



Reseau Antennaire

Rapport de Qualification Environnementale

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA	
			Affaire : NAF2000035	
	Réseau Antennaire		Version : A	Révision : 2
			Page : 2/172	

SIGNATURES

	Nom	Fonction	Service/Société	Date	Signature
<i>Rédigé</i>	O. DI BELLA	Référent pôle qualification	NSE RIOM		
<i>Vérifié</i>	E. TEFOUET	Responsable pôle électronique	NSE RIOM		
<i>Approuvé</i>	G. DUMAS	Responsable programme	NSE RIOM		
<i>Approbation client</i>			AVANTIX		

TABLE DE MISE A JOUR

Version Révision	Date	DM / ECN	Objet / Subject
A.1	29/06/2022		Première diffusion RFQ client
A.2	20/07/2022		Prise en compte des remarques remontées en RFQ le 29/06/2022

DIFFUSION

Nom	Fonction	Service / Société

	Rapport de qualification Environnementale Réseau Antennaire	Référence : 00044548AA	
		Affaire : NAF2000035	
		Version : A	Révision : 2
		Page : 3/172	

SOMMAIRE

1	OBJET DU DOCUMENT	7
2	IDENTIFICATION	7
2.1	DOCUMENTS DE REFERENCE	7
2.2	DOCUMENTS APPLICABLES	7
2.3	DOCUMENTS ASSOCIES	7
2.4	MATERIEL EN ESSAI	8
3	CONFIGURATIONS DU MATERIEL	9
4	SETUP DE QUALIFICATION	9
5	VERIFICATION DE BON FONCTIONNEMENT (VBF)	11
6	ESSAIS APPLICABLES	12
7	CARACTERISATION AVANT QUALIFICATION (VBF1).....	14
7.1	CONDITIONS	14
7.2	CONFIGURATION DE L'EQUIPEMENT	15
7.3	RESULTATS D'ESSAI	15
7.4	SANCTION	15
8	ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE	16
8.1	[ENV-10] BROUILLARD SALIN	16
8.2	[ENV-3] TEMPERATURE CHAUDE	30
8.3	[ENV-7] HUMIDITE	33
8.4	[ENV-6] ETANCHEITE	36
8.5	[ENV-1] ALTITUDE	39
8.6	[ENV-3] TEMPERATURE DE STOCKAGE FROID	43
8.7	[ENV-2] TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT FROID	47
8.8	[ENV-11] GIVRAGE	50
8.9	[ENV-5] CHOCS THERMIQUES	56
9	ENVIRONNEMENT MECANIQUE	62
9.1	PREMABULE	62
9.2	DEROULE DE LA CAMPAGNE D'ESSAIS MECANIQUES	65
9.3	[ENV-8] VIBRATIONS	66
9.4	[ENV-9] CHOCS	71
9.5	VERIFICATION FONCTIONNELLE DES PATCHCS CHAUFFANTS APRES ESSAIS MECANIQUES	73
10	ENVIRONNEMENT CEM	74
10.1	[ENV-12] DECHARGES ELECTROSTATIQUES	74
11	CARACTERISATION RF APRES QUALIFICATION (VBF1)	77
11.1	CONDITIONS	77
11.2	CONFIGURATION DE L'EQUIPEMENT	78
11.3	RESULTATS D'ESSAI	78
11.4	SANCTION	78
12	ANNEXES	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : principales caractéristiques du réseau antennaire (RA)	8
Figure 2 : Synoptique du banc de test de qualification environnementale	9
Figure 3 : Photographies du setup de qualification	10
Figure 4 : Photographie du RA dans la CSA	14
Figure 5 : Echantillons retenus pour l'essai brouillard salin	17
Figure 6 : Photographies des six échantillons assemblés	19
Figure 7 : Photographies de l'essai brouillard salin	20
Figure 8 : Principaux éléments du setup brouillard salin	21
Figure 9 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 1	22
Figure 10 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 2	23
Figure 11 : Connecteur SMP 'SIG' décollé de la carte BH	24
Figure 12 : Extrait du catalogue Rosenberger	25
Figure 13 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 3	25
Figure 14 : Dissections des cordons de test SMP (session 3)	26
Figure 15 : Influence du nettoyage à l'alcool des cordons de test SMP (session 3)	27
Figure 16 : Potting réalisé sur les connecteurs SMP	28
Figure 17 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 4	28
Figure 18 : Profil de l'essai température de fonctionnement chaud	30
Figure 19 : Essai température chaude, emplacement des thermocouples	31
Figure 20 : Essai température chaude, positionnement du RA dans l'enceinte climatique	31
Figure 21 : Relevés des thermocouples, essai température chaude	32
Figure 22 : Profil de l'essai d'humidité	33
Figure 23 : Essai humidité, positionnement du RA lors des VBF2	34
Figure 24 : Relevés des thermocouples, essai humidité	35
Figure 25 : Phases de l'essai d'étanchéité	36
Figure 26 : Relevés des thermocouples, essai étanchéité	37
Figure 27 : Profil de l'essai d'altitude	39
Figure 28 : Photographies de l'essai altitude	41
Figure 29 : Relevés des thermocouples et du capteur de pression, essai altitude	42
Figure 30 : Profil de l'essai température de stockage froid	43
Figure 31 : Photographies de l'essai température de stockage froid	45
Figure 32 : Relevés des thermocouples, essai température de stockage froid	46
Figure 33 : Profil de l'essai température de fonctionnement froid	47
Figure 34 : Relevés des thermocouples, essai température de fonctionnement froid	48
Figure 35 : Nouveau profil de l'essai de givrage	51
Figure 36 : Photographies de l'essai givrage	52
Figure 37 : Emplacement des deux enceintes climatiques, essai givrage	53
Figure 38 : Relevés des thermocouples, essai givrage	54
Figure 39 : Profil de l'essai de choc thermique	56
Figure 40 : Emplacements des thermocouples, essai chocs thermiques	58
Figure 41 : Photographies de l'essai chocs thermiques	60
Figure 42 : Relevés des thermocouples, essai chocs thermiques	61
Figure 43 : Robustification des patches chauffants, colliers Ty-Rap	62
Figure 44 : Robustification des patches chauffants, points de Scotch-Weld	63
Figure 45 : Points de test pour la mesure de température	64
Figure 46 : Scénario de qualification mécanique axe par axe	65
Figure 47 : Axes du repère cartésien pour la qualification mécanique	65
Figure 48 : profil vibratoire « M » retenu pour l'essai vibrations	66
Figure 49 : Plaques mécaniques utilisées pour les essais vibrations et chocs	67
Figure 50 : Emplacement des accéléromètres sur le RA	68
Figure 51 : Photographies du RA sur le pot vibrant suivant les trois axes du repère	69
Figure 52 : Forme d'onde de l'agression mécanique pour l'essai de chocs	71
Figure 53 : Examen visuel des patches chauffants à l'issue des essais mécaniques	73
Figure 54 : Points d'impacts retenus pour l'essai d'immunité aux ESD	74
Figure 55 : Photographies de l'essai ESD	75
Figure 56 : Photographie du RA dans la CSA	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste du matériel de qualification	10
Tableau 2 : Identification des éléments constitutifs du setup de qualification	11
Tableau 3 : Résumé des résultats des essais de qualification.....	13
Tableau 4 : Liste des appareils spécifiques à l'essai caractérisation avant qualification	14
Tableau 5 : Liste des appareils utilisés pour l'essai brouillard salin	20
Tableau 6 : Chronologie de la campagne d'essai brouillard salin	21
Tableau 7 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 1	22
Tableau 8 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 1	22
Tableau 9 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 2	23
Tableau 10 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 2	23
Tableau 11 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 3	26
Tableau 12 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 3	26
Tableau 13 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 4	28
Tableau 14 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 4	29
Tableau 15 : Liste des équipements utilisés pour l'essai température chaude	31
Tableau 16 : Résultats des VBF de l'essai température chaude	32
Tableau 17 : Liste des équipements utilisés pour l'essai humidité.....	34
Tableau 18 : Résultats des VBF de l'essai température chaude	35
Tableau 19 : Descriptif des phases de l'essai d'étanchéité	36
Tableau 20 : Liste des équipements utilisés pour l'essai étanchéité.....	37
Tableau 21 : Résultats des VBF de l'essai étanchéité.....	38
Tableau 22 : Liste des équipements utilisés pour l'essai altitude.....	40
Tableau 23 : Résultats des VBF de l'essai altitude.....	42
Tableau 24 : Liste des équipements utilisés pour l'essai température de stockage froid	44
Tableau 25 : Résultats des VBF de l'essai température de stockage froid	46
Tableau 26 : Liste des équipements utilisés pour.....	48
Tableau 27 : Résultats des VBF de l'essai température de fonctionnement froid	49
Tableau 28 : Liste des équipements spécifiques à l'essai givrage.....	51
Tableau 29 : Résultats des VBF de l'essai givrage	55
Tableau 30 : Liste des équipements spécifiques à l'essai chocs thermiques.....	59
Tableau 31 : Résultats des VBF de l'essai chocs thermiques	61
Tableau 32 : Résultats des tests fonctionnels des patches chauffants	64
Tableau 33 : Liste des équipements spécifiques à l'essai vibrations	69
Tableau 34 : Statut des essais vibratoires pour chaque axe	70
Tableau 35 : Statut des essais chocs pour chaque axe.....	72
Tableau 36 : Résultats des tests fonctionnels des patches chauffants	73
Tableau 37 : Liste des appareils spécifiques à l'essai décharges électrostatiques	75
Tableau 38 : Séquençage de l'essai ESD	76
Tableau 39 : Résultats des VBF de l'essai décharges électrostatiques.....	76
Tableau 40 : Liste des appareils spécifiques à l'essai caractérisation après qualification.....	77

LISTE DES ACRONYMES

Acronyme	Signification
BB	Bande Basse
BBH	Bande Basse Horizontale
BBV	Bande Basse verticale
BH	Bande Haute
CSA	Chambre Semi-Anéchoïque
CEM	Compatibilité Electromagnétique
CPW	CoPlanar Waveguide
DA	Document Applicable
DAS	Document Associé
DR	Document de Référence
ESD	ElectroStatic Discharge
HR	Humidité Relative
IQ	In-Phase Quadrature
PCB	Printed Circuit Board
pH	Potentiel Hydrogène
RA	Réseau Antennaire
RAS	Rien A Signaler
RF	Radio Fréquence
SIG	Signal
STB	Spécification Technique de Besoin
VBF	Vérification de Bon Fonctionnement
VNA	Vector Network Analyser
VRT	Variation Rapide de Température

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA
			Affaire : NAF2000035
	Réseau Antennaire		Version : A
			Révision : 2 Page : 7/172

1 **OBJET DU DOCUMENT**

Le but de ce document est de donner les résultats des essais de qualification environnementale (climatique, mécanique et décharges électrostatiques) appliqués au réseau antennaire (RA).

2 **IDENTIFICATION**

2.1 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [DR01] : DP071315STB001, ind 02 – 29/01/2020 – « Spécification technique de besoin RESEAU ANTENNAIRE »
- [DR02] : DP071315NTE003, ind 00 – 26/10/2020 – “Vérification de Bon Fonctionnement (VBF) du Réseau Antennaire (RA FlasHawk (FH))”

2.2 DOCUMENTS APPLICABLES

- [DA01] : DO-160F, Juin 2007 – « Environmental Conditions and test Procedures for Airborne Equipment »
- [DA02] : EN61000-4-2, Juin 2009 – « Compatibilité Electromagnétique (CEM) – Partie 4-2 : techniques d’essai et de mesure – Essai d’immunité aux décharges électrostatiques »

2.3 DOCUMENTS ASSOCIÉS

- [DAS01] : 00039337AA, version B.3 – « Plan de qualification environnementale », 09/2021
- [DAS02] : 00042467AA – « Procédure VBF du réseau antennaire »
- [DAS03] : 00044967AA .A.2 – « Procédure de tests des chemins BB et BH pour le brouillard salin », 29/10/22
- [DAS04] : RCL-ADEESS21C835NSE-01 v0 – « Rapport d’essais en environnement climatique », ADETESTS, 02/06/22
- [DAS05] : P222194 – Document DEC/1 – « Rapport d’essais, chocs thermiques », LNE, 24/06/22
- [DAS06] : P222194 – Document DEC/2 – « Rapport d’essai, essais de vibrations et de chocs sur un réseau antennaire », LNE, 08/07/22

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA	
			Affaire : NAF2000035	
	Réseau Antennaire		Version : A	Révision : 2
			Page : 8/172	

2.4 MATERIEL EN ESSAI

L'équipement sous test est un réseau antennaire (RA) embarqué dans un avion. Il s'agit de plusieurs antennes de réception large bande utilisées pour de la goniométrie.

Réseau Antennaire (RA)		
Masse	14,168kg	
Dimensions	H = 400mm Ø = 800mm	
Alimentation	+12V _{DC}	
Consommation	33,8W	

Figure 1 : principales caractéristiques du réseau antennaire (RA)

L'outillage mécanique (deux cerceaux parallèles et les colonnes verticales) permet de simuler le positionnement du réseau antennaire en configuration avion. Il permet de déplacer le RA sans le toucher. Cet outillage ne sera pas nécessaire pour tous les essais de qualification (précisé pour chaque essai).

3 CONFIGURATIONS DU MATERIEL

En fonction des essais de qualification, le RA peut être placé dans trois configurations :

- Configuration de stockage :

Le RA n'est pas alimenté. Les harnais de qualification ne sont connectés ni à l'équipement ni au banc de test. Les connecteurs d'interface avec l'extérieur sont fermés par des bouchons.

- Configuration non-opérationnelle :

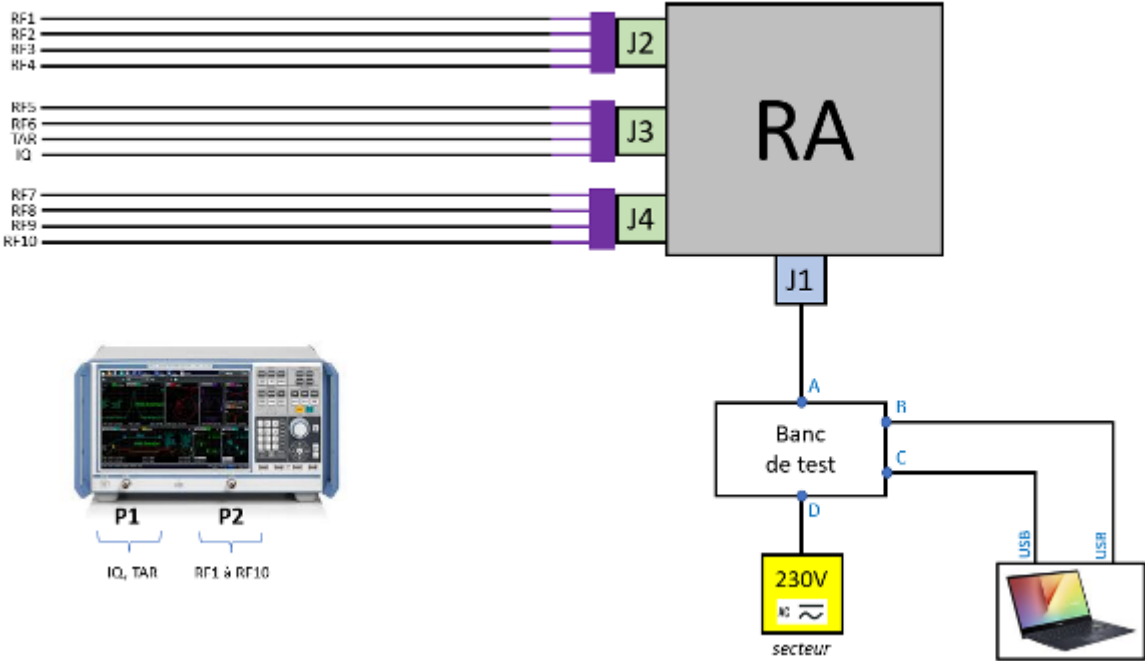
Le RA n'est pas alimenté. Les harnais de qualification sont connectés à l'équipement et au banc de test. Certaines parties du banc de test peuvent être fonctionnelles.

- Configuration opérationnelle :

Le RA est alimenté et fonctionne normalement.
Les harnais de qualification sont connectés à l'équipement et au banc de test.

4 SETUP DE QUALIFICATION

Le synoptique du setup de qualification est le suivant :



 Port d'alimentation et de communication	 Port « Interface » du banc de test
 Ports RF	 Port « USB type B » du banc de test
 Bretelles d'adaptation D38999 vers SMA	 Port « RS422/232 » du banc de test
 Cords de test SMA (3m)	 Port « secteur » du banc de test

Figure 2 : Synoptique du banc de test de qualification environnementale

Appareil/ Système	Référence	N° identification	Validité
RA de qualification	P/N : 00036317AA	S/N : 21A010	/
Banc de test	/	PN : 00042483AA	/
PC de test	DELL	NB03-6440-001	/
VNA	Keysight E5080A	135100	09/2022
Bretelles d'adaptation D38999 vers SMA	J2, J3, J4	00044932AA_A1 00044933AA_A1 00044934AA_A1	/
Cordons de test RF (3m)	Pasternack	00050925AA	/
Bretelle de test	J1	00047722AA/A	/

Tableau 1 : Liste du matériel de qualification

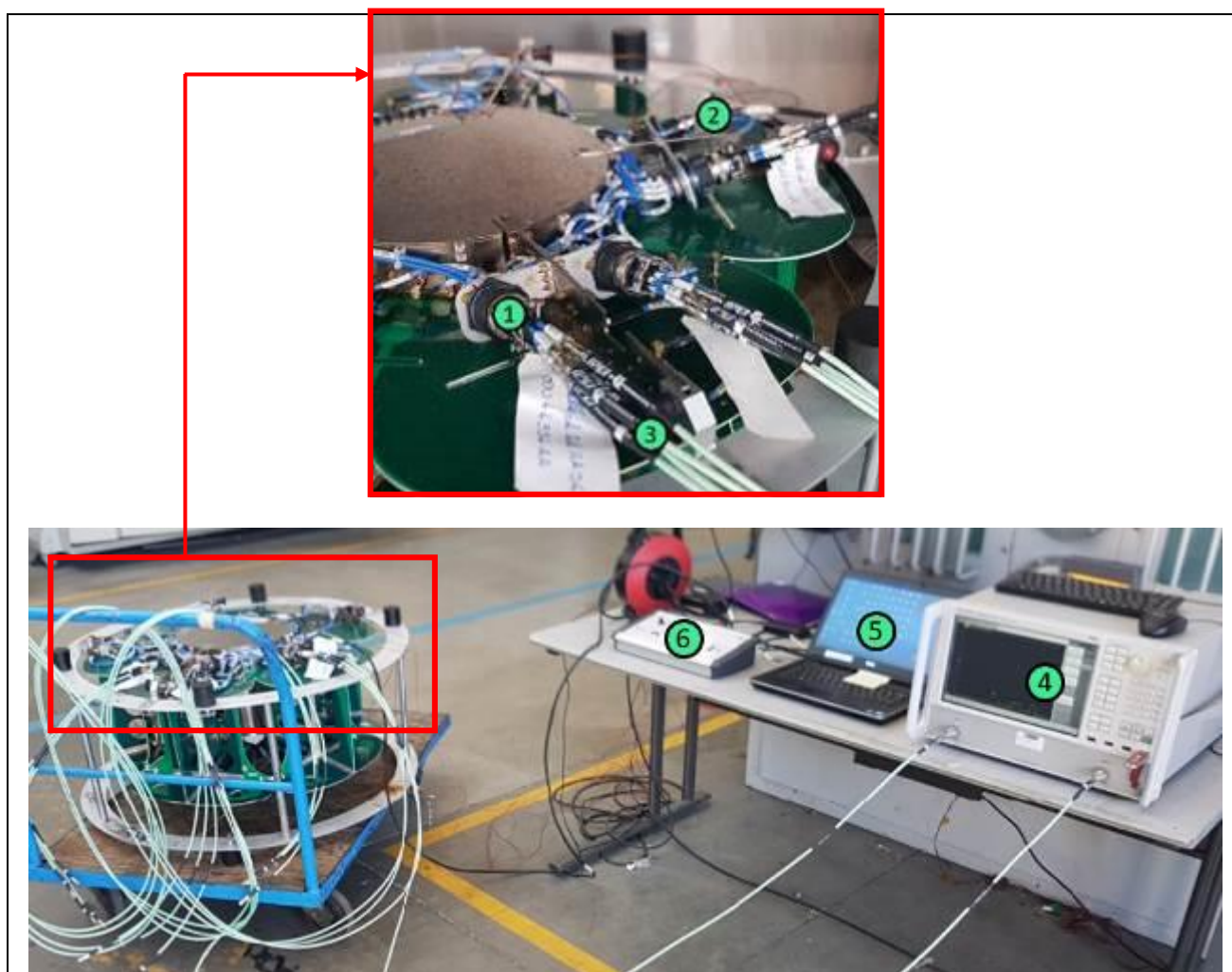


Figure 3 : Photographies du setup de qualification

Légende	Désignation
①	Bretelle d'adaptation D38999 vers SMA (X3)
②	Bretelle de test J1
③	Cordons de test RF SMA 3m (X12)
④	Analyseur de réseau vectoriel
⑤	PC de test
⑥	Banc de test

Tableau 2 : Identification des éléments constitutifs du setup de qualification

5 VERIFICATION DE BON FONCTIONNEMENT (VBF)

La procédure de vérification de bon fonctionnement (VBF) fait l'objet d'un document séparé [DAS02]. Elle détaille les tests et contrôles fonctionnels à effectuer avant, pendant et après les essais. Elle précise également les critères d'acceptation attendus.

6 ESSAIS APPLICABLES

Exigence	Essai de qualification	Normes associées	Date	Configuration	Statut	Faits techniques
/	Caractérisation avant qualification (VBF1)	/	01/04/22 04/04/22	Opérationnel	OK	Pas de patch chauffant Voie RF4 KO en BH (connu de tous)
ENV_10	Brouillard salin	DO-160-F, section 14	14/06/21 18/06/21	Echantillons	OK	Campagne N°1 (ech 3, 4, 5, 6) → RAS
			01/11/21 05/11/21		FAIL	Campagne N°2 (ech 1, 2) → OK sur ech 2, FAIL sur ech 1
			24/01/22 28/01/22		FAIL	Campagne N°3 → OK sur liaison SMP FAIL sur antenne BH bis
			21/03/22 25/03/22		OK	Campagne N°4 → OK sur antenne BH b
ENV_3	Température de fonctionnement chaud	DO-160F, section 4	05/04/22	Non-opérationnel/ Opérationnel	OK	Pas de patch chauffant
ENV_7	Humidité	DO-160-F, section 6	08/04/22 11/04/22	Stockage	OK	Pas de patch chauffant
ENV_6	Etanchéité	DO-160-F, section 10	12/04/22	Stockage/ Opérationnel	OK	Pas de patch chauffant
ENV_1	Altitude de vol	DO-160F, section 4	03/05/22	Opérationnel	OK	Patches chauffants montés
ENV_3	Température de stockage froid	DO-160F, section 4	18/05/22	Stockage	OK	Patches chauffants montés
ENV_2	Température de fonctionnement froid	DO-160F, section 4	18/05/22	Opérationnel	OK	Patches chauffants montés
ENV_11	Givrage	DO-160-F, section 24	16/05/22 17/05/22	Non-opérationnel/ Opérationnel	OK	Protocole expérimental modifié pour que le givre puisse se développer. Utilisation de deux enceintes (une à -55°C et l'autre à 30°C)

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA	
			Affaire : NAF2000035	
	Réseau Antennaire		Version : A	Révision : 2
			Page : 13/172	

Exigence	Essai de qualification	Normes associées	Date	Configuration	Statut	Faits techniques
ENV_5	Chocs thermiques	DO-160-F, section 5	31/05/22 01/06/22	Non-opérationnel/ Opérationnel	OK	Patchs chauffants montés
ENV_8	Vibrations	DO-160-F, section 8	20/06/22 22/06/22	Opérationnel	OK	Patchs chauffants robustifiés
ENV_9	Chocs	DO-160-F, section 7	20/06/22 22/06/22	Opérationnel	OK	Patchs chauffants robustifiés
ENV_12	Décharges électrostatiques	EN 61000-4-2	13/06/22	Opérationnel	OK	/
/	Caractérisation après qualification (VBF1)	/	24/06/22	Opérationnel	OK	Bons résultats en tarage Reproductibilité moyenne en réflexion Pas de divergence anormale observée

Tableau 3 : Résumé des résultats des essais de qualification

7 **CARACTERISATION AVANT QUALIFICATION (VBF1)**

7.1 **CONDITIONS**

La caractérisation complète du RA avant qualification a été déroulée suivant les exigences de la procédure de VBF du RA [DAS01] ainsi que du plan de qualification environnementale [DAS02].

Les mesures ont été effectuées les 01/04/2022 et 04/04/2022 au sein du laboratoire CEM de NSE.

La liste des appareils spécifiques à cet essai (complémentaire à celle du Tableau 1) est donnée au Tableau 4 :

N°Identification	Désignation	Type	Validité
91148	Chambre semi-anéchoïque	SIEPEL	07/2022

Tableau 4 : Liste des appareils spécifiques à l'essai caractérisation avant qualification



Figure 4 : Photographie du RA dans la CSA

Les mesures sont effectuées en chambre semi-anéchoïque (CSA), pour être isolé de l'environnement électromagnétique proche (téléphonie, WiFi, Bluetooth ...) et ainsi obtenir des mesures les plus propres possibles.

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA	
			Affaire : NAF2000035	
	Réseau Antennaire		Version : A	Révision : 2
			Page : 15/172	

7.2 CONFIGURATION DE L'ÉQUIPEMENT

Pendant la caractérisation avant qualification (VBF1), le RA est en configuration opérationnelle.

7.3 RÉSULTATS D'ESSAI

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de la caractérisation avant qualification (VBF1) sont disponibles dans le fichier Excel [« VB1 avant qualif.xlsx »](#)

7.4 SANCTION

Aucune sanction n'est applicable à cette phase préliminaire à la qualification environnementale du RA ; cette caractérisation avant essais constituant une « mesure de référence » (performances RF générales, évaluation de l'inclinomètre, de la cryptographie et du capteur de température).

➤ **N.A.**

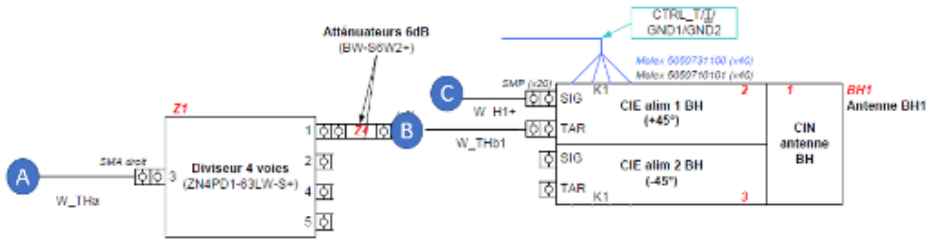
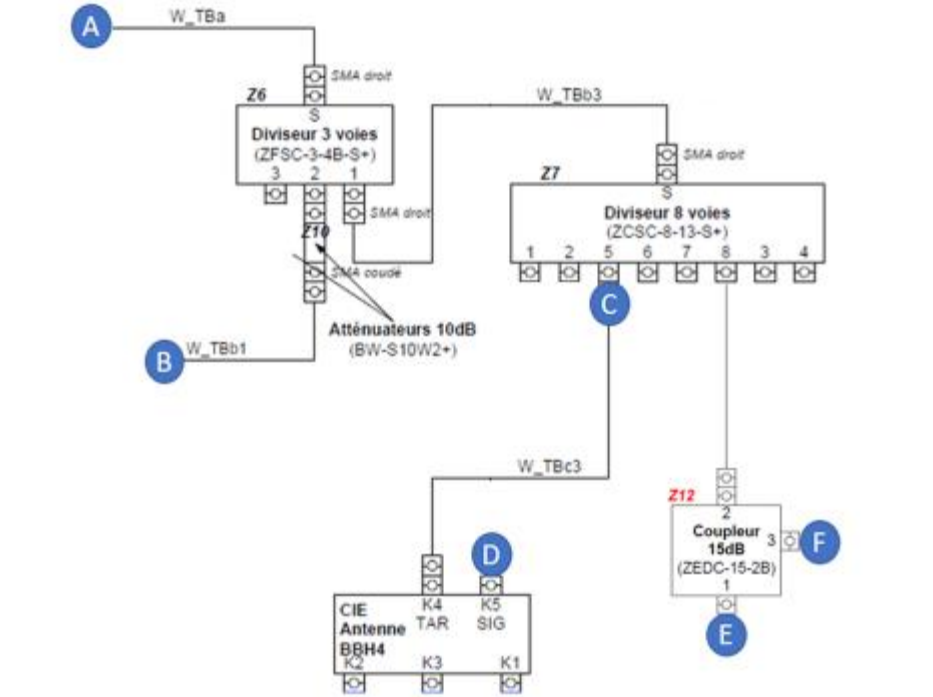
8 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE

8.1 [ENV-10] BROUILLARD SALIN

8.1.1 Conditions

Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 14)
- Catégorie : S (atmosphère corrosive)
- Température de la zone d'exposition : +35°C
- Nombre de cycles : 2 (un cycle = 24h pulvérisation + 24h séchage)
- Caractéristiques de la solution saline :
 - < 0,1% d'iode et < 0,5% d'impuretés
 - 6,5 < pH < 7,2
- Applicabilité : L'essai est mené sur les six échantillons suivants :

N°	Dénomination	Schématique
1	Chemin BH	
2	Chemin BB	

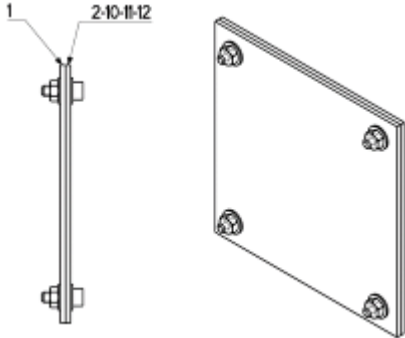
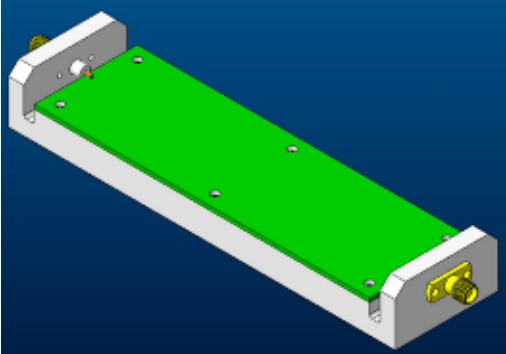
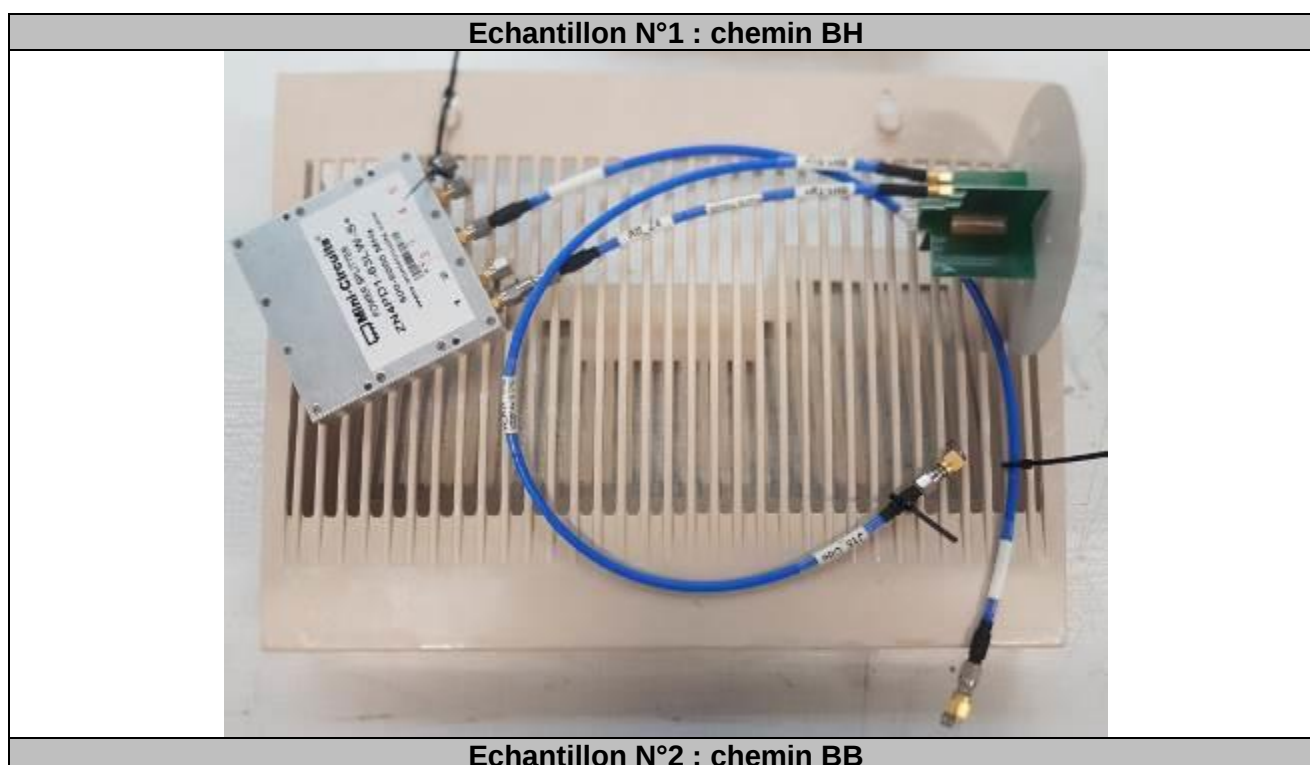
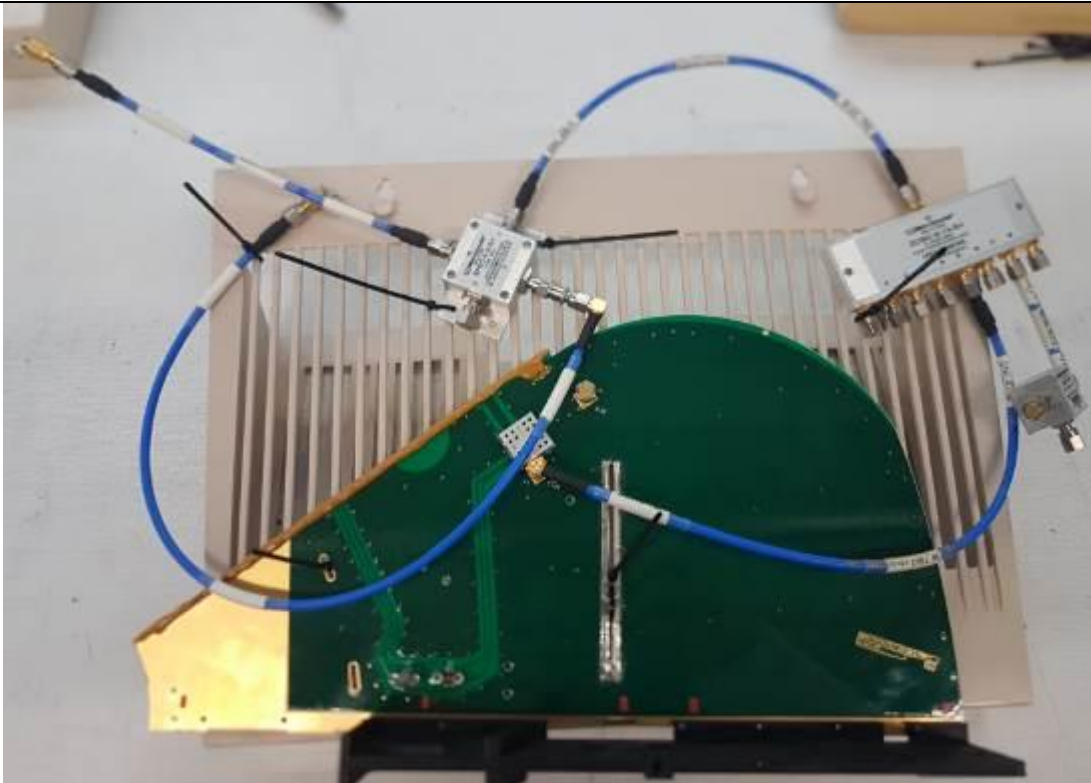
N°	Dénomination	Schématique
3	Pièce mécanique	 Plaquette Alu Nickelage + Plaquette Alu Surtec + Visserie INOX
4	Carte communication et interface	 Carte test ligne CPW 50 Ohms (largeur 2mm, gap 0.45mm), PCB FR4 (130x40x1.6mm, Er = 4.2).
5	sonde PT100	Sonde PROSENSOR SPPO PFA 2M -200°C
6	connecteur carte à carte	SAMTEC HMTSW10708GD250 et SSW10702GD

Figure 5 : Echantillons retenus pour l'essai brouillard salin





Echantillon N°3 : pièce mécanique



Echantillon N°4 : carte communication & interface





Figure 6 : Photographies des six échantillons assemblés

N° identification	Désignation	Type	Validité
3091	Enceinte brouillard salin	Le matériel physico-chimique	/
E73-3084	pH-mètre	Hannah Instruments Modèle 98127	/
180	Thermomètre	FLUKE 51K/J	01/2023
E73-2982	Sonde de température	FLUKE	06/2022
D21-3060	Balance de précision	Precia Molen	/
/	Chlorure de Sodium	VWR CHEMICALS	/
/	Solution tampon pH = 7.01	Hannah Instruments HI7007/1L	11/2025
/	Solution de stockage	Hannah Instruments HI70300L	05/2025

Tableau 5 : Liste des appareils utilisés pour l'essai brouillard salin



Figure 7 : Photographies de l'essai brouillard salin

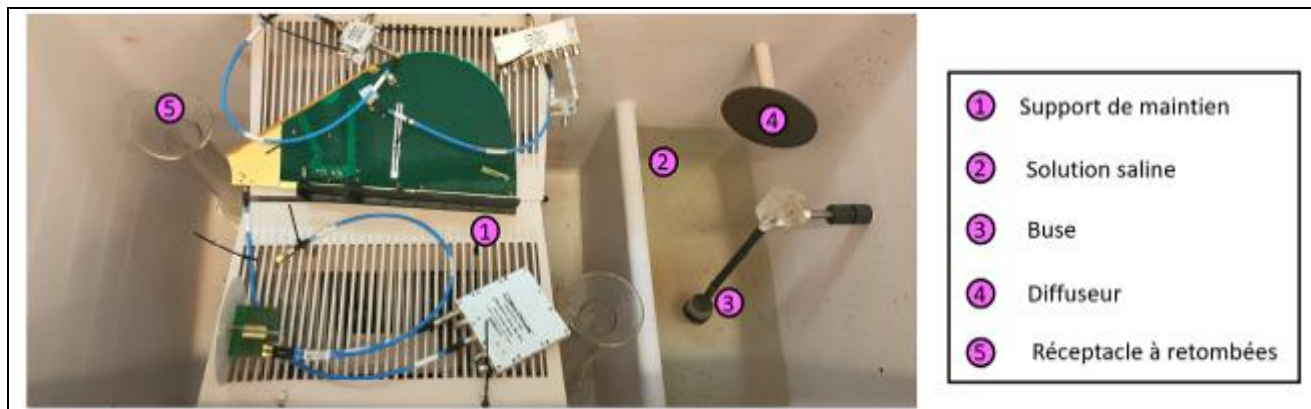


Figure 8 : Principaux éléments du setup brouillard salin

8.1.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- L'essai brouillard salin étant réalisé sur des échantillons représentatifs des parties exposées, aucun mode de fonctionnement propre au système RA n'est applicable.
- Les contrôles fonctionnels associés à chaque échantillon sont détaillés dans le paragraphe correspondant du plan de qualification [DAS01, §10.1.4].
- Les échantillons 1 et 2 (chemins BH et BB) étant plus complexes, une procédure de vérification fonctionnelle dédiée a été créée [DAS03].

8.1.3 Résultats d'essai

L'essai brouillard salin s'est déroulé dans le laboratoire climatique de NSE.
La campagne brouillard salin s'est déroulée en plusieurs sessions (voir Tableau 6).

Session	Dates	Tests effectués	Statut
1	S24 (2021)	Echantillons 3, 4, 5 et 6	OK
2	S44 (2021)	Echantillons 1 et 2	NOK
3	S04 (2022)	Antenne BH + liaison SMP	NOK
4	S12 (2022)	Antenne BH avec potting sur connecteurs SMP	OK

Tableau 6 : Chronologie de la campagne d'essai brouillard salin

Les paragraphes suivants présentent les résultats de chacune des sessions.

8.1.3.1 Session 1 : échantillons 3, 4, 5 et 6

La session 1 a eu lieu du 14 au 18 Juin 2021. Les échantillons 3, 4, 5 et 6 ont été testés simultanément :



Figure 9 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 1

La chronologie de la session 1 est donnée dans le Tableau 7 :

Dates	Phases de l'essai	Paramètres physico-chimiques		
		Température (°C)	pH	Retombées
14/06/21	Cycle #1 - pulvérisation	35,1	7,2	/
15/06/21	Cycle #1 - séchage	24	/	0,69
16/06/21	Cycle #2 - pulvérisation	35,1	7,0	/
17/06/21	Cycle #2 - séchage	26,4	6,9	0,68
18/06/21	Fin d'essai	/	/	/

Tableau 7 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 1

Les photographies et courbes de mesure avant/après essai sont données en Annexe 1.

Les verdicts finaux de la session 1 sont exposés au Tableau 8 :

Echantillon	Résultats des contrôles	
	Visuels	Fonctionnels
3	OK	OK
4	OK	OK
5	OK	OK
6	OK	OK

Tableau 8 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 1

8.1.3.2 Session 2 : échantillons 1 et 2

La session 2 a eu lieu du 01 au 05 Novembre 2021. Les échantillons 1 et 2 ont été testés simultanément :



Figure 10 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 2

La chronologie de la session 2 est donnée dans le Tableau 9 :

Dates	Phases de l'essai	Paramètres physico-chimiques		
		Température (°C)	pH	Retombées
01/11/21	Cycle #1 - pulvérisation	35.6	7.1	/
02/11/21	Cycle #1 - séchage	36.3	/	0.62
03/11/21	Cycle #2 - pulvérisation	35.4	7.1	/
04/11/21	Cycle #2 - séchage	36.1	6.7	0.58
05/11/21	Fin d'essai	/	/	/

Tableau 9 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 2

Les photographies et courbes de mesure avant/après essai sont données en Annexe 1.

Les verdicts finaux de la session 2 sont exposés au Tableau 10 :

Echantillon	Résultats des contrôles	
	Visuels	Fonctionnels
1	Connecteur SMP bord de carte décollé du PCB (casse mécanique non liée au brouillard salin)*	NOK
2	Traces d'oxydation extérieure au niveau des bouchons/charges SMA ne remettant pas en cause leur intégrité	OK

Tableau 10 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 2

**Il y avait semble-t-il une fragilité d'origine au niveau des connecteurs SMP bord de carte, qui sont très sensibles aux contraintes mécaniques. D'autres cartes BH furent découvertes présentant le même défaut de fabrication, ce qui a fait l'objet d'une réclamation auprès du fournisseur.*

Les résultats divergents des mesures RF ont conduit à des investigations (sessions 3 et 4) sur l'échantillon 1. Après avoir testé chaque élément constituant l'échantillon 1, il s'est avéré que :

- le diviseur 4 voies fonctionne correctement,
- le cordon W_THa en terminaisons SMA des deux côtés fonctionne correctement,
- le connecteur SMP 'SIG' de bord de carte s'est décollé du PCB, pouvant engendrer de mauvaises mesures comme le montre la Figure 11 (par ailleurs oxydé par du dépôt de sel)
- le connecteur SMP du cordon s'insérant dans ce connecteur présente lui aussi des traces d'oxydation.

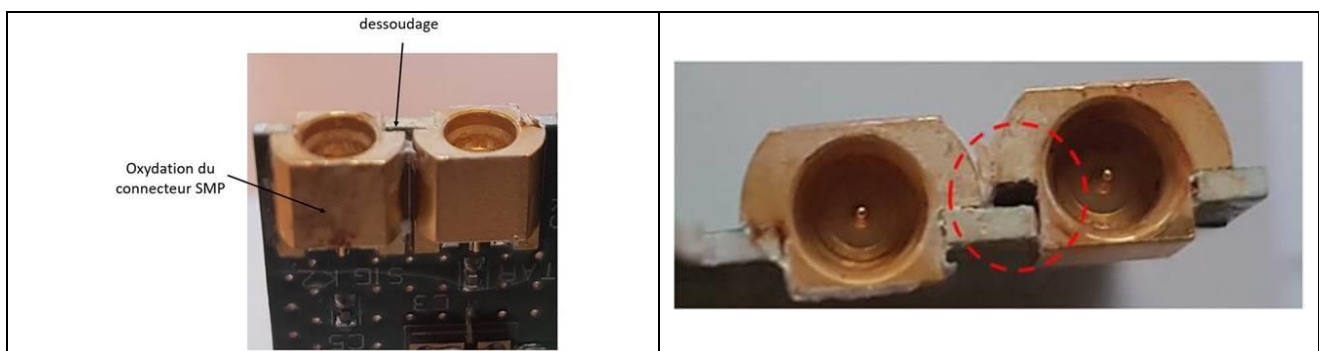


Figure 11 : Connecteur SMP 'SIG' décollé de la carte BH

8.1.3.3 Session 3 : antenne BH et liaison SMP

Les mesures divergentes obtenues sur l'échantillon 1 (suite à la session 2) ont donné lieu à une première session d'investigation (dite « session 3 »), qui a eu lieu du 24 au 28 Janvier 2022.

Les suspicions portant à la fois sur les connecteurs SMP des cordons de test ainsi que ceux en bord de carte de l'antenne BH, deux échantillons ont été soumis au brouillard salin :

- ✓ Le premier constitué d'un assemblage de deux cordons RF à terminaisons SMA (pour raccordement au VNA) et SMP mâle et femelle (pour évaluer la robustesse de la liaison SMP). Les deux cordons ont une longueur de 17,5cm ; respectivement de type x85 et x86 avec des connecteurs SMP en finition « limited detent » :

Straight Plug, solder Panel mount; hexagonal flange						Semi-Rigid Cables	
Rosenberger No.	Order No.	Sales Unit	Packaging	Remarks	Cable Group		
19 S 601-271 L5	179837	100	standard	Limited detent rear mount	71		
19 S 641-271 L5	108028	100	standard	Smooth bore rear mount	71		

Figure 12 : Extrait du catalogue Rosenberger

- ✓ Le second composé d'une autre antenne BH, de deux autres cordons de test SMA/SMP (identiques à ceux de l'échantillon 1 d'origine) ainsi que des fils de commande soudés/vernissés pour raccordement au banc de test. Cet échantillon permet de vérifier l'impact de l'arrachage du connecteur sur la carte lors de la session 2.

- ✓ Une photographie des deux échantillons est donnée à la Figure 13 :



Figure 13 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 3

La chronologie de la session 3 est donnée dans le Tableau 11 :

Dates	Phases de l'essai	Paramètres physico-chimiques		
		T moy (°C)	pH	Retombées
24/01/22	Cycle #1 - pulvérisation	36	7,0	/
25/01/22	Cycle #1 - séchage	37,5	7,1	0,58
26/01/22	Cycle #2 - pulvérisation	37	6,9	/
27/01/22	Cycle #2 - séchage	38	6,3	0,6
28/01/22	Fin d'essai	/	/	/

Tableau 11 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 3

Les verdicts finaux de la session 3 sont exposés au Tableau 12 :

Echantillon	Résultats des contrôles	
	Visuels	Fonctionnels
Liaison SMP (m) / (f)	Jonction SMP intacte Dépôt grisâtre au niveau de la dorure extérieure du connecteur SMP	Mesures RF cohérentes
Antenne BH (bis)	Bonne protection du vernis / gel Oxydation sur les parties extérieures des SMP de la carte Légère pénétration de sel à l'intérieur Détérioration inhomogène des cordons de test SMP	Mesures RF incohérentes en gardant les deux cordons fixés à la carte BH pendant l'essai Mesures RF cohérentes en remplaçant l'un des deux cordons

Tableau 12 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 3

Les photographies et courbes de mesure avant/après essai sont données en Annexe 1.

