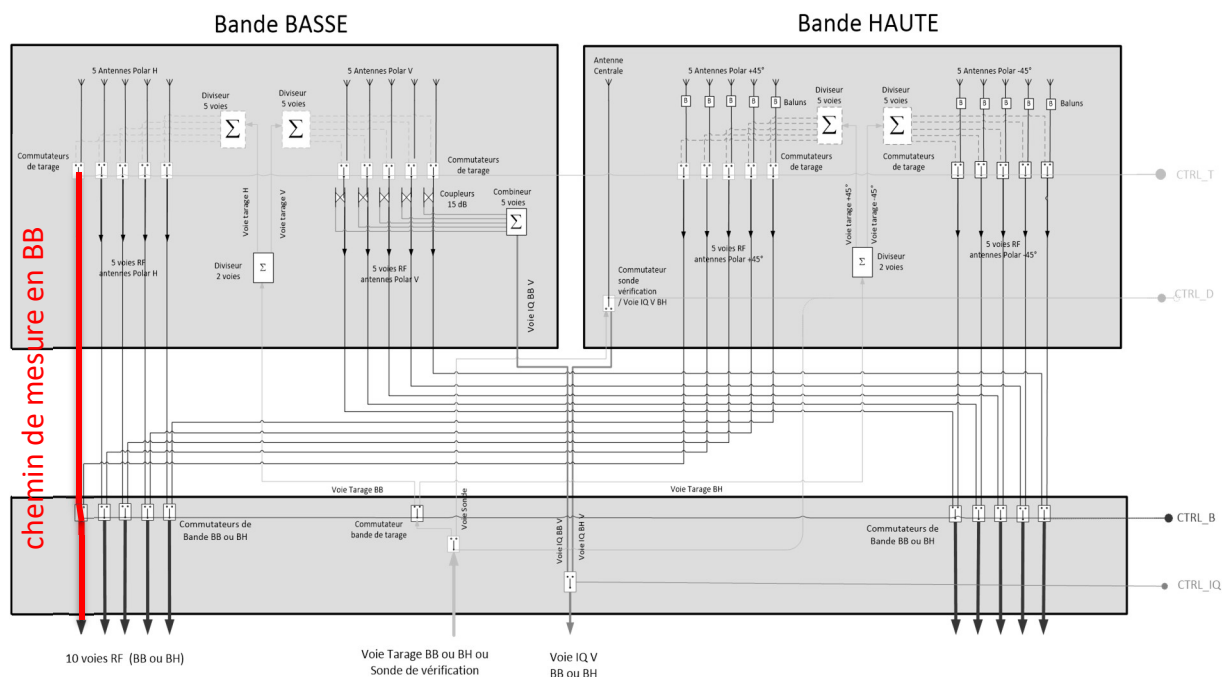


Figure 12 : Chemin de mesure en BB.

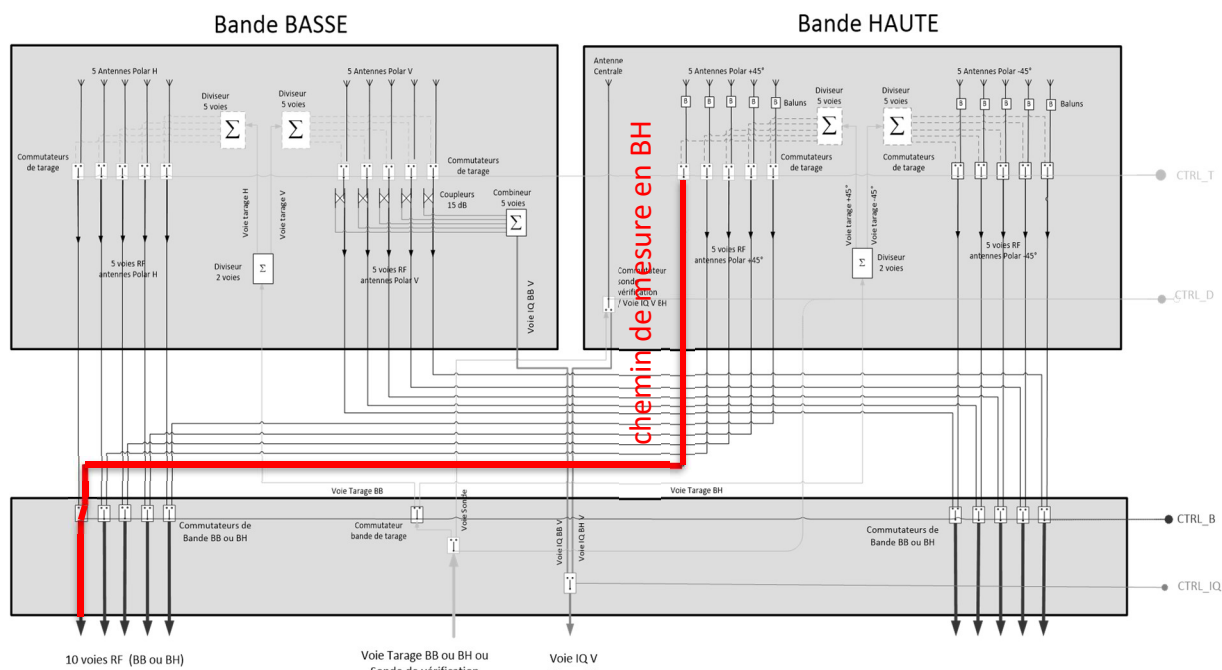


Figure 13 : Chemin de mesure en BH.

Exigences	Paramètres	Valeurs	Commentaires
MES-1	Tests en conduit	Toutes les mesures en conduit sont à la charge du concepteur.	
MES-2	Pertes d'insertion sur le chemin de mesure des antennes BBV	Les pertes maximales entre la sortie de l'antenne et le connecteur extérieur de sortie seront de 2.8 dB sur 30 – 764 MHz.	Conseil sur la conception de la carte commande en annexe
MES-3	Pertes d'insertion sur le chemin de mesure des antennes BBH	Les pertes maximales entre la sortie de l'antenne et le connecteur extérieur de sortie seront de 2 dB sur 30 – 764 MHz.	Conseil sur la conception de la carte commande en annexe
MES-4	Pertes d'insertion en BH	Les pertes maximales entre la sortie de l'antenne et le connecteur extérieur de sortie seront de 3 dB sur 764 – 3000 MHz.	Conseil sur la conception de la carte commande en annexe
MES-5	Pertes d'insertion sur les cartes d'alimentation BH	Les pertes maximales de la carte d'alimentation BH seront de 2.5 dB sur 764 – 3000 MHz.	Technique de mesure conseillée en annexe
MES-6	Réception de signaux à polarisation verticale	Le réseau antenne doit recevoir les signaux dont la polarisation est linéaire verticale dans la bande de fréquence de 30 à 3000 MHz.	Mesures réalisées par Avantix
MES-7	Réception de signaux à polarisation quelconque	Le réseau antenne doit recevoir les signaux à polarisation quelconque dans la bande 30-3000 MHz.	Mesures réalisées par Avantix
MES-8	Réception de signaux à polarisation circulaire	Le réseau antenne doit recevoir les signaux de polarisation circulaire quelconque dans la bande 30-3000 MHz	Mesures réalisées par Avantix

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 12/35 Confidentiel
----------------	--	--