La session 3 a mis en évidence que :

- La liaison SMP (m) / (f) a bien résisté au brouillard salin avec des performances RF peu altérées. Ceci tend à montrer que la tenue au brouillard salin des connecteurs SMP est très liée à leur finition et géométrie.
- La robustesse des cordons de test est très hétérogène et peu reproductible, ce qui rend les conclusions difficiles. La permutation des trois cordons SMP (f) a donné des résultats de mesures différents et a révélé une plus grande détérioration de celui placé en bord de carte au moment de l'essai.
- La dissection des trois cordons (gainnes thermo et bleue retirées) a révélé des traces noires ainsi que des décollements des couches de soudure au niveau du raccordement de la tresse de blindage avec le corps du connecteur SMP :



Figure 14 : Dissections des cordons de test SMP (session 3)

- Les cordons dénudés ont ensuite été nettoyés à l'alcool, au niveau des contacts internes et des traces noires. Le nettoyage aurait semble-t-il permis d'obtenir à nouveau des mesures RF cohérentes :

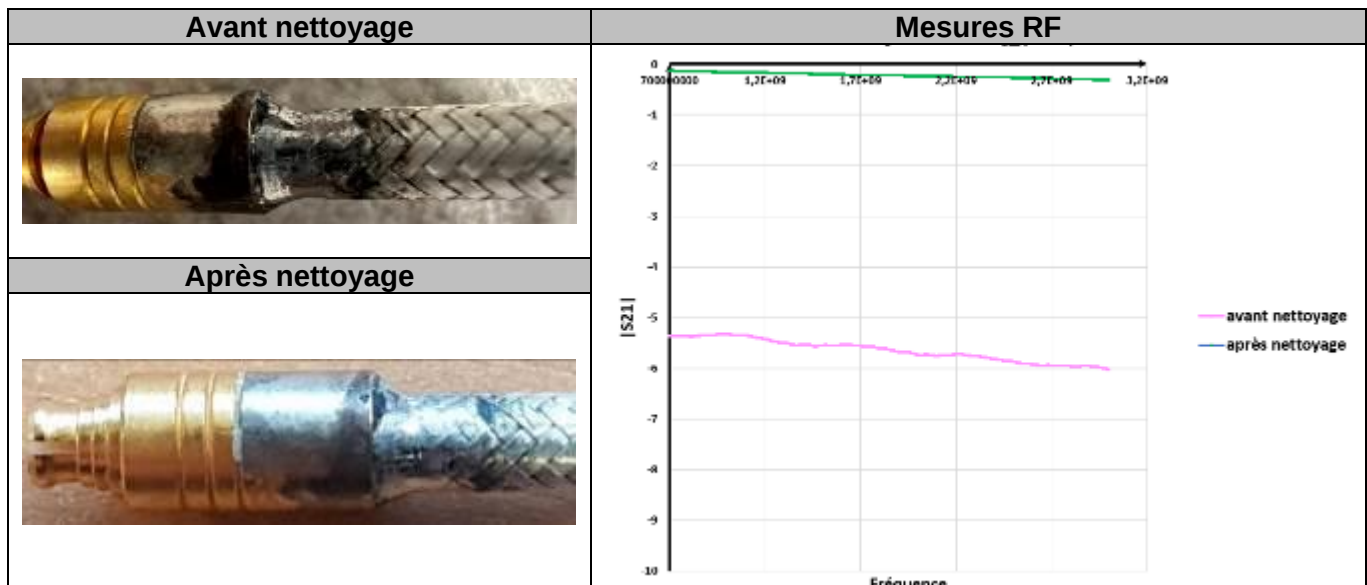


Figure 15 : Influence du nettoyage à l'alcool des cordons de test SMP (session 3)

- L'hypothèse privilégiée est que l'alcool aurait fait partir les traces de sel au niveau des bagues anti-rocking (car très dilué avec l'eau).
Même une fois clippé, le connecteur SMP présente du jeu mécanique une fois monté. En effet, il autorise un léger décentrage angulaire qui permet au brouillard salin de pénétrer dans la jonction et ainsi dégrader les performances RF.
- Un dernier essai brouillard salin (session 4) a été déroulé avec une solidification au niveau de la jonction entre les connecteurs SMP des cordons et de la carte BH.

8.1.3.4 Session 4 : antenne BH avec potting autour des connecteurs SMP

Cette dernière session (dite « session 4 ») a eu lieu du 21 Mars au 25 Mars 2022.

Elle a pour but de valider une solution de robustification, proposée au niveau des jonctions SMP des cordons RF et de la carte BH. L'idée consiste à créer un potting externe avec du Sikaflex afin de rendre plus étanches les points de jonction :

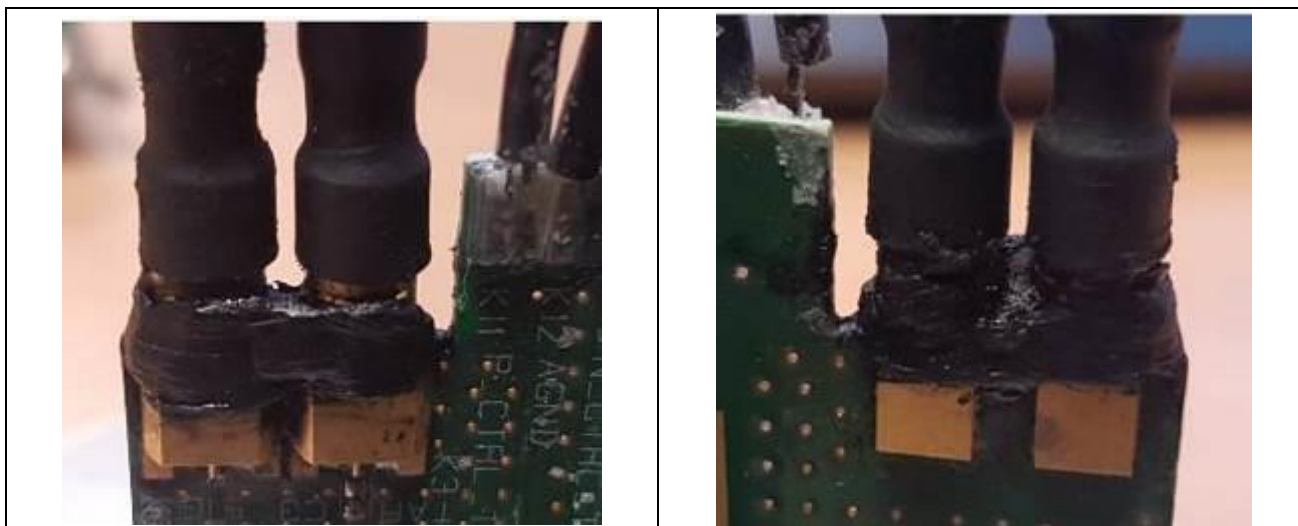


Figure 16 : Potting réalisé sur les connecteurs SMP

Une photographie des deux échantillons est donnée à la Figure 17 :



Figure 17 : Photographie de l'essai brouillard salin, session 4

La chronologie de la session 4 est donnée dans le Tableau 13 :

Dates	Phases de l'essai	Paramètres physico-chimiques		
		T moy (°C)	pH	Retombées
21/03/22	Cycle #1 - pulvérisation	37,7	6,9	/
22/03/22	Cycle #1 - séchage	37,8	6,7	0,6
23/03/22	Cycle #2 - pulvérisation	37,4	7,1	/
24/03/22	Cycle #2 - séchage	37,9	6,9	0,58
25/03/22	Fin d'essai	/	/	/

Tableau 13 : Chronologie de l'essai brouillard salin, session 4

Les photographies et courbes de mesure avant/après essai sont données en Annexe 1.

Les verdicts finaux de la session 4 sont exposés au Tableau 14 :

Echantillon	Résultats des contrôles	
	Visuels	Fonctionnels
Antenne BH avec potting	Dépôt de sel en surface Aucune dégradation physique constatée	Mesures RF nettement améliorées 3 mesures effectuées : 1- Directement après les 24h de séchage 2- Recalibration du VNA et serrage au couple des liaisons SMA 3- Idem 2 + nettoyage à l'alcool de l'intérieur des connecteurs SMA

Tableau 14 : Conclusion de l'essai brouillard salin, session 4

Le potting a permis d'améliorer considérablement l'étanchéité des liaisons SMP de la carte BH, d'abord au niveau physique en empêchant le dépôt salin dans les connecteurs ; et ensuite au niveau fonctionnel en permettant de conserver des performances RF acceptables :

- AVEC potting : environ 0,5 dB de pertes moyennes en transmission
- SANS potting : entre 5dB et 10dB de pertes moyennes en transmission

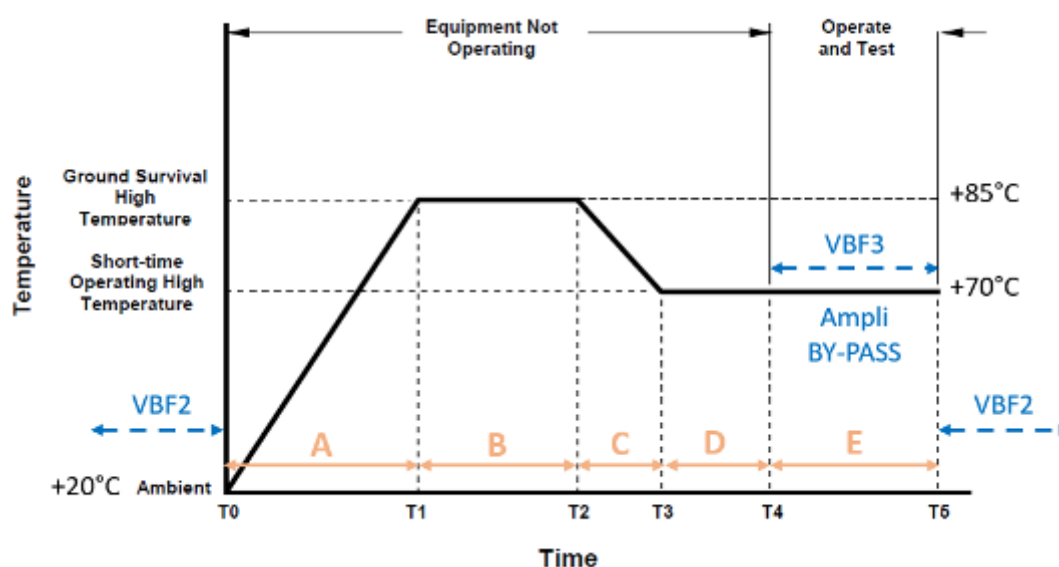
L'essai brouillard salin étant réalisé sur des échantillons représentatifs du RA global, la solution de potting sera implémentée sur les antennes de série.

8.2 [ENV-3] TEMPÉRATURE CHAUDE

8.2.1 Conditions

L'essai température chaude (fonctionnement et stockage) a été déroulé le 05/04/2022 dans le laboratoire climatique de NSE. Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 4)
- Catégorie : B4
- Profil de l'essai : Le profil *Ground survival high temperature and short-time operating high temperature* permet de couvrir les deux exigences température de fonctionnement (ENV_2) et de stockage chaud (ENV_3) de la STB dans un même essai :



Phases	Caractéristiques
A	Montée de température Pente = 2°C/min
B	Stabilisation thermique (20 min)+ 3h
C	Passage de 85°C à 70°C Pente = 2°C/min
D	Stabilisation à 70°C Durée = 30min (ou stabilisation équipement)
E	Contrôles fonctionnels à 70°C Durée = 30min minimum

Figure 18 : Profil de l'essai température de fonctionnement chaud

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : Trois thermocouples de mesure ont été déployés sur le RA comme précisé dans le plan de qualification.¹

¹ La boîte d'accueil n'étant pas accessible, seuls les trois thermocouples surfaciques ont été positionnés.

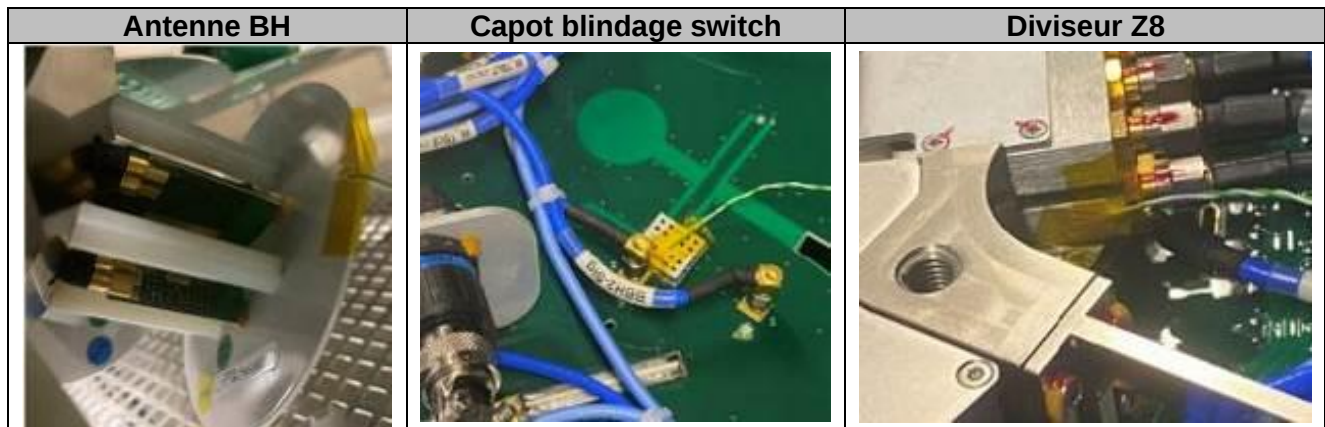


Figure 19 : Essai température chaude, emplacement des thermocouples

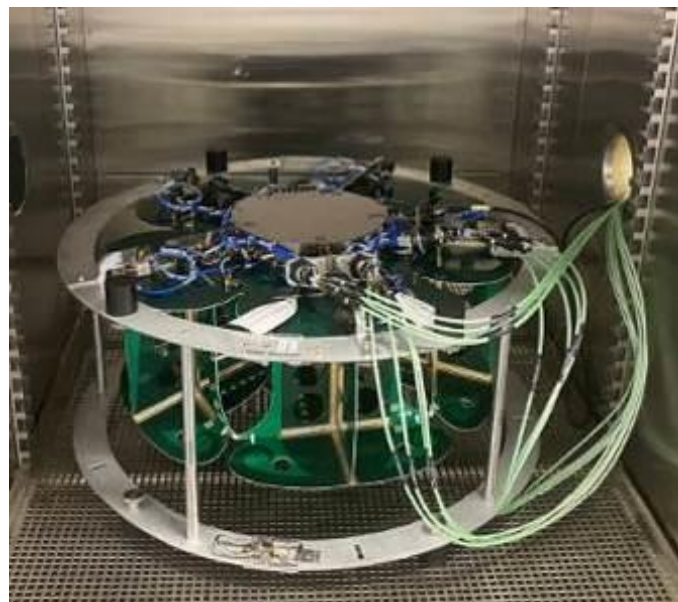


Figure 20 : Essai température chaude, positionnement du RA dans l'enceinte climatique

N° identification	Désignation	Type	Validité
3029	Enceinte climatique 4m ³	Climats 3780H40/15	31/07/22
2968	Centrale d'acquisition	HP 34970A, S/N : US37011300	01/09/22

Tableau 15 : Liste des équipements utilisés pour l'essai température chaude

8.2.2 Configuration de l'équipement

- Le RA est configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Le RA est en configuration non-opérationnelle (non alimenté mais connecté normalement à son banc de test), pendant les phases A, B, C et D de l'essai.
- Le RA passe ensuite en configuration opérationnelle pendant la phase E de l'essai.
- Les patchs chauffants n'étaient pas montés dans la boîte d'accueil.**

8.2.3 Résultats d'essai

Les relevés de température au niveau des trois thermocouples surfaciques sont présentés à la Figure 21 :

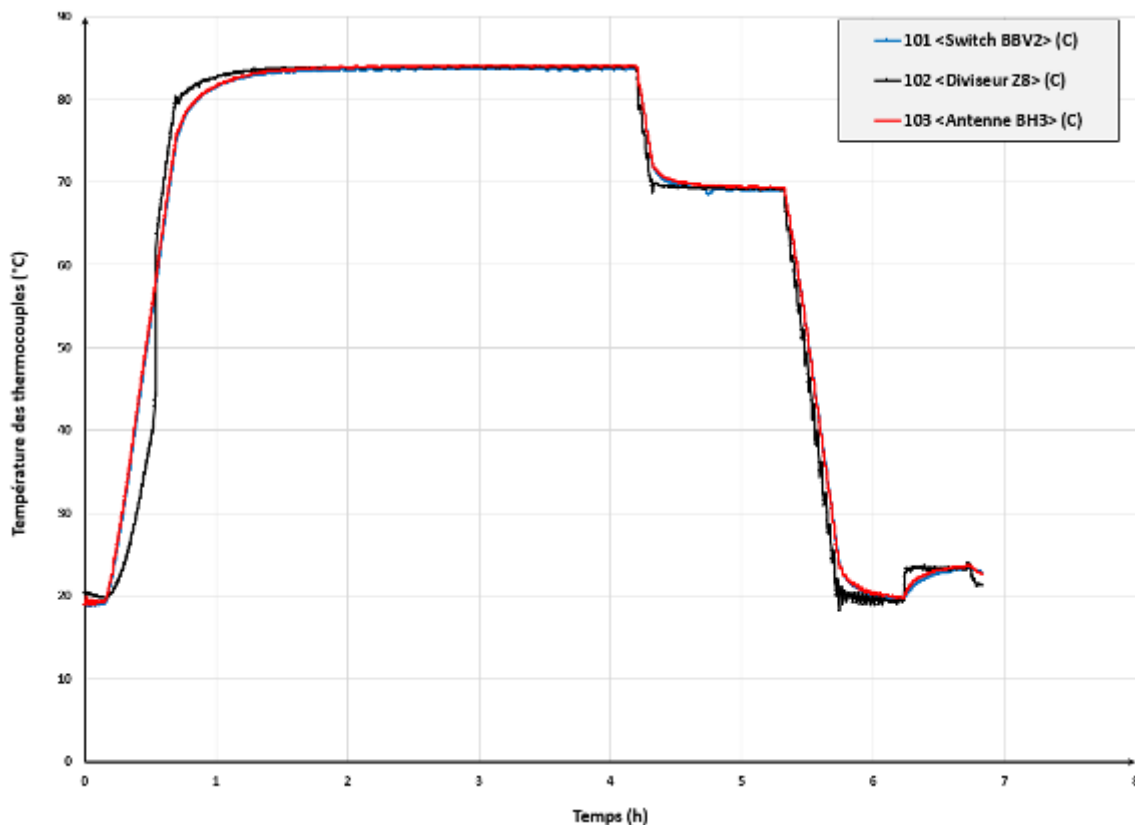


Figure 21 : Relevés des thermocouples, essai température chaude

Les statuts des différentes VBF de l'essai température chaude sont exposés au Tableau 16.

Les principaux résultats de la VBF3 lors du plateau E sont repris en Annexe 2.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai température chaude sont disponibles dans le fichier Excel [« T°C chaude_data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
Plateau E	+70°C pendant 30'	VBF 3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 16 : Résultats des VBF de l'essai température chaude

8.2.1 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai température chaude (fonctionnement et stockage), le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

8.3 [ENV-7] HUMIDITÉ

8.3.1 Conditions

L'essai humidité a été déroulé du 08/04/2022 au 11/04/2022 dans le laboratoire climatique de NSE. Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 6)
- Catégorie : A (environnement standard)
- Humidité relative minimale de l'atmosphère de test : $(85 \pm 4)\%$
- pH de l'eau à évaporer : $6,5 < \text{pH} < 7,5$
- résistivité de l'eau : $\rho > 250 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ sous 25°C
- nombre de cycles : 2
- profil de l'essai :

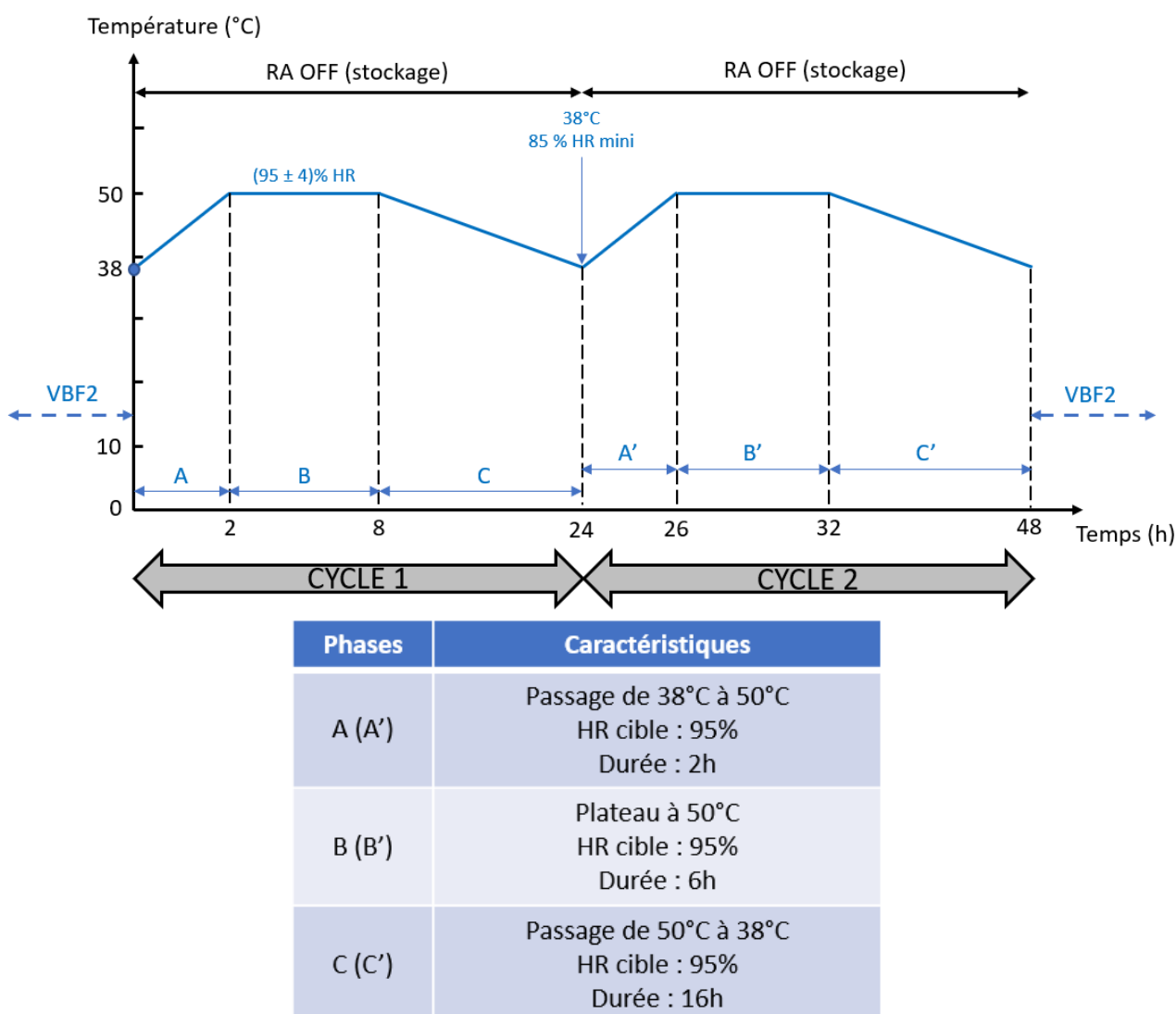


Figure 22 : Profil de l'essai d'humidité

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
3029	Enceinte climatique 4m³	Climats 3780H40/15	31/07/22
2968	Centrale d'acquisition	HP 34970A, S/N : US37011300	01/09/22

Tableau 17 : Liste des équipements utilisés pour l'essai humidité

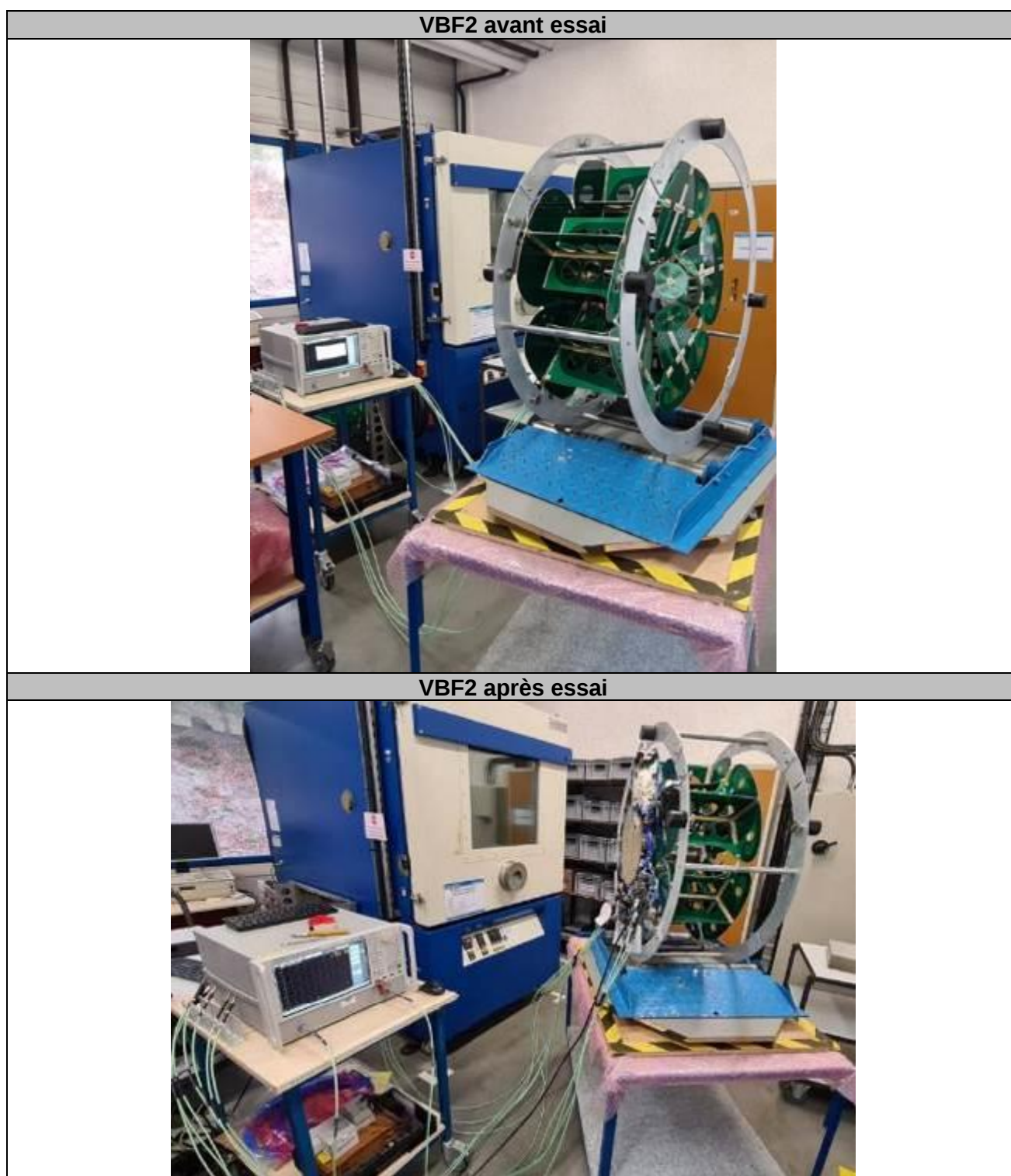


Figure 23 : Essai humidité, positionnement du RA lors des VBF2

8.3.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Pendant les deux cycles d'humidité (48h d'exposition), le RA est en configuration de stockage : il n'est pas alimenté, n'est pas relié à son banc de test, les bouchons sont placés sur les connecteurs.
- Les patches chauffants n'étaient pas montés dans la boîte d'accueil.**

8.3.3 Résultats d'essai

Les relevés de température au niveau des trois thermocouples surfaciques sont présentés à la Figure 24 :

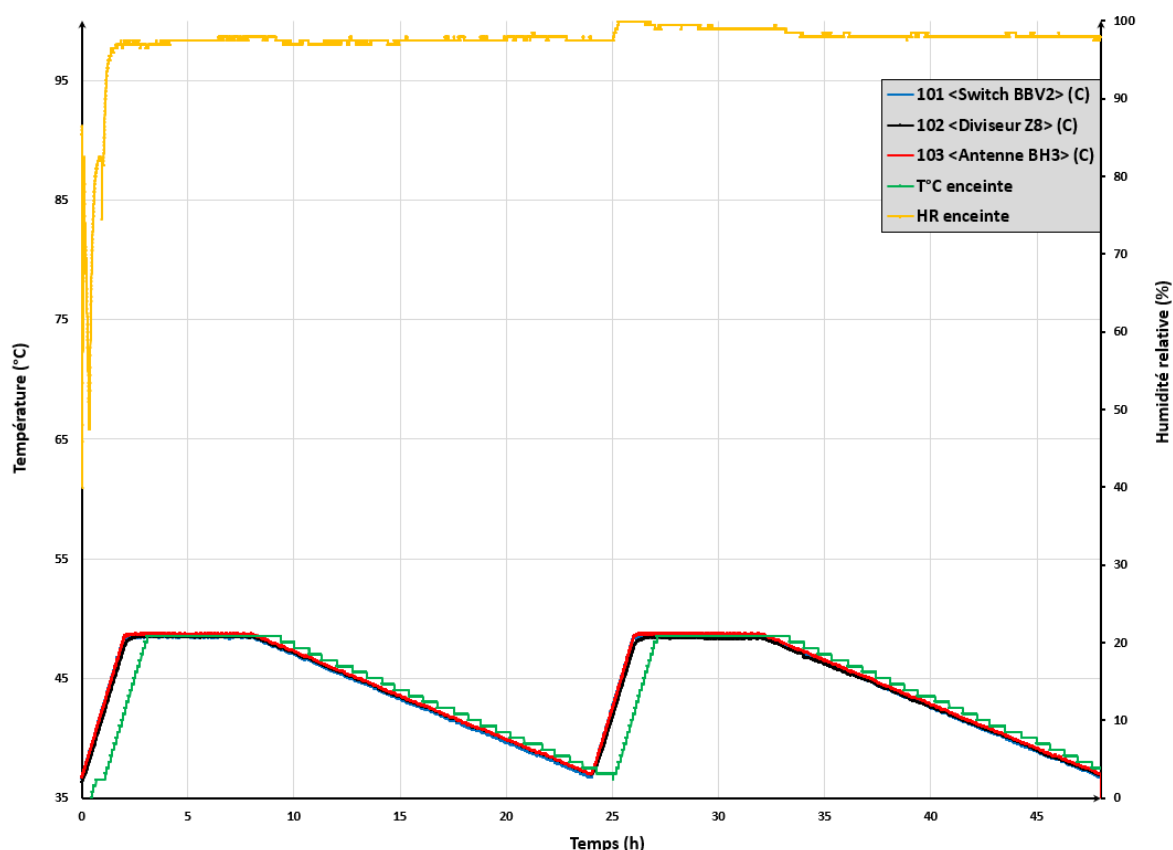


Figure 24 : Relevés des thermocouples, essai humidité

Les statuts des différentes VBF de l'essai humidité sont exposés au Tableau 18.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai température chaude sont disponibles dans le fichier Excel « [Humidité data.xlsx](#) ».

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 18 : Résultats des VBF de l'essai température chaude

8.3.4 Sanction

A l'issue de l'essai humidité, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

8.4 [ENV-6] ETANCHÉITÉ

8.4.1 Conditions

L'essai d'étanchéité a été déroulé le 12/04/2022 dans le laboratoire climatique de NSE.
Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 10)
- Catégorie : Y (test de résistance à la condensation)
- Profil et chronologie de l'essai :

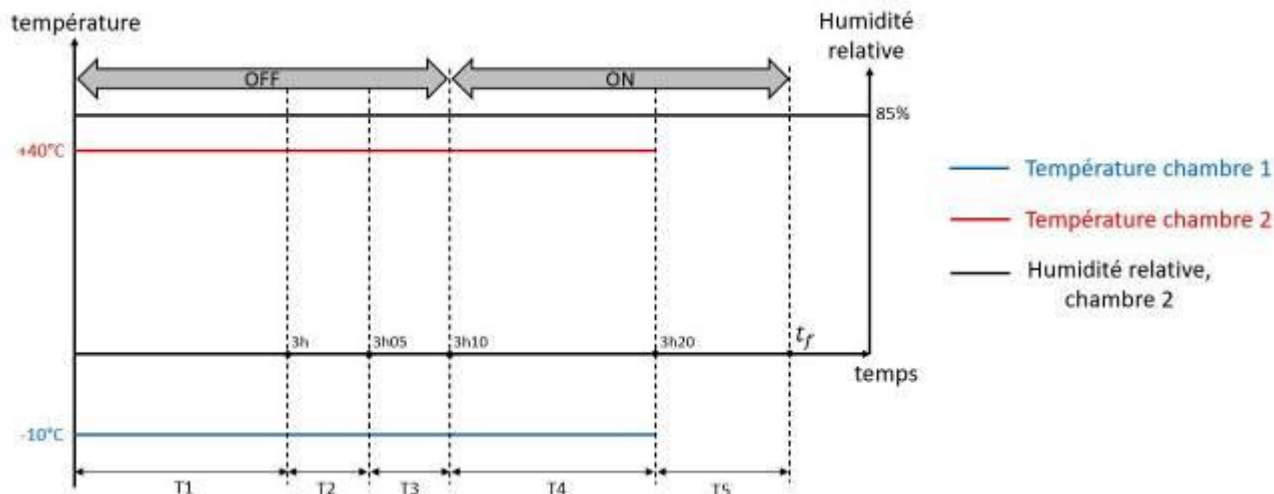


Figure 25 : Phases de l'essai d'étanchéité

Phases	Caractéristiques
T1	- RA dans la chambre 1 - Mode de fonctionnement : stockage - Stabilisation thermique de 3h
T2	- Passage du RA de la chambre 1 à la chambre 2 - Mode de fonctionnement : stockage
T3	- Temps de montage dans la chambre 2 - Mode de fonctionnement : stockage
T4	- RA dans la chambre 2 - Mode de fonctionnement : opérationnel (10 minutes)
T5	- Temps de VBF - Mode de fonctionnement : opérationnel

Tableau 19 : Descriptif des phases de l'essai d'étanchéité

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
3002	Enceinte climatique 1m ³	Servathin FC1000	31/07/22
3029	Enceinte climatique 4m ³	Climats 3780H40/15	31/07/22
2968	Centrale d'acquisition	HP 34970A, S/N : US37011300	01/09/22

Tableau 20 : Liste des équipements utilisés pour l'essai étanchéité

8.4.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Dans la chambre 1 à -10°C, le RA est en configuration de stockage.
- Lors de son transfert de la chambre 1 (-10°C) à la chambre 2 (40°C), il reste également en configuration de stockage.
- Une fois le RA installé dans la chambre 2, le setup de qualification est remonté et le RA est placé en configuration opérationnelle.
- **Les patches chauffants n'étaient pas montés dans la boîte d'accueil.**

8.4.3 Résultats d'essai

Les relevés de température au niveau des trois thermocouples surfaciques sont présentés à la Figure 26 :

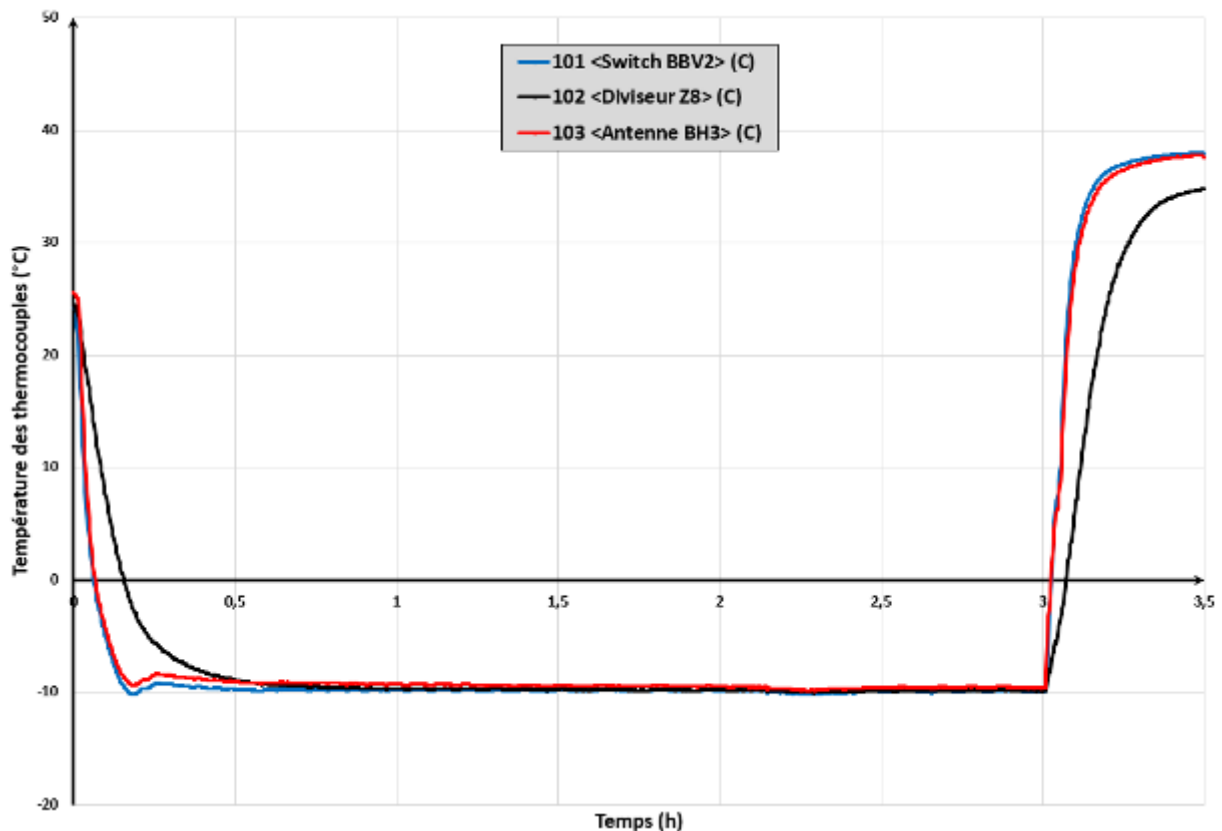


Figure 26 : Relevés des thermocouples, essai étanchéité

Les statuts des différentes VBF de l'essai étanchéité sont exposés au Tableau 21.

Les principaux résultats de la VBF3 à 40°C en fin d'essai sont repris en Annexe 3.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai étanchéité sont disponibles dans le fichier Excel [« Etanchéité data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
PENDANT	A 40°C	VBF3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 21 : Résultats des VBF de l'essai étanchéité

8.4.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai étanchéité, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

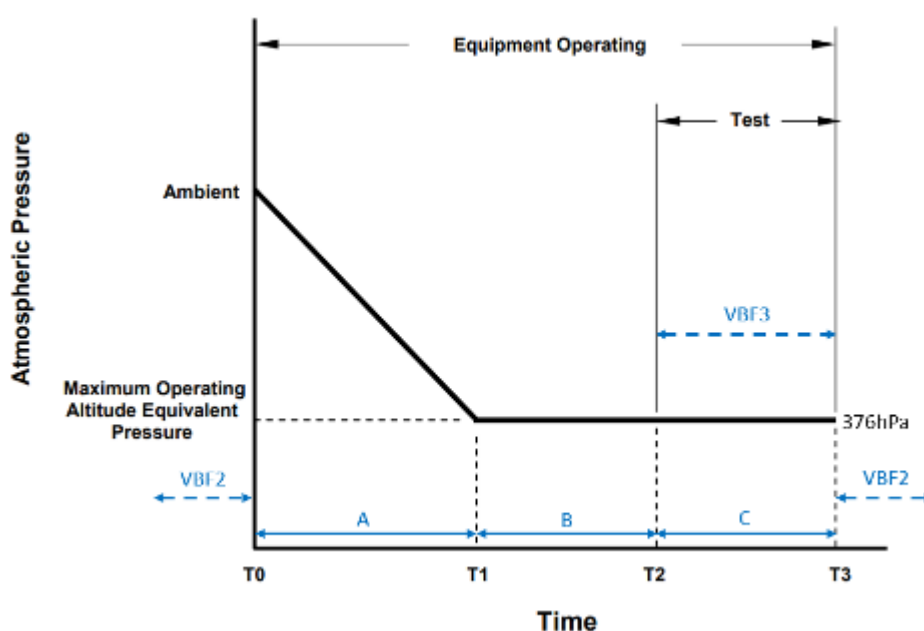
➤ **PASS**

8.5 [ENV-1] ALTITUDE

8.5.1 Conditions

L'essai altitude a été déroulé les 03/05/2022 et 04/05/2022 chez notre laboratoire partenaire ADETESTS à Saint-Chamond (42). Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 4)
- Catégorie : B2
- Altitude de vol à tenir : 25 000 pieds (7620m)
- Pression cible : 376 hPa
- Température : ambiante (20°C)
- Profil de l'essai :



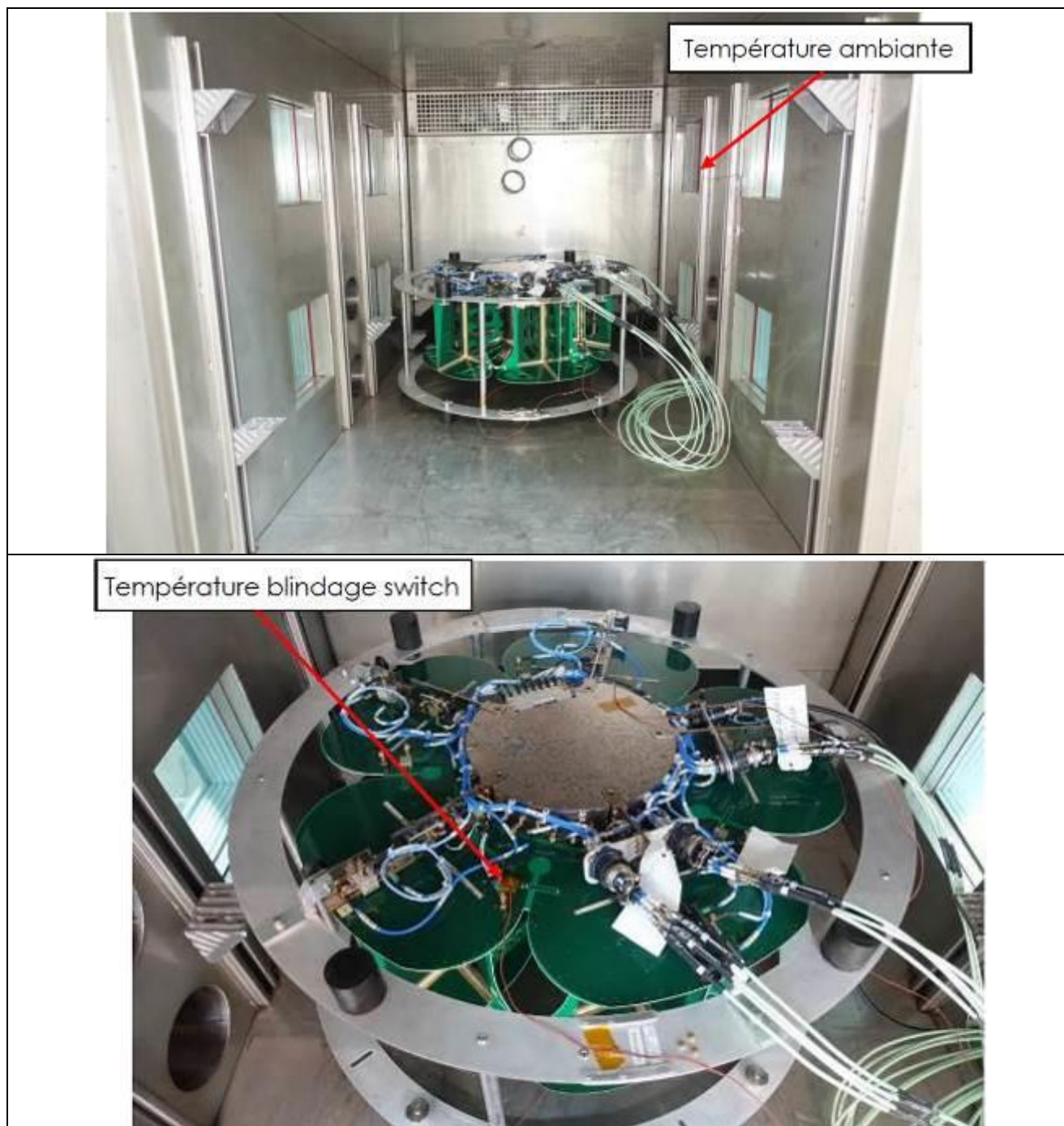
Phases	Caractéristiques
A	Descente en pression Pente = 100hPa/min
B	Stabilisation thermique et atmosphérique
C	Contrôle fonctionnel Durée : 2h

Figure 27 : Profil de l'essai d'altitude

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
16244	Enceinte climatique	Thermotron FA-96-CH-15-15	17/06/22
10911	Enregistreur de température	GRAPHTEC Midi logger GL220	30/06/22
07925	Capteur de pression	Kelatron PAA-23/2bar/8465.1	27/09/23

Tableau 22 : Liste des équipements utilisés pour l'essai altitude



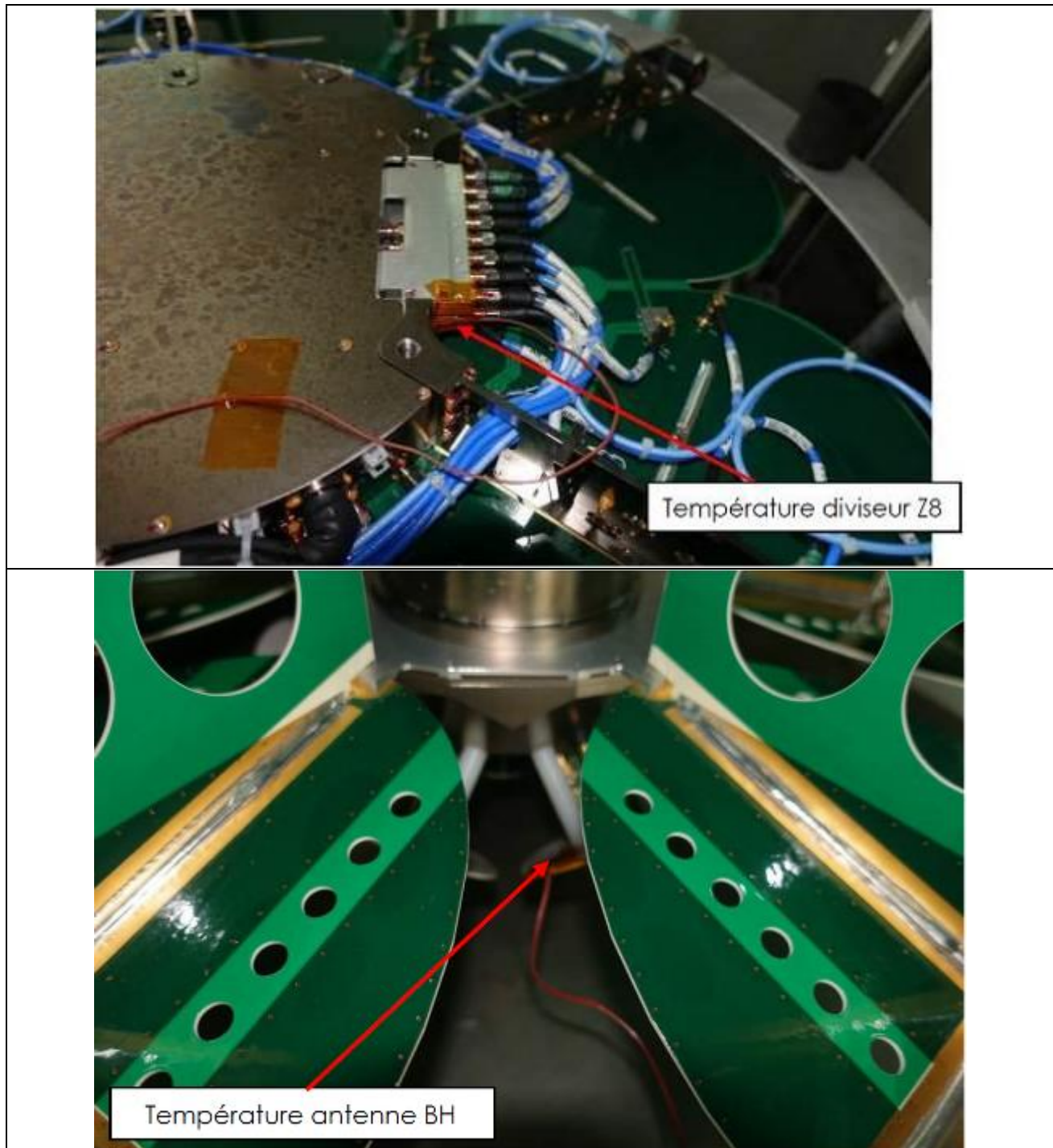


Figure 28 : Photographies de l'essai altitude

NB : Les thermocouples ont été placés suivant les critères stipulés dans le plan de qualification (antenne BH, diviseur Z8, capot de blindage switch). Toutefois, pour des raisons d'accessibilité, il ne s'agit pas forcément des mêmes composants du RA (par exemple BH1 au lieu de BH2 etc)

8.5.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Le RA reste continuellement en configuration opérationnelle pendant l'essai.
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil

8.5.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS04]. Les relevés des thermocouples en surface du RA, à l'intérieur de l'enceinte ainsi que du capteur de pression sont indiqués à la Figure 29 :

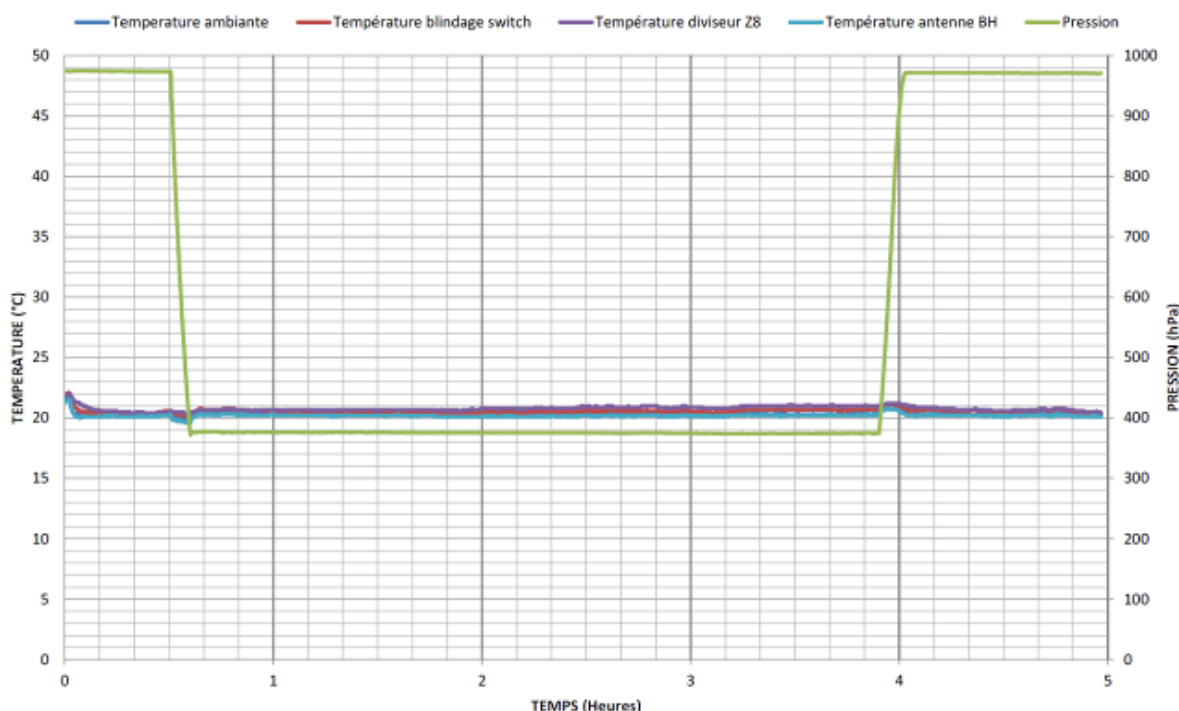


Figure 29 : Relevés des thermocouples et du capteur de pression, essai altitude

Les statuts des différentes VBF de l'essai altitude sont exposés au Tableau 23.

Les principaux résultats de la VBF3 pendant le plateau C sont repris en Annexe 4.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai altitude sont disponibles dans le fichier Excel [« Altitude data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
Plateau C	A 20°C pendant 2h	VBF 3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 23 : Résultats des VBF de l'essai altitude

8.5.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai altitude, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

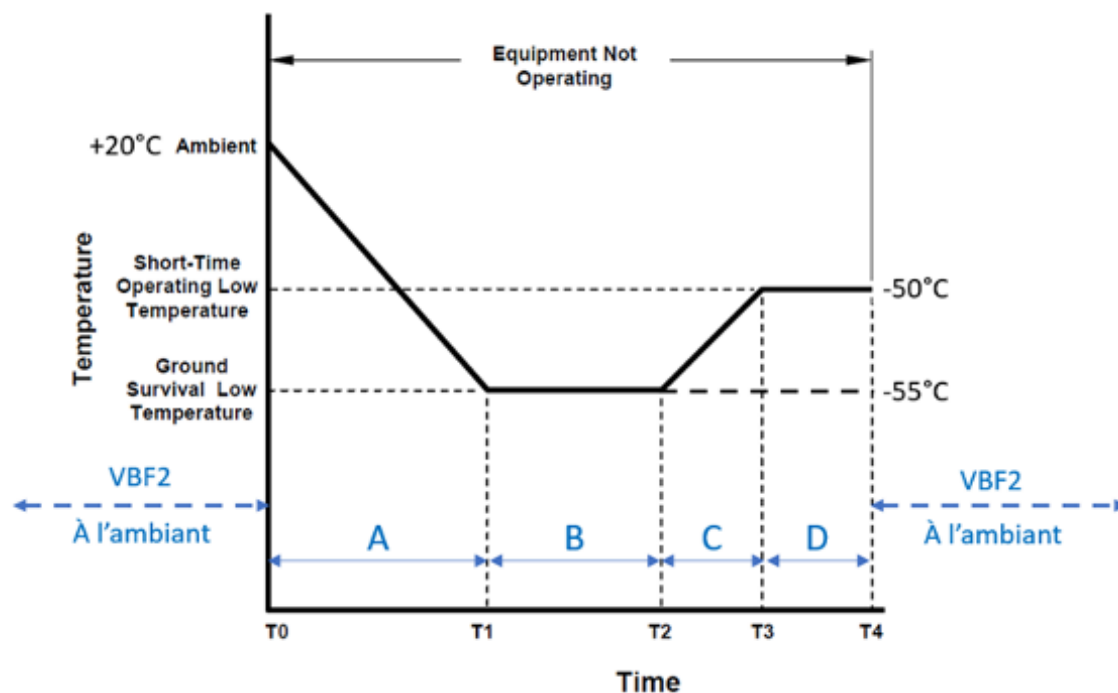
➤ **PASS**

8.6 [ENV-3] TEMPERATURE DE STOCKAGE FROID

8.6.1 Conditions

L'essai température de stockage froid a été déroulé le 18/05/2022 chez notre laboratoire partenaire ADETESTS à Saint-Chamond (42). Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 4)
- Catégorie : B4
- Profil de l'essai :



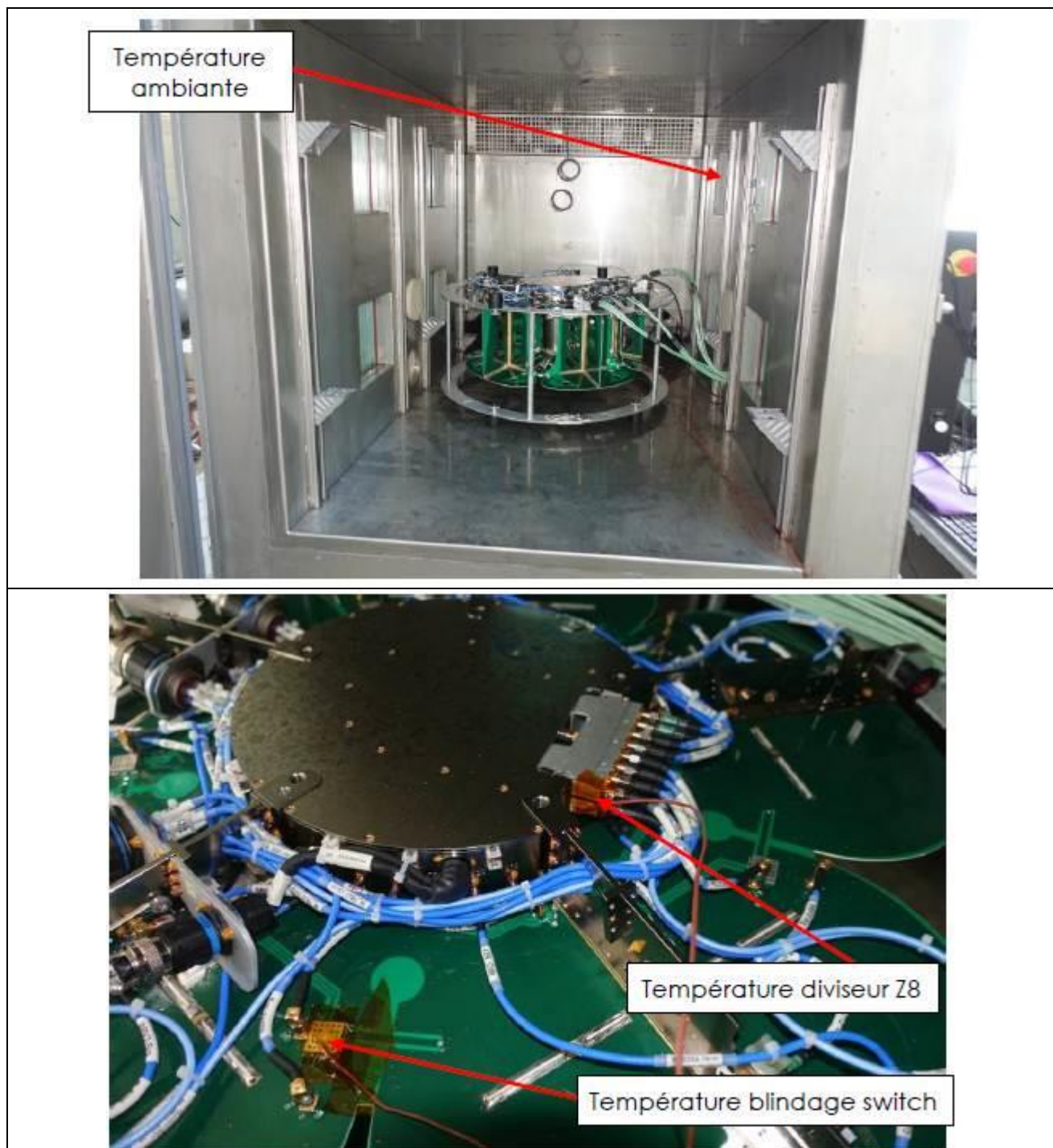
Phases	Caractéristiques
A	Descente en température (+20°C à -55°C) Pente = 2°C/min
B	Stabilisation à -55°C + plateau de 3h
C	Transition de -55°C à -50°C Pente = 2°C/min
D	Stabilisation à -50°C Durée = 30min minimum

Figure 30 : Profil de l'essai température de stockage froid

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
16244	Enceinte climatique	Thermotron FA-96-CH-15-15	17/06/22
10911	Enregistreur de température	GRAPHTEC Midi logger GL220	30/06/22

Tableau 24 : Liste des équipements utilisés pour l'essai température de stockage froid



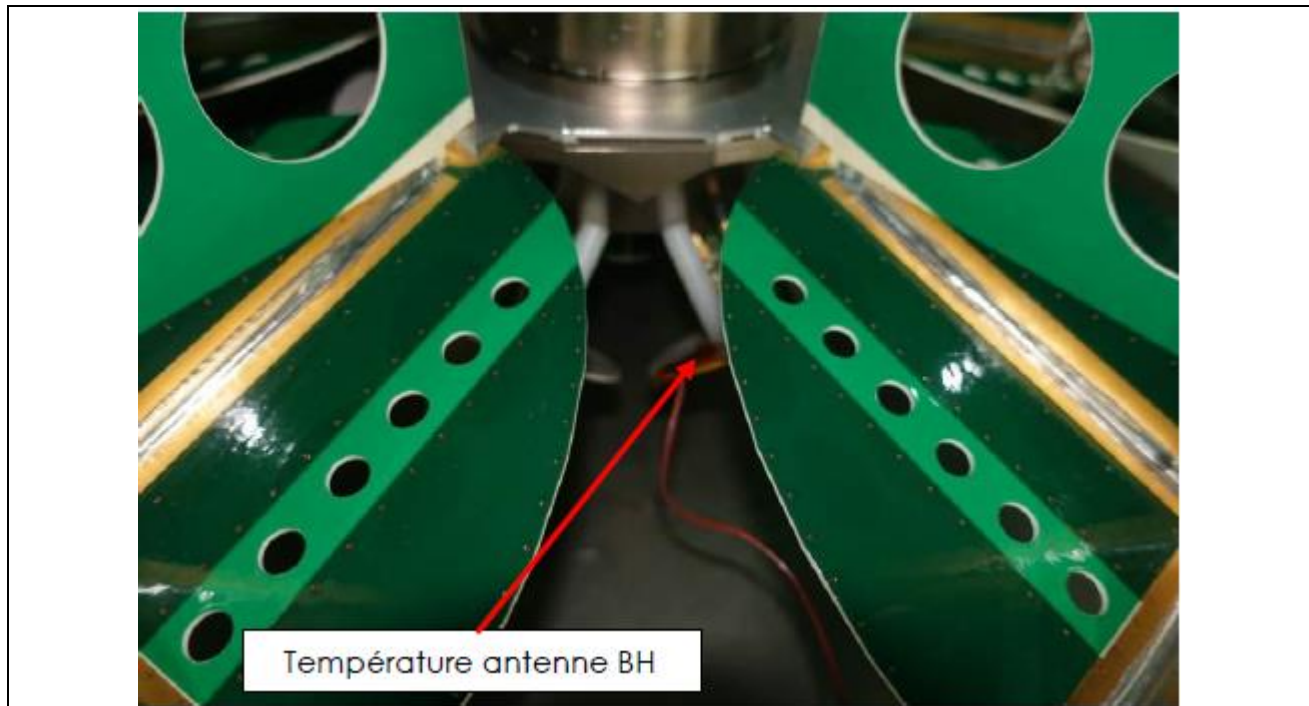


Figure 31 : Photographies de l'essai température de stockage froid

NB : Les thermocouples ont été placés suivant les critères stipulés dans le plan de qualification (antenne BH, diviseur Z8, capot de blindage switch). Toutefois, pour des raisons d'accessibilité, il ne s'agit pas forcément des mêmes composants du RA (par exemple BH1 au lieu de BH2 etc).

8.6.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Pendant l'essai, le RA est en configuration de stockage.
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil.

8.6.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS04]. Les relevés des thermocouples en surface du RA et à l'intérieur de l'enceinte sont donnés à la Figure 32 :

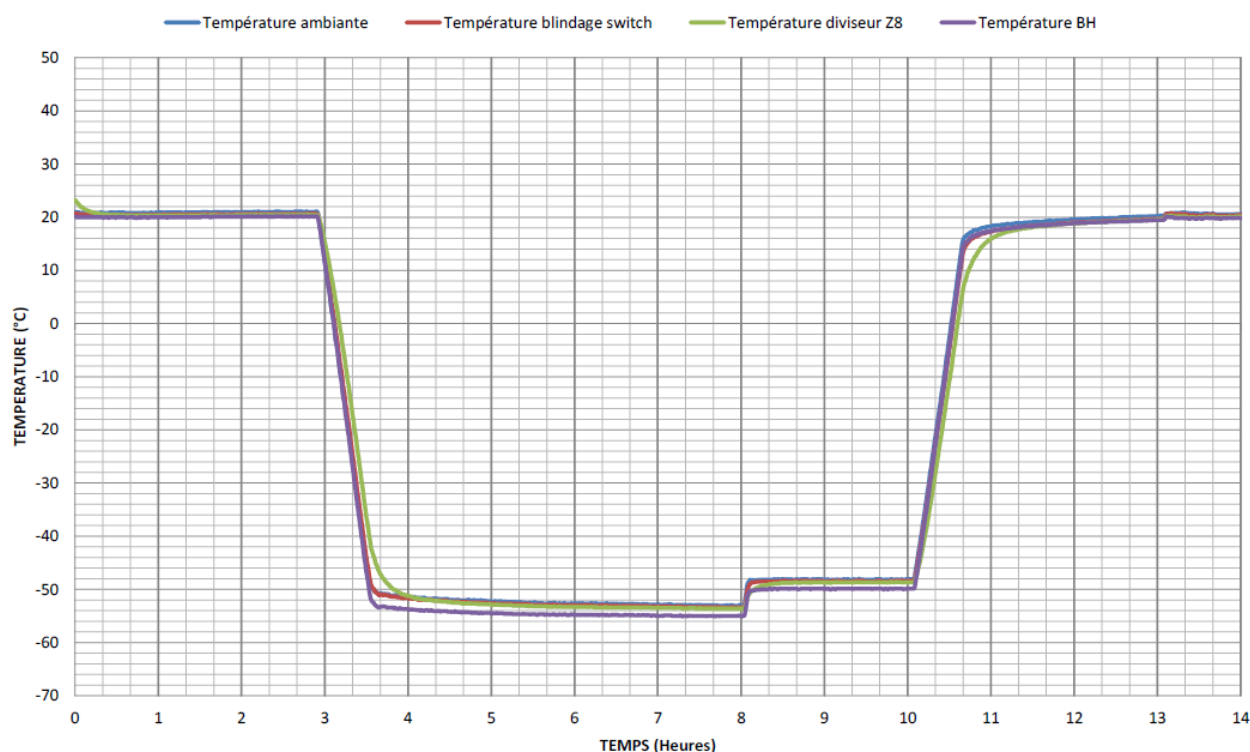


Figure 32 : Relevés des thermocouples, essai température de stockage froid

Les statuts des différentes VBF de l'essai température de stockage froid sont exposés au Tableau 25. Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai température de stockage froid sont disponibles dans le fichier Excel [« T°C froide stockage data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 25 : Résultats des VBF de l'essai température de stockage froid

8.6.4 Sanction

A l'issue de l'essai température de stockage froid, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

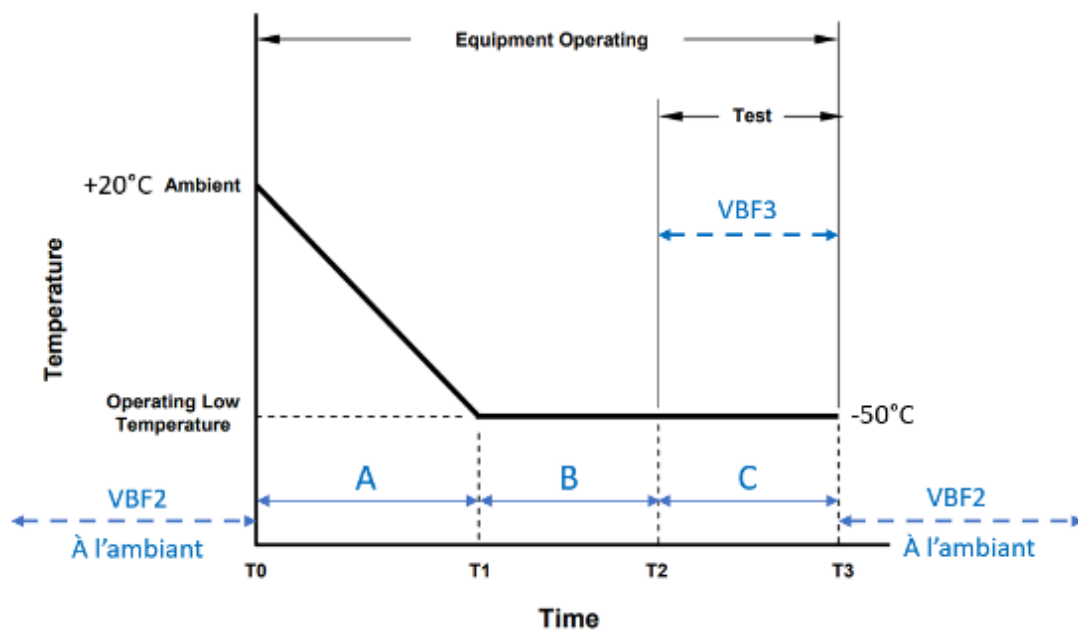
➤ **PASS**

8.7 [ENV-2] TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT FROID

8.7.1 Conditions

L'essai température de fonctionnement froid a été déroulé le 18/05/2022 chez notre laboratoire partenaire ADETESTS à Saint-Chamond (42). Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 4)
- Catégorie : B4
- Profil de l'essai :



Phases	Caractéristiques
A	Descente en température Pente = 1°C/min
B	Stabilisation thermique
C	Phase de test à -50°C Durée = 2h

Figure 33 : Profil de l'essai température de fonctionnement froid

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
16244	Enceinte climatique	Thermotron FA-96-CH-15-15	17/06/22
10911	Enregistreur de température	GRAPHTEC Midi logger GL220	30/06/22

**Tableau 26 : Liste des équipements utilisés pour
l'essai température de fonctionnement froid**

8.7.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Pendant l'essai, le RA reste constamment en configuration opérationnelle.
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil.

8.7.1 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS04]. Les relevés des thermocouples en surface du RA et à l'intérieur de l'enceinte sont donnés à la Figure 34 :

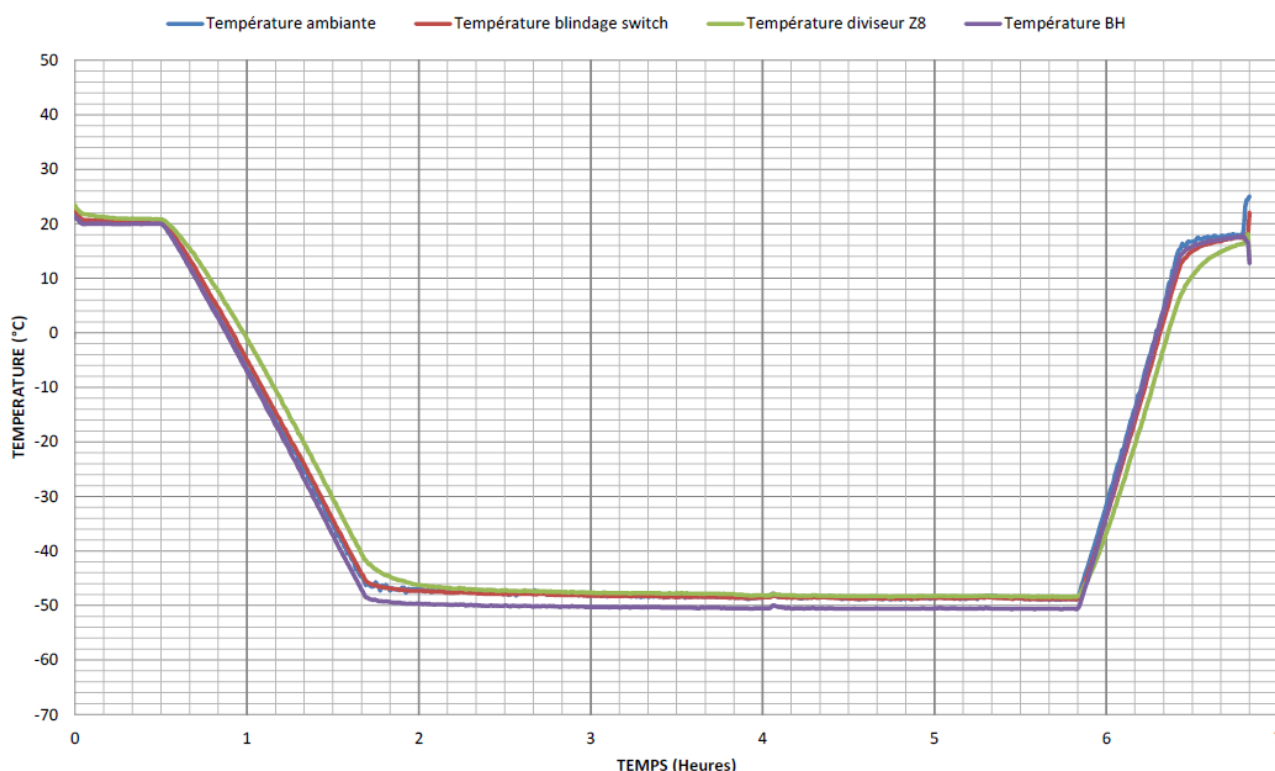


Figure 34 : Relevés des thermocouples, essai température de fonctionnement froid

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA
			Affaire : NAF2000035
	Réseau Antennaire		Version : A
			Révision : 2
			Page : 49/172

Les statuts des différentes VBF de l'essai température de fonctionnement froid sont exposés au Tableau 27.

Les principaux résultats de la VBF3 pendant le plateau C sont repris en Annexe 5.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai température de fonctionnement froid sont disponibles dans le fichier Excel [« T°C froide fonctionnement data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
Plateau C	A -50°C pendant 2h	VBF 3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 27 : Résultats des VBF de l'essai température de fonctionnement froid

8.7.2 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai température de fonctionnement froid, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA
			Affaire : NAF2000035
	Réseau Antennaire		Version : A
			Révision : 2
			Page : 50/172

8.8 [ENV-11] GIVRAGE

8.8.1 Conditions

L'essai givrage a été déroulé les 16/05/2022 et 17/05/2022 chez notre laboratoire partenaire ADETESTS à Saint-Chamond (42). Les conditions normatives pour cet essai sont les suivantes :

- Norme de référence : DO-160F (section 24)
- Catégorie : A
- Nombre de cycles : 3

Afin de favoriser le développement du givre sur l'équipement pendant l'essai, le protocole expérimental - et par conséquent le profil thermique – ont été modifiés par rapport aux éléments énoncés dans le plan de qualification [DAS01] de la manière suivante :

- **La variation de 1°C/min préalablement définie est trop lente pour que le givre puisse se développer convenablement en surface de l'équipement.**
- **La température surfacique du RA évoluant quasiment parallèlement à la consigne de l'étuve, il n'est par conséquent pas possible de faire en sorte que le RA soit à 5°C en surface tandis que la température de l'étuve est à 30°C.**
- **L'idée est de recréer les deux environnements froid à -55°C et chaud à 30°C en utilisant deux enceintes climatiques indépendantes. La variation de température subie par le RA est ainsi beaucoup plus rapide et le givre peut se développer.**
- **Cette méthode permet de rester en conformité avec la norme DO-160F tout en sévérant l'essai de qualification.**

Protocole expérimental appliqué :

- a. Avec l'équipement hors fonctionnement, stabiliser sa température à la température basse de -55°C (enceinte « froide »), à pression et humidité ambiantes.
- b. Aussi rapidement que possible, exposer le RA à un environnement de 30°C et 95% d'humidité relative (enceinte « chaude »). Suivre la température surfacique du RA.
- c. Maintenir l'environnement à 30°C et une humidité relative de 95% jusqu'à ce que la température surfacique du RA atteigne 5°C. Aussi rapidement que possible, changer l'environnement à la température basse de -55°C à pression et humidité ambiantes (enceinte « froide »).
- d. Répéter les étapes a, b et c pour deux cycles additionnels (total de trois cycles).
- e. A la fin du troisième cycle, stabiliser le RA à -55°C. Augmenter la température de l'enceinte et la maintenir à -10°C. Attendre la stabilisation thermique de l'équipement. Une fois la température surfacique du RA à $(-10 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, passer le RA en configuration opérationnelle et dérouler la VBF3.

Le profil de l'essai givrage est donc légèrement modifié :

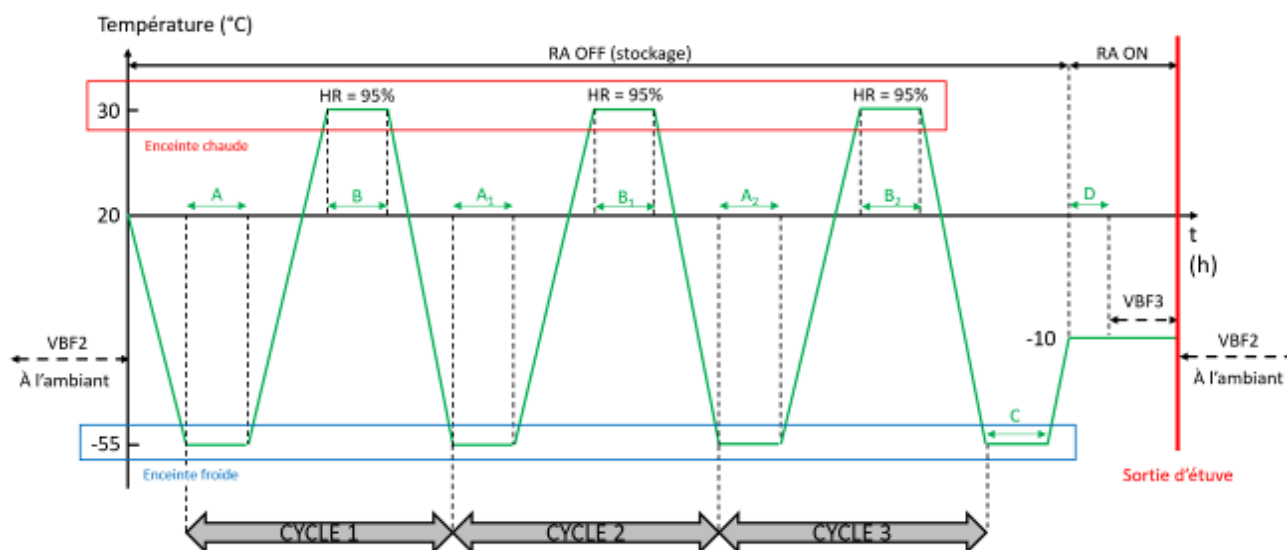


Figure 35 : Nouveau profil de l'essai de givrage

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude.

N° identification	Désignation	Type	Validité
16244	Enceinte climatique	Thermotron FA-96-CH-15-15	17/06/22
10911	Enregistreur de température	GRAPHTEC Midi logger GL220	30/06/22
12720	Enceinte climatique	CLIMATS 6900H 60/10	03/08/23
15198	Sonde de température	Jumo PT1000 00690296	03/08/23
12373	Sonde Thermo-hygromètre	VAISALA HMT337	03/08/23

Tableau 28 : Liste des équipements spécifiques à l'essai givrage



Figure 36 : Photographies de l'essai givrage

Pour plus de facilité lors des transferts du RA d'une enceinte à l'autre, les cordons de test RF de 3m ont été repliés et attachés suivant le cerceau supérieur de l'outillage de maintien (voir première photo).

Les deux enceintes climatiques ont été choisies les plus proches possible afin d'une part de procurer la transition thermique la plus rapide et d'autre part limiter les risques liés à la manutention du RA :



Figure 37 : Emplacement des deux enceintes climatiques, essai givrage

8.8.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Pendant les trois cycles de givrage, le RA est placé en configuration de stockage.
- A la fin du troisième cycle, une fois le RA stabilisé à -10°C, ce dernier repasse en configuration opérationnelle afin de jouer la VBF3.
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil.

8.8.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS04]. Les relevés des thermocouples (en surface du RA, à l'intérieur de l'enceinte) ainsi que l'humidité relative, correspondant aux deux environnements froid/chaud sont donnés à la Figure 38 :

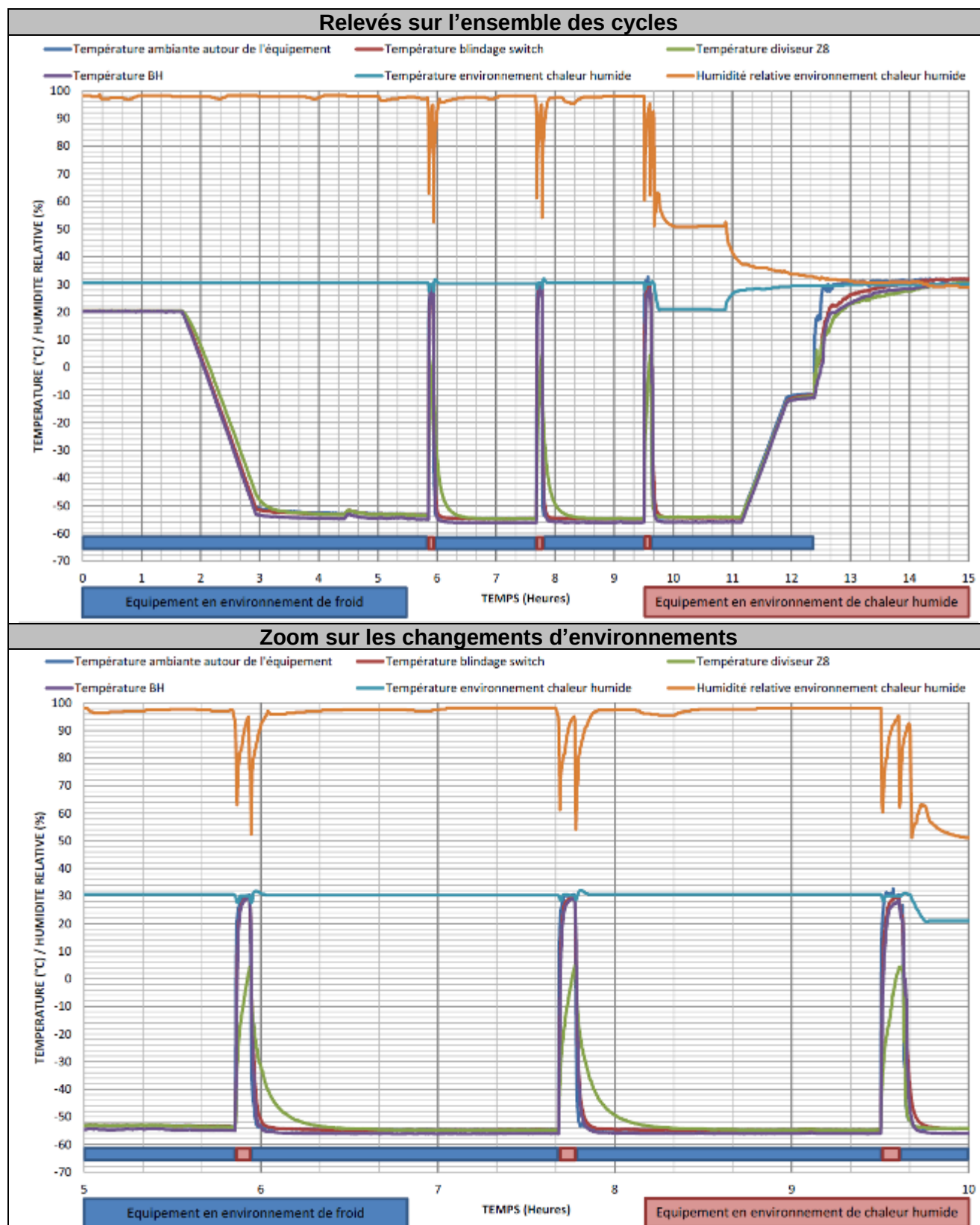


Figure 38 : Relevés des thermocouples, essai givrage

Les statuts des différentes VBF de l'essai givrage sont exposés au Tableau 29.

Les principaux résultats de la VBF3 en fin d'essai à -10°C ainsi que des photographies du RA après l'essai sont repris en Annexe 6.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai givrage sont disponibles dans le fichier Excel [« Givrage data.xlsx »](#).

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
Pendant (en toute fin d'essai)	A -10°C	VBF 3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 29 : Résultats des VBF de l'essai givrage

8.8.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai givrage, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

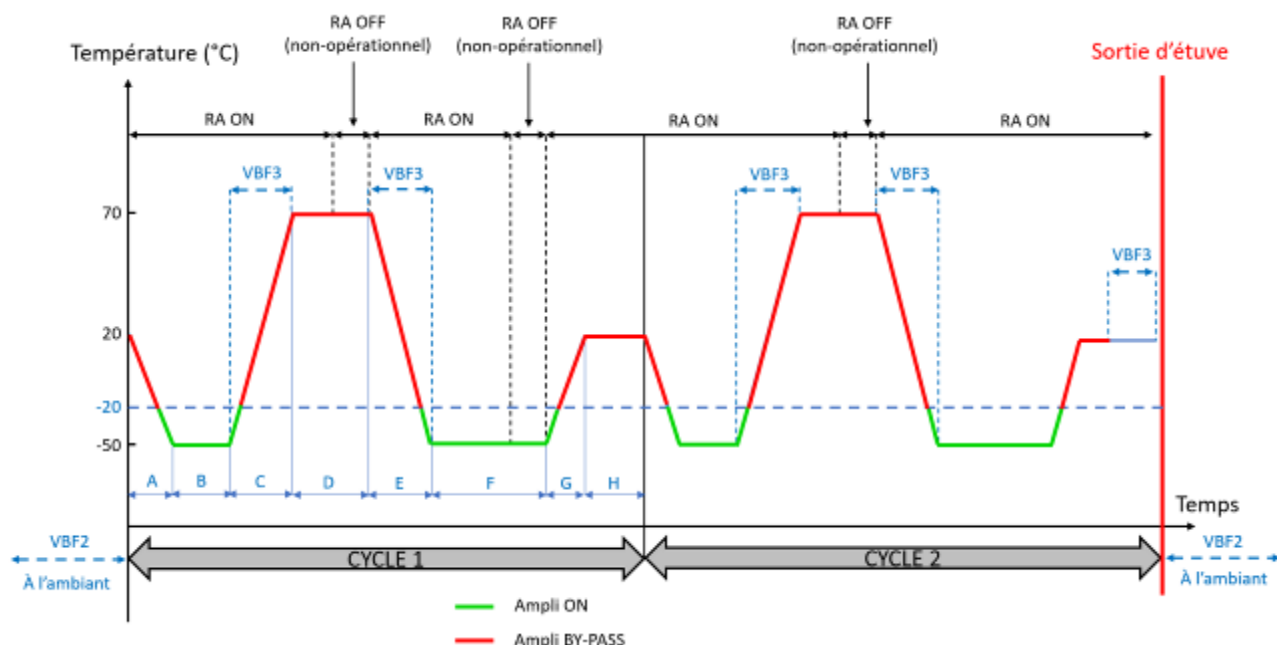
➤ **PASS**

8.9 [ENV-5] CHOCS THERMIQUES

8.9.1 Conditions

L'essai chocs thermiques a été déroulé les 31/05/2022 et 01/06/2022 chez notre laboratoire partenaire LNE à Trappes (78). Les conditions exposées dans le plan de qualification environnementale sont :

- Norme de référence : DO-160F (section 5)
- Catégorie : A (10°C par minute)
- Nombre de cycles : 2
- Profil de l'essai :

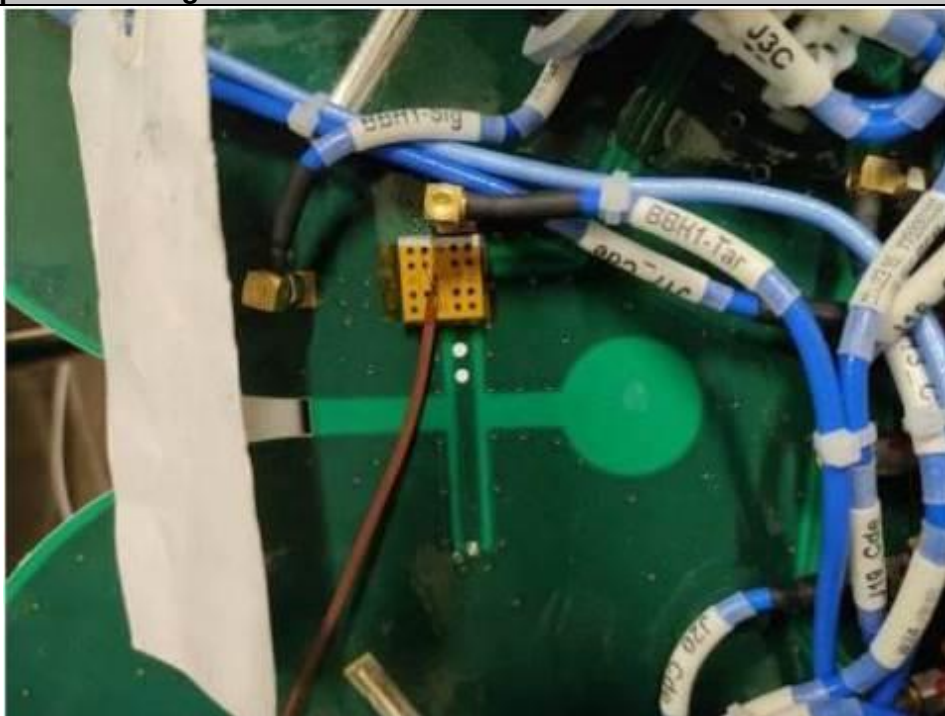


Phases	Caractéristiques
A	Passage de l'ambiant à -50°C Pente : 10°C/min
B	Stabilisation thermique froide à -50°C Durée : 1h
C	Choc thermique de -50°C à 70°C Pente : 10°C/min
D	Stabilisation thermique chaude à 70°C Passage en OFF pendant 2 min
E	Choc thermique de 70°C à -50°C Pente : 10°C/min
F	Stabilisation thermique froide à -50°C Fonctionnement à -50°C pendant 1h Passage en OFF pendant 30 min
G	Retour à l'ambiant Pente : 10°C/min
H	Stabilisation thermique à l'ambiant Durée : 1h

Figure 39 : Profil de l'essai de choc thermique

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Instrumentation de l'équipement : les trois thermocouples de mesure ont été déployés aux mêmes endroits que lors de l'essai température chaude. Deux capteurs additionnels ont été placés à l'intérieur de l'enceinte à proximité du RA pour mesurer la température interne :

Voie 1 – Capot de blindage d'un switch



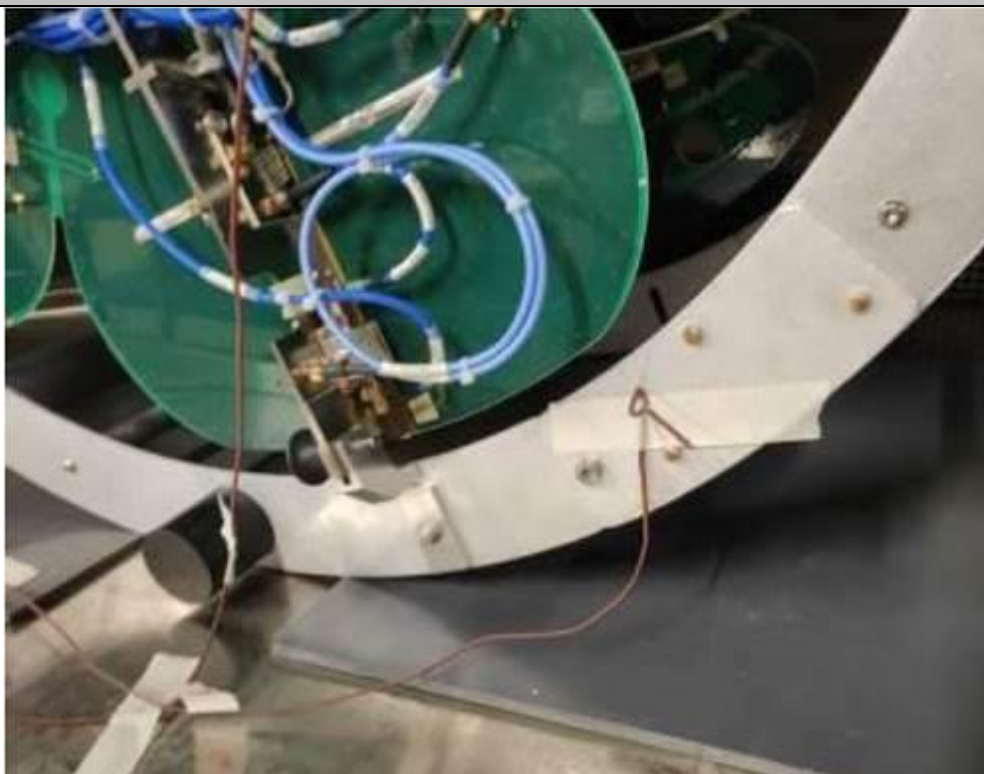
Voie 2 – Diviseur Z8



Voie 3 - Antenne BH

Pas de photographie disponible car non-accessible

Voie 4 - Ambient



Voie 5 - Ambient

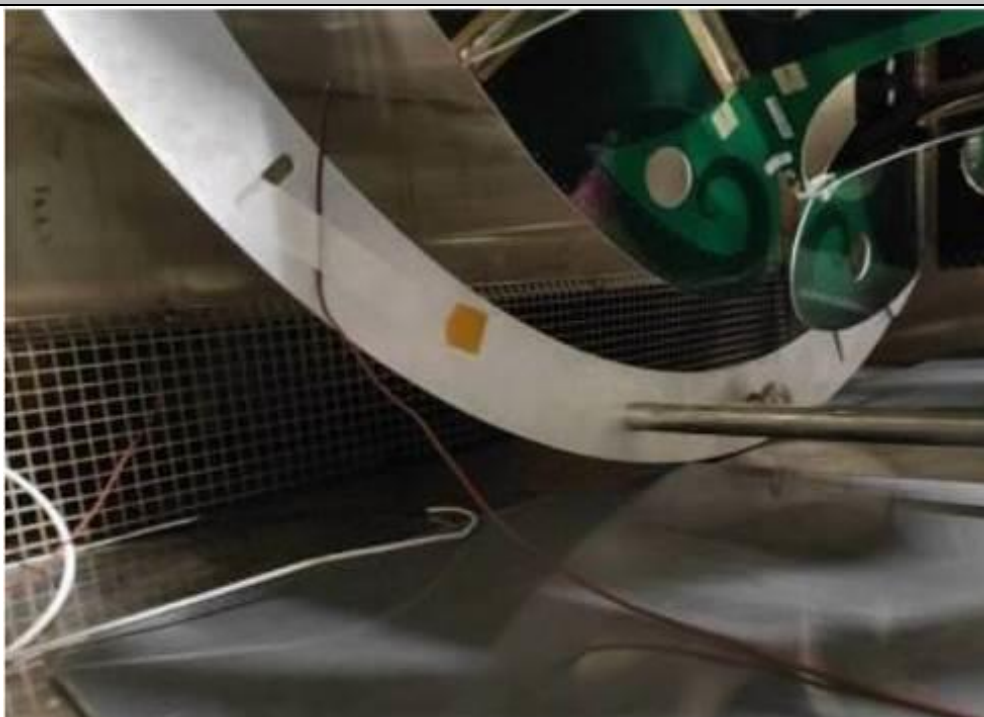
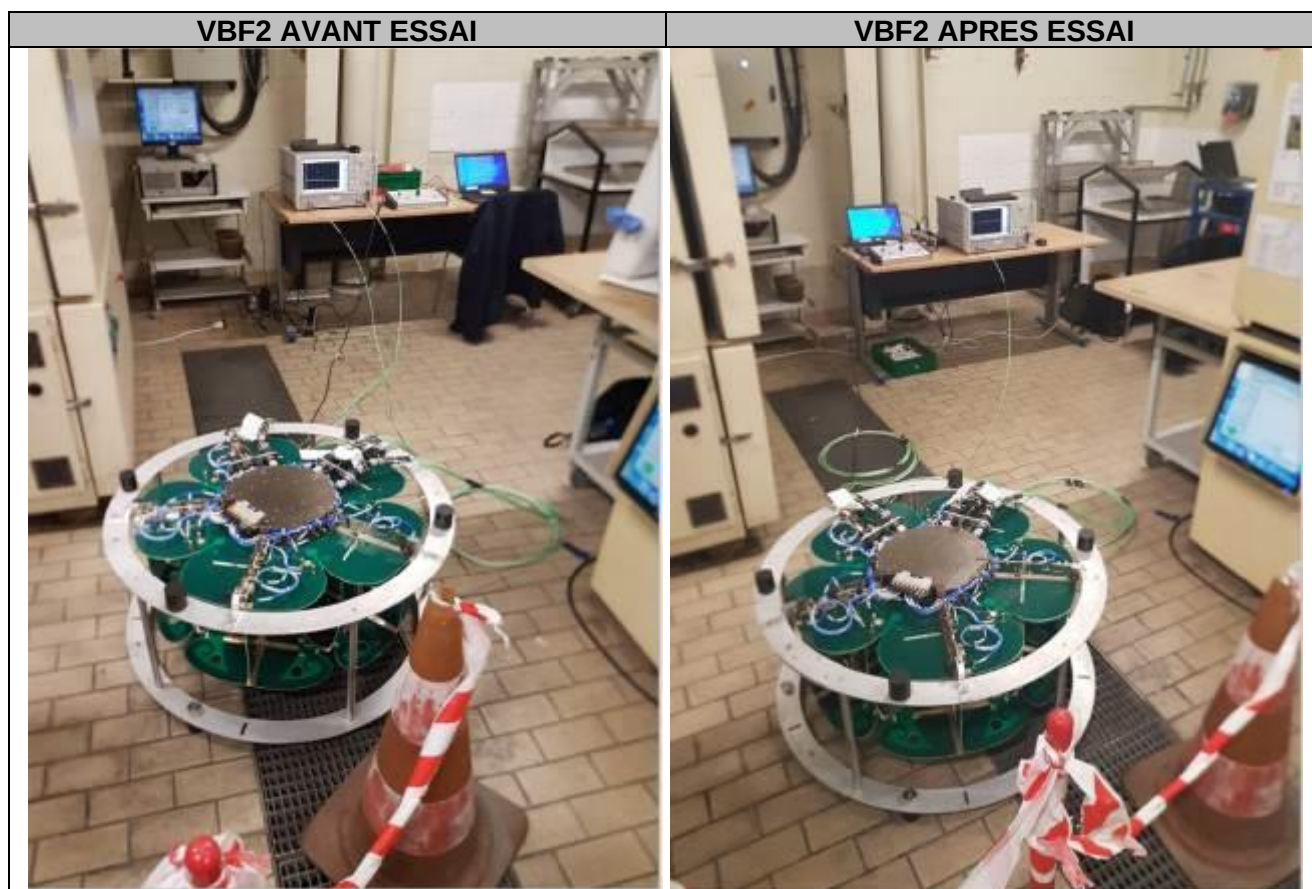


Figure 40 : Emplacements des thermocouples, essai chocs thermiques

N° identification	Désignation	Type	Validité
/	Enceinte climatique	ecN - 6504	10/2023
/	Centrale d'acquisition de température	FLUKE 2	12/2022

Tableau 30 : Liste des équipements spécifiques à l'essai chocs thermiques



Installation dans l'enceinte



Etanchéité du passage de câbles



Figure 41 : Photographies de l'essai chocs thermiques

8.9.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant et après essai.
- Pendant l'essai, le RA est en configuration opérationnelle, excepté durant les fins de plateaux à 70°C ainsi que pendant les dernières trente minutes du plateau F à -50°C
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil.

8.9.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS05]. Les relevés des thermocouples en surface du RA et à l'intérieur de l'enceinte sont donnés à la Figure 42 :

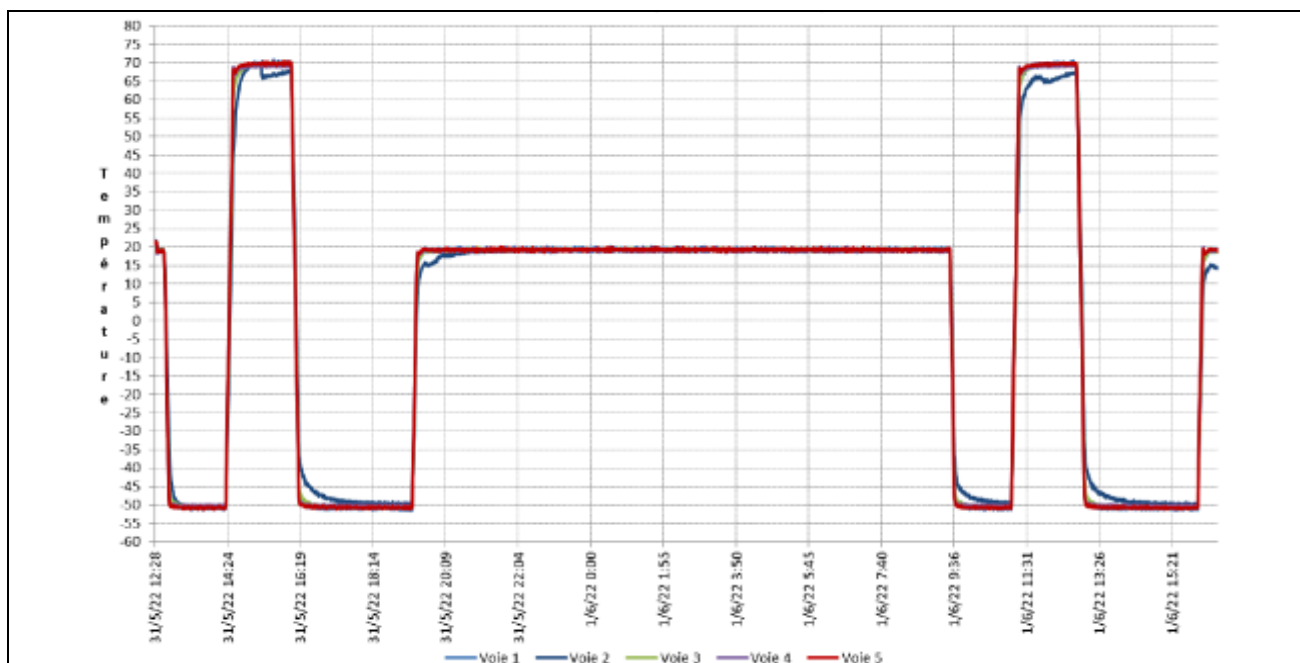


Figure 42 : Relevés des thermocouples, essai chocs thermiques

Les statuts des différentes VBF de l'essai chocs thermiques sont exposés au Tableau 31.