MES-9	Voie écoute	Le RA doit avoir une sortie indépendante permettant de recevoir les signaux dans la bande 30-3000MHz.	Mesures réalisées par Avantix
MES-10	Couverture en gisement	Le domaine angulaire couvert par le réseau antenne est de 360° en gisement, quelle que soit la bande de fréquence.	Mesures réalisées par Avantix
MES-11	Couverture en élévation	Le domaine angulaire du réseau antenne couvre -87° à -10° en élévation, par rapport au plan défini par la base de fixation au porteur, quelle que soit la bande de fréquences.	Mesures réalisées par Avantix
MES-12	Gain réalisée en bande B1	Le gain moyen du réseau antenne sur la totalité de la bande B1 (30 – 100 MHz) est supérieur ou égal à -22 dBi pour 360° en gisement, -10 à -87° en élévation, et pour une polarisation quelconque.	Mesures réalisées par Avantix
MES-13	Gain réalisée à 100 MHz	Le gain moyen du réseau antenne est supérieur ou égal à -16 dBi à 100 MHz pour 360° en gisement, -10 à -87° en élévation, et pour une polarisation quelconque.	Mesures réalisées par Avantix
MES-14	Gain réalisée à 150 MHz	Le gain moyen du réseau antenne est supérieur ou égal à -5 dBi à 150 MHz pour 360° en gisement, -10 à -87° en élévation, et pour une polarisation quelconque.	Mesures réalisées par Avantix
MES-15	Gain réalisée en bande B2	Le gain moyen du réseau antenne sur la totalité de la bande B2 (180 – 3000 MHz) est supérieur ou égal à -2 dBi pour 360° en gisement, -10 à -87° en élévation, et pour une polarisation quelconque.	Mesures réalisées par Avantix
MES-16	Gain réalisée en bande B3	Le gain moyen du réseau antenne sur la totalité de la bande B3 (930 – 3000 MHz) est supérieur ou égal à +2 dBi pour 360° en gisement, -10 à -87° en élévation, et pour une polarisation quelconque.	Mesures réalisées par Avantix

7.1.2. CHEMIN DU TARAGE DU TARAGE

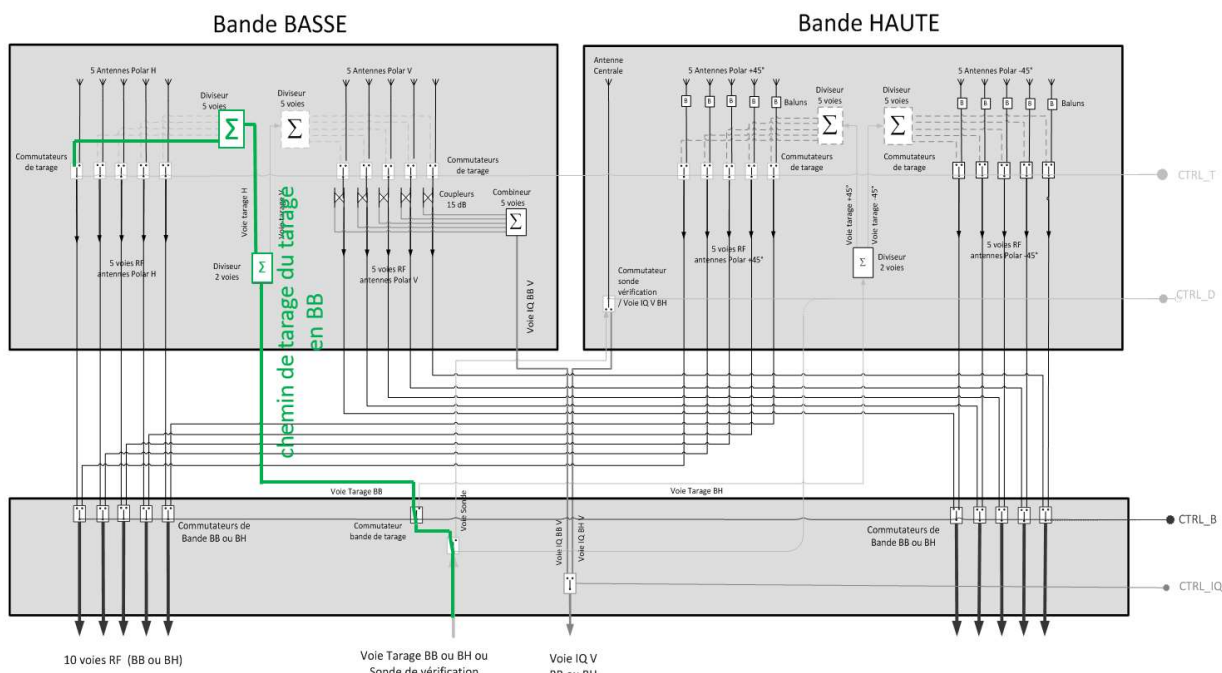


Figure 14 : Exemple d'un chemin du tarage du tarage en BB.

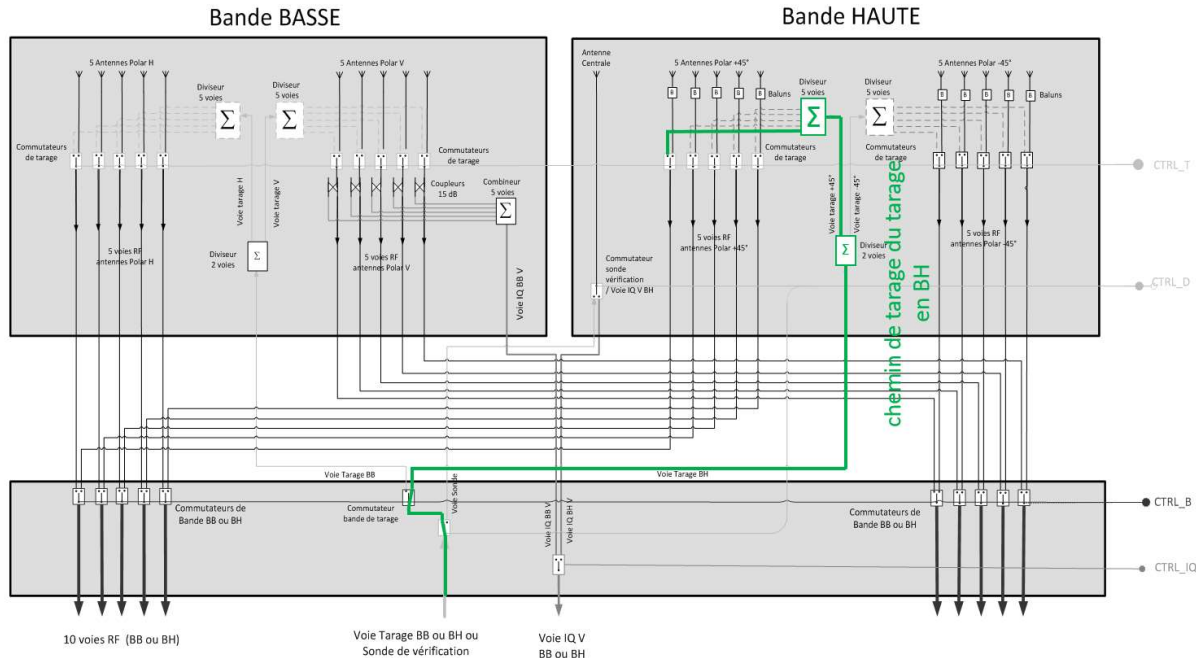


Figure 15 : Exemple du chemin du tarage du tarage en BH.