Les principaux résultats des différentes VBF3 de l'essai sont présentés en Annexe 7.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai chocs thermiques sont disponibles dans le fichier Excel « [Chocs thermiques data.xlsx](#) ».

Phase de l'essai		VBF jouée	Statut
AVANT	A l'ambient	VBF 2	OK
CYCLE #1	VRT en montée	VBF 3 (tarage BB)	OK
	VRT en descente		OK
CYCLE #2	VRT en montée	VBF 3 (tarage BH)	OK
	VRT en descente		OK
	Plateau à 20°C	VBF 3	OK
APRES	A l'ambient	VBF 2	OK

Tableau 31 : Résultats des VBF de l'essai chocs thermiques

8.9.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai chocs thermiques, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

9 ENVIRONNEMENT MECANIQUE

9.1 PRÉMABULE

A la suite de l'essai chocs thermiques et avant la campagne de qualification mécanique, le RA a été rappatrié chez NSE, afin de réaliser une vérification de l'état physique et fonctionnel des patchs chauffants accolés à l'inclinomètre. De plus, une procédure de robustification des zones fragiles aux niveaux de leurs raccordements (câble W5) a été menée conjointement avec le service Méthodes.

9.1.1 Robustification réalisée sur le prototype de qualification

La solidification apportée consiste tout d'abord à fixer sur l'embase berceau les fils de liaison des patchs au câble W5 à l'aide de deux colliers Ty-Rap, ceci afin de limiter les mouvements des fils pendant les essais, ainsi que d'éventuels sectionnements :

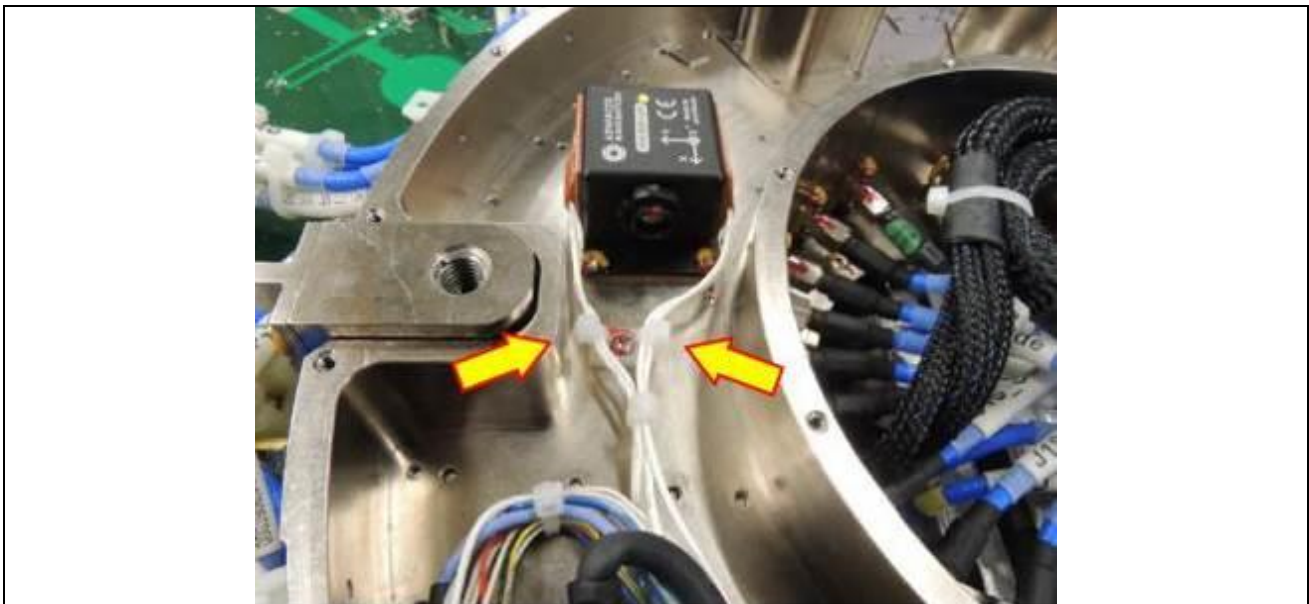
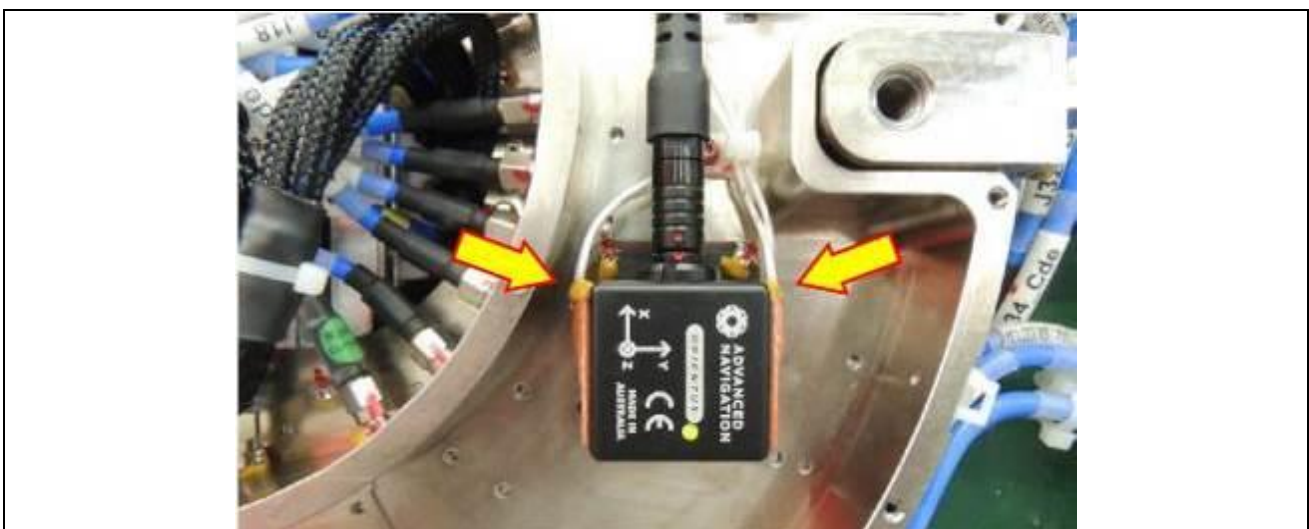


Figure 43 : Robustification des patchs chauffants, colliers Ty-Rap

Deux points de Scotch-Weld sont ensuite réalisés au niveau des points d'attaches des fils de W5 avec l'entrée des patchs :



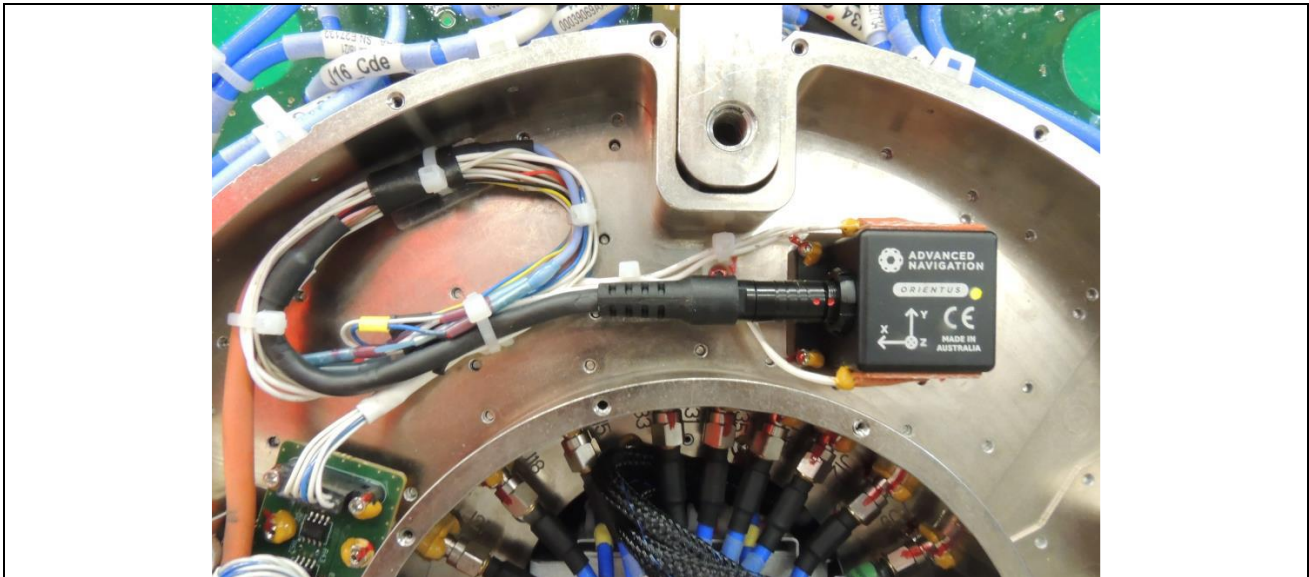


Figure 44 : Robustification des patches chauffants, points de Scotch-Weld

9.1.2 Vérification fonctionnelle des patches chauffants

Une fois la robustification effectuée, une vérification fonctionnelle des deux patches (HR2 et HR3) est menée dans les conditions atmosphériques ambiantes. La procédure de vérification est la suivante :

➤ Préparation du test

- Connecter le RA au banc de test 00042483AA avec le câble de test RA - 00047722AA
- Configurer le banc de test de la façon suivante :
 - o SCLK : Arrêt,
 - o Mesure de courant : Marche,
 - o Sélection des modes : Tarage BB,
 - o Alimentation : Marche.
- Connecter un ampèremètre aux bornes de mesure de courant du banc de test 00042483AA
- Préparer une centrale d'acquisition avec trois thermocouples
- Connecter un ampèremètre aux bornes de mesure de courant du banc de test AVANTIX
- Connecter un thermocouple sur chaque patch chauffant de la centrale inertielle.
- Connecter un thermocouple sur le dessus de la centrale inertielle Orientus

➤ Déroulé du test

- Allumer le banc de test
- Connecter une pointe de touche à la masse du banc de test (GND GBF)
- Relever les températures ambiantes des deux patches et de l'Orientus donnée par la centrale d'acquisitions
- Relever la consommation de courant en continu
- Toucher pendant une durée de 5 secondes les broches 5 à 8 :

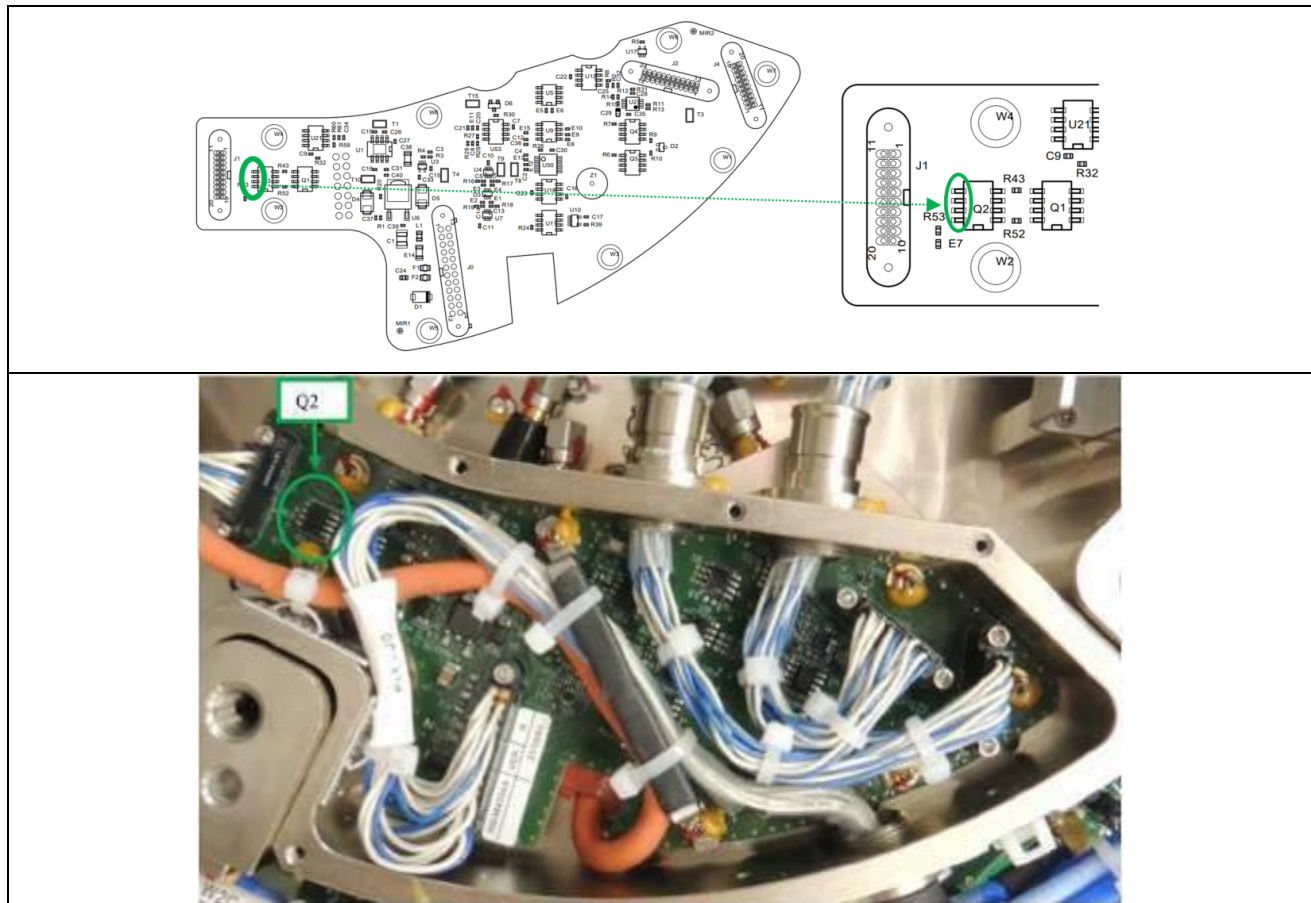


Figure 45 : Points de test pour la mesure de température

- Relever les températures des deux patchs et de l'Orientus donnée par la centrale d'acquisitions (On doit avoir une montée en température de 5°C de plus que l'ambient)
- Relever la consommation de courant en continu (On doit avoir une augmentation de la consommation de 600 à 700 mA de plus que la consommation relevée initialement).

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 32 :

Patchs chauffants	Paramètres initiaux (à 0s)		Paramètres après 5s		Critères	
	Temp (°C)	Conso (mA)	Temp (°C)	Conso (mA)	ΔT (°C)	ΔI (mA)
HR2	23,14	238	28,27	863	5,13	645
HR3	23,14		28,45		5,31	

Tableau 32 : Résultats des tests fonctionnels des patchs chauffants

Les patchs chauffants sont donc robustifiés et pleinement fonctionnels avant les essais de qualification mécaniques.

9.2 DÉROULÉ DE LA CAMPAGNE D'ESSAIS MÉCANIQUES

La campagne de qualification mécanique comporte deux essais, vibrations et chocs. Un enchaînement des essais axe par axe est proposé afin de réduire les contraintes liées à la logistique (montage/démontage, basculement du pot vibrant, repositionnement des accéléromètres). Pendant la campagne mécanique, les essais ont été réalisés dans l'ordre suivant la Figure 46. Toutes les VBF sont également repérées sur la frise chronologique :

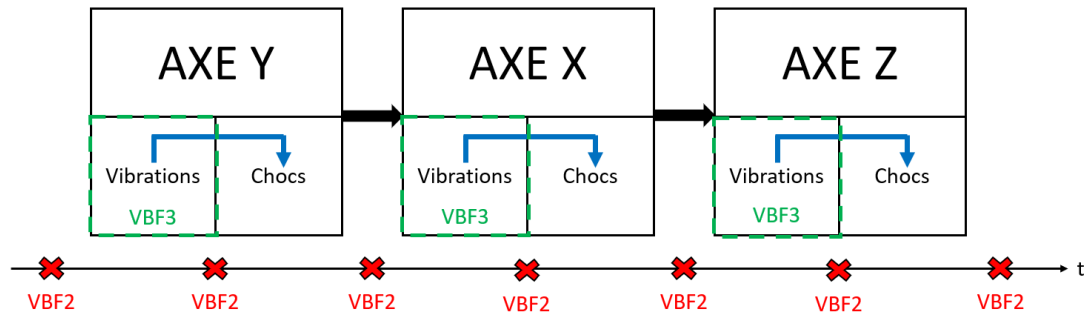


Figure 46 : Scénario de qualification mécanique axe par axe

Le repère cartésien utilisé pour les essais mécaniques est le suivant :

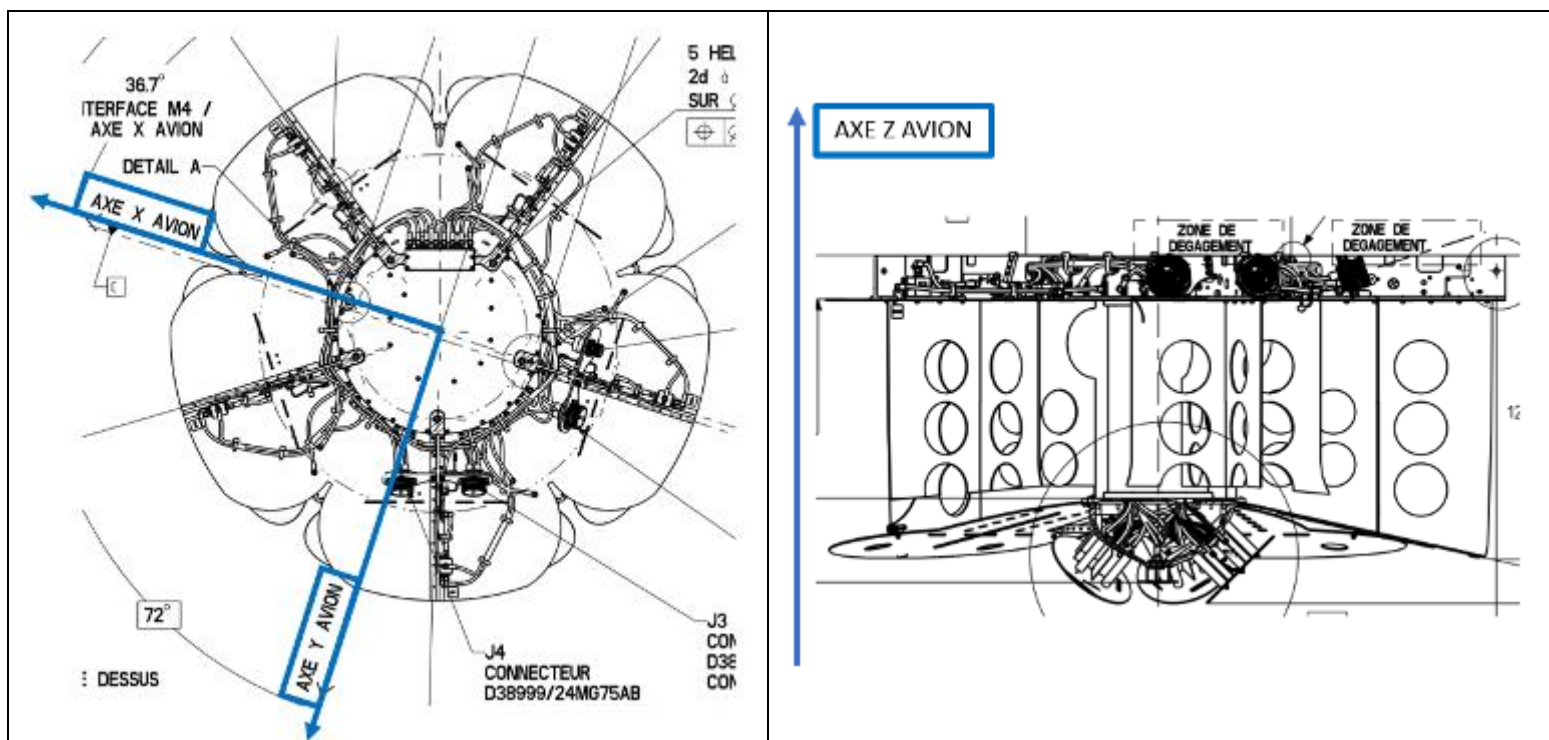


Figure 47 : Axes du repère cartésien pour la qualification mécanique

9.3 [ENV-8] VIBRATIONS

9.3.1 Conditions

L'essai vibrations a été déroulé du 20/06/2022 au 22/06/2022 chez notre laboratoire partenaire LNE à Trappes (78). Les conditions exposées dans le plan de qualification sont les suivantes :

- Norme de référence : DO-160F (section 8)
- Catégorie : S « vibrations standard » (cf annexe 1 du plan de qualification)
- Durée : 1h par axe
- Application : sur les 3 axes du repère cartésien (voir précédemment)
- Type d'aéronef : *single eng less than 5 700kg* (5)
- Zones : *fuselage* (1) et *aile/passage de roue* (5) (cf annexe 1 du plan de qualification)
- Courbe de test : M (entre 5Hz et 500Hz)
- Forme d'onde : sinus

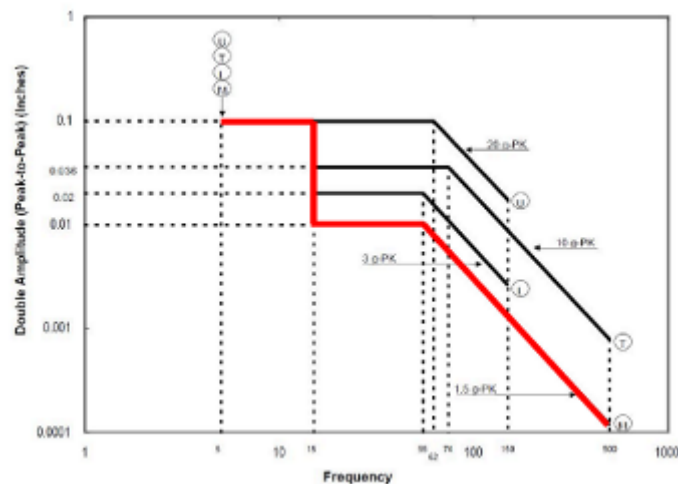
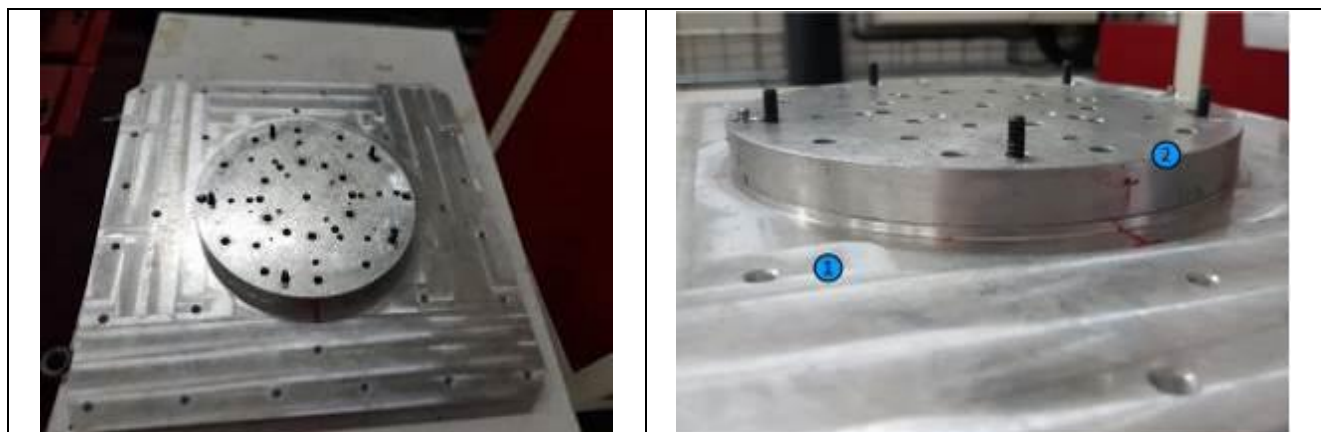


Figure 48 : profil vibratoire « M » retenu pour l'essai vibrations

- Disposition du matériel en essai : la configuration avion n'est pas requise pour cet essai. Le RA est connecté au pot vibrant, côté boîte d'accueil, grâce à une première plaque (dite « interface ») ainsi qu'une seconde plaque permettant d'avoir un espace suffisant pour insérer les bretelles de test (dite « élévation ») :



① Plaque « interface »

② Plaque « élévation »

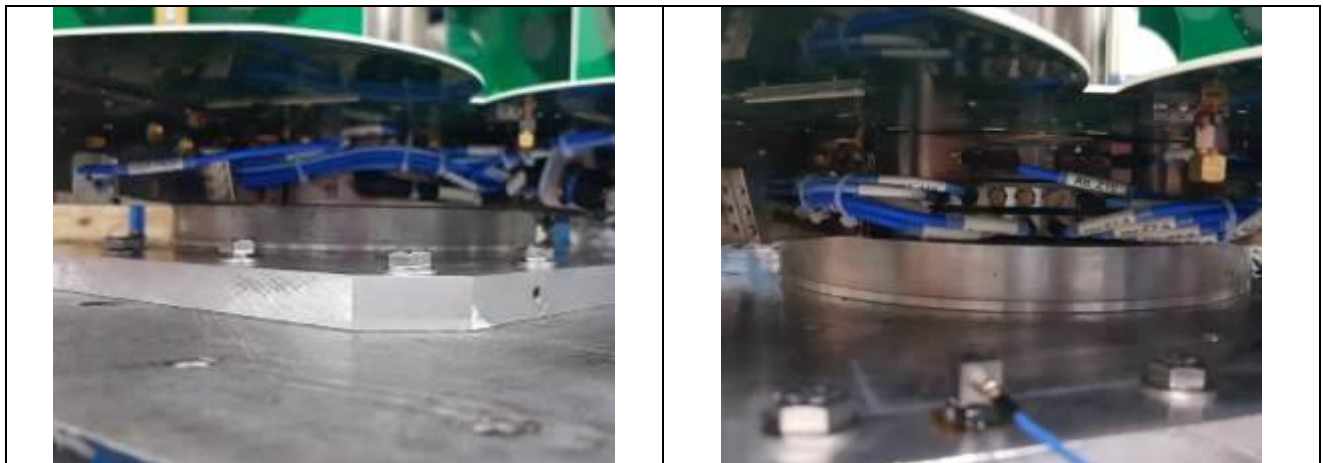


Figure 49 : Plaques mécaniques utilisées pour les essais vibrations et chocs

- Instrumentation de l'équipement : des accéléromètres de mesure sont placés sur le RA durant l'essai afin d'enregistrer les courbes de vibrations se propageant dans la structure :

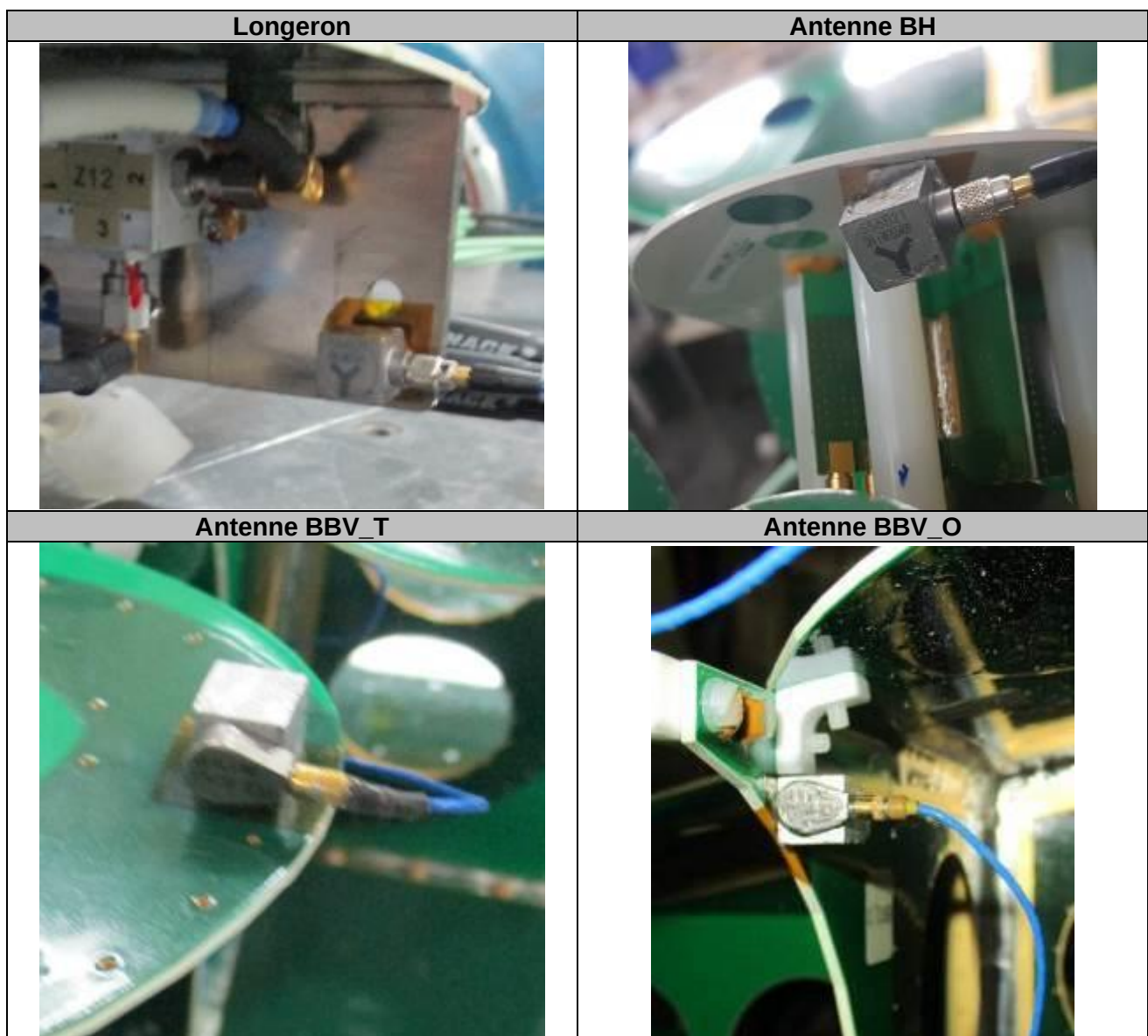




Figure 50 : Emplacement des accéléromètres sur le RA





Figure 51 : Photographies du RA sur le pot vibrant suivant les trois axes du repère

N° identification	Désignation	Type	Validité
00042963AA	Plaque interface pot vibrant	/	/
50	Excitateur électrodynamique	LING 2016 n°50	01/2023
100	Amplificateur de puissance	LING DMA-12 HBSR-2016.12	01/2023
216	Table horizontale sur paliers hydrostatiques	Team 482/336	01/2023
EXP 750 ²	Expandeur vertical	/	/
4	Centrale de pilotage	Data Physics	04/2023
LW 194597	Accéléromètre « Pilot1 »	PCB 356B21	10/2022
LW 277667	Accéléromètre « Vérif »	PCB 356B21	01/2023
LW 277675	Accéléromètre « Longeron »	PCB 356B21	12/2022
LW 155409	Accéléromètre « A-BH»	PCB 356B21	10/2022
LW 153749	Accéléromètre « Diamant »	PCB 356B21	01/2023
LW 155410	Accéléromètre « Boite accueil »	PCB 356B21	10/2022
51610	Accéléromètre « BBV-T »	PCB 352A21	10/2022
51611	Accéléromètre « BBV-O »	PCB352A21	04/2024
1336	Accéléromètre « BBH »	PCB M355B12	04/2024

Tableau 33 : Liste des équipements spécifiques à l'essai vibrations

9.3.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

Durant tout l'essai vibratoire, le RA est en configuration opérationnelle.

9.3.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS06].

Les relevés des accéléromètres de mesure sont disponibles en Annexe 8.

Les statuts des différentes VBF de l'essai vibrations sont exposés au Tableau 34.

Les principaux résultats des différentes VBF3 pendant l'essai sont présentés en Annexe 9.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai vibrations sont disponibles dans le fichier Excel « [Vibrations data.xlsx](#) ».

AXE X			
Statut VBF2 avant essai	OK		
Temps d'essai	[0 – 20]'	[20 – 40]'	[40 – 60]'
Statut VBF3 partielle	Tarage BB constant Pas de coupure signal	Tarage BH constant Pas de coupure signal	Réflexion BH constante Pas de coupure signal
Statut VBF2 après essai	OK		
Inspection visuelle	RAS		
AXE Y			
Statut VBF2 avant essai	OK		
Temps d'essai	[0 – 20]'	[20 – 40]'	[40 – 60]'
Statut VBF3 partielle	Tarage BB constant Pas de coupure signal	Tarage BH constant Pas de coupure signal	Réflexion BH constante Pas de coupure signal
Statut VBF2 après essai	OK		
Inspection visuelle	RAS		
AXE Z			
Statut VBF2 avant essai	OK		
Temps d'essai	[0 – 20]'	[20 – 40]'	[40 – 60]'
Statut VBF3 partielle	Tarage BB constant Pas de coupure signal	Tarage BH constant Pas de coupure signal	Réflexion BH constante Pas de coupure signal
Statut VBF2 après essai	OK		
Inspection visuelle	RAS		

Tableau 34 : Statut des essais vibratoires pour chaque axe

L'heure de vibration est découpée en trois « tiers-temps » de 20 minutes, pour lesquels est attribuée une mesure précise :

- Tiers 1 (de 0 à 20 minutes) : chemin de tarage BB (min-hold, IF bandwidth = 50kHz)
- Tiers 2 (de 20 à 40 minutes) : chemin de tarage BH (min-hold, IF bandwidth = 50kHz)
- Tiers 3 (de 40 à 60 minutes) : réflexion BH (max-hold, IF bandwidth = 50kHz)

Les modes min/max hold permettent de relever d'éventuelles micro-coupures des signaux.

La bande passante de mesure est réglée à 50kHz pour avoir une vitesse de balayage suffisante.

9.3.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai vibrations, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

9.4 [ENV-9] CHOCS

9.4.1 Conditions

L'essai chocs a été déroulé du 20/06/2022 au 22/06/2022 chez notre laboratoire partenaire LNE à Trappes (78). Les conditions exposées dans le plan de qualification sont les suivantes :

- Norme de référence : DO-160F (section 7)
- Catégorie : A (chocs opérationnels standards)
- Caractéristiques des ondes de chocs mécaniques :

Axe orthonormé	Sens	Forme d'onde	Amplitude peak (g)	Durée (ms)
X	+ et -	Dents de scie	6	11
Y	+ et -	Dents de scie	6	11
Z	+ et -	Dents de scie	9	11

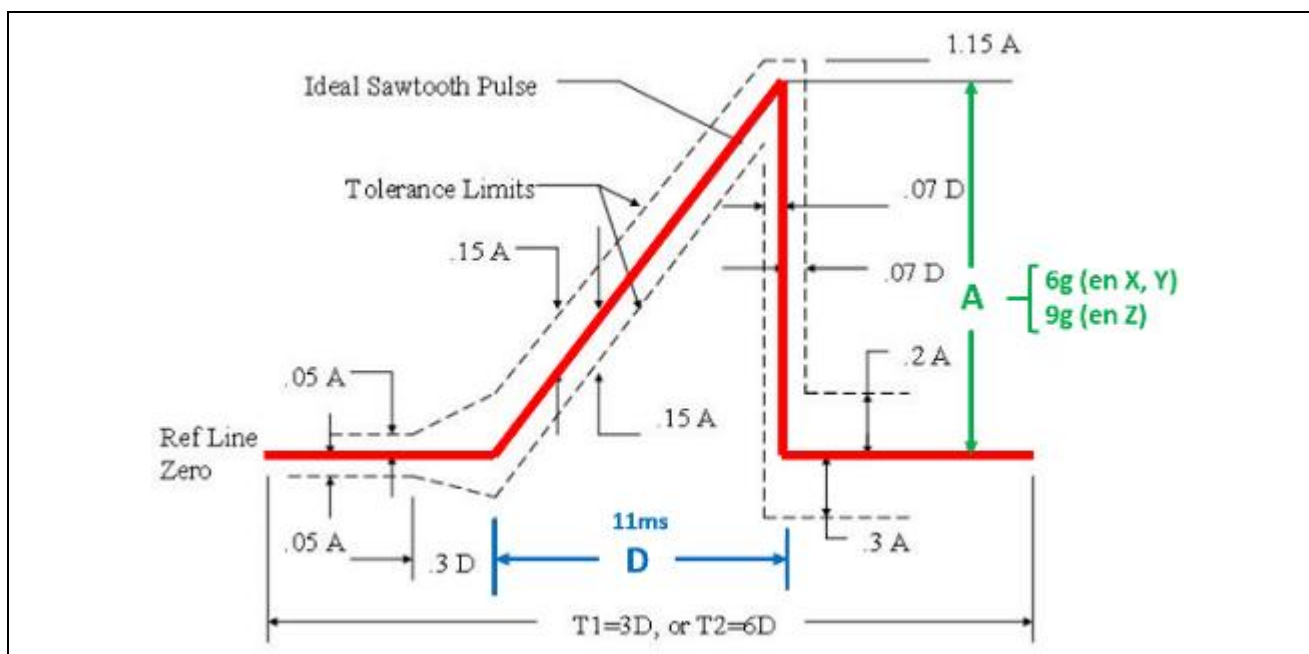


Figure 52 : Forme d'onde de l'agression mécanique pour l'essai de chocs

- Disposition du matériel en essai : la configuration avion n'est pas requise pour cet essai. Le RA est connecté au pot vibrant, côté boîte d'accueil, grâce à une première plaque (dite « interface ») ainsi qu'une seconde plaque permettant d'avoir un espace suffisant pour insérer les bretelles de test (dite « élévation »).
- Instrumentation de l'équipement : des accéléromètres de mesure sont placés sur le RA durant l'essai afin d'enregistrer les ondes de chocs se propageant dans la structure. Il s'agit des mêmes emplacements que pour l'essai vibration.

Les équipements utilisés lors de l'essai vibrations sont réutilisés à l'identique pour l'essai chocs.

9.4.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

Durant tout l'essai de choc, le réseau antennaire est en configuration opérationnelle.

9.4.3 Résultats d'essai

Le rapport d'essai du laboratoire correspond à la référence [DAS06].

Les relevés des accéléromètres de mesure sont disponibles en Annexe 8.

Les statuts des différentes VBF de l'essai chocs sont exposés au Tableau 35.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai vibrations sont disponibles dans le fichier Excel [« Chocs data.xlsx »](#).

AXE X	
Statut VBF2 avant essai	OK
Statut VBF2 après essai	OK
Inspection visuelle	RAS

AXE Y	
Statut VBF2 avant essai	OK
Statut VBF2 après essai	OK
Inspection visuelle	RAS

AXE Z	
Statut VBF2 avant essai	OK
Statut VBF2 après essai	OK
Inspection visuelle	RAS

Tableau 35 : Statut des essais chocs pour chaque axe

9.4.4 Sanction

A l'issue de l'essai chocs, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

9.5 VÉRIFICATION FONCTIONNELLE DES PATCHS CHAUFFANTS APRÈS ESSAIS MÉCANIQUES

A l'issue de la campagne d'essais mécaniques, la boîte d'accueil a été réouverte afin de vérifier l'état physique et fonctionnel des patchs chauffants (ces derniers étant très fragiles).

La procédure de test appliquée est la même que celle décrite au paragraphe 9.1.2

La comparaison des résultats obtenus avant/après essais mécaniques est indiquée dans le Tableau 36 :

AVANT CAMPAGNE MECANIQUE						
Patchs chauffants	Paramètres initiaux (à 0s)		Paramètres après 5s		Critères	
	Temp (°C)	Conso (mA)	Temp (°C)	Conso (mA)	ΔT (°C)	ΔI (mA)
HR2	23,14	238	28,27	863	5,13	645
HR3	23,14		28,45		5,31	

APRES CAMPAGNE MECANIQUE						
Patchs chauffants	Paramètres initiaux (à 0s)		Paramètres après 5s		Critères	
	Temp (°C)	Conso (mA)	Temp (°C)	Conso (mA)	ΔT (°C)	ΔI (mA)
HR2	20.41	238	25.12	860	4.71	622
HR3	20.53		25.57		5.04	

Tableau 36 : Résultats des tests fonctionnels des patchs chauffants



Figure 53 : Examen visuel des patchs chauffants à l'issue des essais mécaniques

A l'issue de la campagne d'essais mécaniques, l'examen visuel ainsi que le contrôle fonctionnel des patchs chauffants robustifiés n'ont pas révélé d'anomalie.

10 ENVIRONNEMENT CEM

10.1 [ENV-12] DÉCHARGES ELECTROSTATIQUES

10.1.1 Conditions

L'essai d'immunité aux décharges électrostatiques (ESD) a été réalisé le 13/06/2022 au sein du laboratoire CEM de NSE. Les conditions exposées dans le plan de qualification sont :

- Norme de référence : EN 61000-4-2 (ed 2009)
- Sévérité : 2kV (niveau 1)
- Polarités : positif et négatif
- 10 décharges à appliquer en chaque point de test pour chaque polarité
- Décharges au contact sur les parties métalliques accessibles. 5 points d'impact ont été définis pour trouver un compromis entre les exigences normatives et la robustesse du produit :

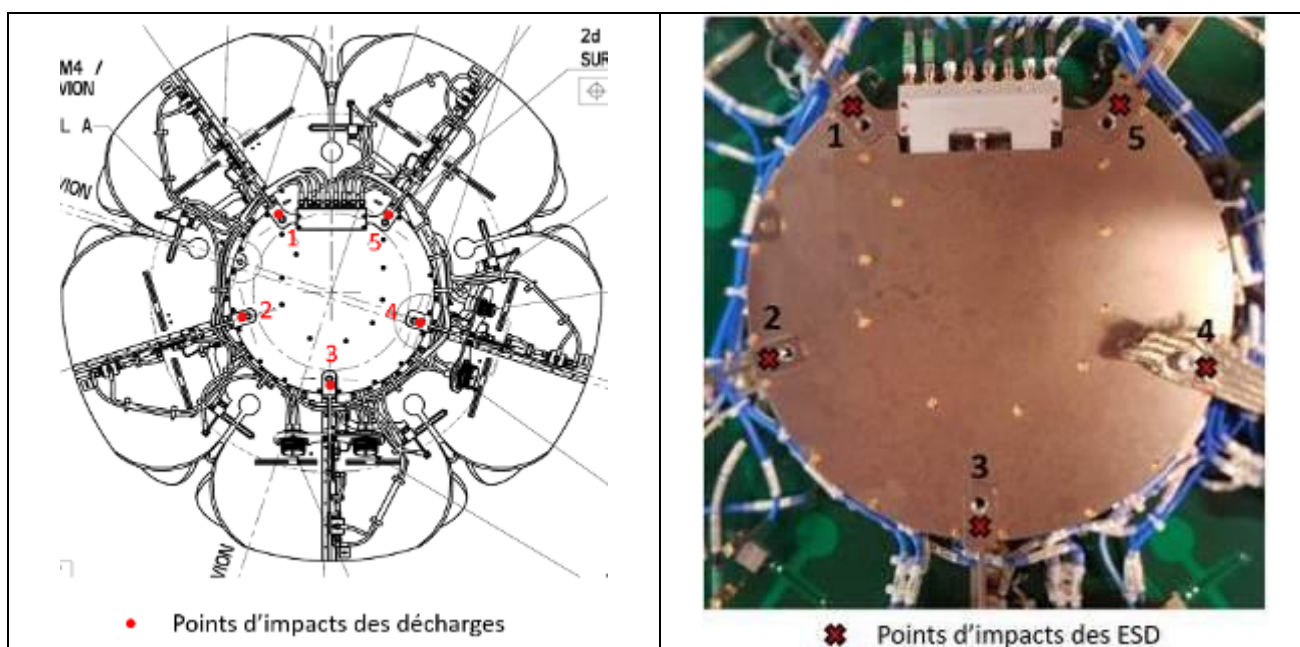


Figure 54 : Points d'impacts retenus pour l'essai d'immunité aux ESD

- Disposition du matériel en essai : maintien en position avion avec l'outillage mécanique
- Setup d'essai :

Les dimensions du RA (et de son outillage de maintien) imposent l'utilisation de deux tables d'essai, espacées de 30cm. Chacune des deux tables est recouverte d'un plan de masse en cuivre relié à la terre du laboratoire via deux résistances de 470 kΩ en série. Le RA n'est pas directement en contact avec les plans de masse, mais isolé de ceux-ci grâce à des tapis isolants d'électricien.

Pour simuler la configuration aéronef, une tresse de masse relie le boîtier d'accueil au plan de masse du laboratoire (au sol). Cette dernière est visée dans un des trous de fixation de la boîte d'accueil. La partie de la tresse de masse qui touche le longeron est isolée avec du captation appliqué régulièrement sur la longueur de la tresse. Le pistolet ESD est relié également à la terre du laboratoire.

N° identification	Désignation	Type	Validité
E73-2885	Pistolet à décharges	Schaffner NSG 435	18/02/2023
E73-2885	Pointe pour décharges au contact (conforme EN61000-4-2)	Schaffner NSG 435	18/02/2023
/	Table en bois hauteur 80cm (x2)	/	/
/	Plans de masse (x2)	/	/
/	Câble à deux résistances séries 470k Ω (x2)	/	/
/	Tresse de masse	/	/

Tableau 37 : Liste des appareils spécifiques à l'essai décharges électrostatiques

Des photographies de l'essai sont données à la Figure 55 :

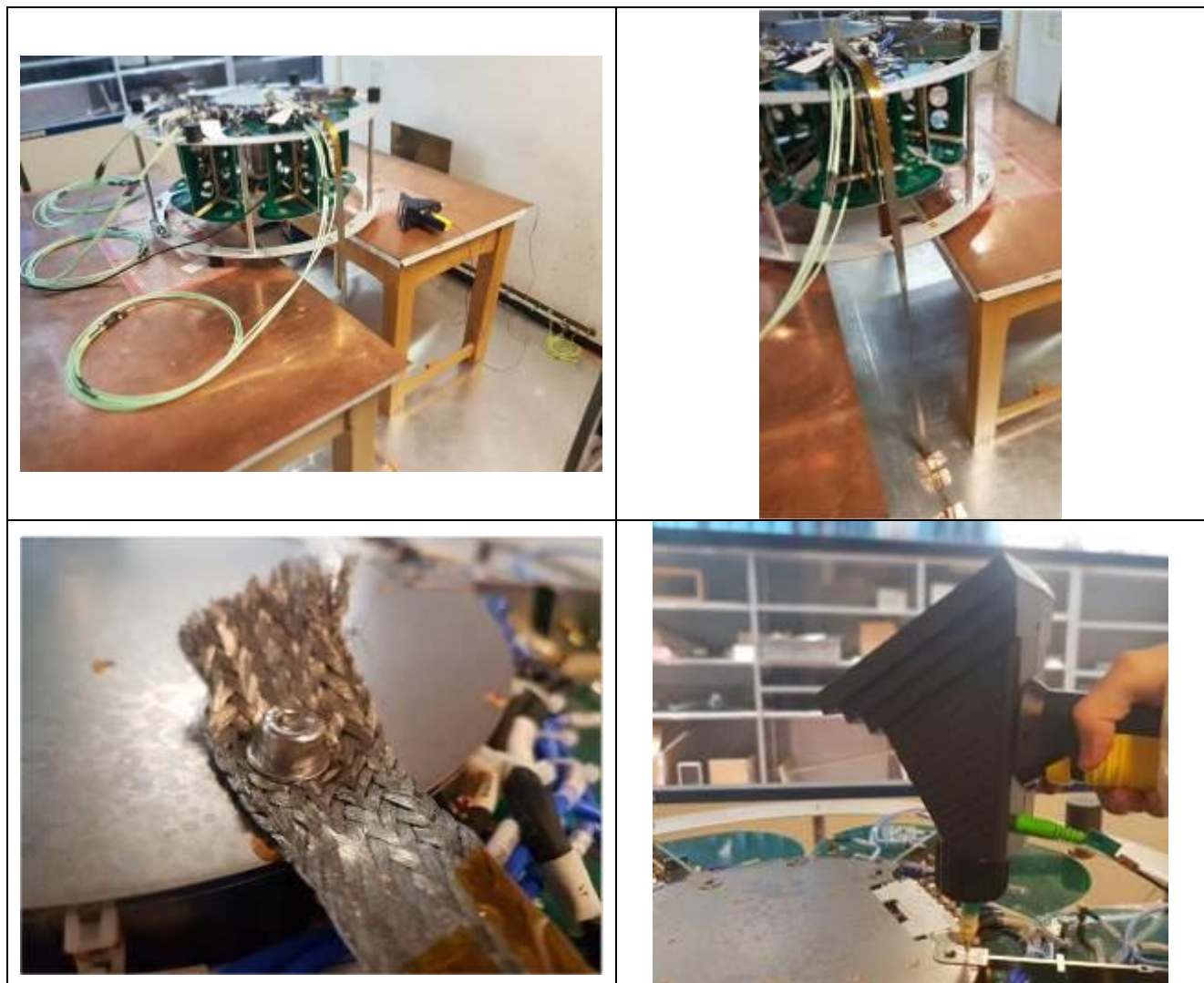


Figure 55 : Photographies de l'essai ESD

- Séquences d'essai :

Les ESD sont appliquées séquentiellement au RA selon le séquençage suivant :

Série ESD positives				
Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
10 décharges	10 décharges	10 décharges	10 décharges	10 décharges

Série ESD négatives				
Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
10 décharges	10 décharges	10 décharges	10 décharges	10 décharges

Tableau 38 : Séquençage de l'essai ESD

Trois VBF2 s'intercalent dans le schéma précédent :

- ✓ La première VBF2 est déroulée avant l'essai
- ✓ La seconde après la série de décharges positives
- ✓ La dernière après la série de décharges négatives

10.1.2 Modes de fonctionnement du matériel en essai

- Le RA est en configuration opérationnelle lors des VBF2 avant, après la série d'ESD positives et après la série d'ESD négatives.
- Pendant l'essai, le RA est en configuration opérationnelle. Seule la bretelle J1 est connectée au banc de test. (équipement alimenté). Les bretelles J2, J3 et J4 restent connectées au RA, mais pas en entrée du VNA afin de protéger ses ports RF.
- Les patches chauffants étaient montés dans la boîte d'accueil.