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 14/35 Confidentiel
----------------	--	--

Exigences	Paramètres	Valeurs	Commentaires
MES-17	Pertes sur le chemin du tarage du tarage en BB	La perte maximale sur le chemin de calibration sera de 23 dB sur 30-764 MHz	Mesure à la charge du concepteur.
MES-18	Pertes sur le chemin du tarage du tarage en BH	La perte maximale sur le chemin de calibration sera de 21.5 dB sur 764 – 3000 MHz	Mesure à la charge du concepteur.

8. EXIGENCES OPERATIONNELLES

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
OPE_1	Outillage	Le RA possède une interface unique. Le RA ne possède pas d'outillage spécifique.	Hors outillage de manipulation si nécessaire
OPE_2	Obsolescences	L'équipement doit être exempt d'obsolescences ayant un impact sur les coûts, délais et performances pendant la durée du marché.	Une veille par an est exigée. Si une obsolescence est constatée, il faut proposer des solutions. Ne pas prendre de composants sous menace d'obsolescence.
OPE_3	Manipulation du RA	Le RA doit comporter des zones de préhension afin de faciliter sa manipulation lors des phases : assemblage, emballage, pose/dépose sur porteur, réparation.	Exemple : zone de préhension définies, poignées, outillage spécifique...

9. EXIGENCES D'INTERFACES

9.1. INTERFACES PHYSIQUES ENTRE LE PRODUIT ET L'EXTERIEUR

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
INT_1	Interface mécanique entre l'équipement et l'avion	Le RA et les antennes doivent être positionnées suivant une référence avion (Axe X) avec une tolérance angulaire pour chaque type d'antenne. (Voir Plan position antenne RA [DR2])	Proposition d'une interface RA/Pièce interface Avion Justification par chaine de cotes.
INT_2	Capteurs du RA	Le RA devra disposer d'un capteur de température, d'un inclinomètre 2 axes et d'un dispositif permettant d'identifier de manière cryptée le RA, accessible par le capteur embarqué. Ces capteurs ont un bus d'interface I2C.	
INT_3	Switch de calibration	Un élément rayonnant doit pouvoir être connecté par un switch pilotable au signal de calibration. Le switch pour l'élément rayonnant est piloté par le CE.	
INT_4	Interface signal de calibration	Le système antenne comprend le câblage nécessaire à sa calibration : entrée unique de calibration, splitters et dispositifs d'injection	

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 15/35 Confidentiel
----------------	--	--

		du signal de calibration au plus près des aériens.	
INT_5	Connecteurs RF de sortie	Les entrées/sorties radiofréquence du RA comportent les éléments suivants : - 1 entrée du signal de calibration (SMA 30-3GHz) - 10 sorties des signaux antennes voie principale (SMA 30-3GHz) - 1 sortie des signaux antennes voie secondaire-IQ (SMA 30-3GHz)	
INT_6	Type de connecteurs RF interne au RA	La connectique RF interne au RA doit être définie en accord avec Avantix.	
INT_7	Type de connecteurs RF de sortie	La connectique RF de sortie au RA doit rester de la famille MIL-DTL-38999.	Garder l'orientation actuelle de ces connecteurs.
INT_8	Connecteurs DC de sortie	L'interface électrique de contrôle/commande/alimentation du RA comporte les éléments suivants : - entrée d'alimentation 12V/10W - entrée de commande TTL pour choix sous-bande - entrée de commande TTL pour mode tarage - entrée de commande TTL pour autotest aérien - entrée de commande TTL pour mode IQ - sortie I2C pour capteur de température, inclinomètre 2 axes et d'un dispositif permettant d'identifier de manière cryptée le RA.	
INT_9	Type de connecteurs DC de sortie	La connectique DC de sortie au RA doit rester de la famille MIL-DTL-38999.	

9.2. INTERFACES FONCTIONNELLES ENTRE LE PRODUIT ET L'EXTERIEUR

Sans objet

9.3. INTERFACES AVEC L'OPERATEUR

Sans objet

10. EXIGENCES DE CONCEPTION ET DE REALISATION

10.1. EXIGENCES RELATIVES RF, ELECTRIQUE ET ANTENNE

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
RFE-1	Consommation du RA	La consommation électrique du RA est inférieure à 10W pour l'ensemble des composants électriques présents.	

	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 16/35 Confidentiel
---	--	--

		Le RA doit être alimenté à partir du 12 V continu en provenance du CE.	
RFE-2	Vitesse de commutation des switchs RF	La vitesse de commutation des commutateurs présents dans le RA doit être inférieure à 10 μ s.	
RFE-3	Puissance d'entrée acceptée	Les éléments sensibles du RA (switch notamment) ne doivent pas être détériorés lorsque le niveau reçu est de +33 dBm.	
RFE-4	Point de compression à 1 dB des commutateurs	Les commutateurs présents dans le RA doivent posséder un point de compression à 1 dB d'au moins 20 dBm.	
RFE-5	Amplification	La carte commande doit intégrer 10 amplificateurs avec fonction by-pass sur les voies bande haute (voir figure 26)	
RFE-6	Géométrie des PCB antennes BBV	Les parties rayonnantes du PCB ne doivent pas être modifiées. La nature du substrat (Rogers RO4725JXR) et son épaisseur également.	Voir l'annexe 1 pour la précision des zones qui ne doivent pas être modifiées
RFE-7	Géométrie des PCB antennes BBH	Les parties rayonnantes du PCB ne doivent pas être modifiées. La nature du substrat (Rogers RO4725JXR) et son épaisseur également.	Voir l'annexe 1 pour la précision des zones qui ne doivent pas être modifiées
RFE-8	Géométrie des PCB antennes BH	Les parties rayonnantes du PCB ne doivent pas être modifiées. La nature du substrat (Rogers RO3003) et son épaisseur également.	Voir l'annexe 1 pour la précision des zones qui ne doivent pas être modifiées
RFE-9	Géométrie des PCB d'alimentation BH	Assurer la fonctionnalité de la carte d'alimentation BH.	Voir l'annexe 1 pour la description de la fonction assurée par ces PCB.
RFE-10	Connectique SMA sur les PCB d'alimentation BH	Les sorties écoute et tarage des PCB d'alimentation BH doivent bénéficier d'un connecteur SMA.	
RFE-11	Géométrie des PCB de l'antenne IQ BH	Les parties rayonnantes du PCB ne doivent pas être modifiées. La nature du substrat (Rogers RO3003) et son épaisseur également.	
RFE-12	Géométrie du PCB carte commande	Assurer la fonctionnalité de la carte commande.	Voir l'annexe 1 pour la description de la fonction assurée par ce PCB.
RFE-13	Géométrie du PCB carte interface	Assurer la fonctionnalité de la carte interface.	Voir l'annexe 1 pour la description de la fonction assurée par ce PCB.

	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 17/35 Confidentiel
---	--	--

10.2. EXIGENCES RELATIVES AUX CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
ENV_1	Altitude de vol	Le RA doit supporter une altitude de vol de 25000 pieds.	
ENV_2	Protection des cartes et PCB antennes.	Toutes les cartes et PCB antennes doivent être tropicalisées (vernis étanche) ainsi que toutes les soudures et les zones sensibles du RA.	Proposition d'un vernis de tropicalisation : - Bonne résistance au brouillard salin - Pas de perturbation sur le rayonnement électromagnétique des antennes (Permittivité relative proche de l'air, faible tangente de pertes) - Vernis avec traceur (au UV) - Réparable et facilement retirable Possibilité de définir l'épaisseur nécessaire suivant essai brouillard salin lors de la phase de conception (ADU).
ENV_2	Température de fonctionnement	-50°C, +70°C (Operating & Short time operating mode)	
ENV_3	Température de stockage	Suivant DO-160-F Category B2 : -55°C, + 85°C	Système hors tension
ENV_4	Choc thermique	Suivant DO-160-F Category A1 : 10°C par minutes	
ENV_5	Etanchéité	Suivant DO-160-F : Category Y (Condensing waterproof)	Pré-conditionnement à -10°C pendant 3 heures puis passage à +40°C avec 85% de TH pendant 10 min (équipement on)
ENV_6	Humidité	Suivant DO-160-F : Category A (Standard)	De 38 à 50°C et de 85 à 95 % TH sur 24h - 2 cycles
ENV_7	Vibration	Suivant DO-160-F : Category: 5 - Single Eng. Less than 5700 kg Test category: S (Standard Vibration) Aircraft zone: 1 & 5 Courbe Test : M	
ENV_8	Choc	Suivant DO-160-F pour les Axes X et Y : Category A : Choc standard ⇒ 3 chocs de 6 g durant 11 ms dans les 2 directions de chaque axe du repère orthonormé Pour l'axe Z (Vertical) :	

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 18/35 Confidentiel
----------------	--	--

		⇒ 3 chocs de 9 g durant 11 ms dans les 2 directions de chaque axe du repère orthonormé	
ENV_9	Brouillard salin	Suivant DO-160-F : Category S (corrosive atmosphere)	24h de pulvérisation de la solution saline puis une phase de séchage de 24h - 2 cycles Possibilité de valider lors de la phase de conception quelques échantillons avec différentes épaisseurs de vernis de tropicalisation. (ADU)
ENV_10	Givrage	Suivant DO-160-F : Category A	3 cycles entre -55°C et +30 et 95% TH - Vérification fonctionnelle de l'équipement à l'issue de ce test
ENV_11	Décharge électrostatique	Les switchs présents dans le RA (le RA étant installé sur porteur) ne doivent pas être détériorés par des décharges électrostatiques décrites dans la norme CEI 1000-4-2, sévérité 4 (8 kV au contact, 15 kV dans l'air).	
ENV_12	Câblage aéronautique	Les câbles du RA doivent être type aéro.	

10.3. EXIGENCES RELATIVES A LA REGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
REG_1	Radioactivité	Le système doit être exempt de toute source radioactive [A-6] et de tout produit en contenant.	Le titulaire doit inclure au DJD, livré au titre du marché, un certificat de conformité environnementale incluant a minima :
REG_2	RoHS	Les équipements électriques et électroniques du système faisant l'objet des exclusions définies par les cas a), c), f) ou g) de l'article 2.4 de la directive RoHS 2011/65/UE [A-5] doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 7.a) de ladite directive. Seule une demande de dérogation pour incompatibilité avec les exigences de performances est envisageable.	- une attestation d'absence de source radioactive pour le VSPE et les équipements acquis ou conçus ; différents - un bilan de l'utilisation des substances dangereuses visées par la directive RoHS 2011/65/UE1A-5] dans les équipements électriques et électroniques ;
REG_3	REACH	Les équipements conçus, fabriqués et livrés au titre du présent marché doivent être exempts de toute substance soumise au régime d'autorisation du règlement REACH [A-4] (Annexe XIV en vigueur à la date de signature du contrat par le titulaire). Seule une demande de dérogation pour incompatibilité avec les exigences de performances est envisageable. Dans ce cas, le titulaire fait son affaire des obsolescences et informe l'administration sur la stratégie de gestion des obsolescences mise en œuvre.	- une attestation d'absence des substances soumises au régime d'autorisation du règlement REACH (Annexe XIV en vigueur à la date de signature du contrat par le titulaire) pour le VSPE et les différents équipements acquis ou conçus, - les certificats de conformité CE.

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 19/35 Confidentiel
----------------	--	--

REG_4	Réglementation ITAR	Le RA ne contient pas de composants soumis à la réglementation ITAR.	
-------	------------------------	--	--

10.4. EXIGENCES GENERALES RELATIVES AU PRODUIT

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
PRO_1	Règlementation électrique	L'équipement doit respecter la réglementation applicable en France et en Union Européenne en termes de sécurité électrique.	
PRO_2	Règlementation mécanique	L'équipement doit respecter la réglementation applicable en France et en Union Européenne en termes de sécurité mécanique.	
PRO_3	Signalétique des points chaud	Les éventuels points chauds de l'équipement doivent être repérés par une signalétique.	
PRO_4	Arêtes vives	Aucune arête vive ni bord tranchant ne doit être présente pour éviter d'endommager les câbles ou de blesser les personnes	
PRO_5	Matériaux	- Élément de fixation fileté : Acier inoxydable - Zones non peintes : traitement associé.	
PRO_6	Peinture & traitement	La peinture et le traitement doit protéger le système des contraintes environnementale	
PRO_7	Transport	Chaque antenne avec son outillage (si nécessaire) dispose d'un conteneur de transport pour pouvoir l'acheminer jusqu'au lieu de son installation. Le conteneur de transport est conçu pour protéger l'équipement des environnements (chocs, vibrations, ...). Le conteneur doit disposer de 4 poignées pour sa manutention.	
PRO_8	Identification	Tous les matériels livrés (y compris les matériels de rechange, les outillages, les moyens de soutien et les emballages) doivent être munis d'une plaquette d'identification, visible sans manipulation des matériels, sur laquelle sont mentionnés au minimum la référence primaire (part number PIN) du matériel, son numéro de série (S/N) et son MEC (ManuFacterer Code).	
PRO_9	Résistance au feu	Suivant DO160 section 26 : fire, flammability catégorie A	
PRO_10	Maintenance	L'équipement ne doit pas nécessiter de maintenance préventive.	
PRO_11	Maintenance	Le concepteur doit prévoir la maintenabilité des sous-éléments suivants : - Sous-réseau BB - Sous-réseau BH - Boite penta	

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 20/35 Confidentiel
----------------	--	--

PRO_12	Câblage	Les fils ne doivent pas être positionnés à côté d'éléments saillants ou coupants sans protection adéquate. Les passages à travers des trous ou des parois doivent être réalisés avec des presse-étoupe ou autre protection.	
PRO_13	Connectique	Tous les connecteurs extérieurs doivent être équipés d'un capuchon de protection pour couvrir la phase de déploiement (pas d'attache fixe)	
PRO_14	Matériaux	Les vis et les supports des antennes BH ne doivent être métalliques. Les équerres de maintien des antennes BBV et leur fixation ne doivent pas être métalliques.	Proposition de matériau compatible pour limiter les interférences avec les antennes.
PRO_15	Dimensions et matériau de la couronne d'interface mécanique	Le diamètre de la nouvelle couronne d'interface mécanique doit être réduit à 80 cm. Elle ne doit pas être placée sous les antennes BBH.	Cette couronne peut être réalisée en matériau non conducteur. Dans ce cas, elle peut passer sous les antennes BBH.
PRO_16	MTBF	Le concepteur fournit le calcul du MTBF du RA.	
PRO_17	Marquage	Les connecteurs de sortie et le RA doivent être identifiés.	