10.1.3 Résultats d'essai

Les statuts des différentes VBF de l'essai décharges électrostatiques sont exposés au Tableau 39Tableau 39.

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de l'essai décharges électrostatiques sont disponibles dans le fichier Excel « [ESD_data.xlsx](#) ».

Phase de l'essai	VBF jouée	Statut
AVANT essai	VBF 2	OK
Après ESD positives	VBF 2	OK
Après ESD négatives	VBF 2	OK

Tableau 39 : Résultats des VBF de l'essai décharges électrostatiques

10.1.4 Sanction

Au cours et à l'issue de l'essai décharges électrostatiques, le RA n'a montré ni dégradation physique ni fonctionnelle pouvant remettre en cause le statut de l'essai.

➤ **PASS**

11 CARACTERISATION RF APRES QUALIFICATION (VBF1)

11.1 CONDITIONS

La caractérisation complète du RA après qualification a été déroulée suivant les exigences de la procédure de VBF du RA [DAS01] ainsi que du plan de qualification environnementale [DAS02]. Les mesures ont été effectuées le 24/06/2022 au sein du laboratoire CEM de NSE.

La liste des appareils spécifiques à cet essai (complémentaire à celle du Tableau 1) est donnée au Tableau 40 :

N°Identification	Désignation	Type	Validité
91148	Chambre semi-anéchoïque	SIEPEL	07/2022

Tableau 40 : Liste des appareils spécifiques à l'essai caractérisation après qualification



Figure 56 : Photographie du RA dans la CSA

	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA
			Affaire : NAF2000035
	Réseau Antennaire		Version : A
			Révision : 2
			Page : 78/172

Les mesures sont effectuées en chambre semi-anéchoïque (CSA), pour être isolé de l'environnement électromagnétique proche (téléphonie, WiFi, Bluetooth ...) et ainsi obtenir des mesures les plus propres possibles.

La configuration adoptée (placement de l'antenne, du banc de test, fermeture de la CSA) a été voulue la plus proche possible de celle utilisée lors de la VBF1 avant qualification.

11.2 CONFIGURATION DE L'ÉQUIPEMENT

Pendant la caractérisation avant qualification (VBF1), le RA est en configuration opérationnelle.

11.3 RÉSULTATS D'ESSAI

Les résultats complets (données brutes, graphiques) de la caractérisation après qualification (VBF1) sont disponibles dans le fichier Excel [« VB1 après qualif.xlsx »](#).

La comparaison des résultats entre les deux VBF1 (avant/après qualification) permet d'établir les observations suivantes :

- Les mesures de tarage BB sont les plus propres et les plus reproductibles, et ce pour les dix voies RF.
- Les mesures de réflexions en BB sont nettement moins reproductibles qu'en tarage. On retrouve bien les mêmes tendances de courbes sans divergence anormale. Certaines résonances sont plus ou moins marquées et décalées en fréquence.
- Les mesures de tarage BH sont également très propres et reproductibles, mais dans une moindre mesure qu'en BB. Aucune divergence anormale n'a été relevée (aussi bien en activant qu'en désactivant l'amplification).
- Concernant les mesures de réflexions en BH, on retrouve les mêmes observations qu'en BB, avec peut être une reproductibilité un peu meilleure.
- Les mesures sur la sonde de vérification sont globalement cohérentes (pas de divergences disproportionnées) mais on retrouve là encore les écarts plus importants remarqués en BH.
- Les écarts constatés en BH (notamment sur la phase) ne sont pas liés aux essais de qualification, mais à une mauvaise calibration du VNA (pas de nouvelle calibration des cordons de test juste avant la VBF1 après qualification).
- L'inclinomètre, le capteur de température et le composant de cryptographie fonctionnent correctement en renvoyant des valeurs cohérentes.

11.4 SANCTION

A l'issue de la VBF1 après qualification, le RA a présenté des performances en accord avec celles obtenues lors de la VBF1 avant qualification, même si des écarts acceptables ont été relevés (essentiellement en BH).

- **PASS**

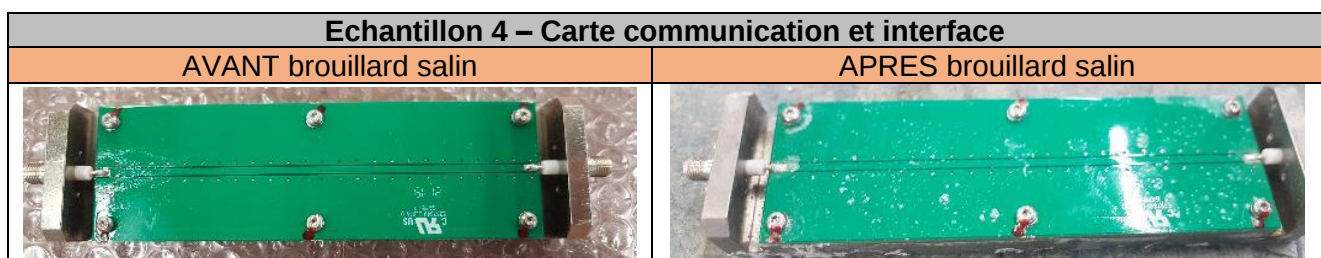
	Rapport de qualification Environnementale		Référence : 00044548AA	
			Affaire : NAF2000035	
	Réseau Antennaire		Version : A	Révision : 2
			Page	: 79/172

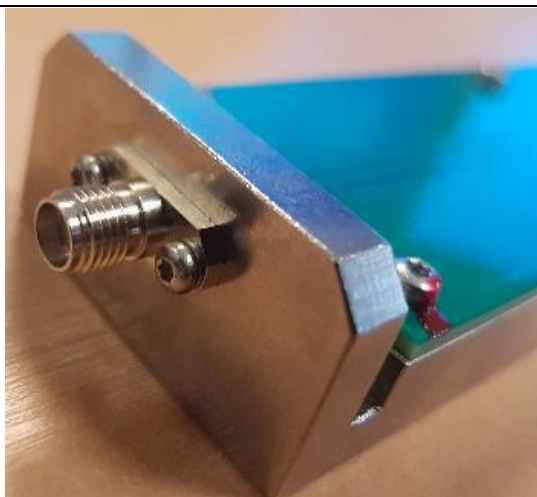
12 ANNEXES

Annexe 1 : Photographies et courbes de mesure, essai brouillard salin

Référence	Dénomination
1A	Session 1 : échantillons 3, 4, 5 et 6
1B	Session 2 : échantillons 1 et 2
1C	Session 3 : antenne BH et liaison SMP
1D	Session 4 : antenne BH avec potting autour des connecteurs SMP

1A	Session 1 : échantillons 3, 4, 5 et 6
-----------	--



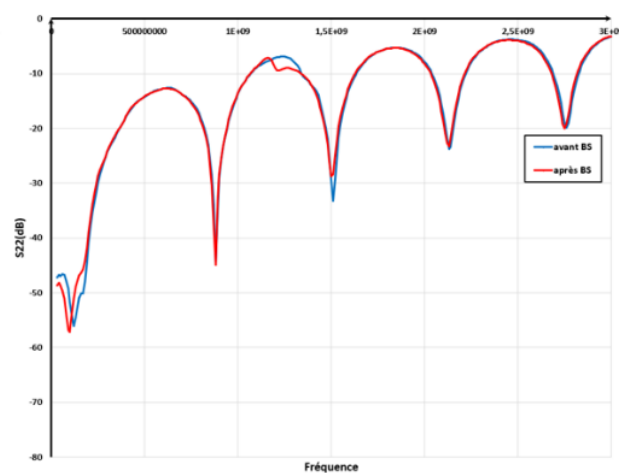
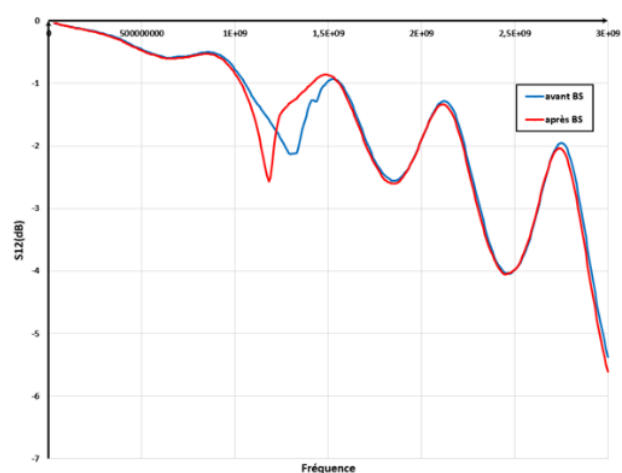
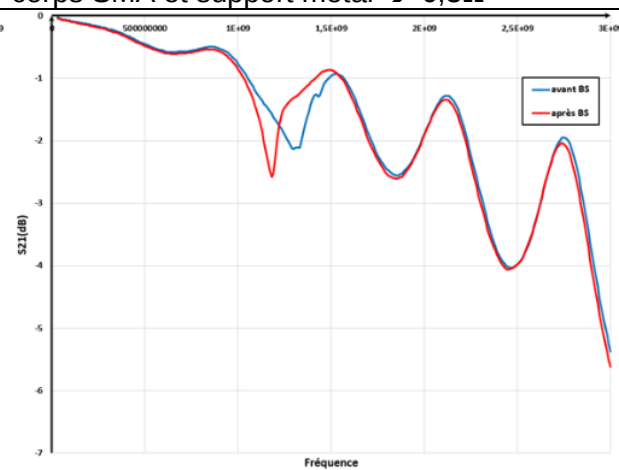
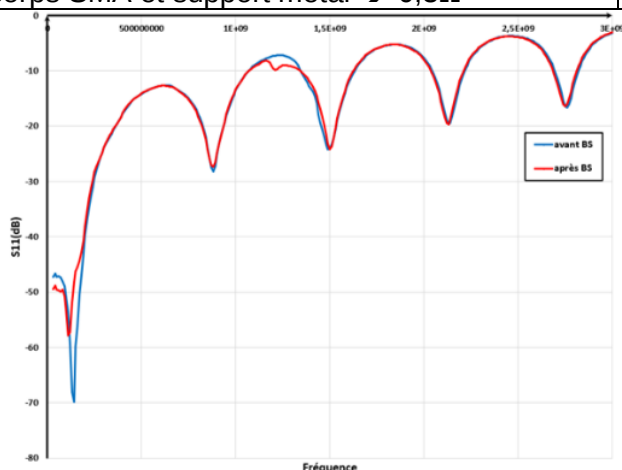


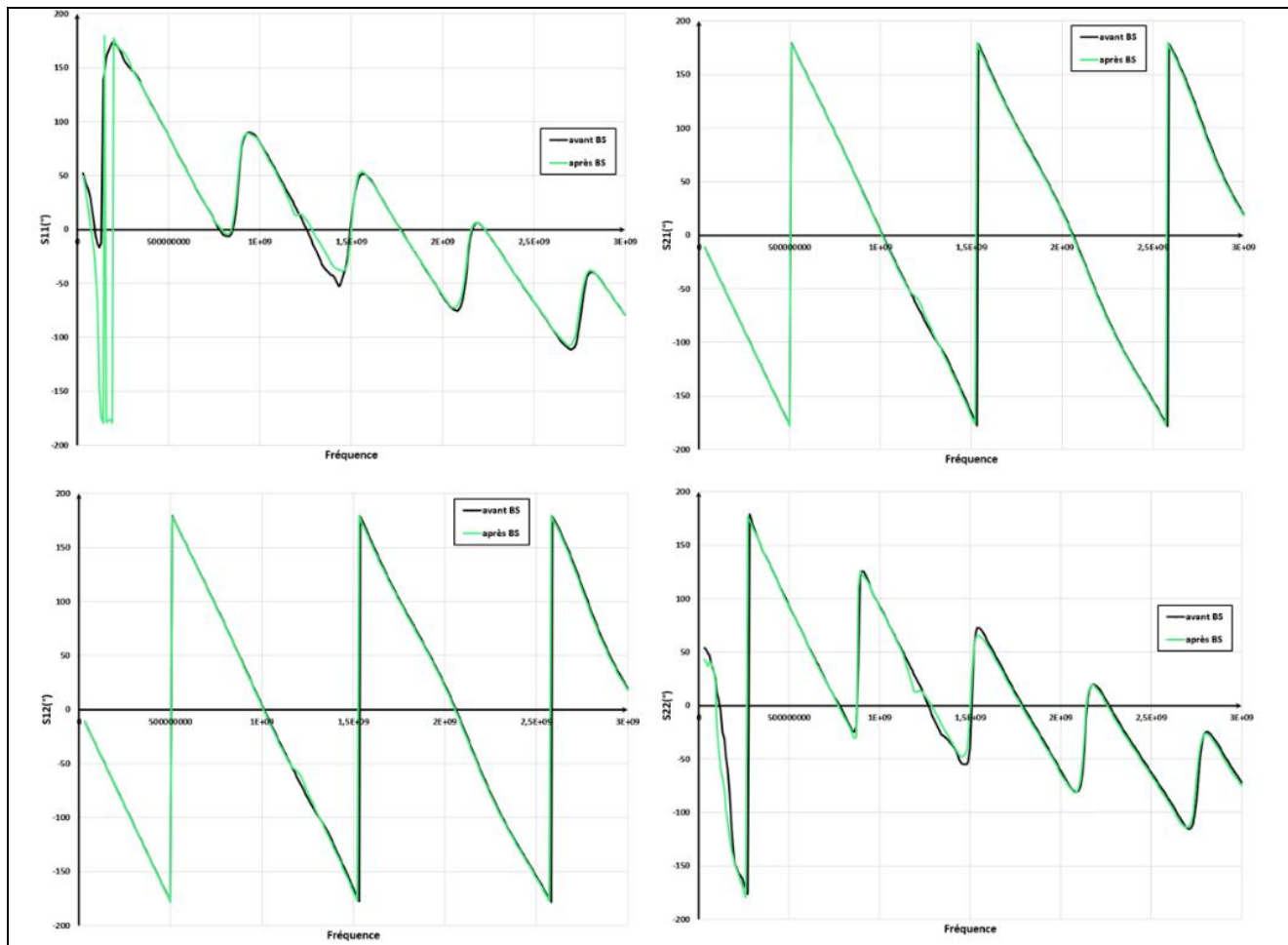
Continuité électrique :

deux âmes SMA $\rightarrow 0,2\Omega$
corps SMA et vis de fixation $\rightarrow 0,2\Omega$
corps SMA et support métal $\rightarrow 0,3\Omega$

Continuité électrique :

deux âmes SMA $\rightarrow 0,6\Omega$
corps SMA et vis de fixation $\rightarrow 0,4\Omega$
corps SMA et support métal $\rightarrow 0,3\Omega$



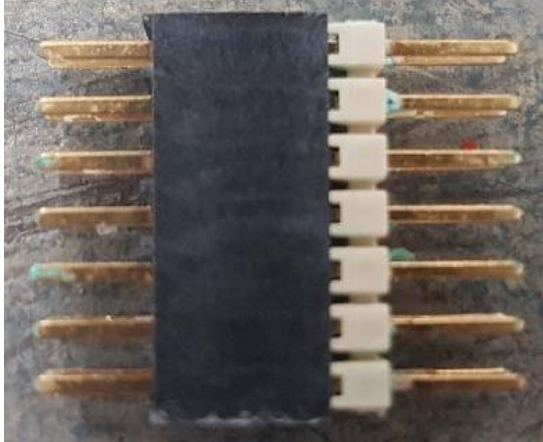
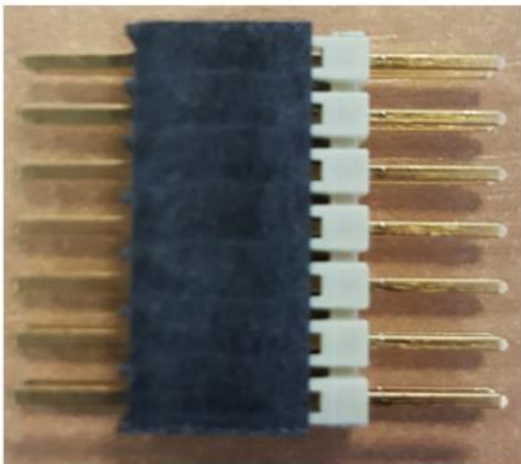


Echantillon 5 – Sonde PT100	
AVANT brouillard salin	APRES brouillard salin
	
Résistance obtenue à Température ambiante R = 110,36Ω	Résistance obtenue à Température ambiante R = 110,2Ω

Echantillon 6 – Connecteur carte à carte

AVANT brouillard salin

APRES brouillard salin







1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

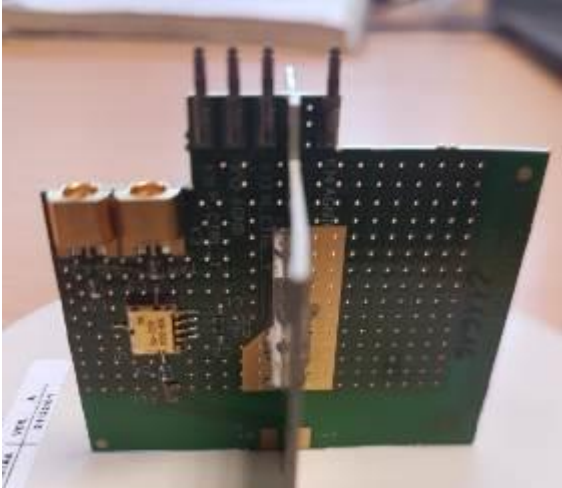
12

13

14

Continuité Brouillard salin		
Pin	AVANT (Ω)	APRES (Ω)
1	0,3	0,3
2	0,3	0,3
3	0,3	0,3
4	0,3	0,3
5	0,4	0,3
6	0,4	0,2
7	0,3	0,2
8	0,3	0,3
9	0,3	0,3
10	0,4	0,4
11	0,3	0,3
12	0,3	0,3
13	0,3	0,2
14	0,3	0,2

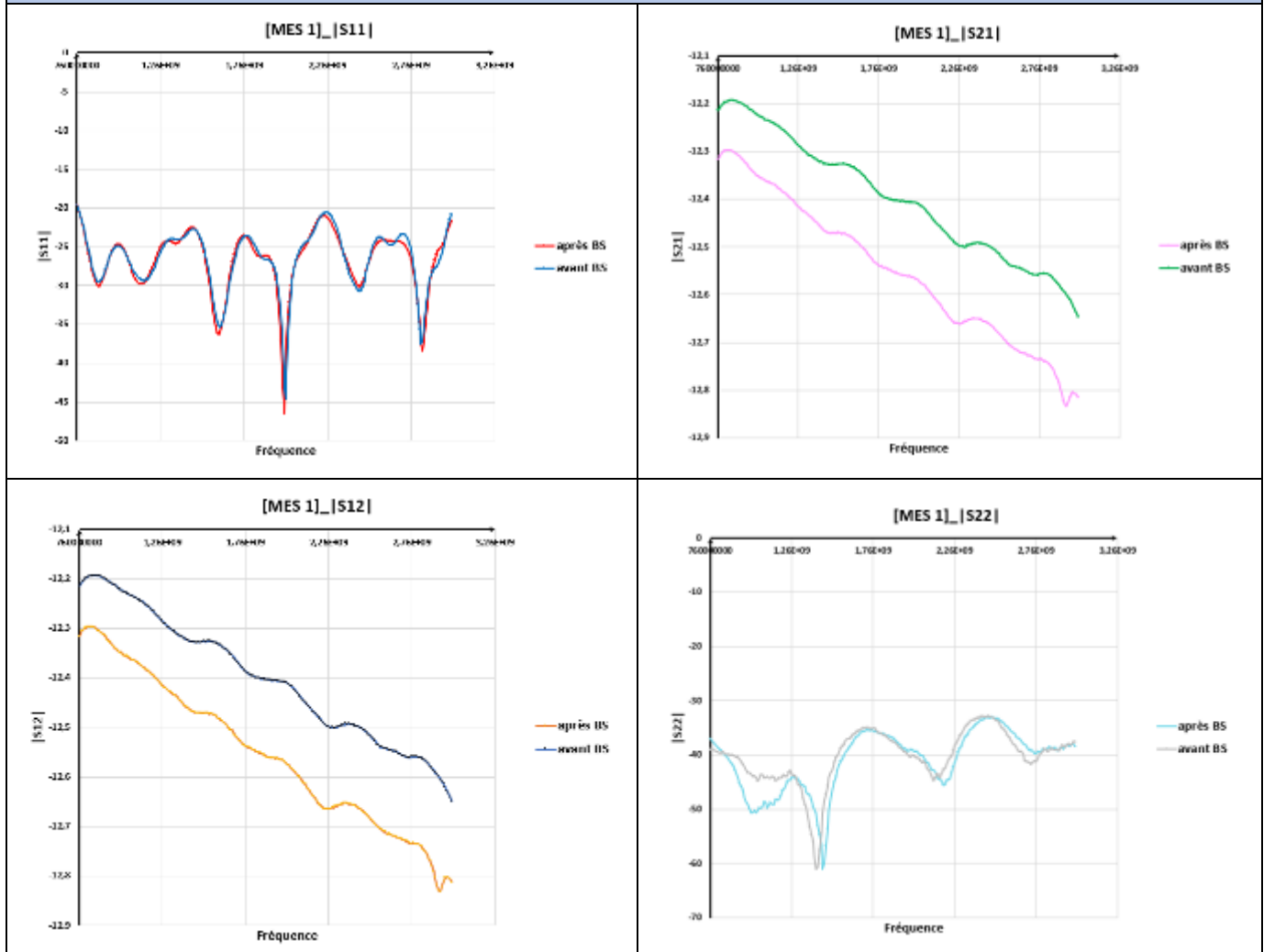
1B	Session 2 : échantillons 1 et 2
-----------	--

Echantillon 1 – Chemin BH	
AVANT brouillard salin	APRES brouillard salin
	
	
	

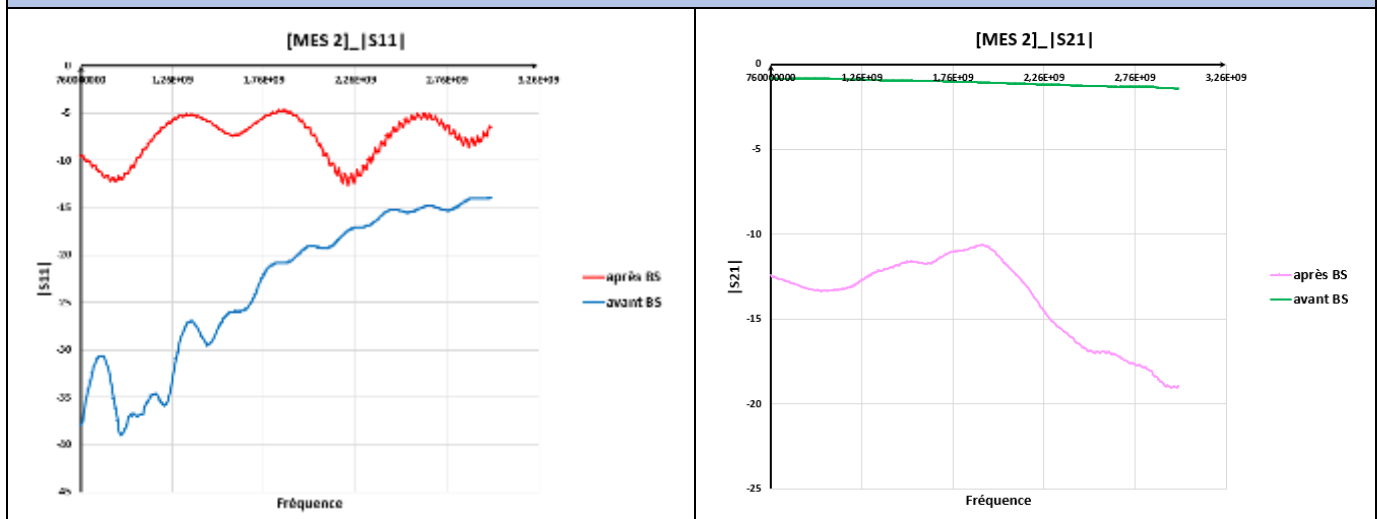
Comparaison des paramètres S (voir [DAS03] pour la description précise des mesures)

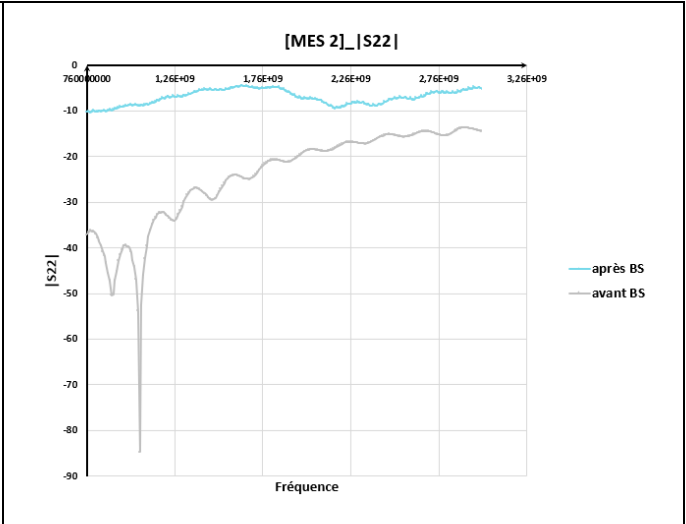
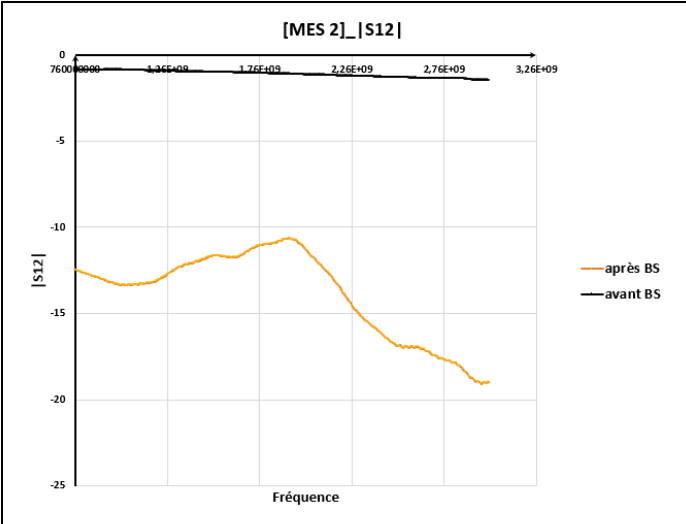
(La totalité des résultats des mesures est disponible dans le fichier Excel « [post-traitement ECH1.xlsx](#) »)

Mesure #1

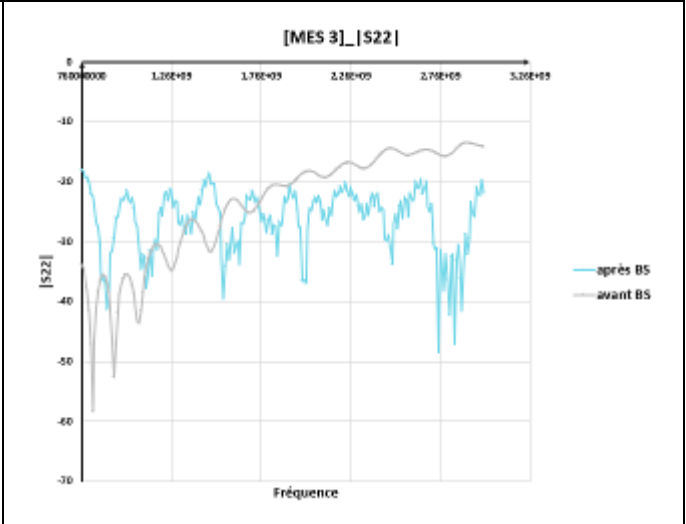
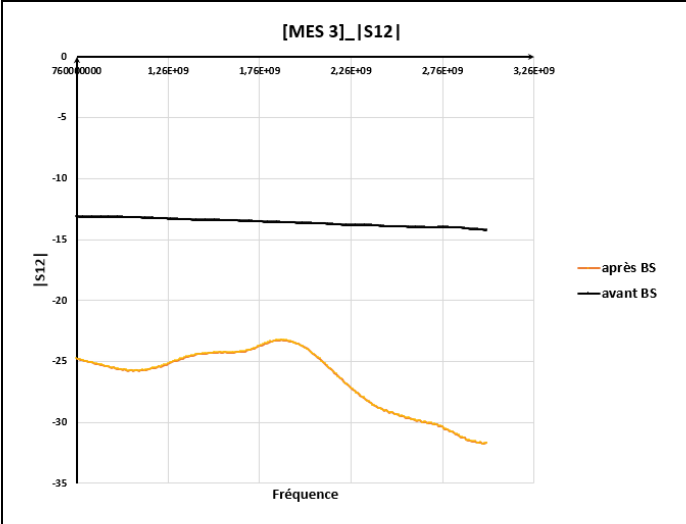
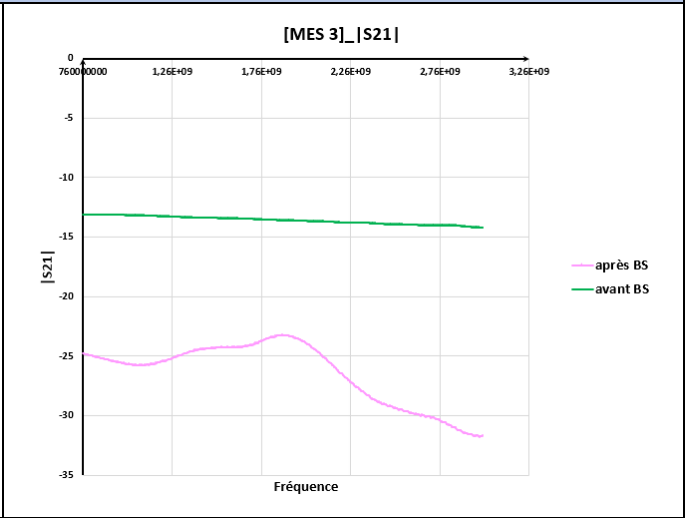
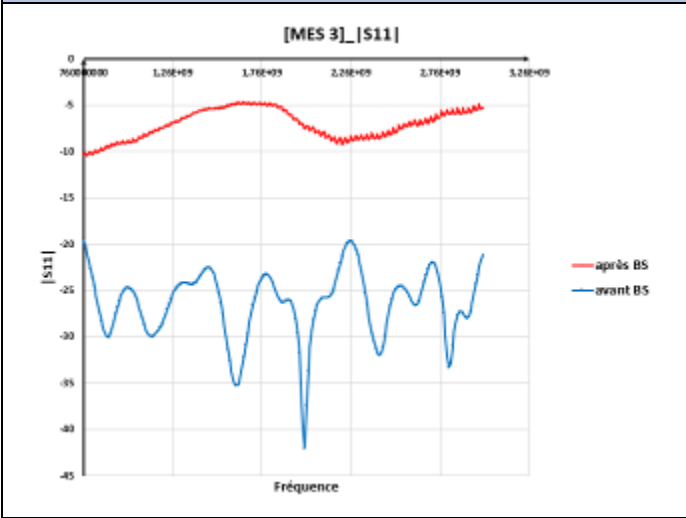


Mesure #2

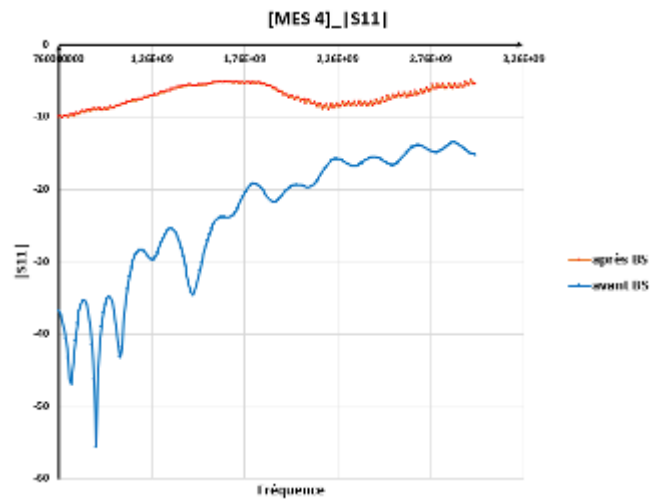




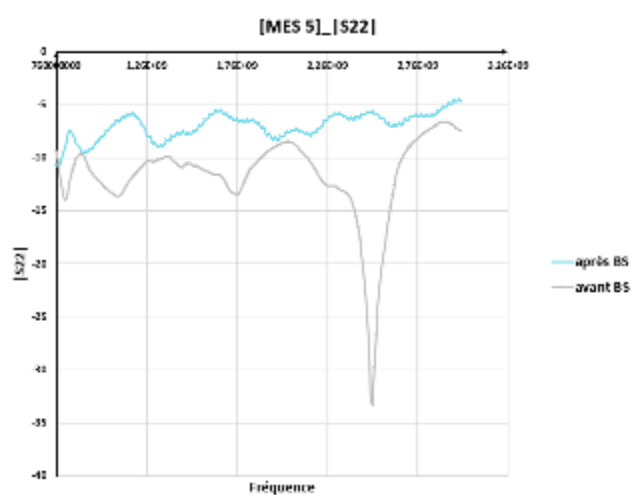
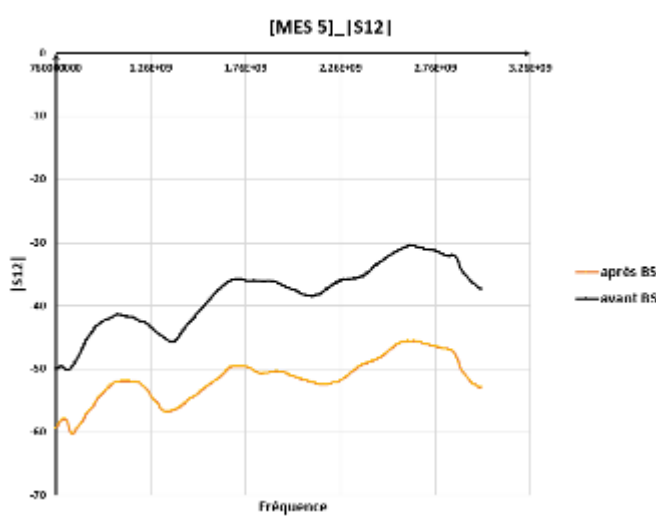
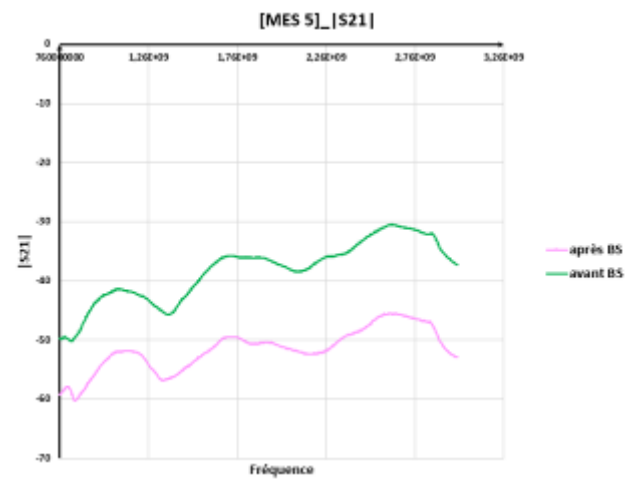
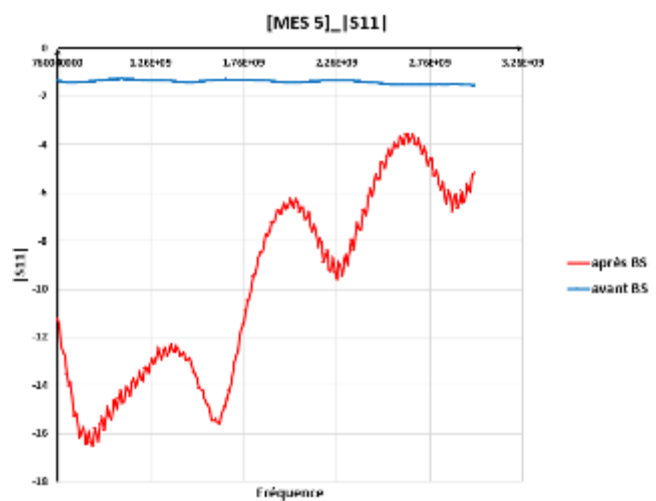
Mesure #3



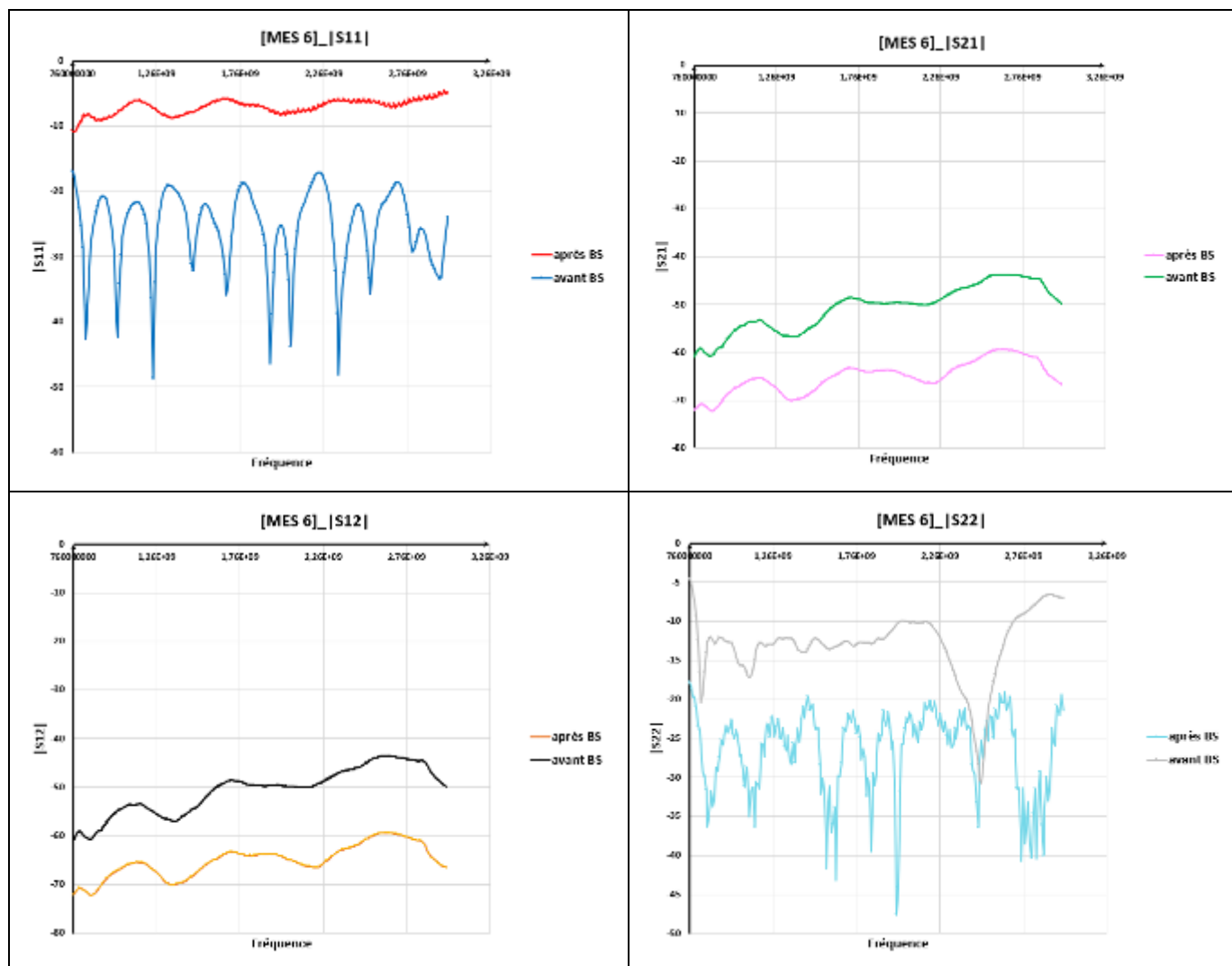
Mesure #4

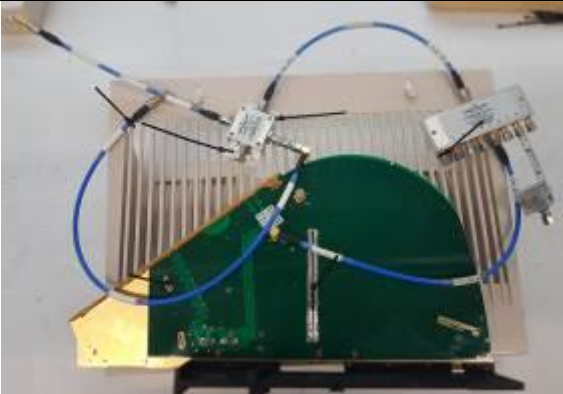


Mesure #5



Mesure #6

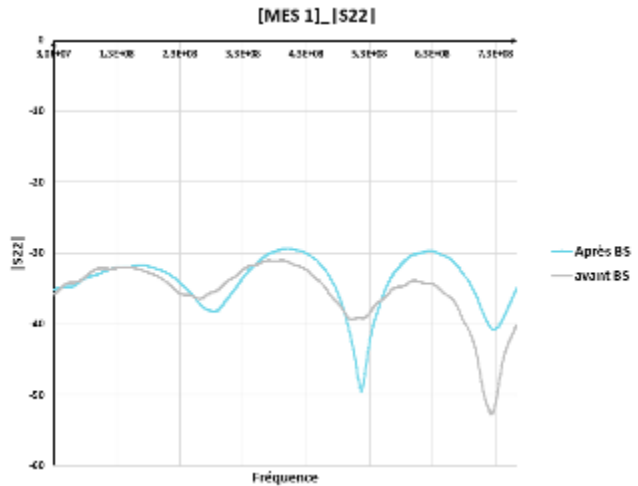
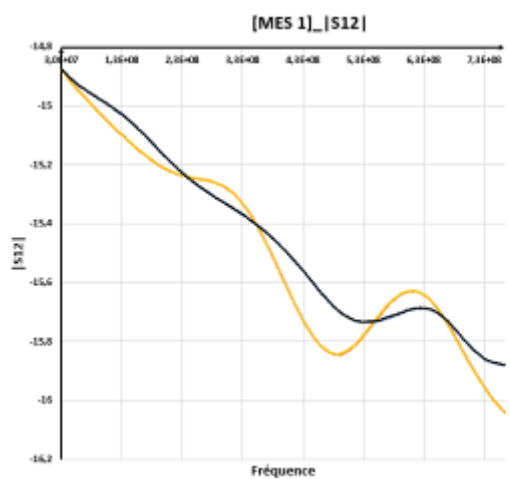
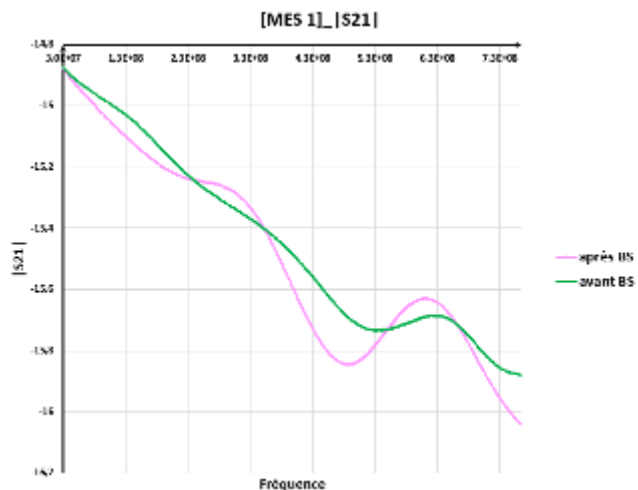
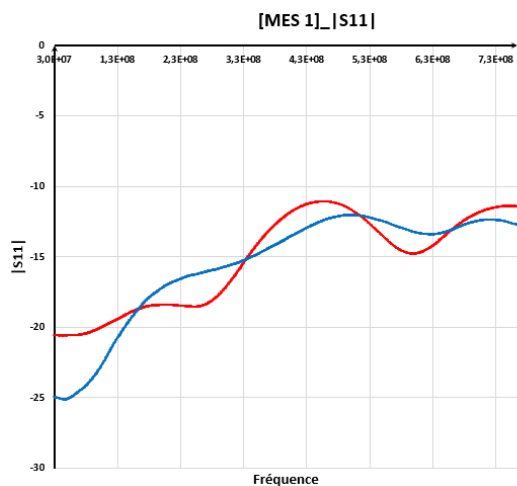


Echantillon 2 – Chemin BB	
AVANT brouillard salin	APRES brouillard salin
	
	
	
	
	

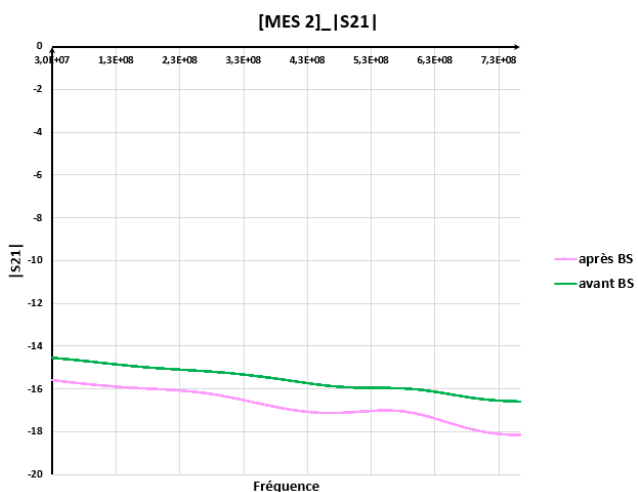
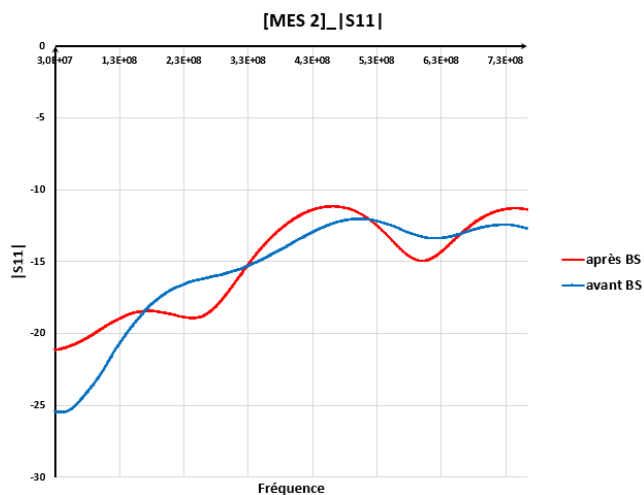
Comparaison des paramètres S (voir [DAS03] pour la description précise des mesures)

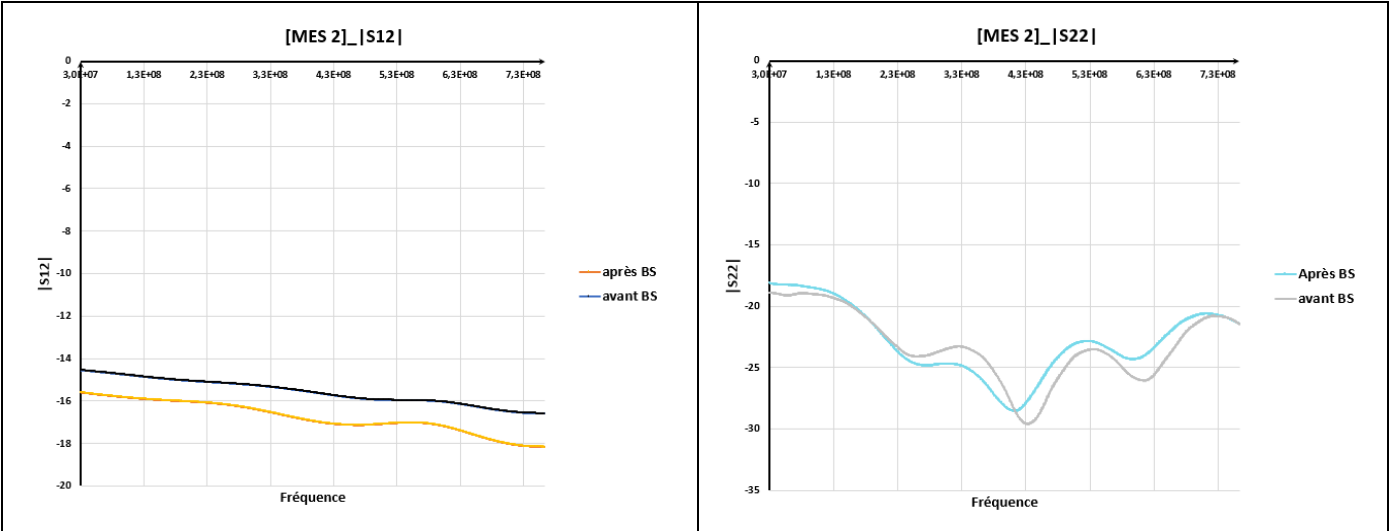
(La totalité des résultats des mesures est disponible dans le fichier Excel « [post-traitement ECH2.xlsx](#) »)