10.5. EXIGENCES D'INDUSTRIALISATION ET D'OPTIMISATION

Ci-dessous la listes (non exhaustive) des voies d'optimisation et d'industrialisation du RA :

- Possibilité de rassembler les cartes au niveau du boîtier penta.
- Diviseurs et coupleurs au niveau du mât à intégrer sur PCB.
- Connectique de commande
- Optimisation coût pièces mécaniques

10.6. EXIGENCES GENERALES SPECIFIQUES AU LOGICIEL

Sans objet

10.7. EXIGENCES RELATIVES AUX FACTEURS DE QUALITE LOGICIELLE

Sans objet

11. LIVRABLES ET MANAGEMENT

11.1. EXIGENCES GENERALES

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
GEN_1.	Support technique	Le support technique doit être assuré sur une durée de 10 ans après chaque livraison.	
GEN_2.	Garantie	Durant 1 ans après la livraison (Pièce et main d'œuvre)	
GEN_3.	Validation Avantix pour toute modifications apportées au RA	Toutes modifications apportées au RA doit être validées par Avantix.	

AVANTIX	Spécification Technique de Besoin RESEAU ANTENNAIRE	Référence DP071315STB001 Version 02 Date : 29/01/2020 21/35 Confidentiel
----------------	--	--

11.2. DOCUMENTATION

Exigences	Paramètres	Critères	Commentaires
DOC_1.	Rapport de conception	Document détaillant la conception du système entier (fichier 3D)	Format STEP 2014 et Solidworks
DOC_2.	Dossier de définition (DD)	Doit présenter les hypothèses de conception, les plans d'ensemble, les plans de détails et nomenclatures.	Format Solidworks et PDF
DOC_3.	Dossier de justification (DJD)	Doit contenir toutes les informations demandées pour justifier la définition en accord avec les spécifications.	Etude d'implantation, solutions techniques et interfaces, puissance électrique → PDR Notes de calculs → CDR
DOC_4.	Procédure FAT	Description de tous les tests à réaliser pour répondre aux spécifications.	
DOC_5.	Rapport de FAT	Document contenant les résultats des tests.	
DOC_6.	Matrice des exigences	Exigences et plan de validation (matrice fournit avec la STB)	
DOC_7.	Qualité et plan de management	Description de l'organisation et des ressources	
DOC_8.	Planning	MS Project ou autre document contenant toutes les phases de développement et les jalons.	
DOC_9.	Condition d'installation / Manuel d'installation	Fourniture d'un manuel d'installation	
DOC_10.	Rapport de maintenance	Rapport de maintenance annuel avec rapport d'obsolescence et disponibilité annuel	
DOC_11.	Dossier Industriel et gamme exemplaire série	Fourniture du dossier industriel et gamme exemplaire série	
DOC_12.	Documentation FAI	Fourniture du dossier FAI	
DOC_13.	Chemins de mesure, de tarage du tarage et du tarage pour les 20 antennes du RA	Fourniture des chemins de mesure, de tarage et de tarage du tarage pour les 20 antennes du RA. Pas fréquentiel : 1 MHz.	

12. QUALIFICATION ET CONTROLE DU PRODUIT

Pour chacune des exigences explicite ou implicite identifiée, une preuve sera apportée dans le but de pouvoir prononcer la qualification du produit.

Les preuves fournies pour la vérification des exigences peuvent être de deux types :

- ◆ La majorité des exigences relatives au produit sont vérifiées au travers de tests fonctionnels déroulés en recette usine et/ou site
- ◆ Les preuves fournies pour la vérification des exigences non vérifiables en recette usine ou site peuvent être : une qualification (climatique, mécanique, CEM), des calculs, des essais, des simulations, ...

ANNEXE

Hierarchisation et Conformité des Exigences

ANNEXE 1 :

Parties rayonnantes des antennes qui ne doivent pas être modifiées

1. Antennes BBV

Les antennes BBV sont constituées de 3 PCB s'imbriquant les uns dans les autres :

- PCB radial,
- PCB orthoradial,
- PCB toit.

Nous décrivons dans cette première partie les zones qui ne doivent pas être modifiées lors de la réalisation du RA. Ces zones sont en rouge.

1.1. PCB radial

Les zones en rouge correspondent aux zones qui ne doivent pas être retouchées.

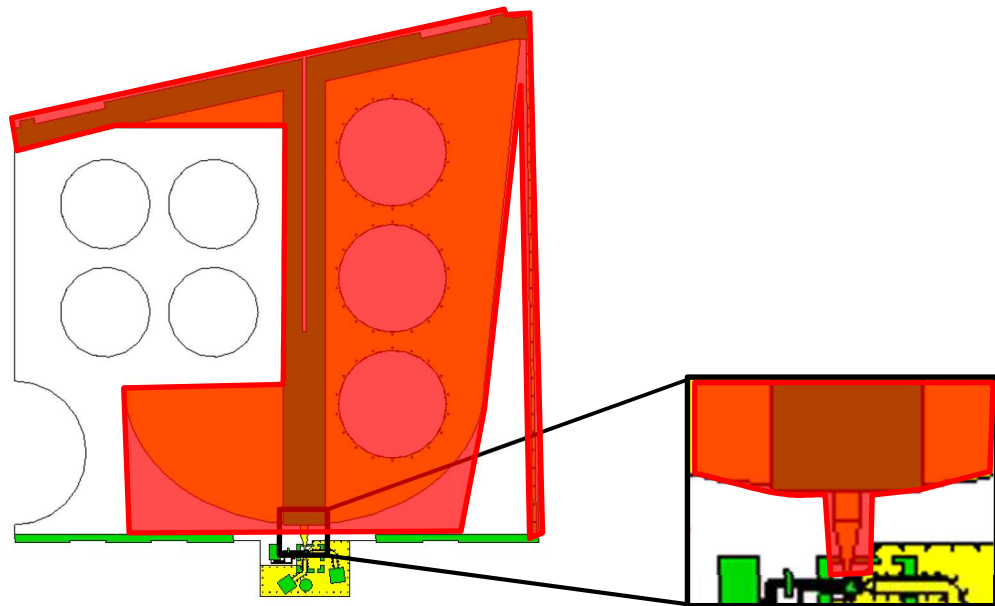


Figure 16 : Vue de la couche top du PCB radial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

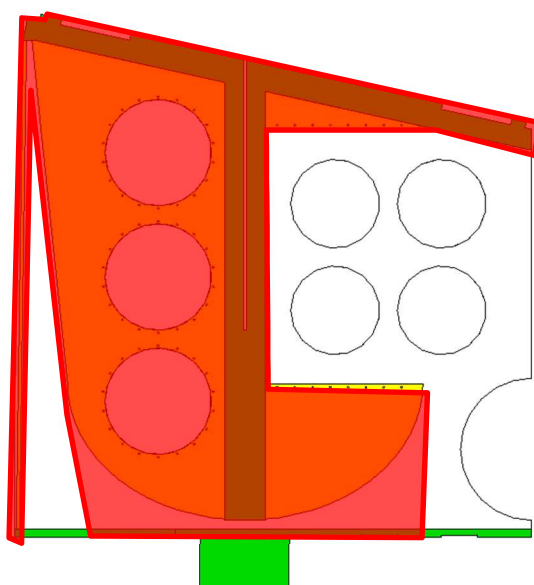


Figure 17 : Vue de la couche bottom du PCB radial (pas en transparence ; en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

1.2. PCB orthoradial

Les zones en rouge correspondent aux zones qui ne doivent pas être retouchées.