Mesure #1

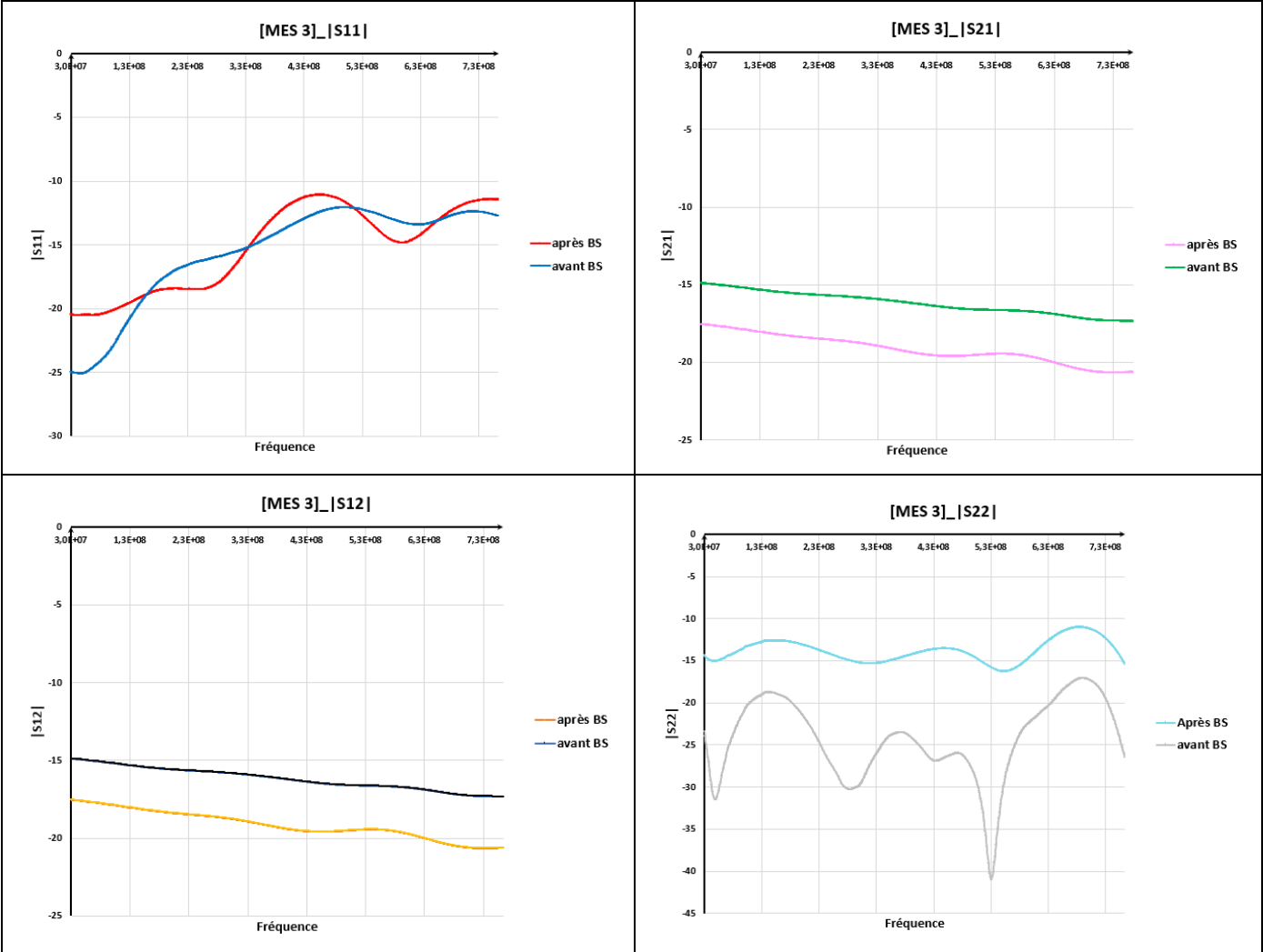


Mesure #2

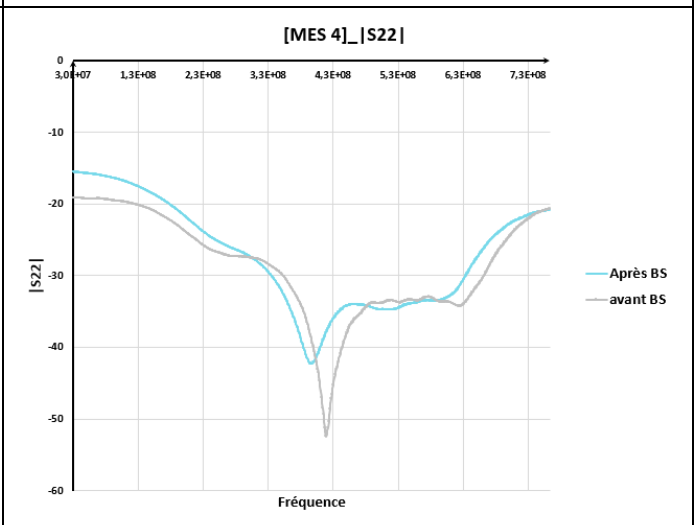
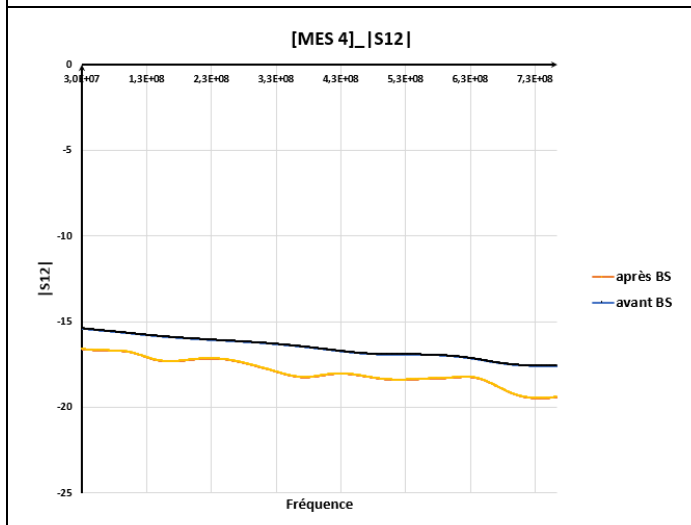
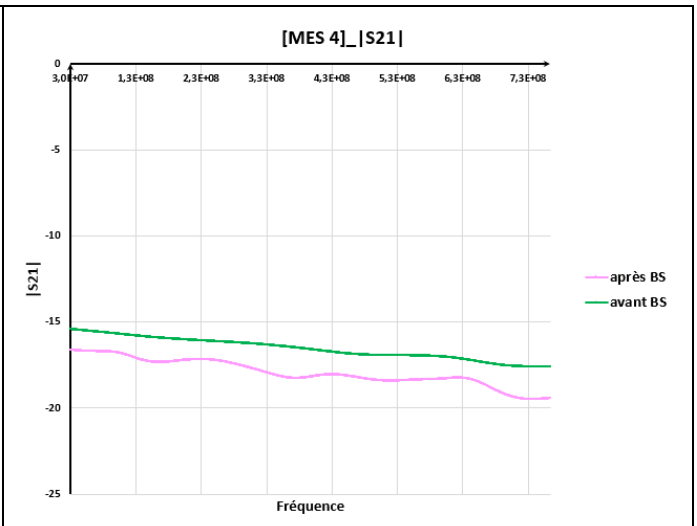
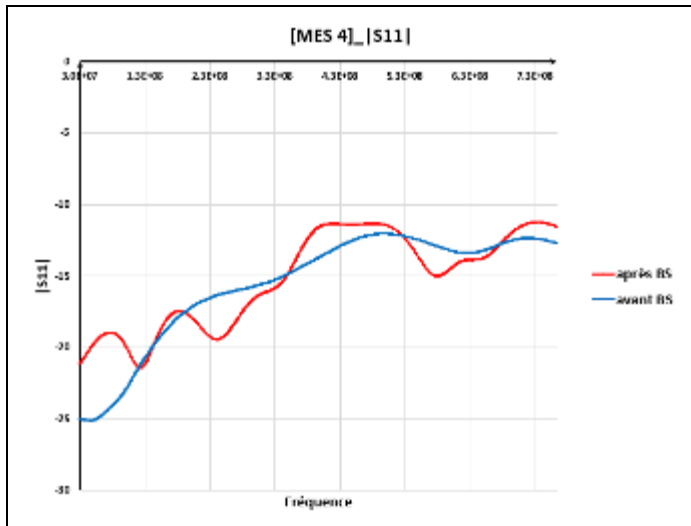




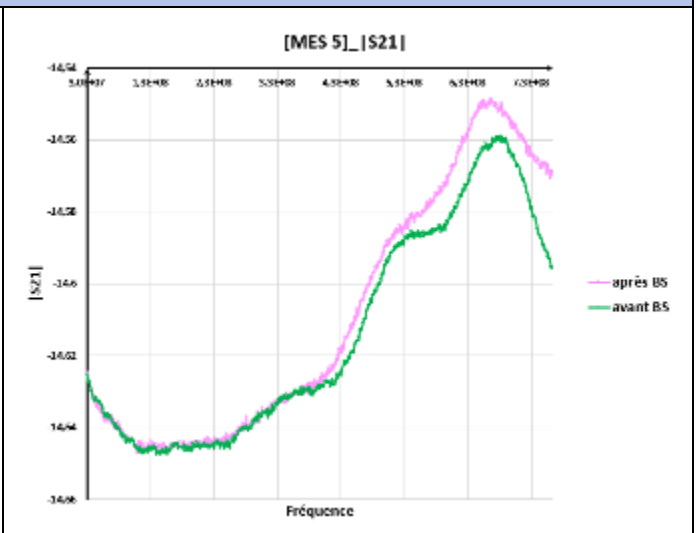
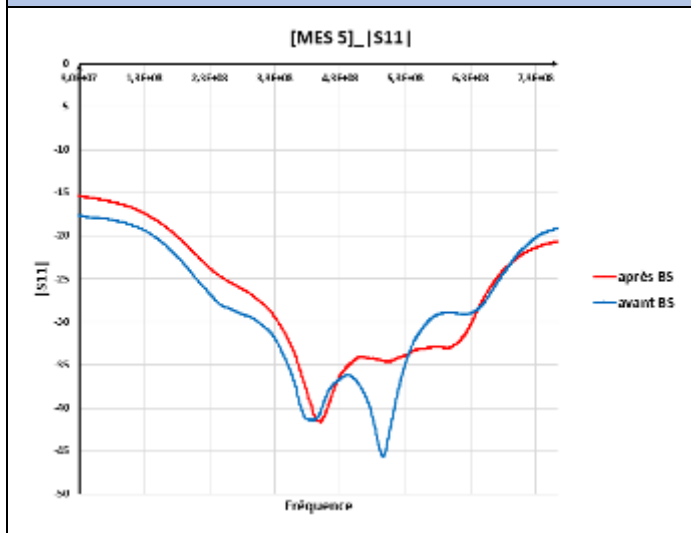
Mesure #3

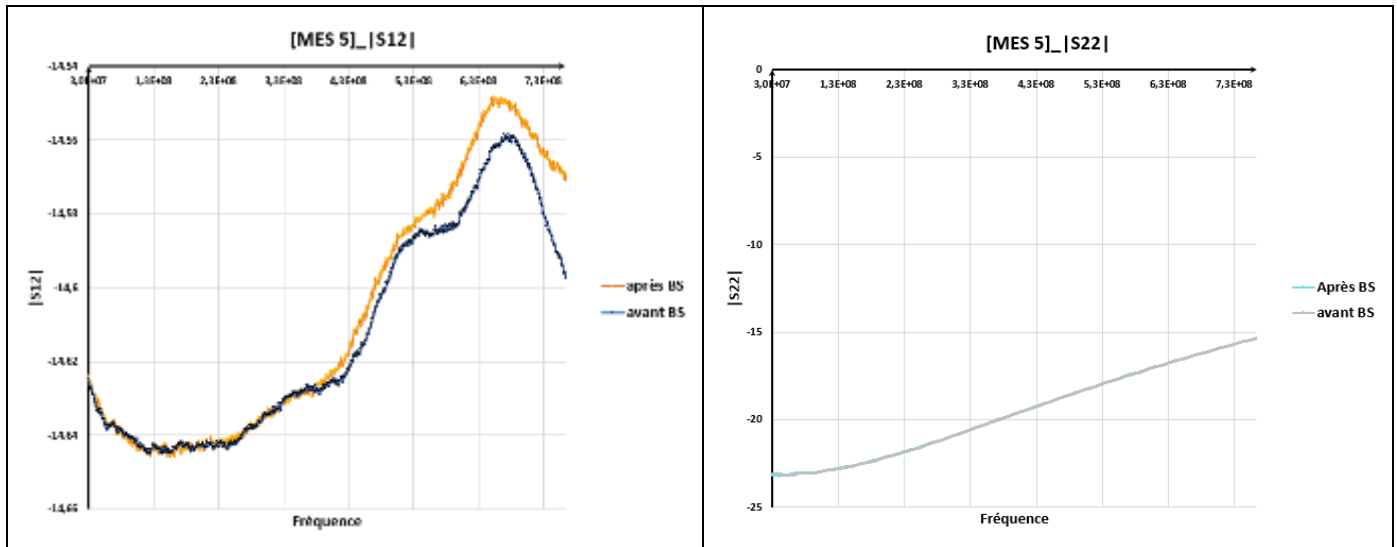


Mesure #4

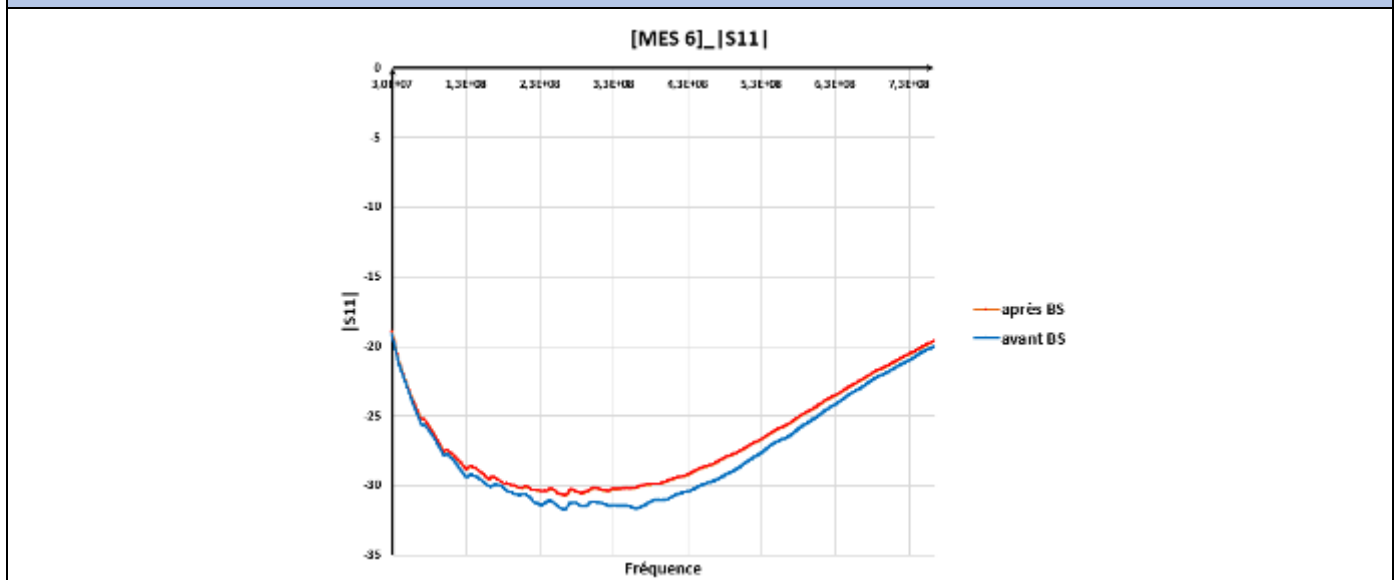


Mesure #5

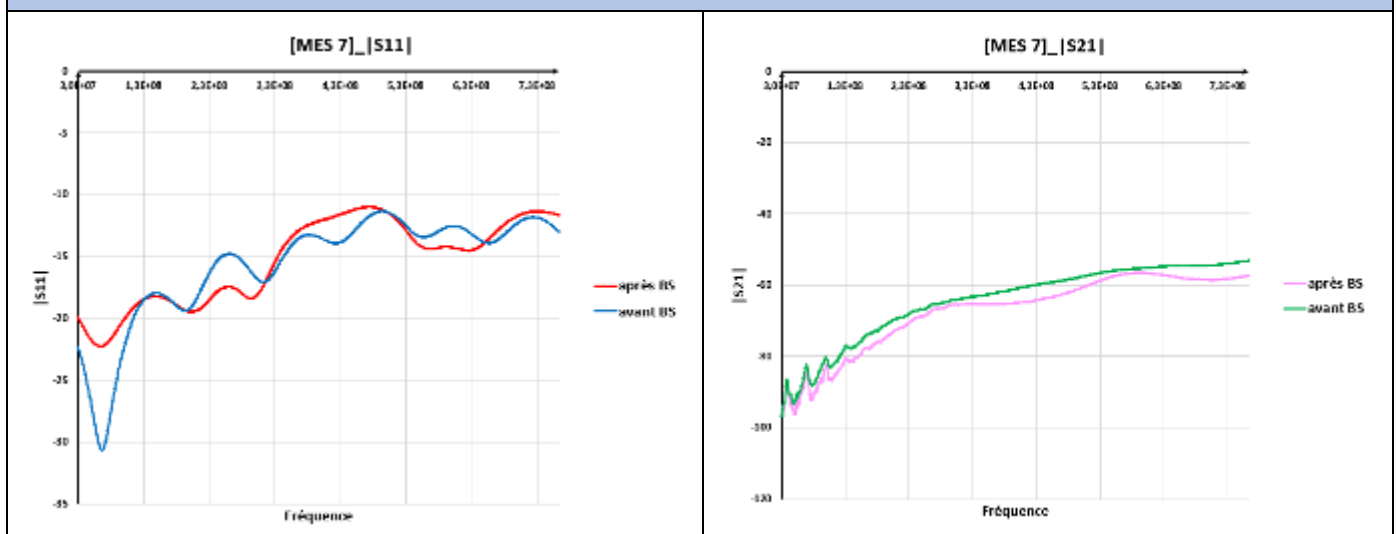


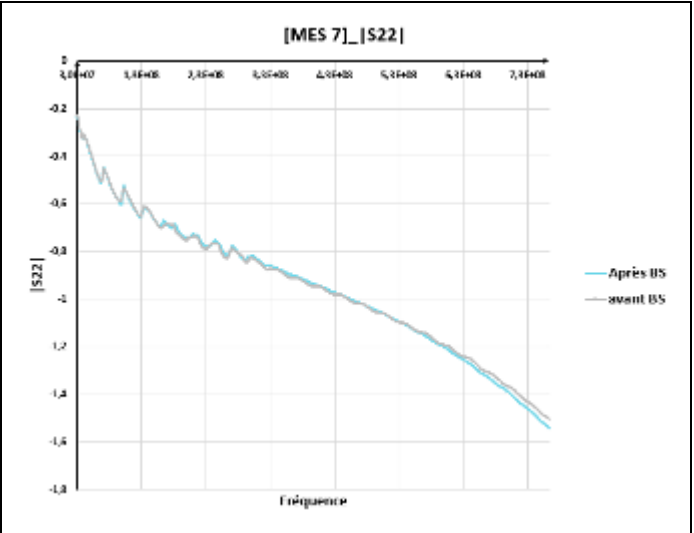
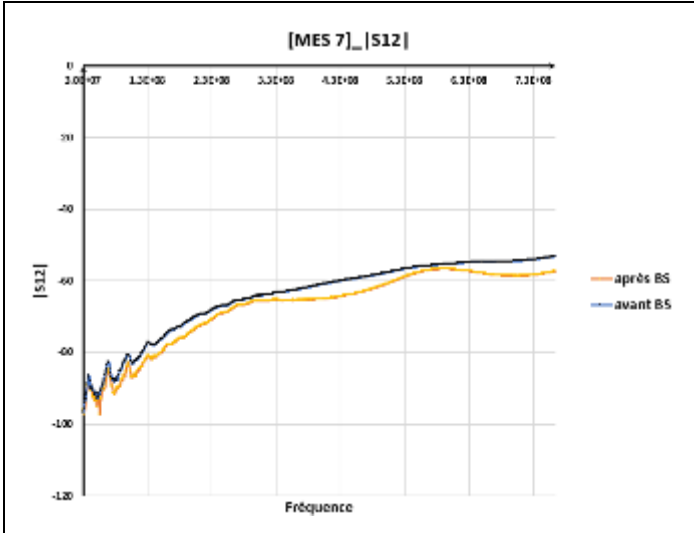


Mesure #6

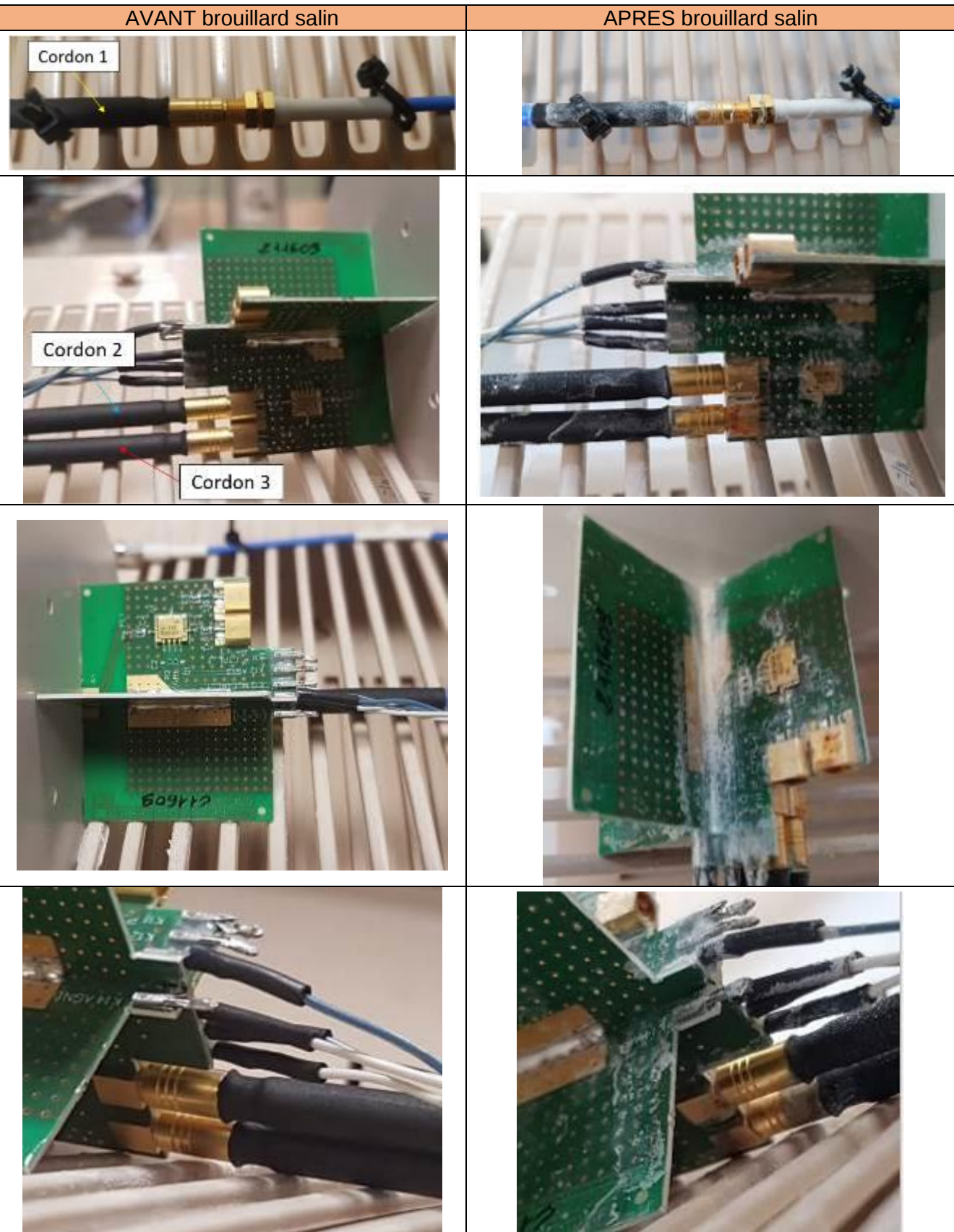


Mesure #7

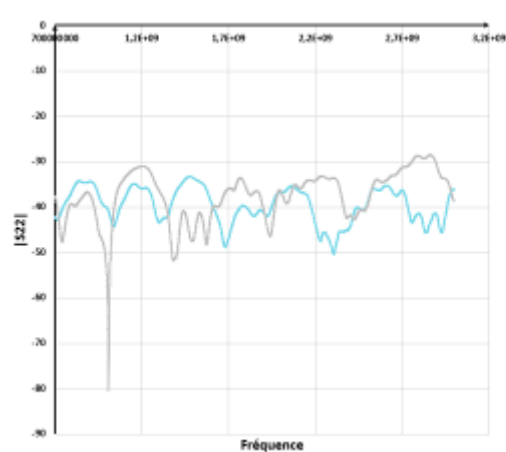
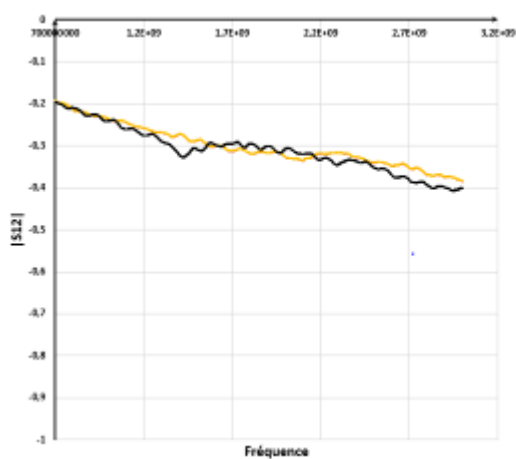
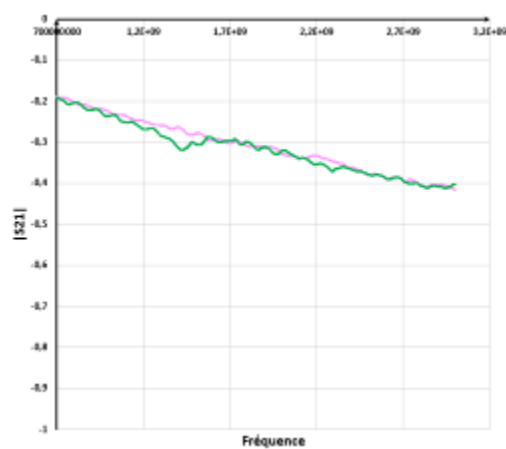
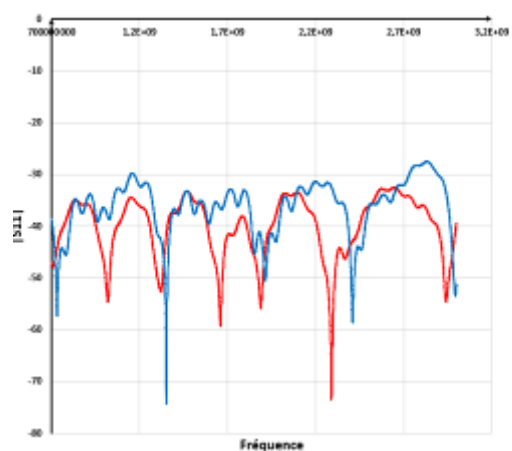




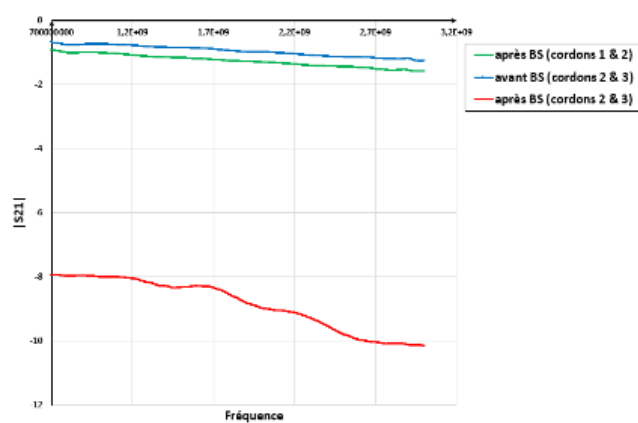
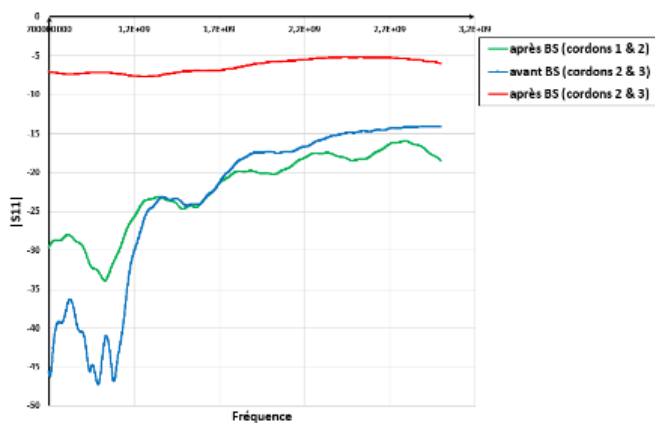
1C	Session 3 : antenne BH et liaison SMP
-----------	--

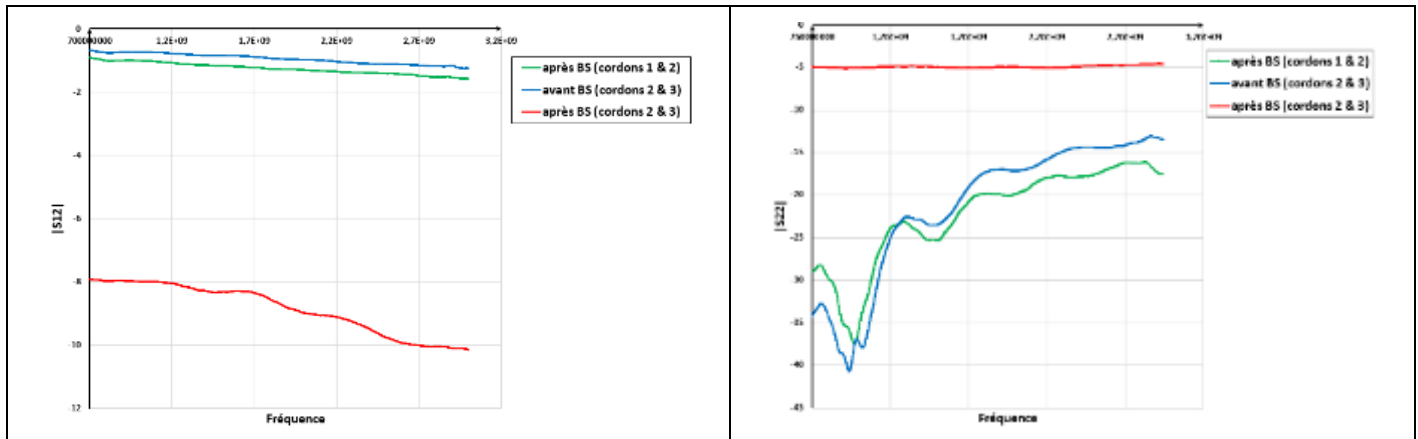


Liaison SMP

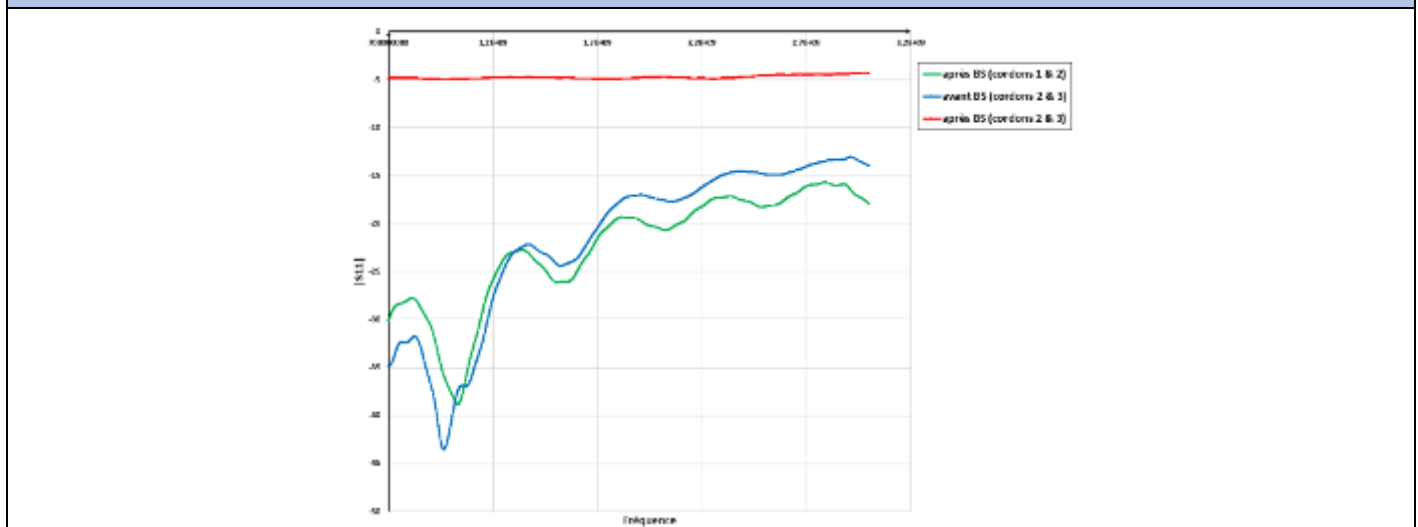


Mesure #2

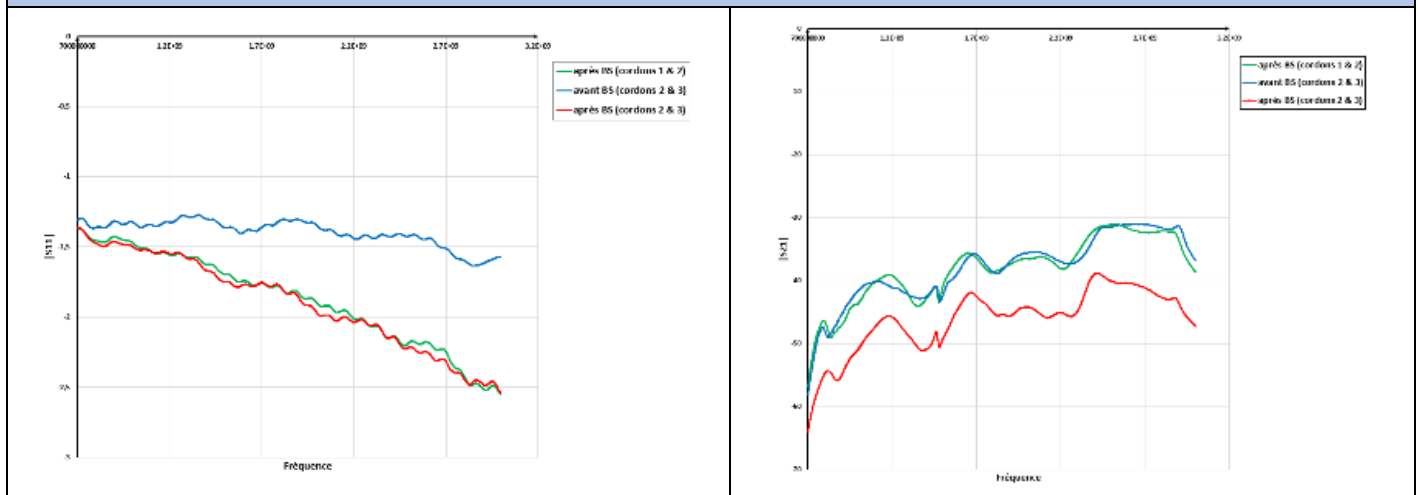


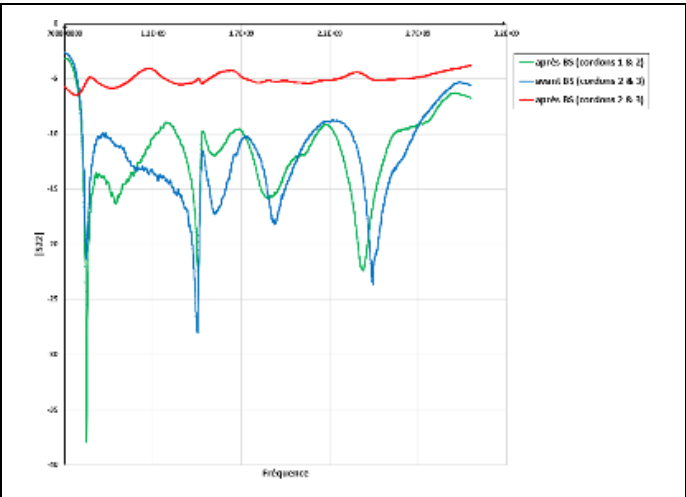
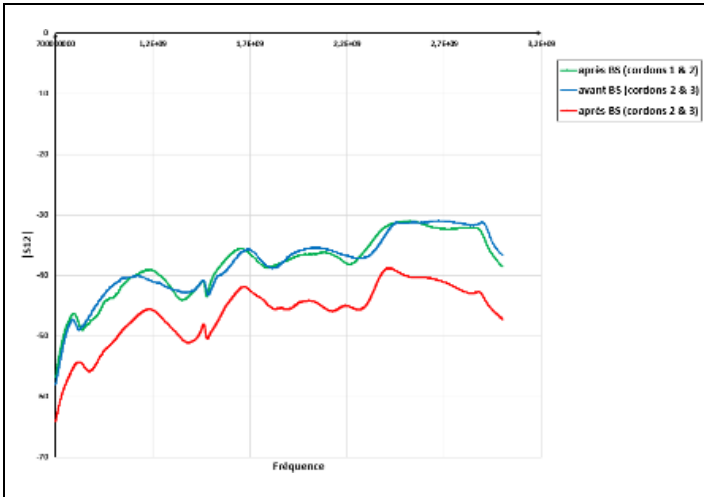


Mesure #4

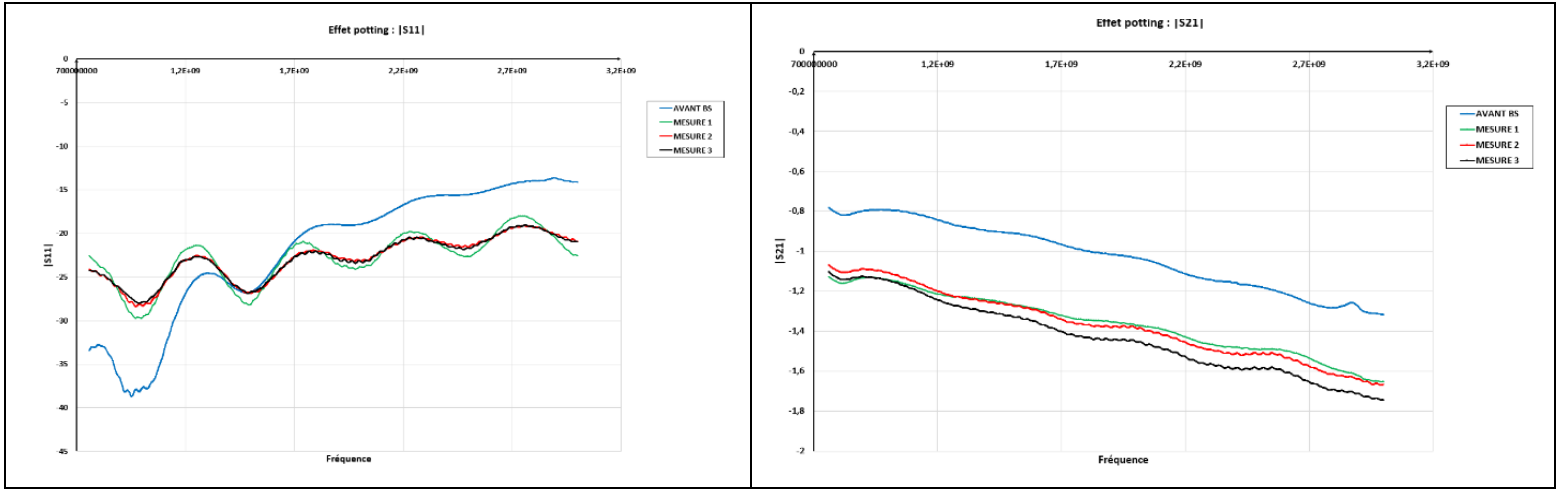
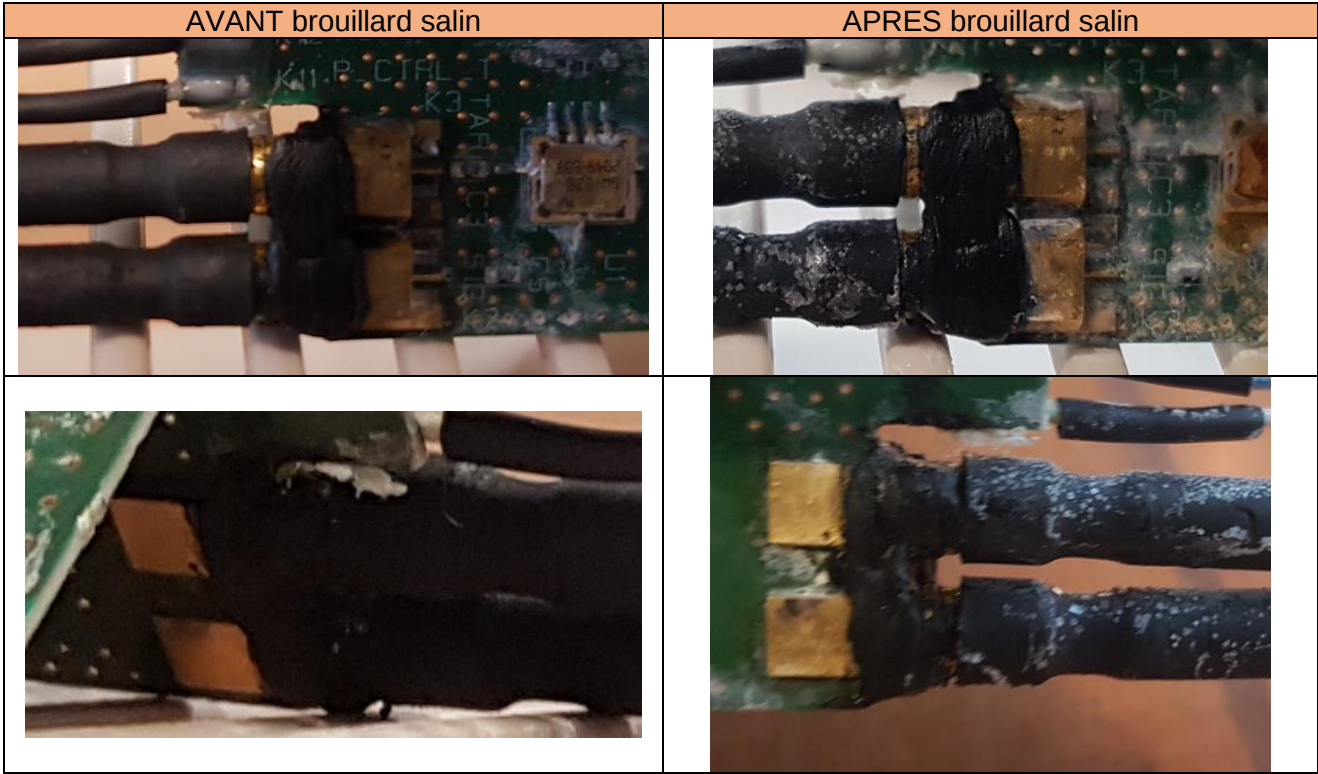


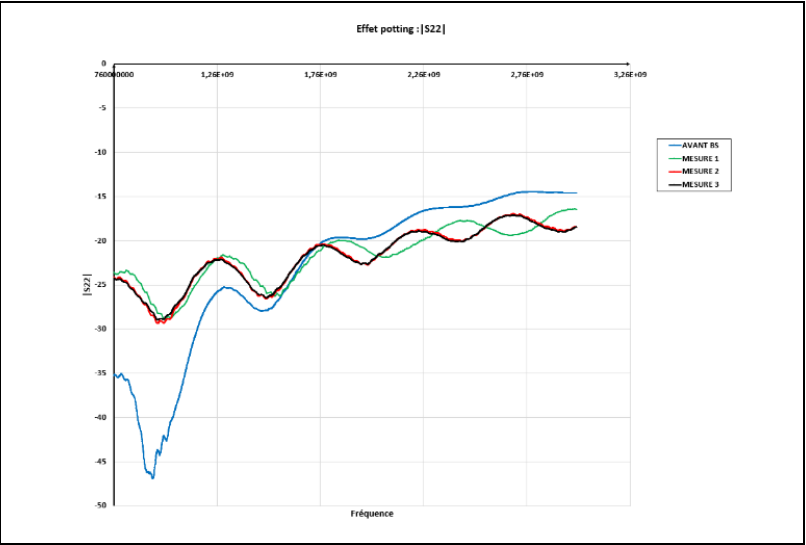
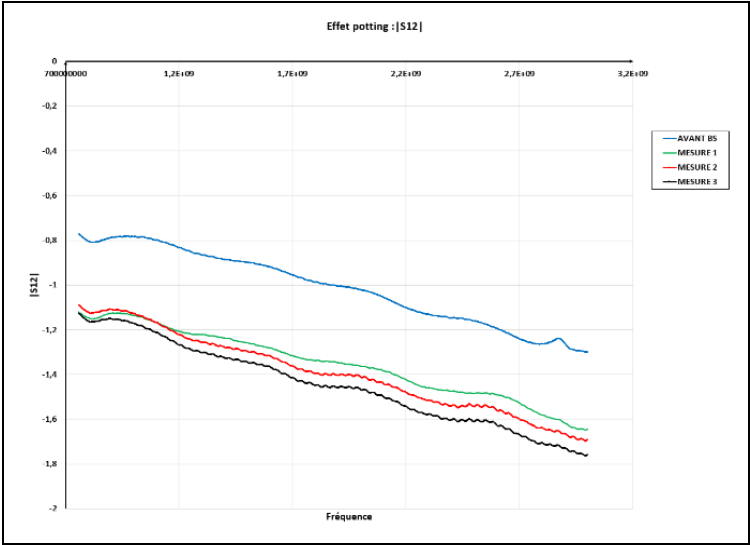
Mesure #5





1D	Session 4 : antenne BH avec potting autour des SMP
----	--

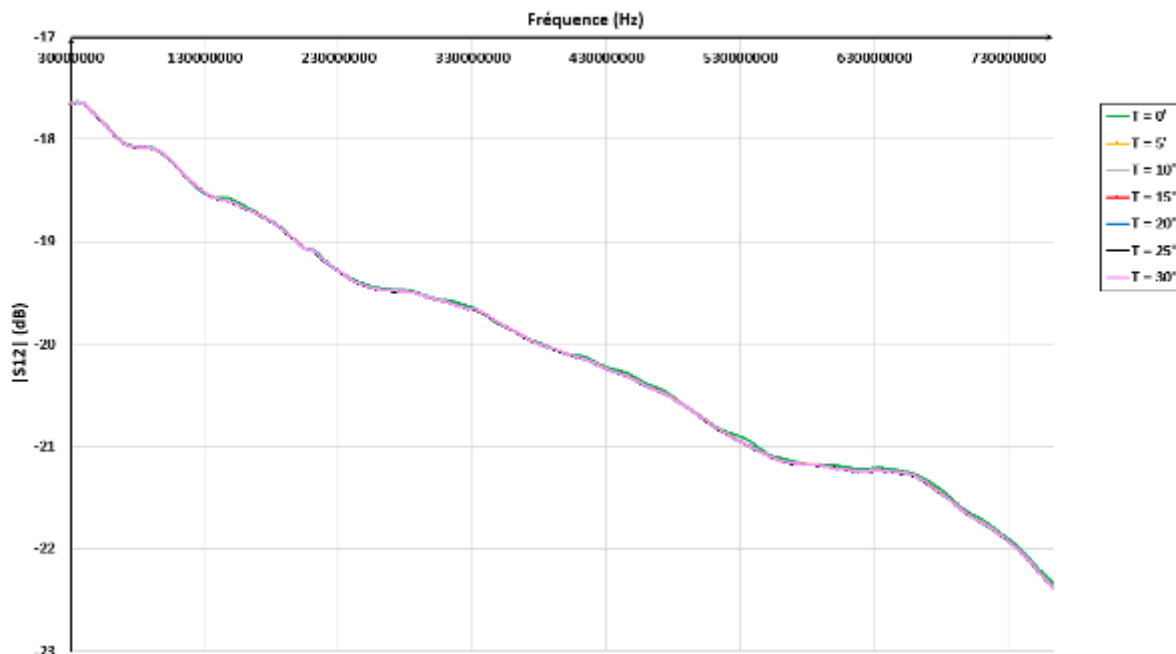




Annexe 2 : Essai température chaude, résultats des VBF

Monitoring du chemin de tarage BB, voie RF5

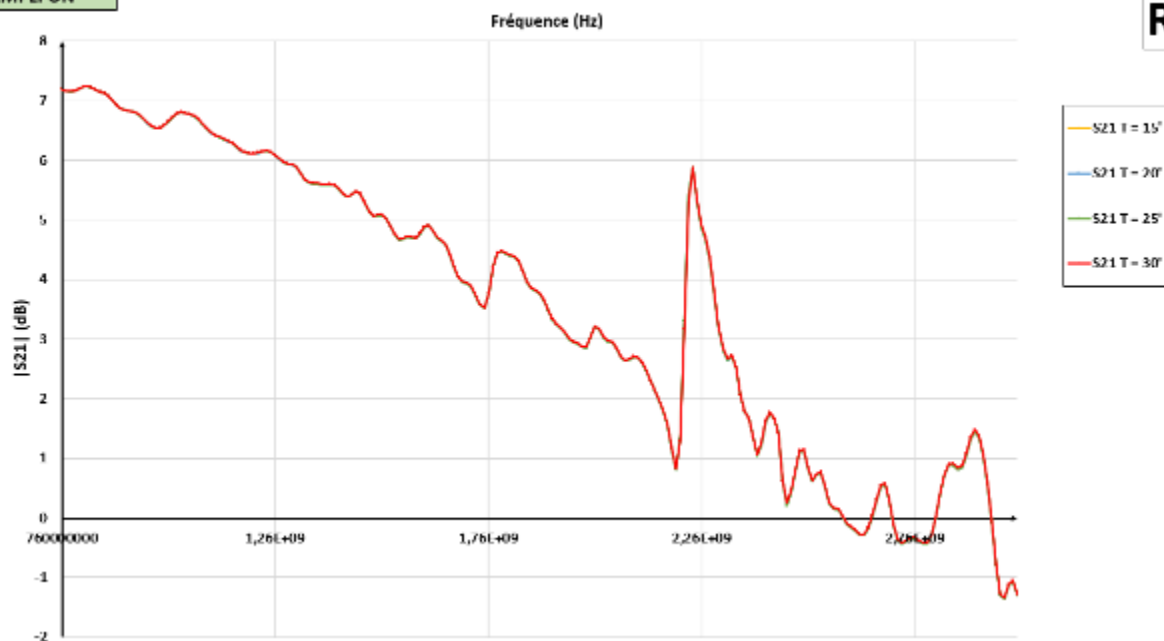
RF5



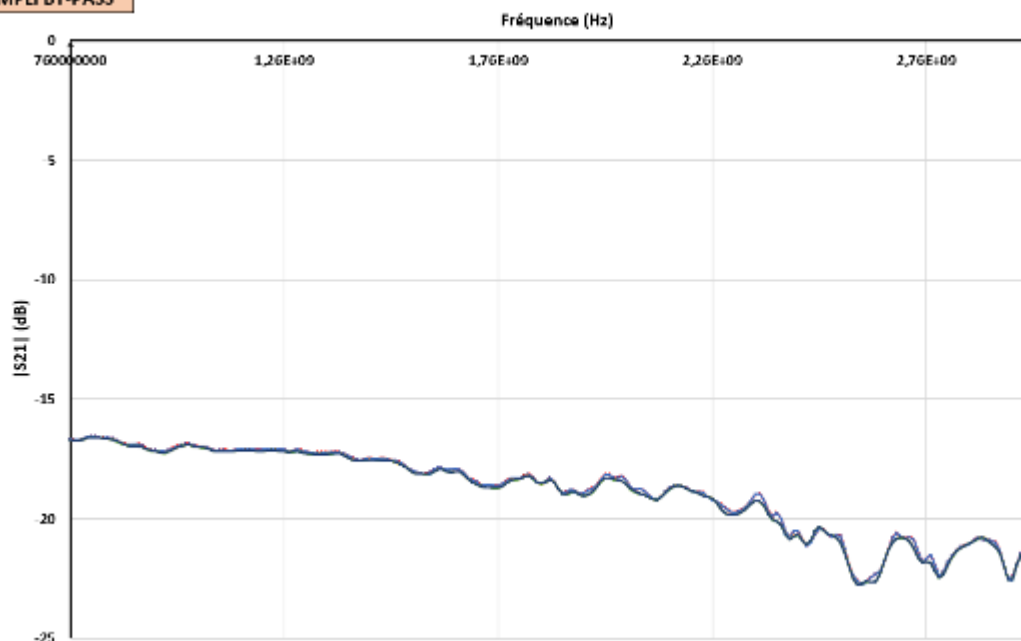
Monitoring du chemin de tarage BH, voie RF1