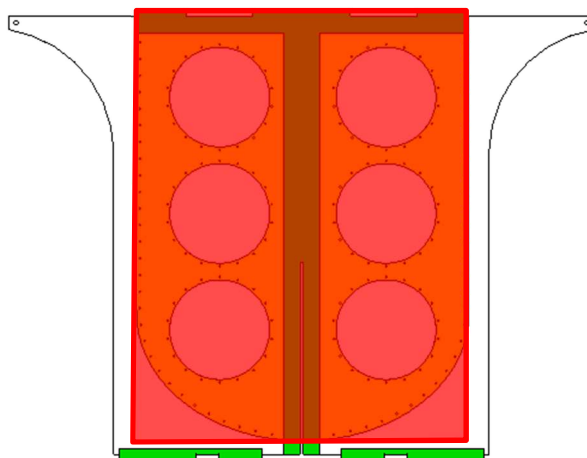


Figure 18 : Vue de la couche top du PCB orthoradial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

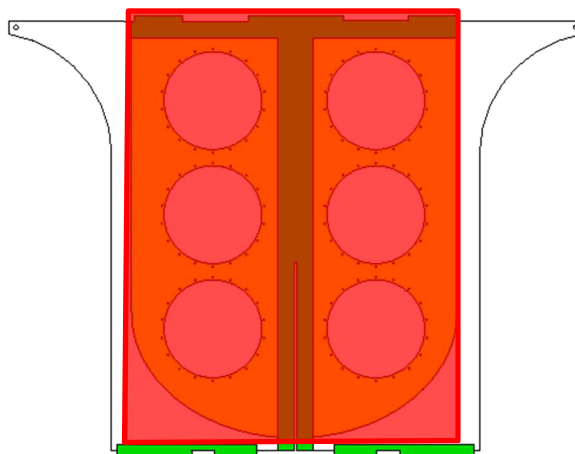


Figure 19 : Vue de la couche bottom du PCB orthoradial (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

1.3. PCB toit

Les zones en rouge correspondent aux zones qui ne doivent pas être retouchées.

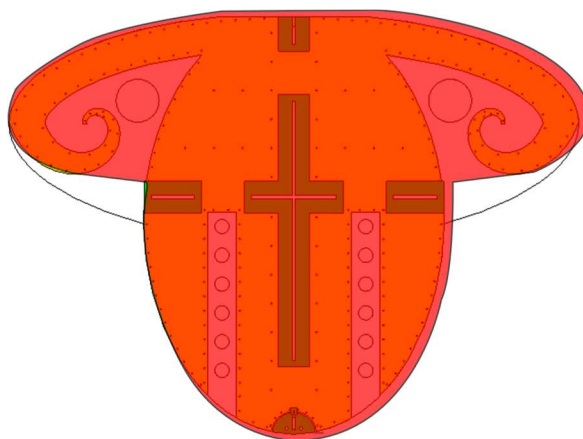


Figure 20 : Vue de la couche top du PCB toit (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

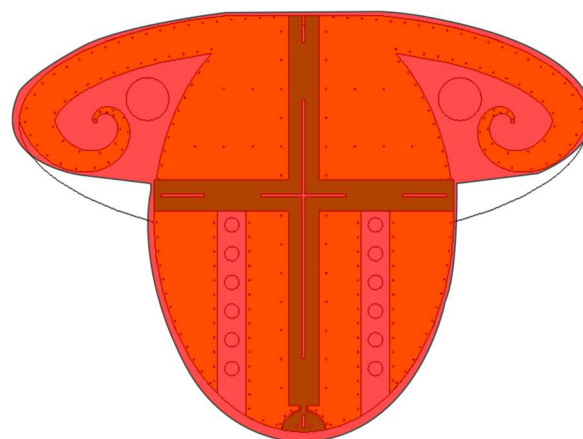


Figure 21 : Vue de la couche bottom du PCB toit (en vert les zones sans vernis et en jaune les parties métalliques).

Les zones en rouge correspondent aux zones qui ne doivent pas être retouchées.

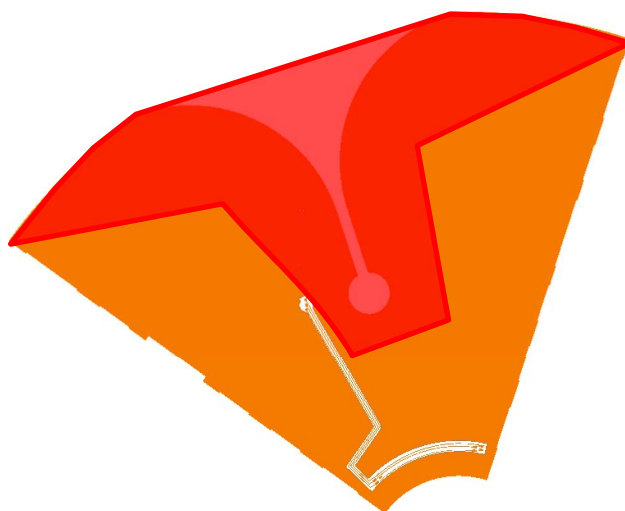


Figure 22 : Vue de la couche top du PCB des antennes BBH.



Figure 23 : Vue de la couche bottom du PCB des antennes BBH.

3. Antennes BH

Les antennes BH ne doivent pas être modifiées.

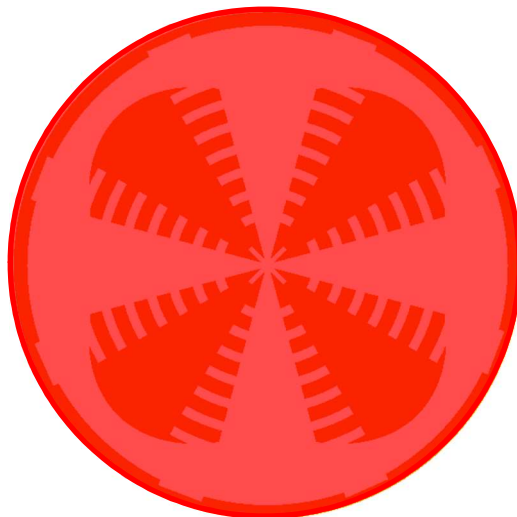


Figure 24 - Vue de la couche top de l'antenne BH.

4. PCB d'alimentation BH

La fonction de ces PCB est de permettre l'alimentation sur 200 Ω différentiel des antennes BH. Sur ces PCB, un commutateur est également présent pour assurer la fonction de calibration. Un descriptif de la fonction du PCB est fourni sur la figure suivant. Deux connecteurs RF SMA doivent être rajoutés sur chacun des PCB d'alimentation.

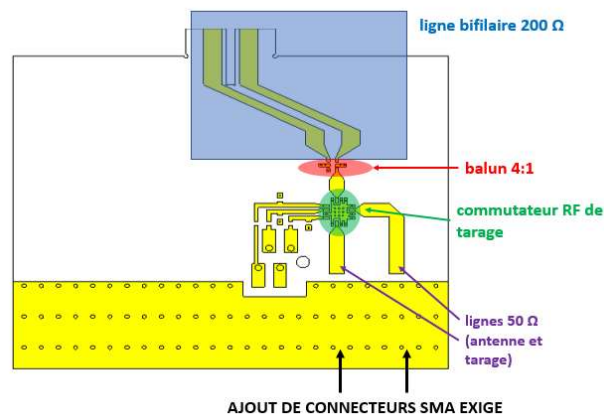


Figure 25 : Fonctionnalités des PCB d'alimentation BH.

5. Carte commande

Nous présentons sur la figure suivante une photographie de la carte électronique permettant de contrôler le fonctionnement du RA. Sur cette carte, 36 sorties RF (en connectique SMA) sont présentes. 20 des 36 sorties permettent la connexion sur les antennes BB et BH. La carte comporte également 10 sorties RF (BB/BH) connectées au CE. Enfin, la carte comporte une sortie IQ (BB ou BH) et une sortie permettant la mesure des voies de tarage BB ou BH ou de la sonde de vérification. Les 36 accès de cette carte sont listés dans le tableau1.

En ajout de cette carte, un amplificateur sera placé entre chaque commutateur de bande et la sortie vers les antennes BH (comme décrit sur la figure suivante).

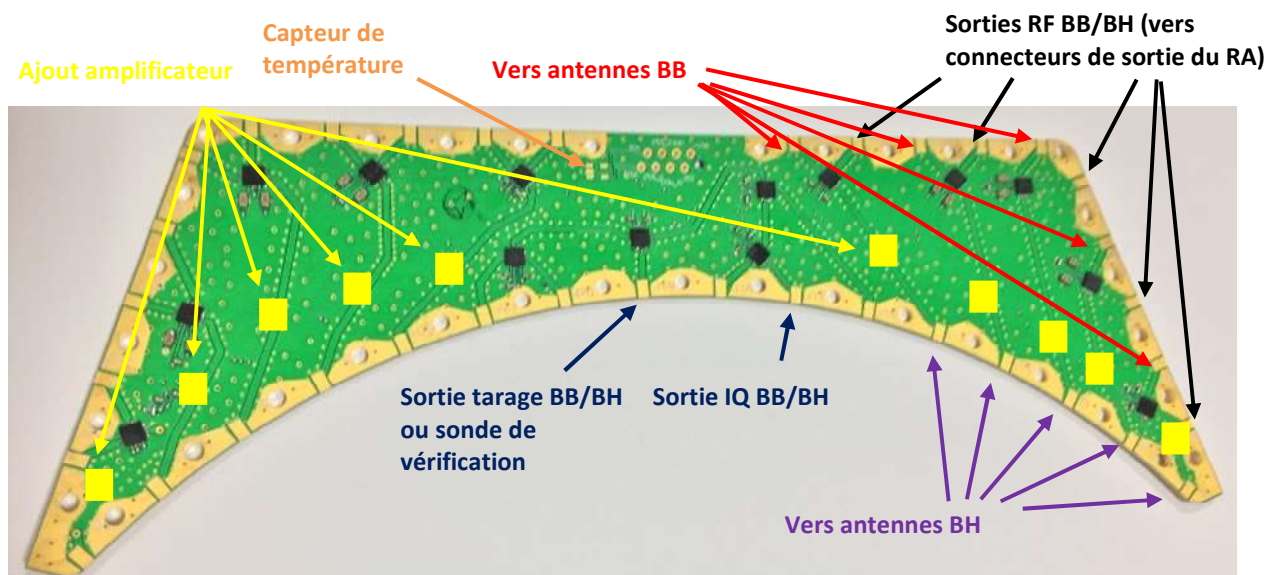


Figure 26 - Photographie de la carte de commande du RA hors de son boîtier.

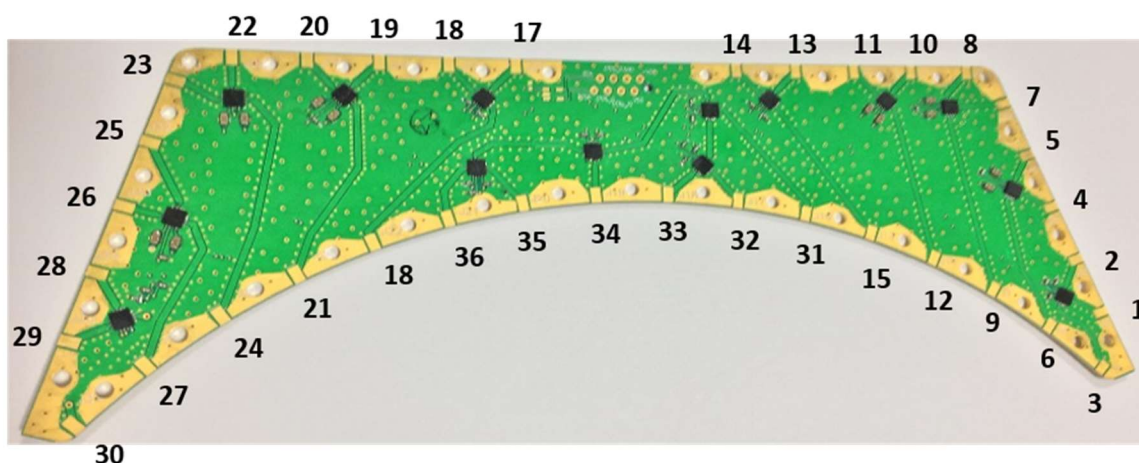


Figure 27 - Listes des accès de la carte commande du RA.

Accès	Signaux attribués
1	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
2	Antenne BB
3	Antenne BH
4	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
5	Antenne BB
6	Antenne BH
7	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
8	Antenne BB
9	Antenne BH
10	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
11	Antenne BB
12	Antenne BH
13	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
14	Antenne BB
15	Antenne BH
16	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
17	Antenne BB
18	Antenne BH
19	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
20	Antenne BB
21	Antenne BH
22	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
23	Antenne BB
24	Antenne BH
25	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
26	Antenne BB
27	Antenne BH
28	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
29	Antenne BB
30	Antenne BH
31	Antenne IQ BH
32	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
33	Sortie IQ BB
34	Sortie RF du RA (vers connecteur de sortie)
35	Sortie tarage BH
36	Sortie tarage BB

Tableau 1 - Identifications des 36 accès RF de la carte commande.

6. Carte interface

Les entrées/sorties de la carte interface sont présentées sur la figure suivante.