RF1

AMPLI ON



AMPLI BY-PASS



Monitoring des capteurs de la carte interface

0'



5'



10'



15'





20'



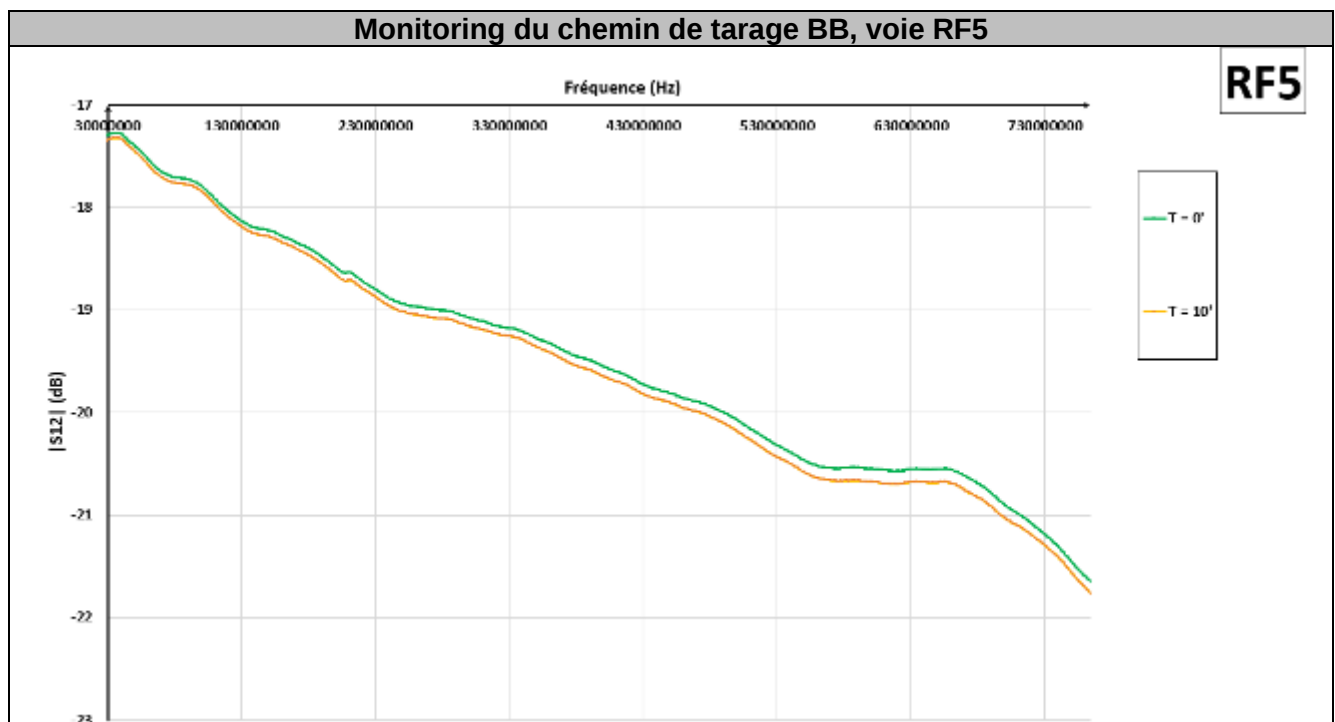
25'



30'

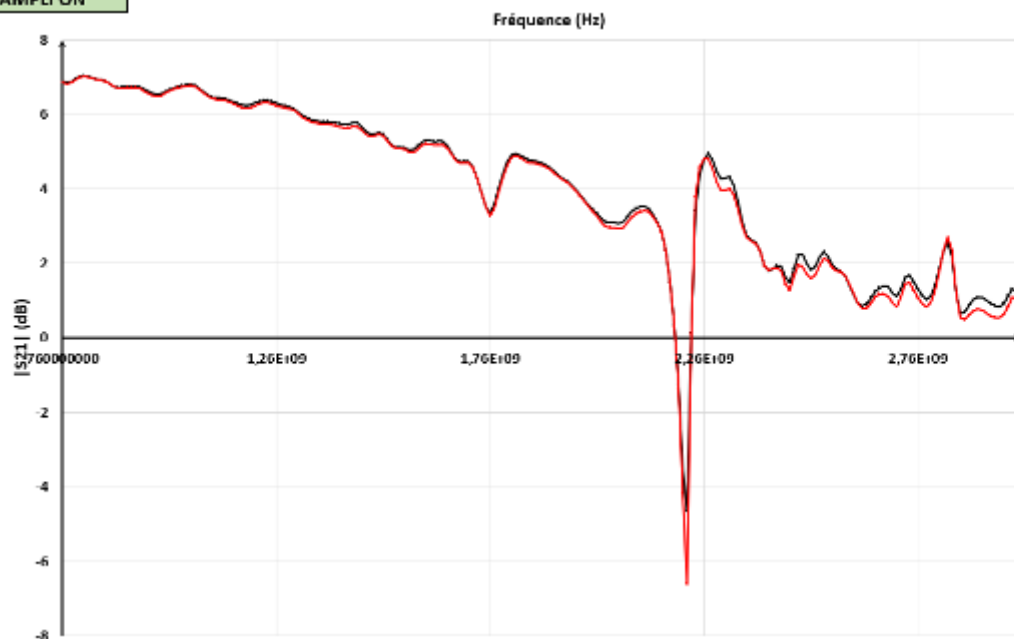


Annexe 3 : Essai Etanchéité, résultats de la VBF3



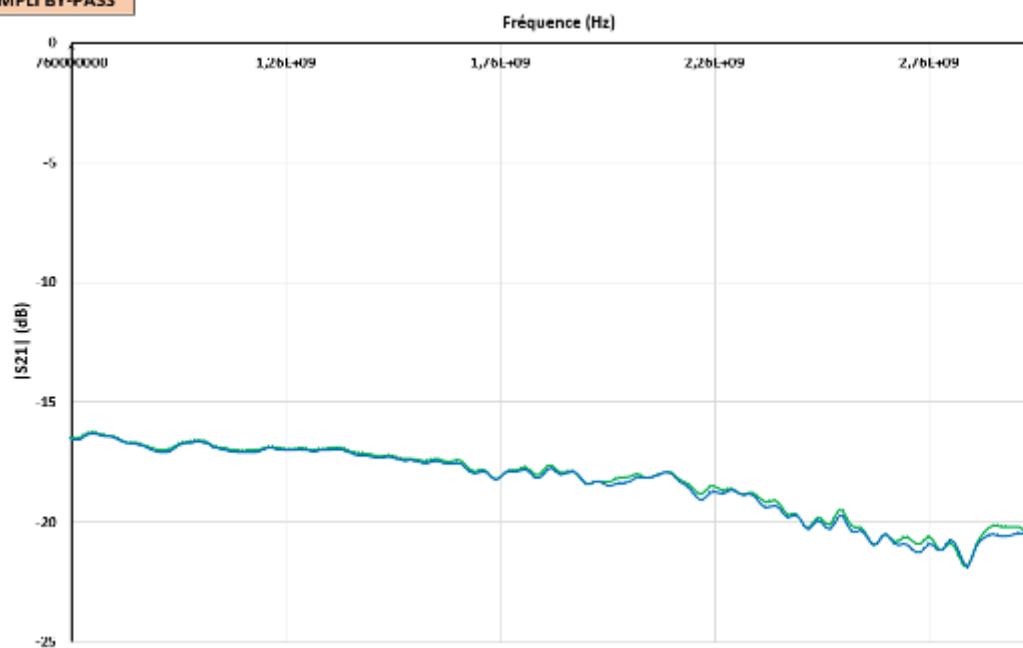
Monitoring du chemin de tarage BH, voie RF1

AMPLI ON



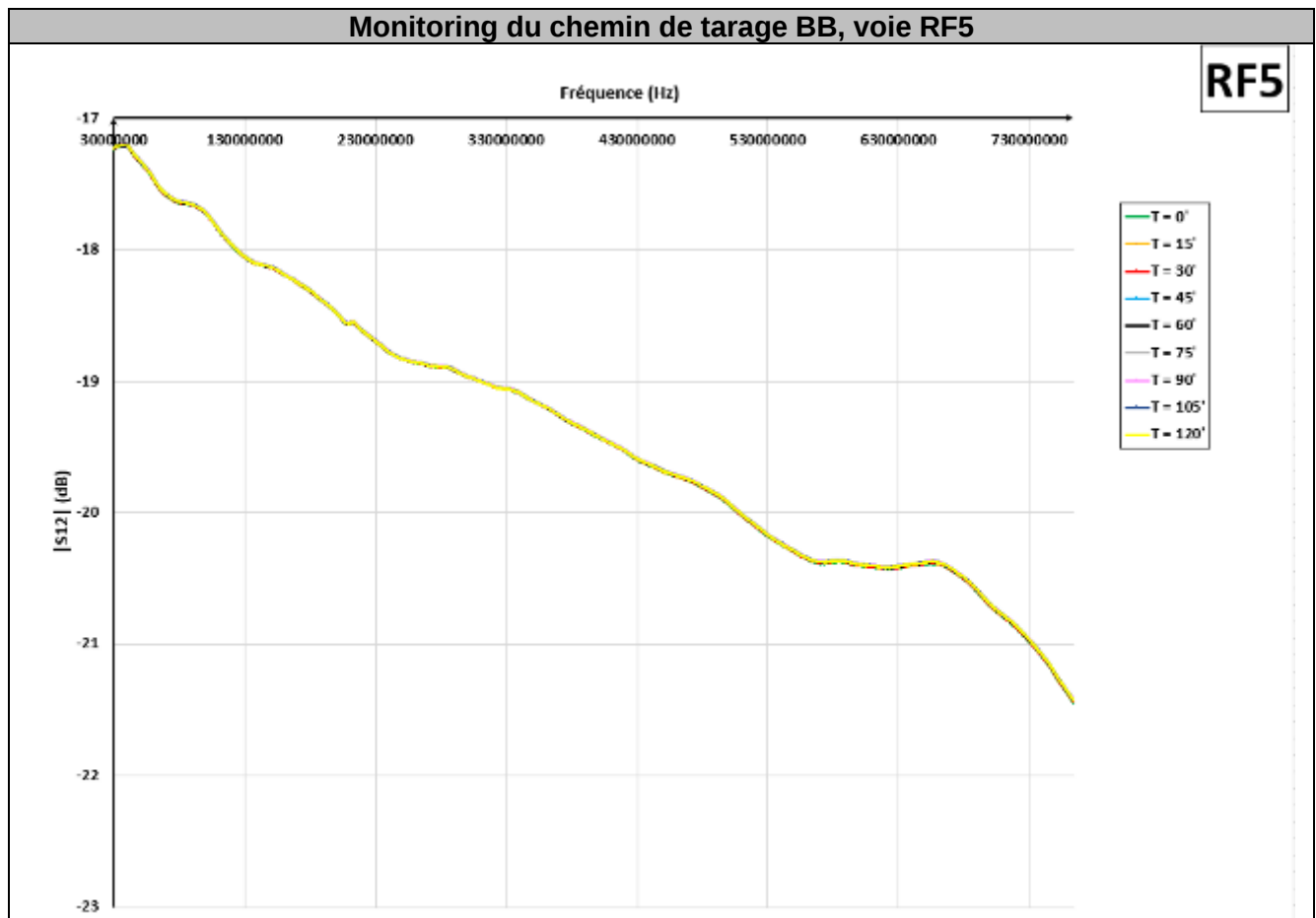
RF1

AMPLI BY-PASS



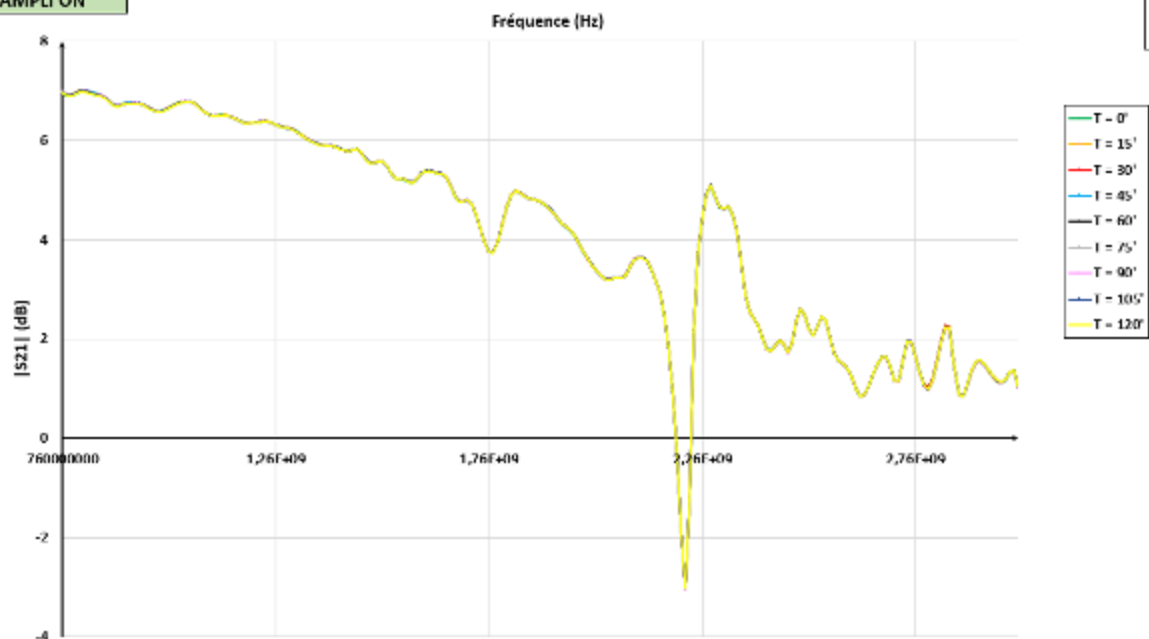
RF1

Annexe 4 : Essai altitude, résultats de la VBF3

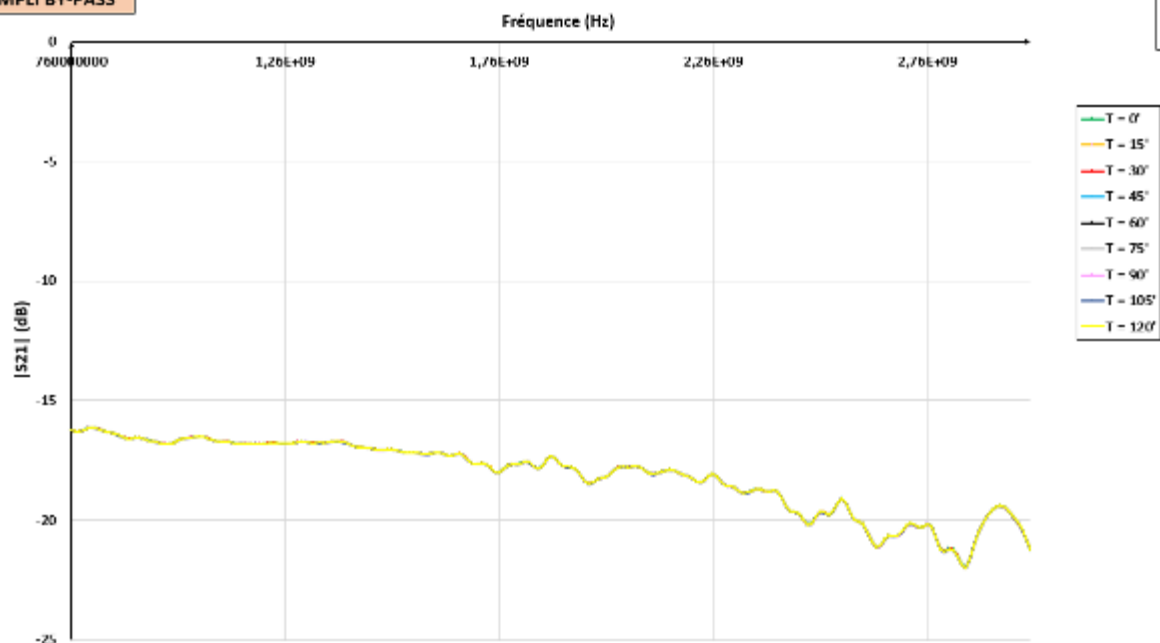


Monitoring du chemin de tarage BH, voie RF1

AMPLI ON



AMPLI BY-PASS



Monitoring des capteurs de la carte interface

0'

15'



30'

45'





60'



```
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
```

75'



```
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
```

90'



```
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
```

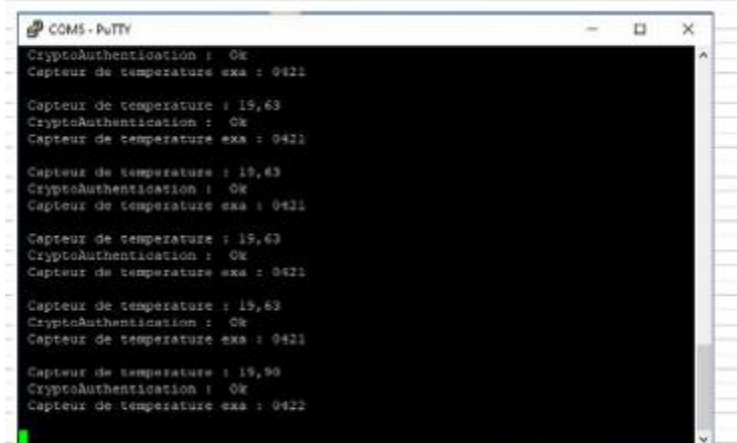
105'



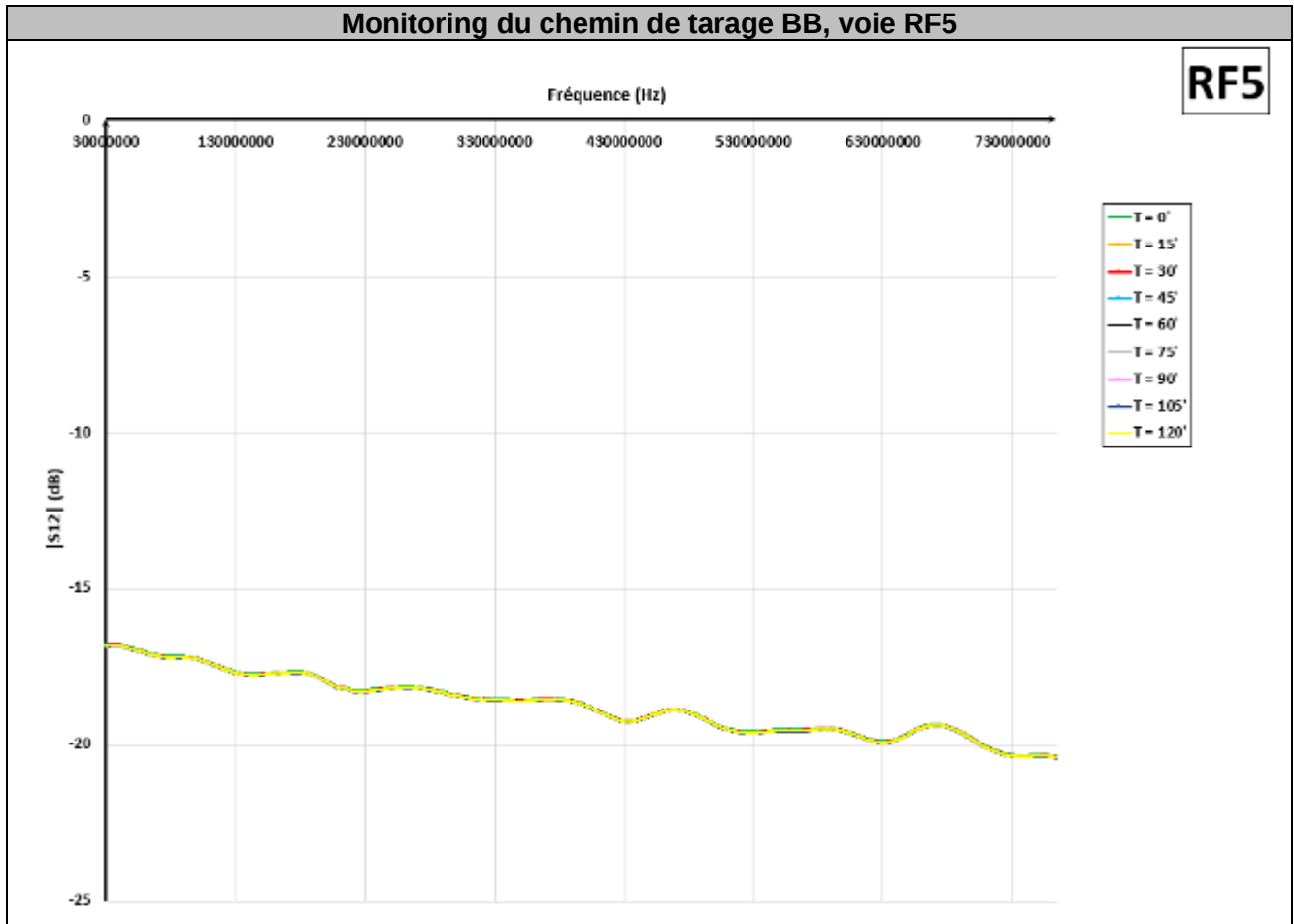
```
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
Capteur de temperature : 19,63
CryptoAuthentication : OK
Capteur de temperature eaa : 0421
```



120'



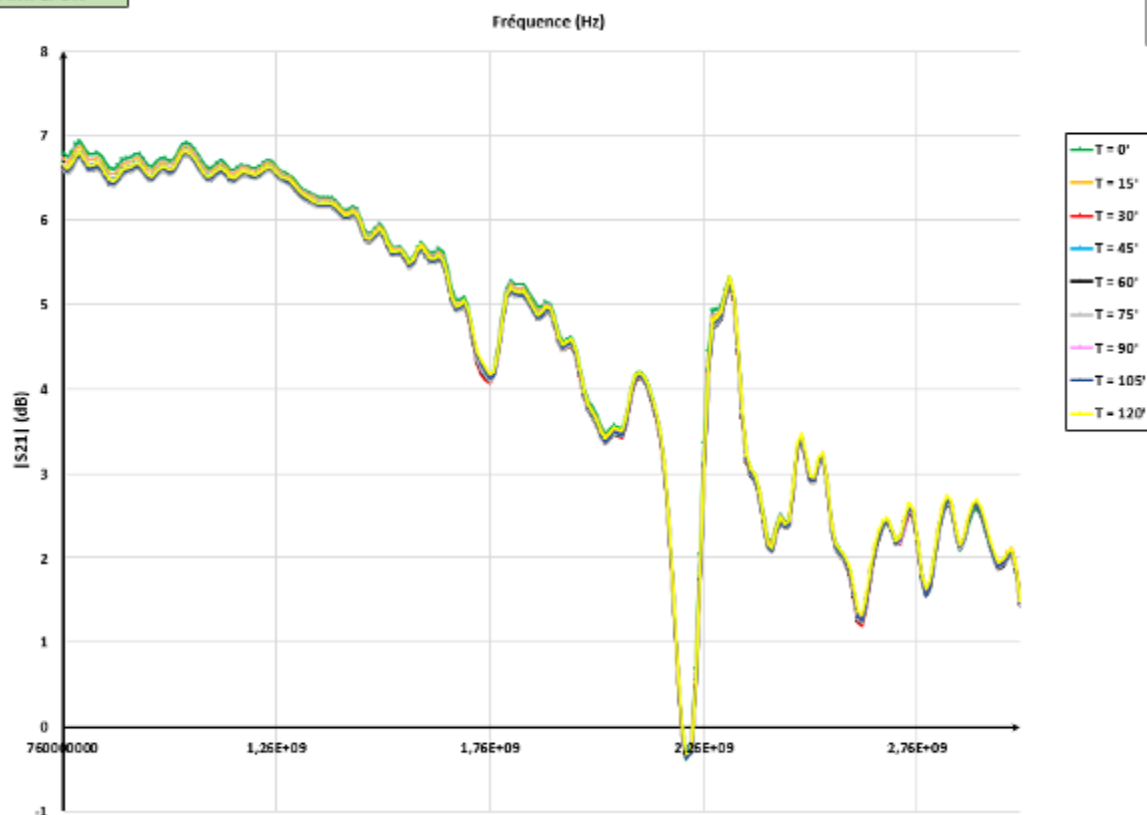
Annexe 5 : Essai température de fonctionnement froide, résultats des VBF



Monitoring du chemin de tarage BH, voie RF1

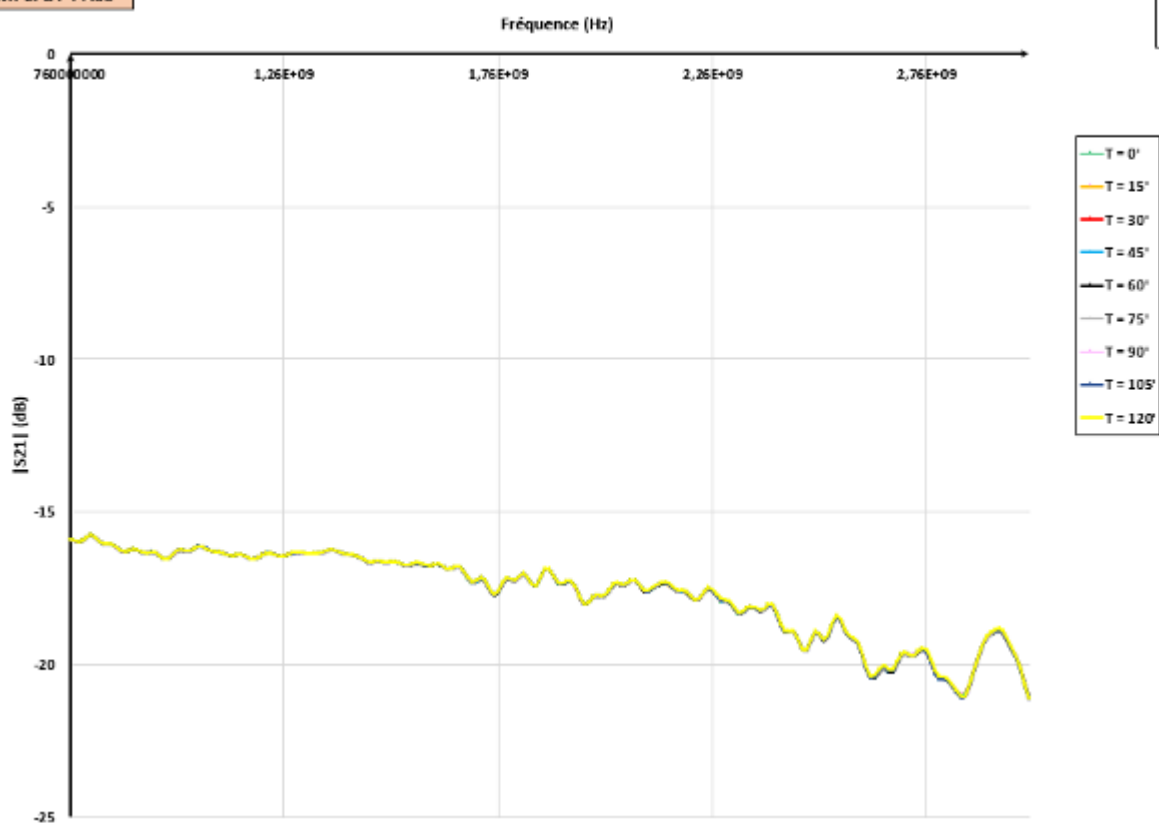
AMPLI ON

RF1



AMPLI BY-PASS

RF1





Monitoring des capteurs de la carte interface

0'



15'

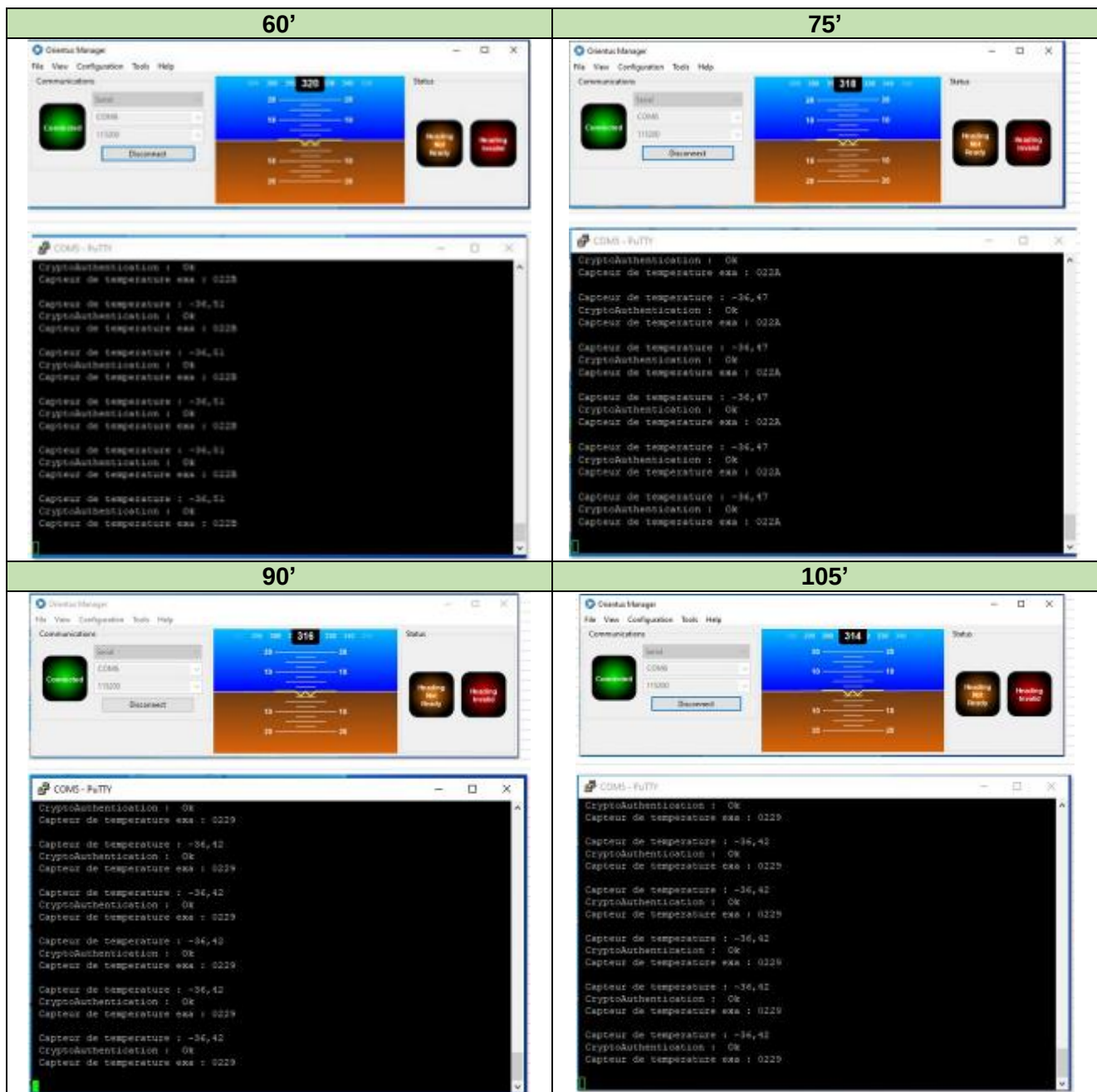


30'

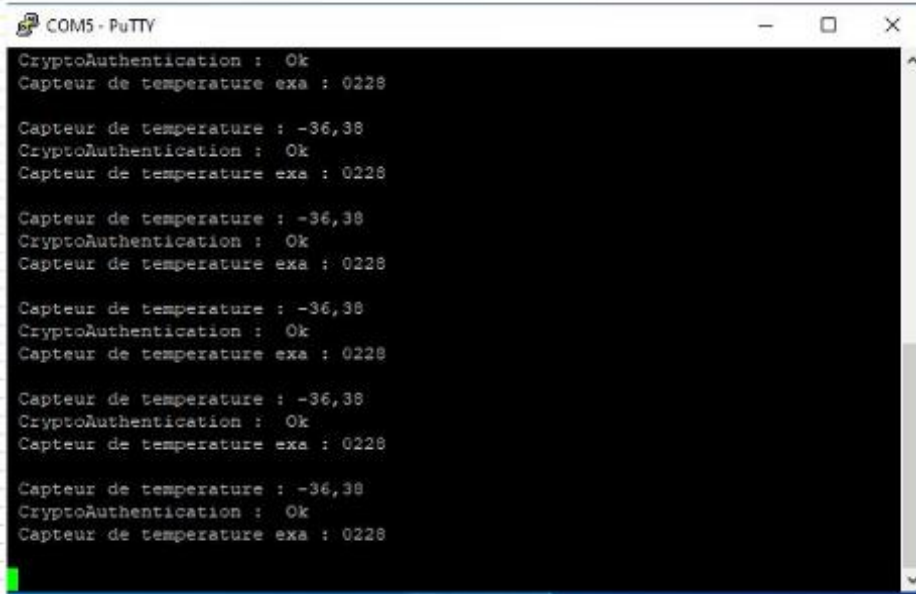


45'





120'

```
COM5 - PuTTY
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228

Capteur de temperature : -36,38
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228

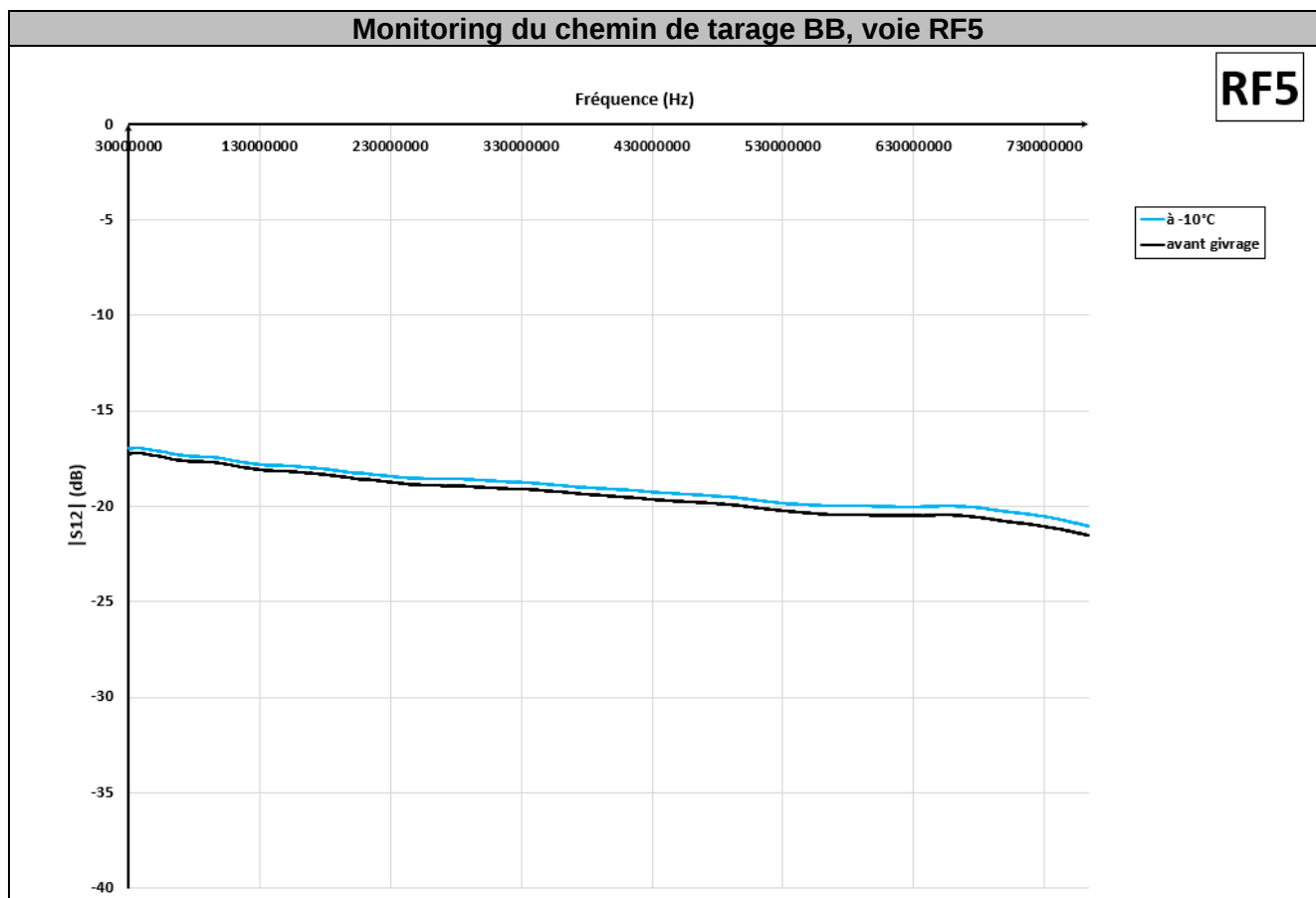
Capteur de temperature : -36,38
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228

Capteur de temperature : -36,38
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228

Capteur de temperature : -36,38
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228

Capteur de temperature : -36,38
CryptoAuthentication : Ok
Capteur de temperature exa : 0228
```

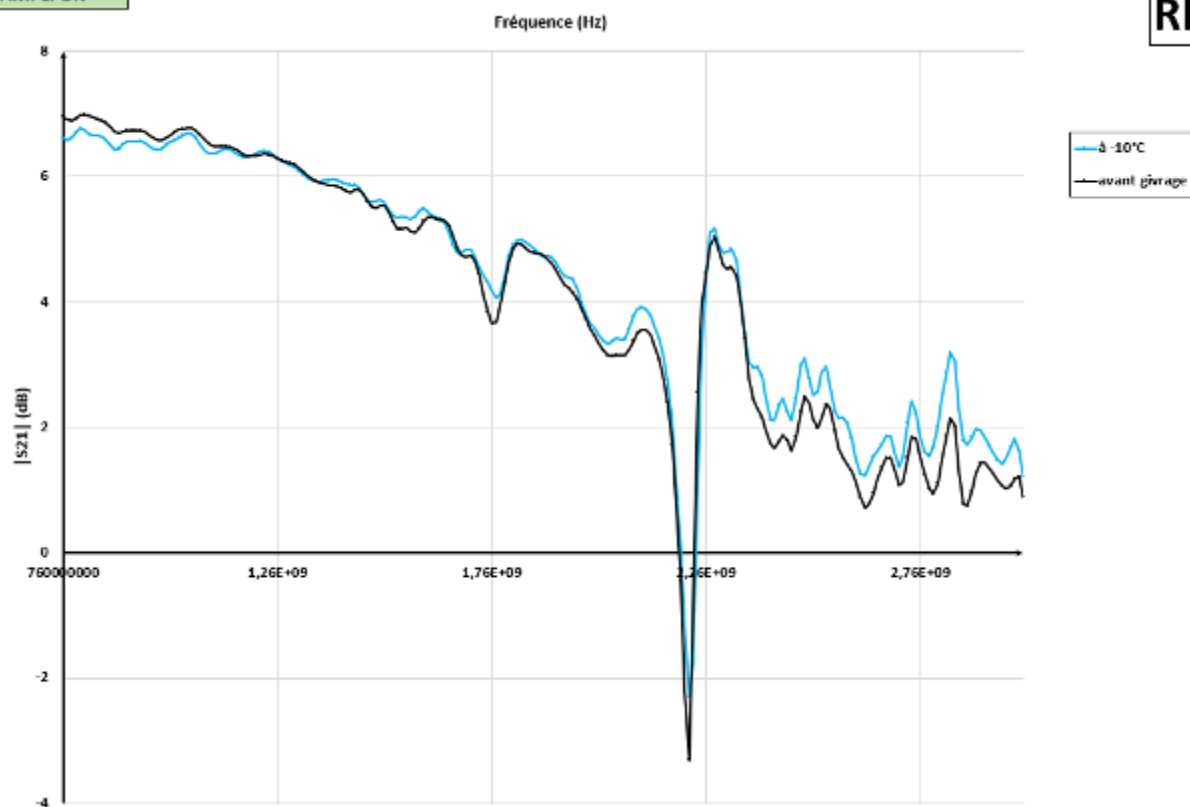
Annexe 6 : Essai givrage, photographies et résultats des VBF



Monitoring du chemin de tarage BH, voie RF1

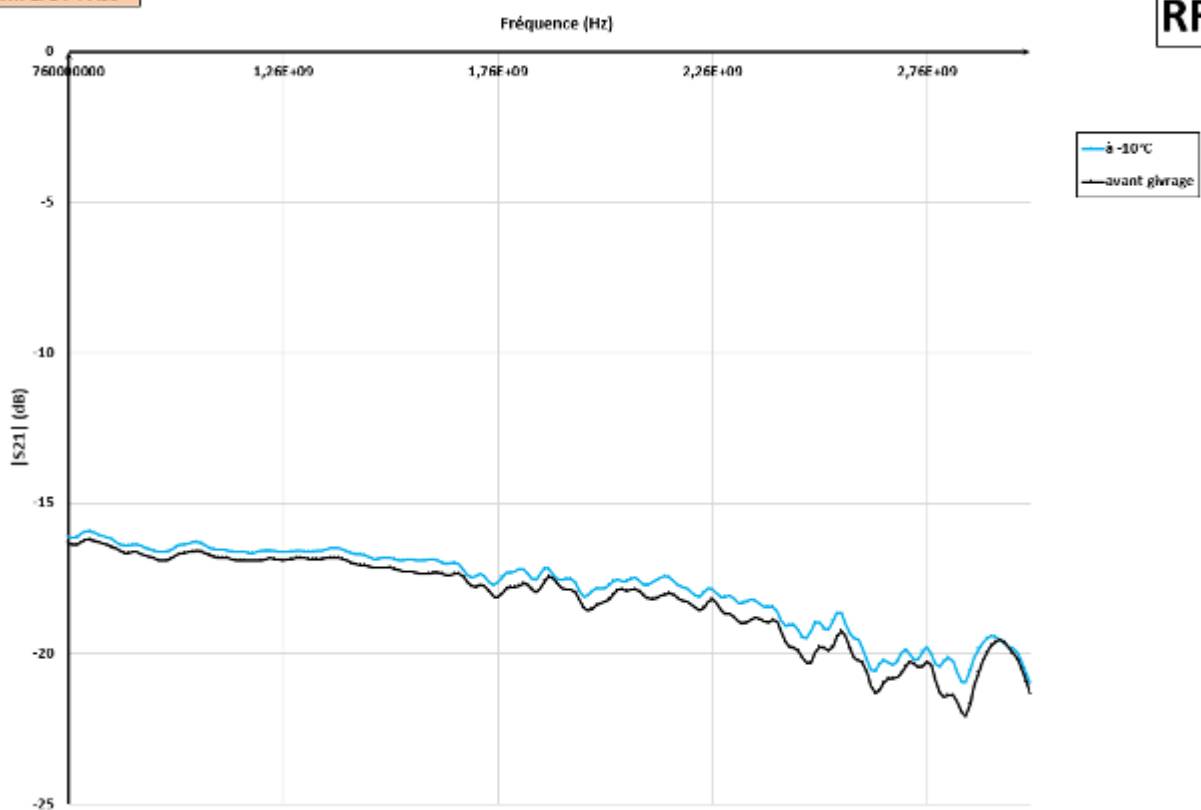
AMPLI ON

RF1

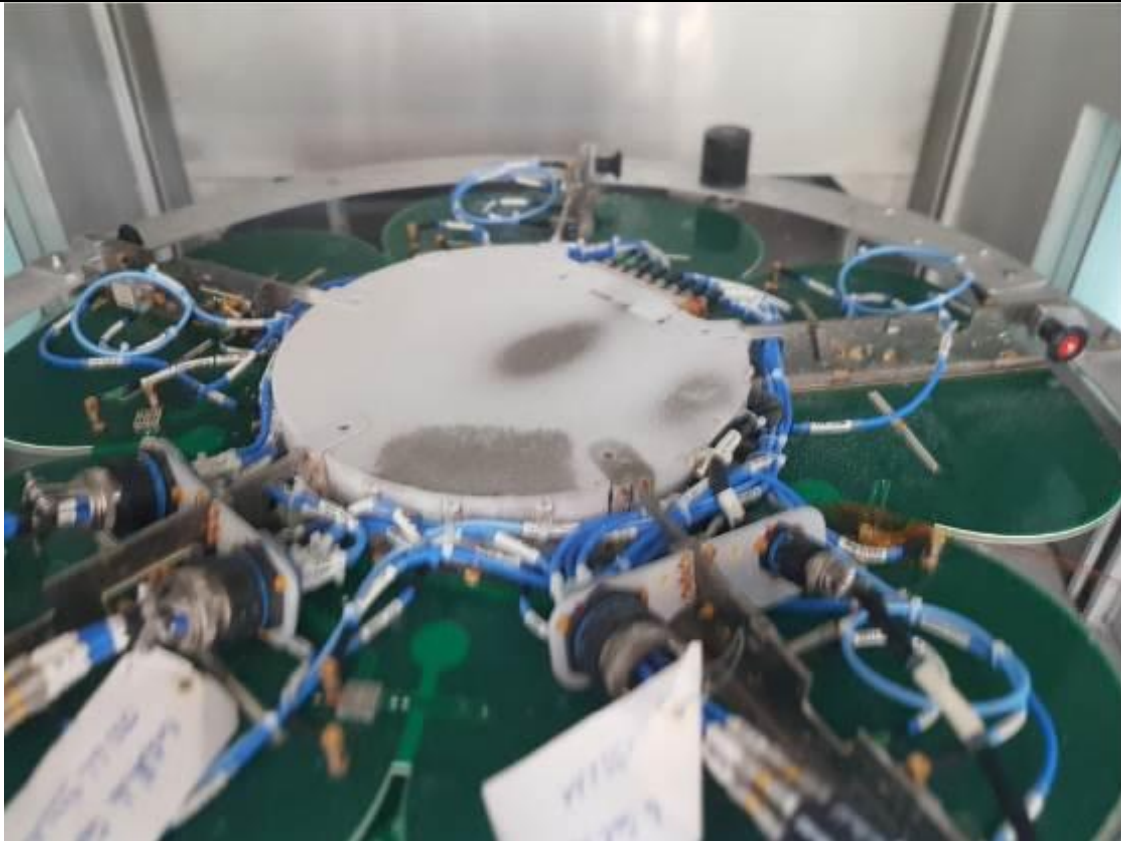


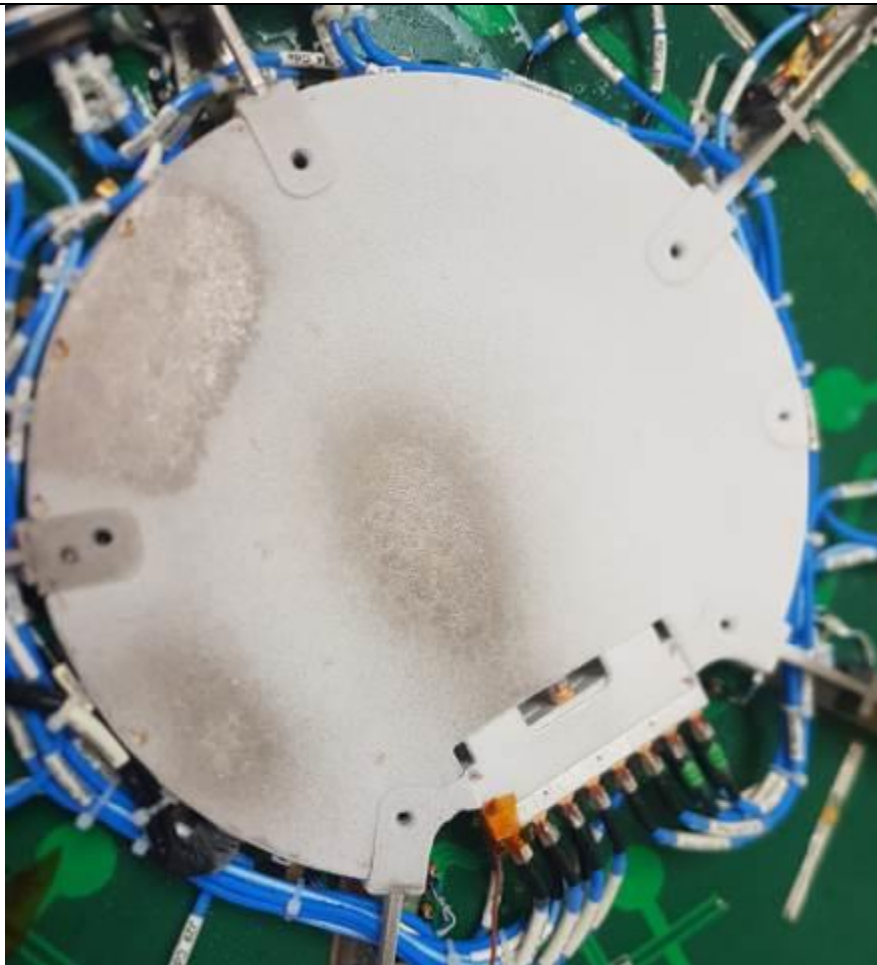
AMPLI BY-PASS

RF1

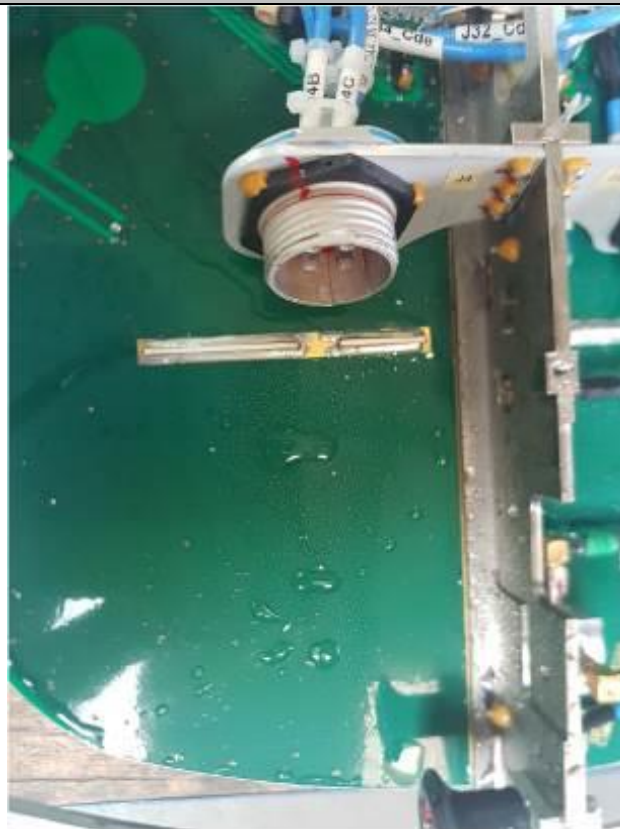
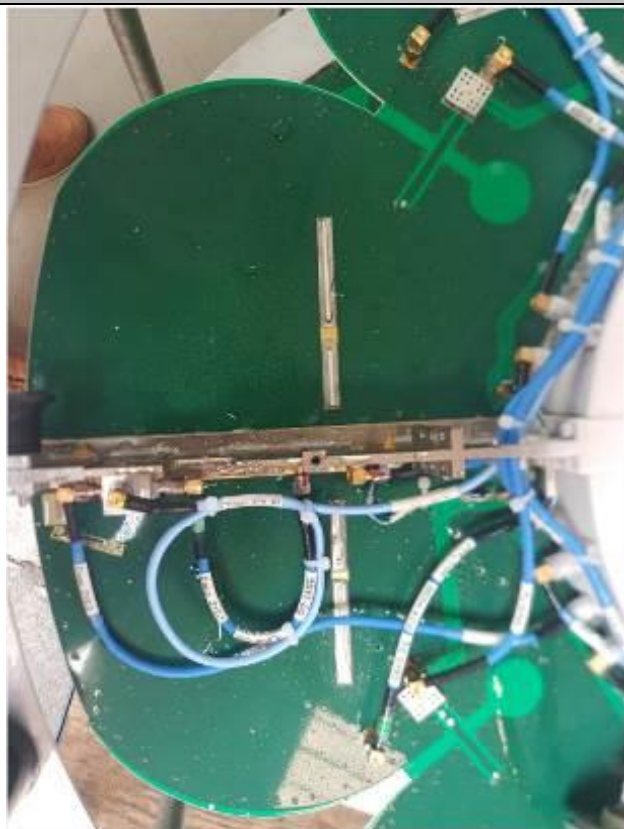