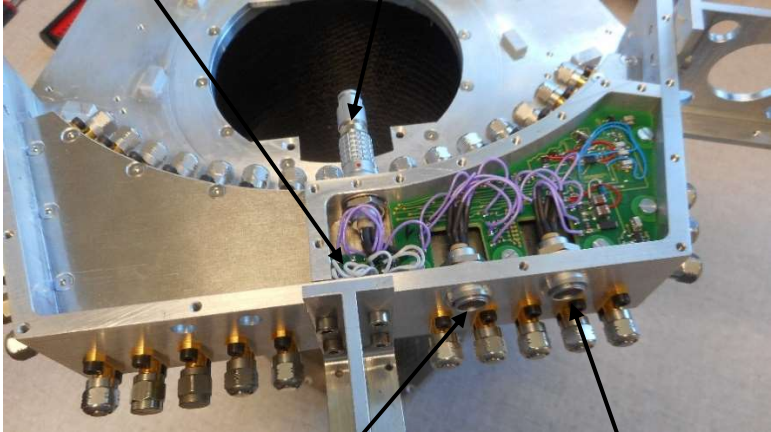
- Nappe connectée au connecteur IDC de la carte commande
 - Alimentation commutateur de tarage
 - Commande TTL de tarage
 - GND
- 
- The photograph shows a green printed circuit board (PCB) populated with various electronic components, including integrated circuits, resistors, and capacitors. It is housed within a metallic enclosure. Several multi-pin connectors are visible along the edges of the board. Black arrows point from the text labels to specific connectors on the board: one points to a connector on the left side, another to a connector at the top, and others to connectors on the right side.
- Sortie I2C pour le capteur de température, d'un inclinomètre 2 axes et d'un dispositif permettant d'identifier de manière cryptée le RA
 - commandes TTL (3.3 V) de tarage, de bande, de diagnostic et permettant la mesure de la sortie IQ
 - GND
 - Entrée alimentation 12 V
 - GND

Figure 28 - Photographie de la carte d'interface.

ANNEXE 2 :

Techniques de caractérisation RF des cartes d'alimentation BH

Afin de caractériser les pertes d'insertion des PCB d'alimentation BH, nous proposons la technique suivante qui devra être appliquée sur les deux PCB d'alimentation BH (PCB_1 et PCB_2). La géométrie des PCB d'alimentation BH n'est pas figée (un changement d'épaisseur de substrat est notamment exigé), la technique décrite dans cette partie ne donne qu'une méthodologie de caractérisation de ces PCB.

1. Réaliser les montages « tête-bêche » suivants :

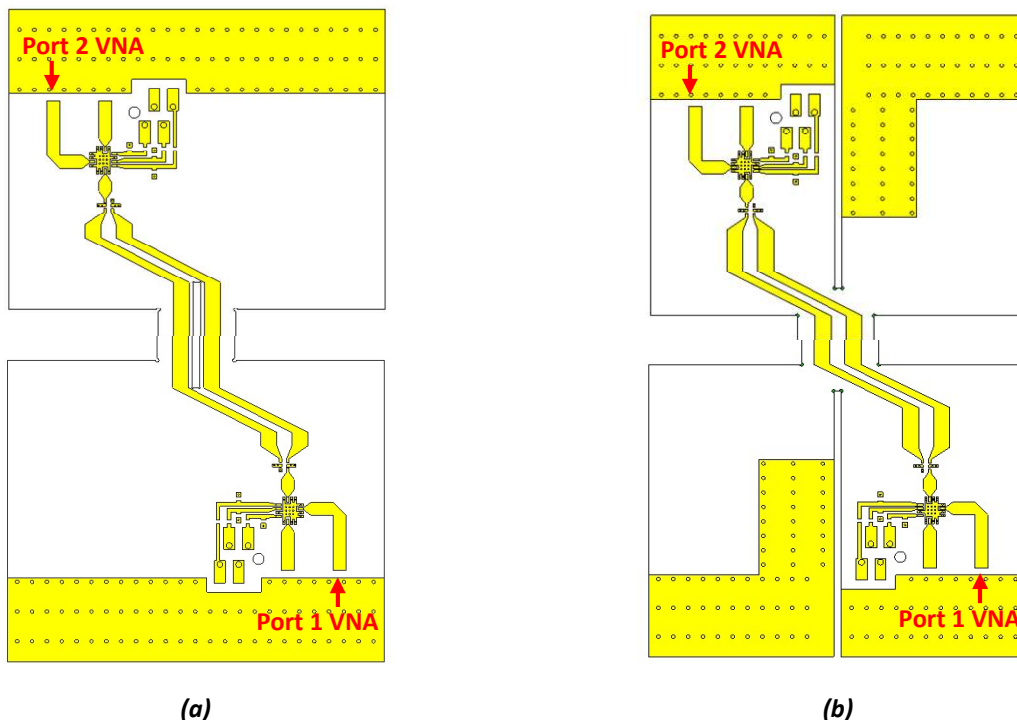


Figure 29 : Proposition de montage « tête-bêche » pour la caractérisation des pertes d'insertion des PCB d'alimentation BH. PCB_1 (a) et PCB_2 (b).

2. Mesurer au VNA les paramètres S sur les chemins décrits dans la figure précédente.
3. Estimer les pertes d'insertion sur les PCB « seuls » en divisant par 2 le résultat obtenu en 2.

ANNEXE 3 :

Préconisations sur la réalisation de la carte commande

Lors de la réalisation des précédents prototypes, nous avons rencontré des problèmes de retour de masse entre la connectique SMA et la carte commande engendrant des pertes d'insertion élevées en bande haute. La figure suivante montre l'intégration de la carte commande dans la boîte pentagonale.

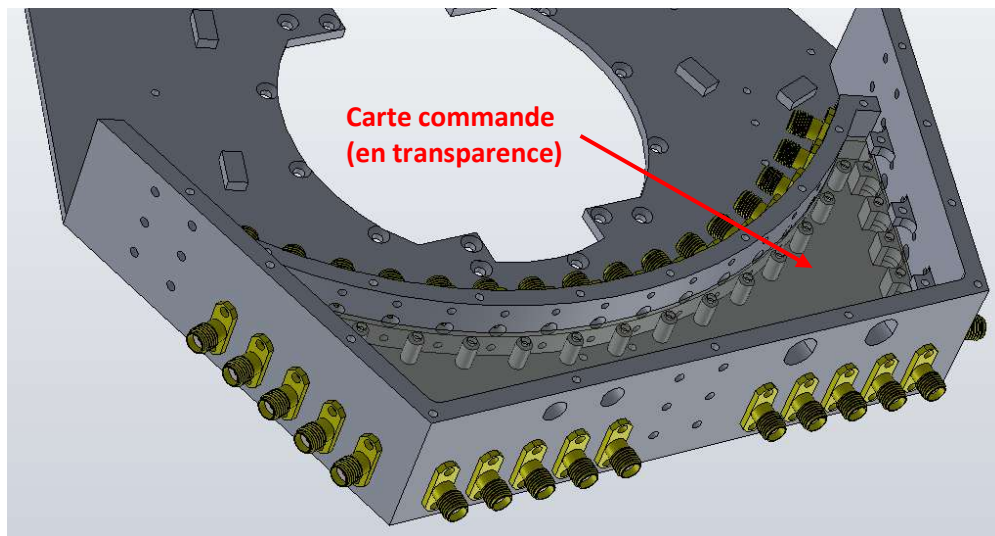


Figure 30 : Carte commande (en transparence) insérée dans la boîte pentagonale.

Dans les réalisations précédentes, la continuité de masse entre la carte commande était réalisée à l'aide d'entretoises métalliques et de « plots » métalliques (cf. figure 30). Afin d'améliorer les retours de masse, nous préconisons une solution :

- Changement de connectique SMA (bord de carte ?)