Traces de givre après la VBF3 à -10°C





Traces de condensation au retour à l'ambiant

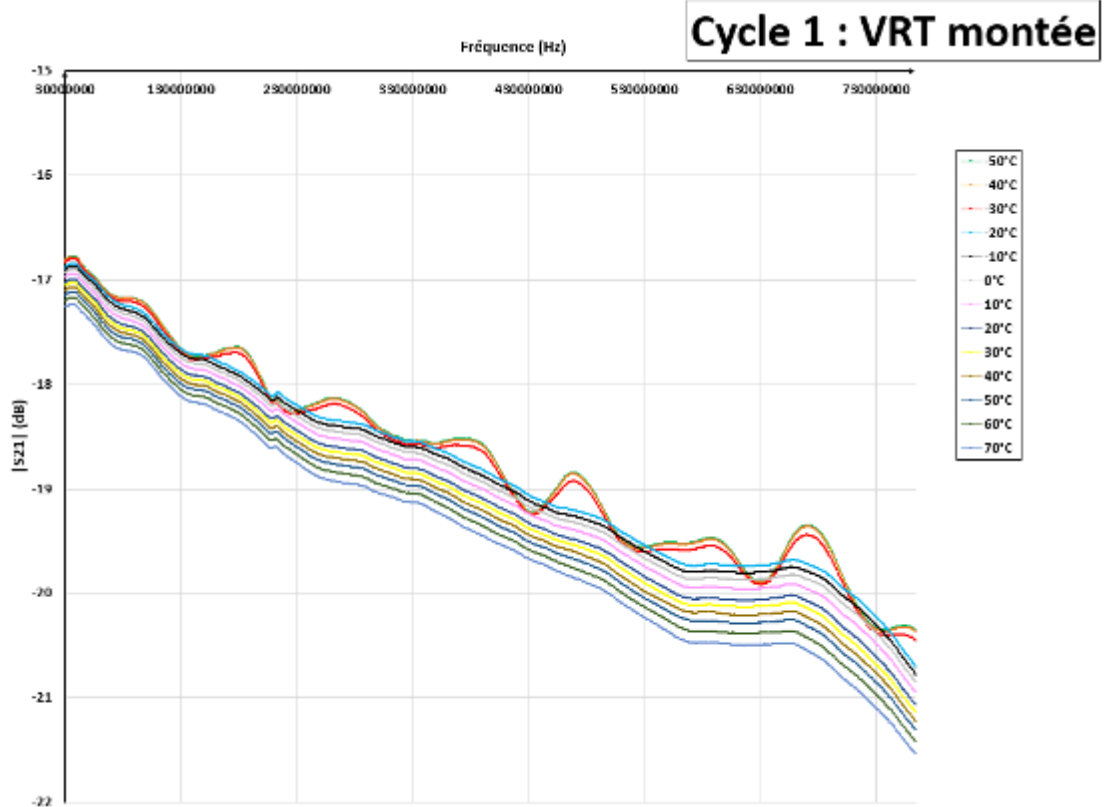




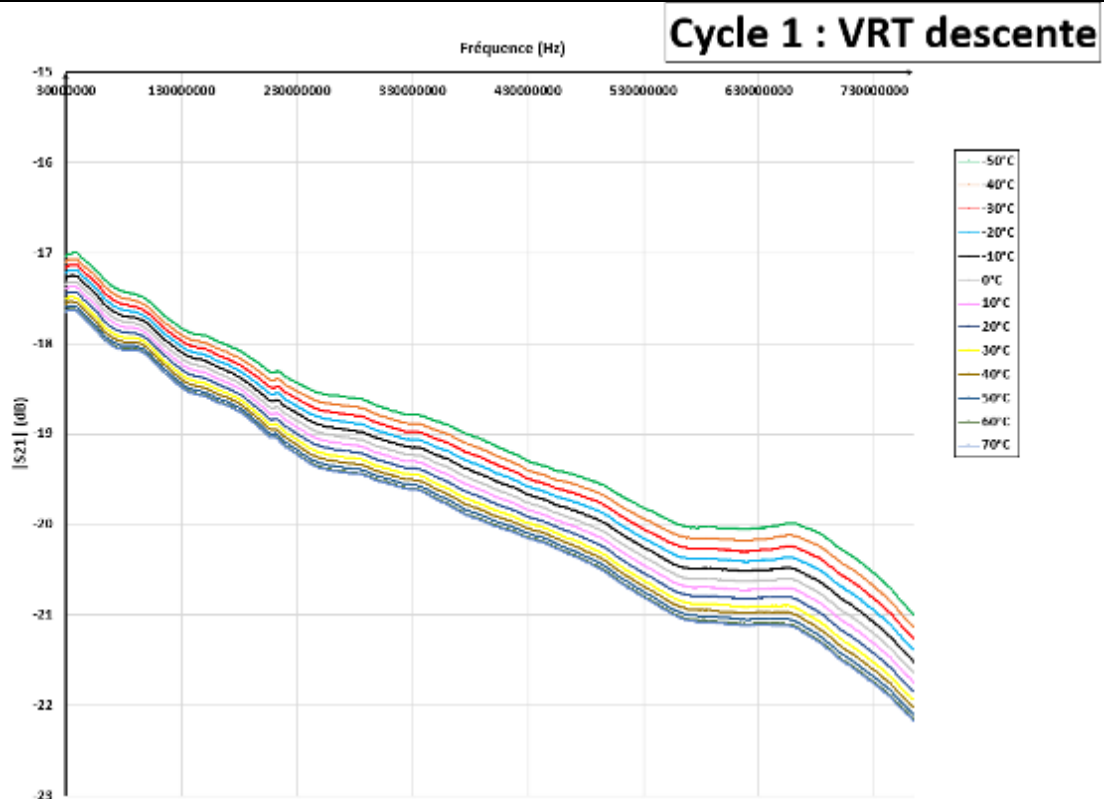
Annexe 7 : Essai chocs thermiques, photographies et résultats des VBF

CYCLE 1

PLATEAU C (VRT en montée)



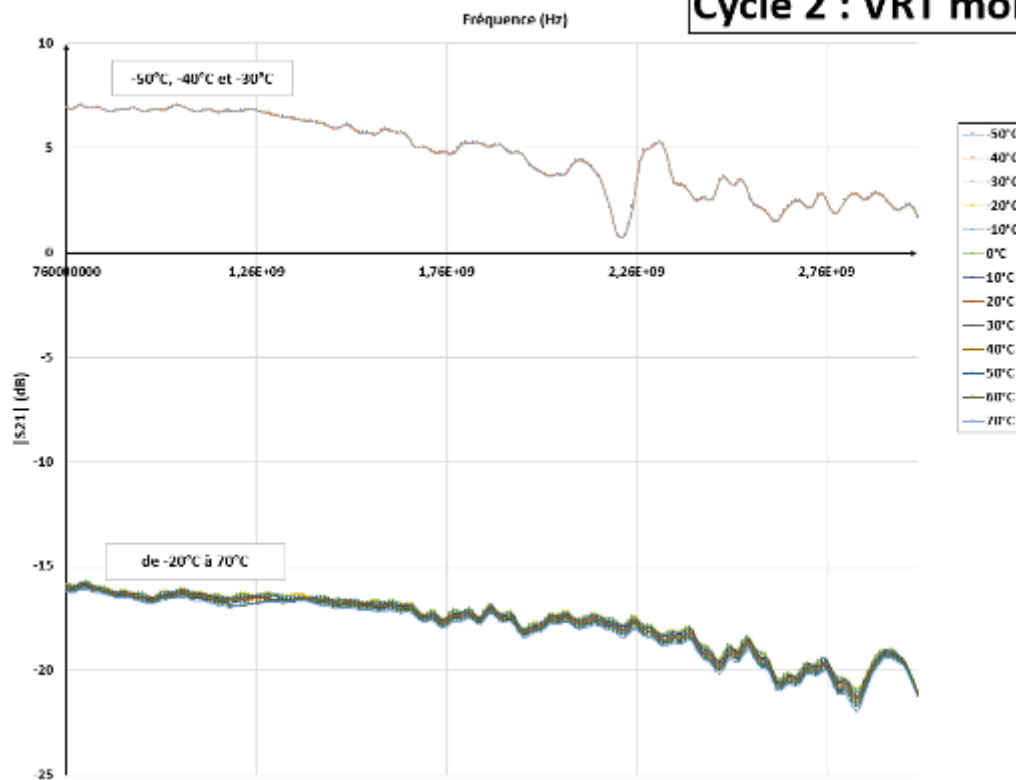
PLATEAU E (VRT en descente)



CYCLE 2

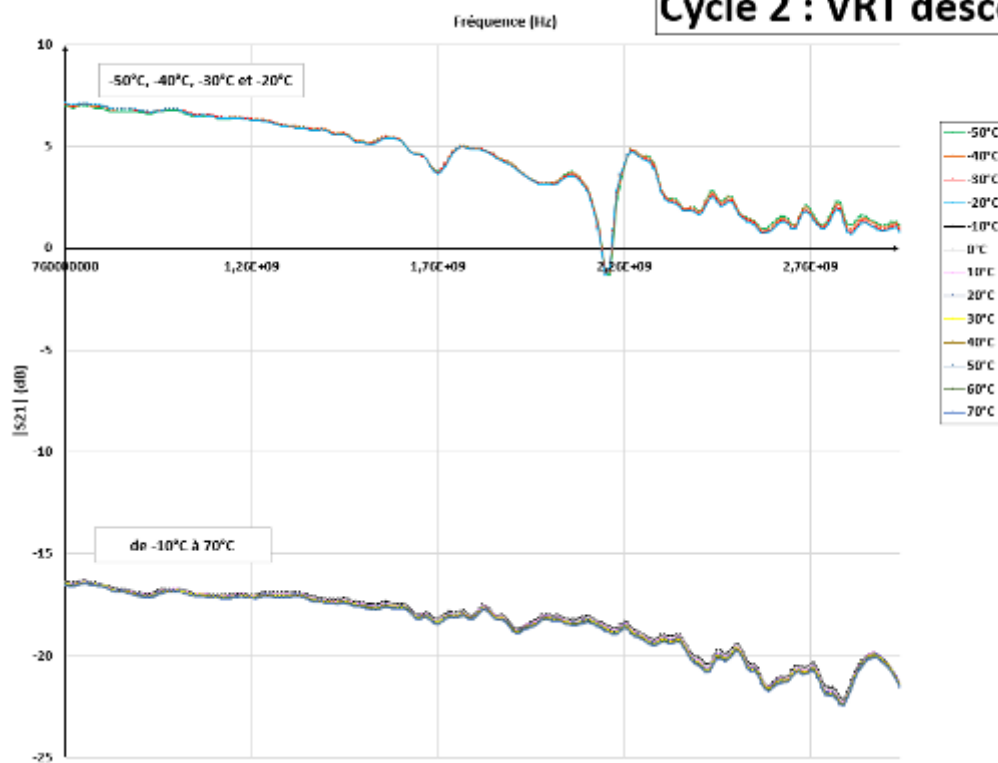
PLATEAU C' (VRT en montée)

Cycle 2 : VRT montée



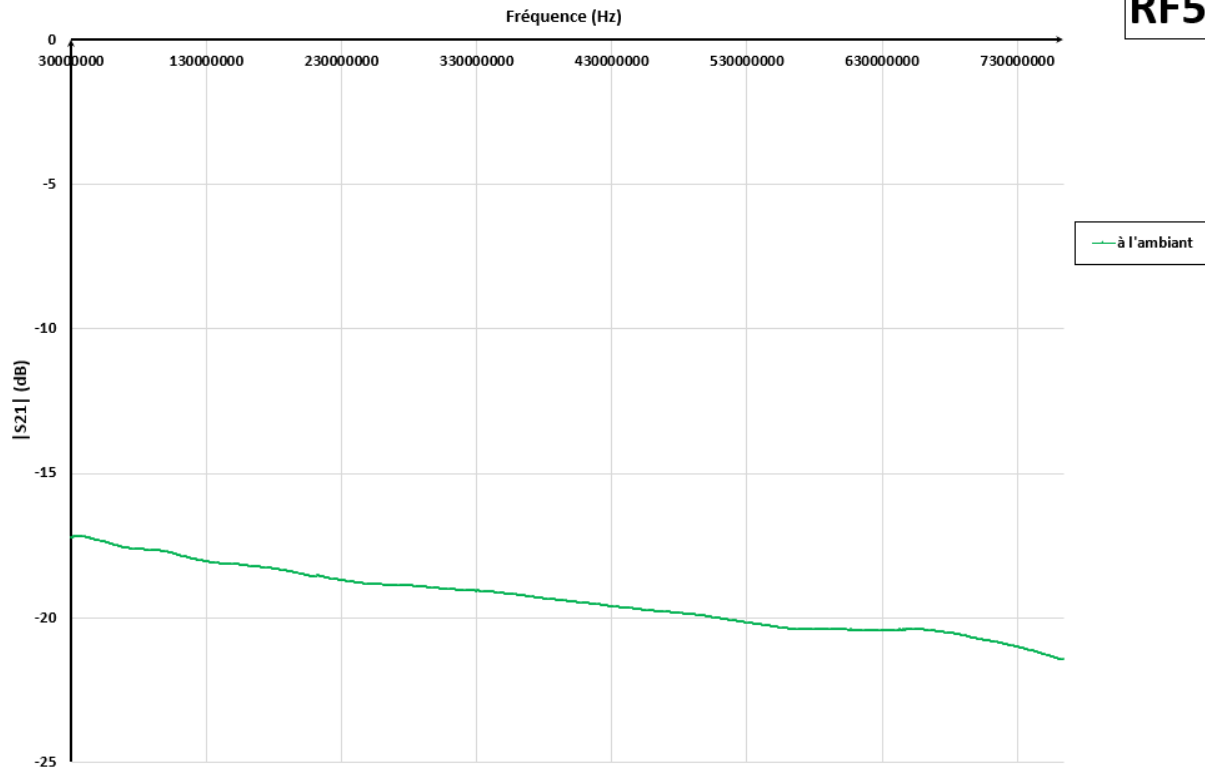
PLATEAU E' (VRT en descente)

Cycle 2 : VRT descente



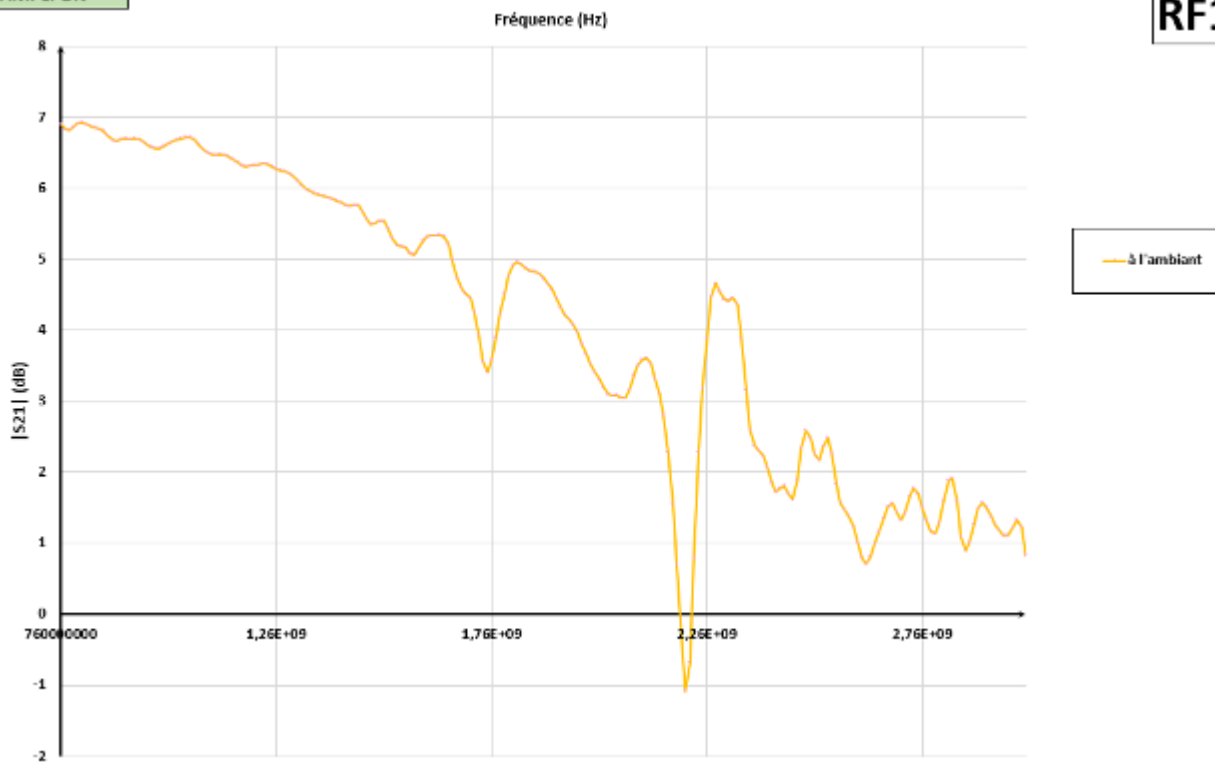
PLATEAU H' (à 20°C)

RF5



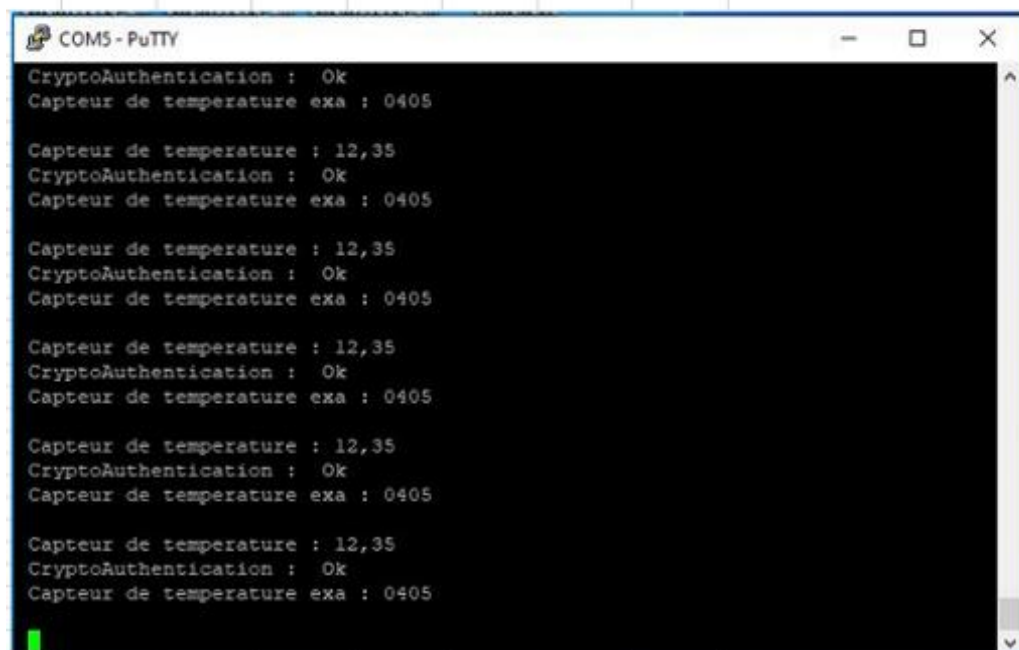
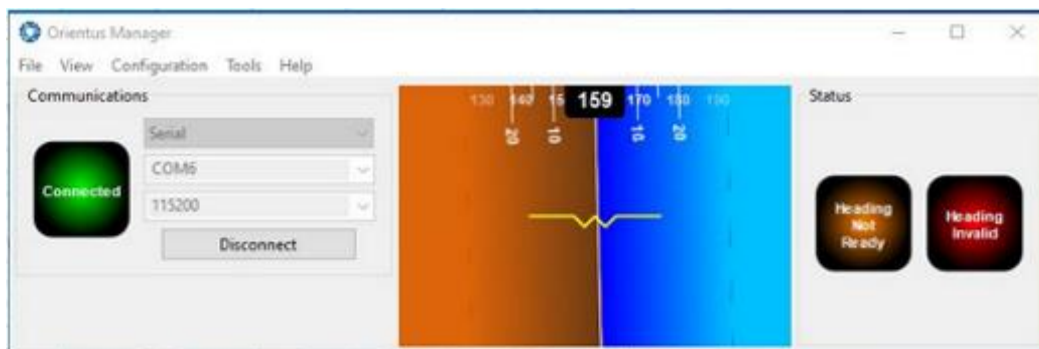
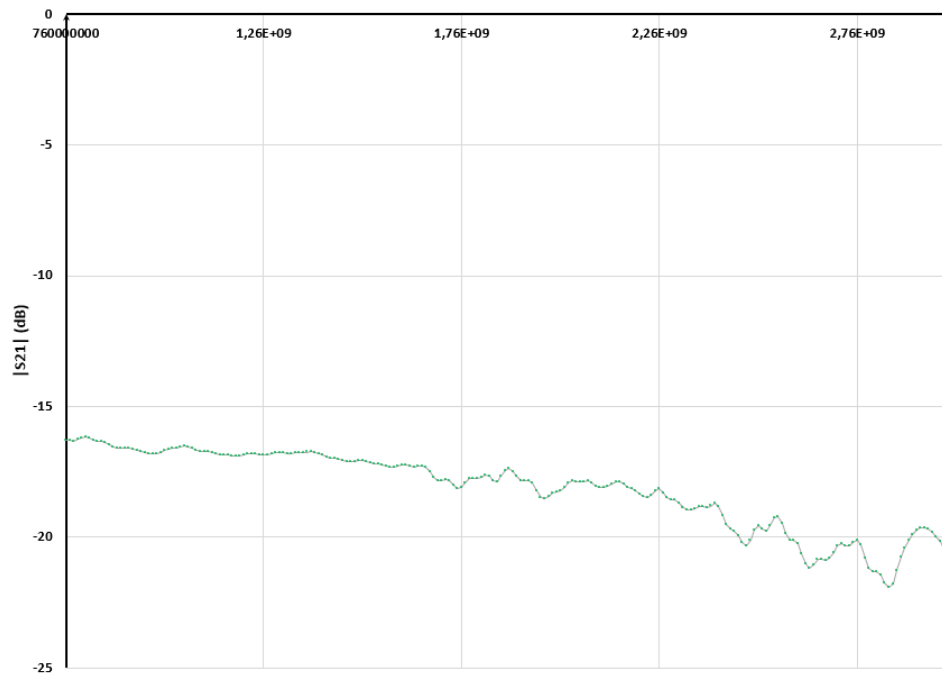
AMPLI ON

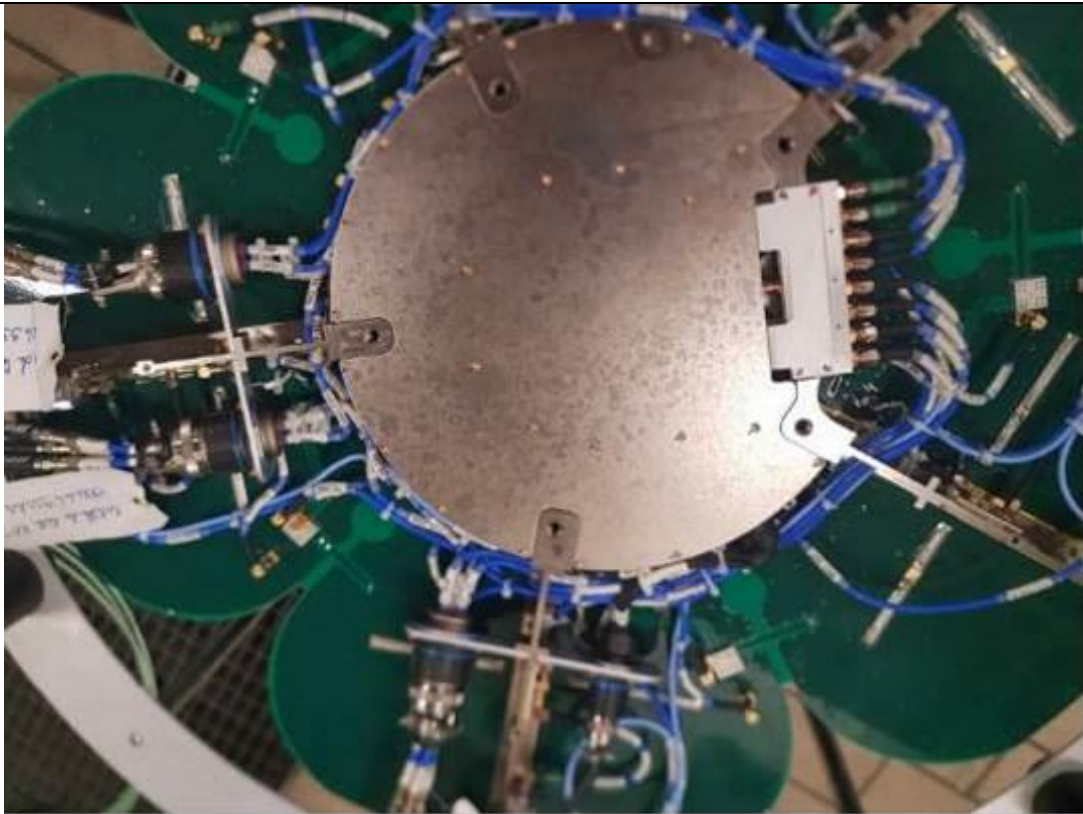
RF1

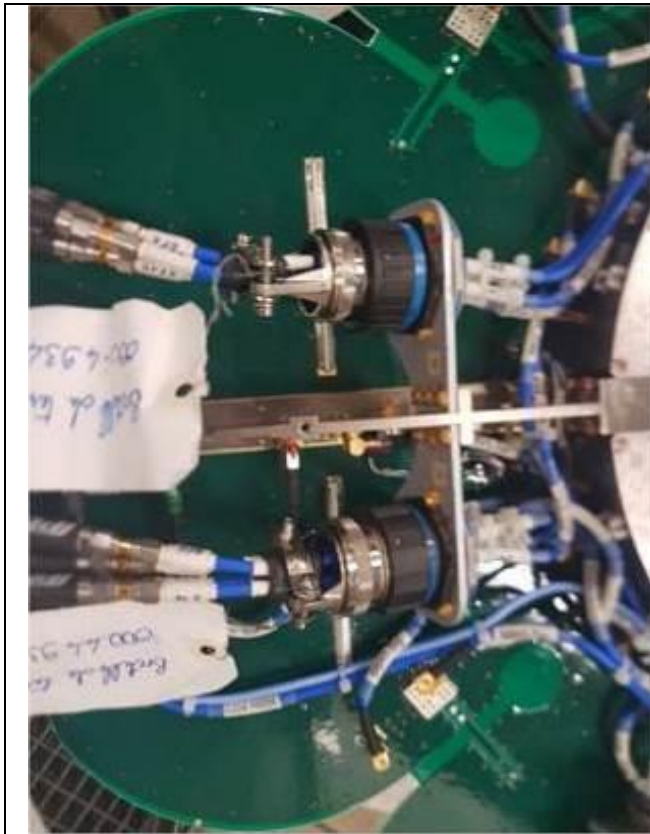


AMPLI BY-PASS

Fréquence (Hz)

RF1






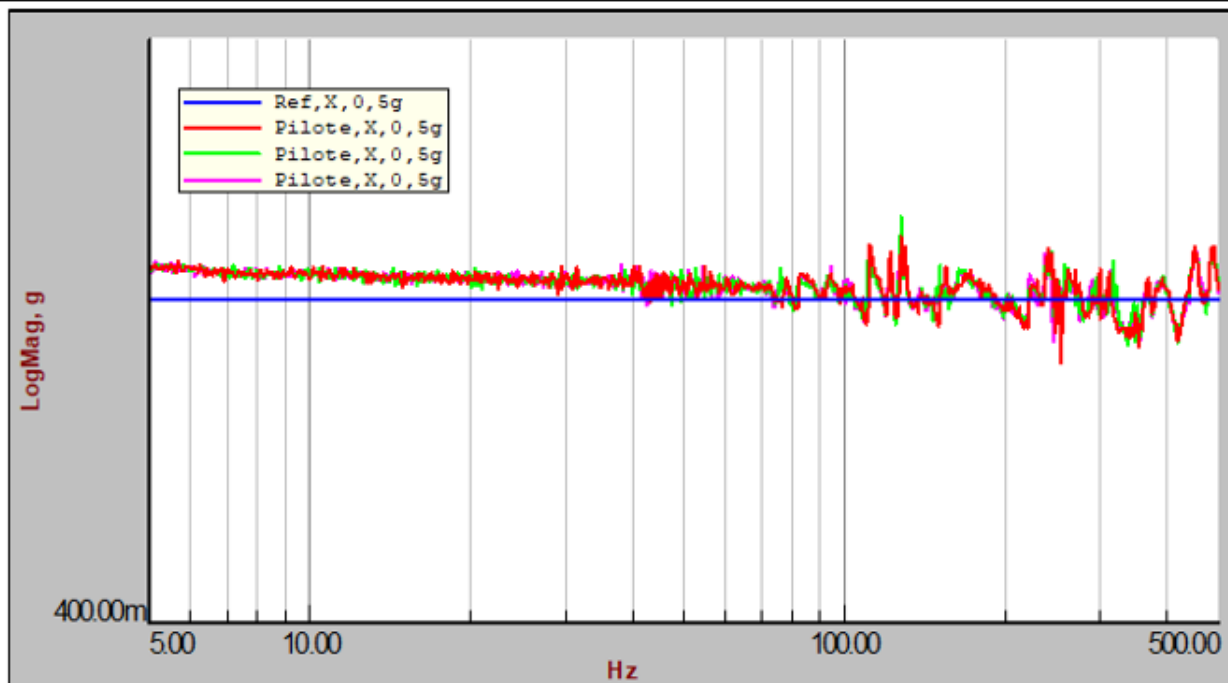
Annexe 8 : Essais vibrations/chocs, relevés des accéléromètres

8A	Axe X
8A-1	Recherche de résonances en X
8A-2	Tableau des fréquences de résonance en X
8A-3	Vibrations sinusoïdales en X
8A-4	Chocs positifs en X
8A-5	Chocs négatifs en x

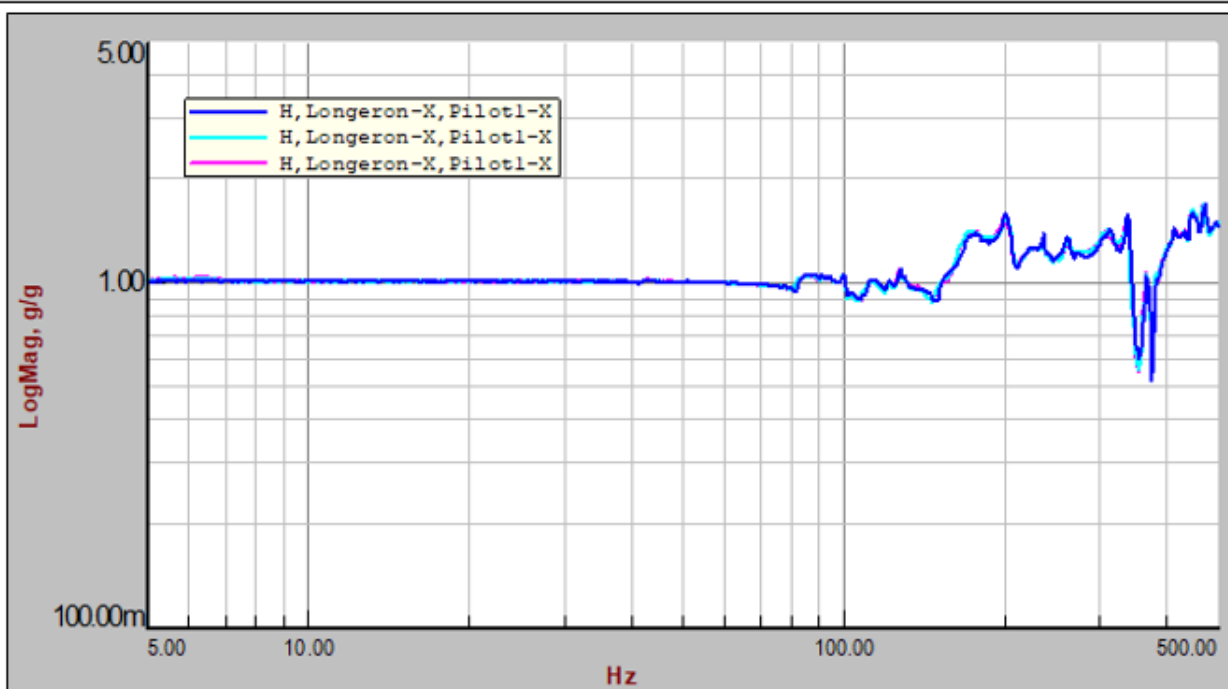
8A-1

Recherche de résonances en X

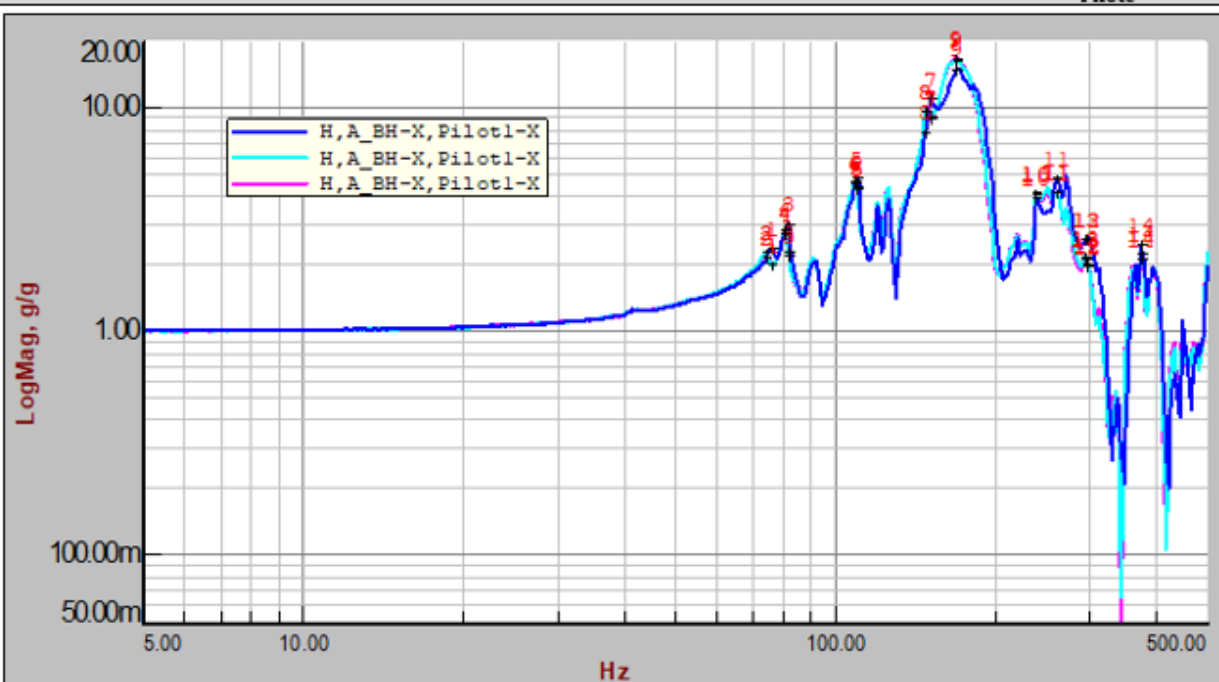
Spectre de Pilotage Initial, intermédiaire et final superposé au profil (Ref)



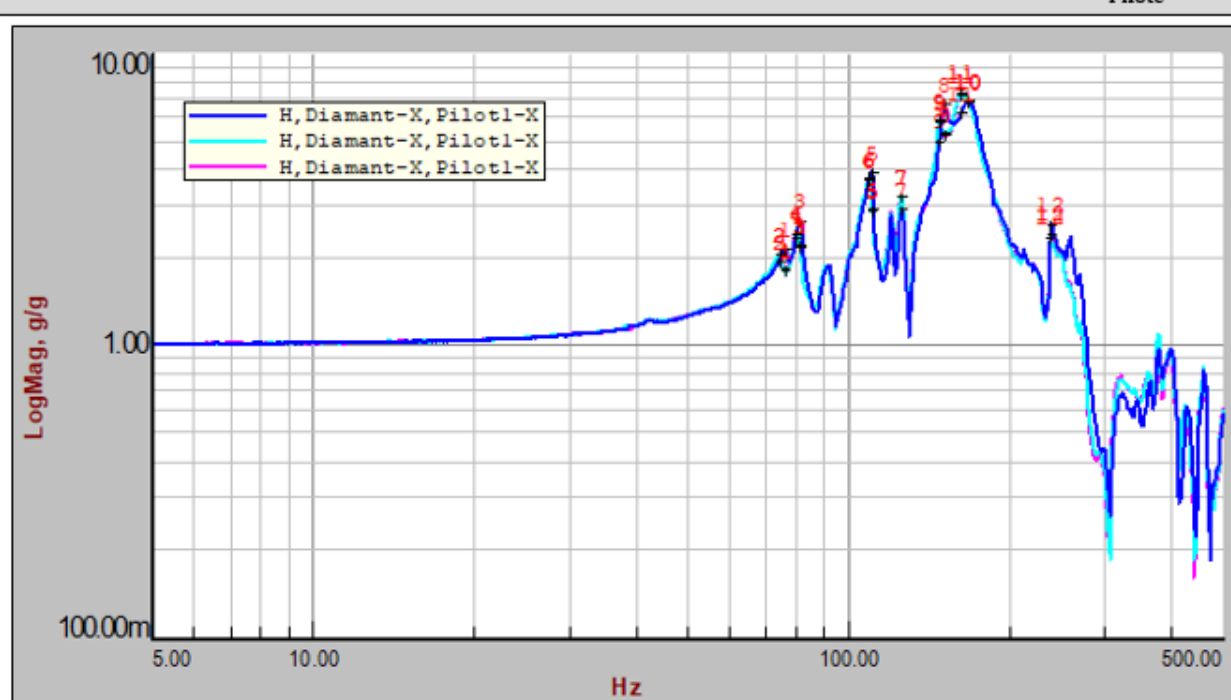
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de Longerons – Spectre $\frac{\text{Mesure}}{\text{Pilote}}$



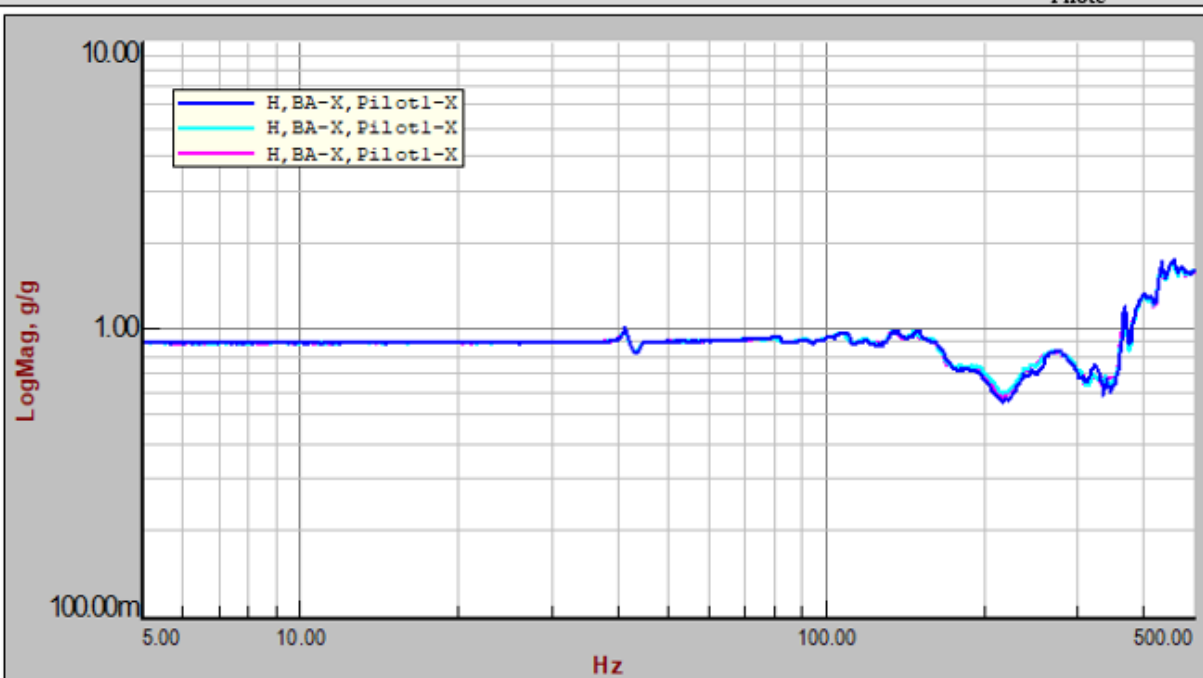
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de A_BH – Spectre Mesure Pilote



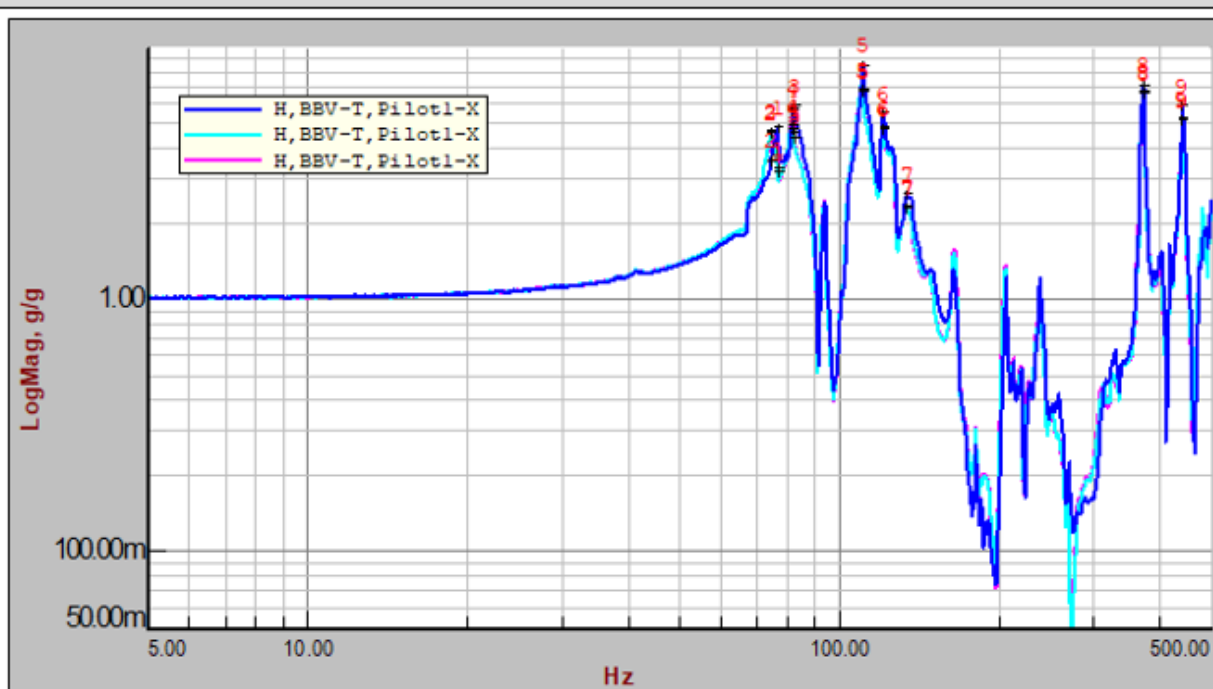
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de Diamant – Spectre Mesure Pilote



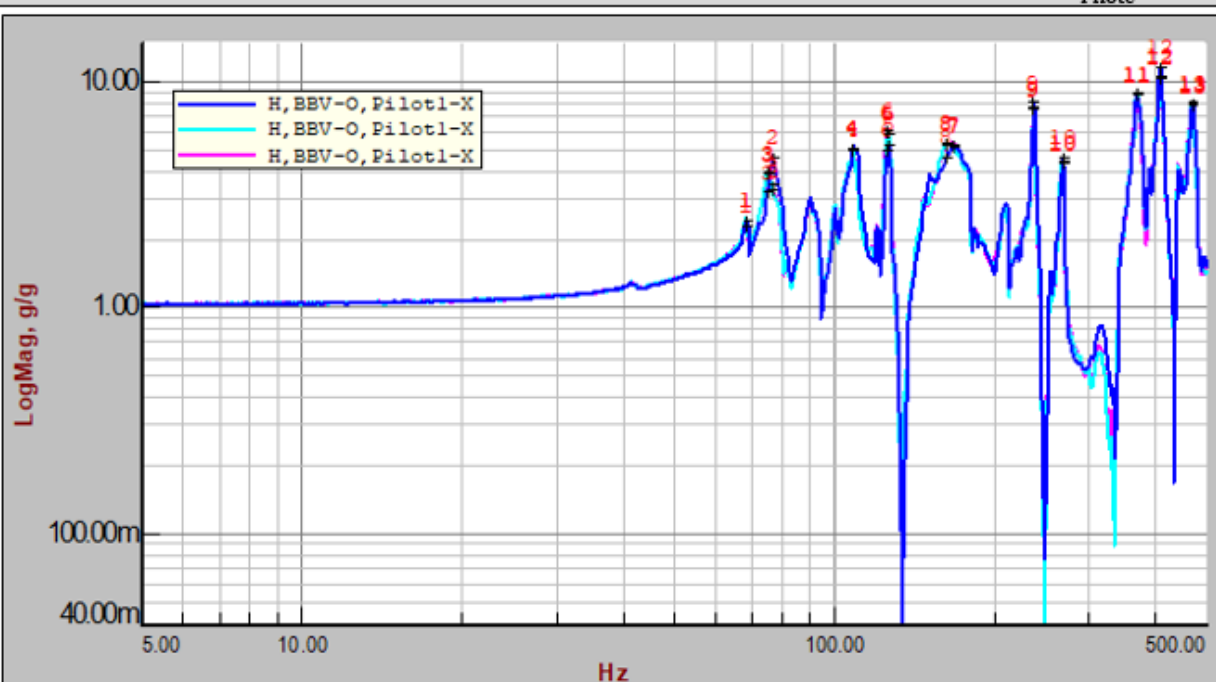
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BA – Spectre Mesure
Pilote



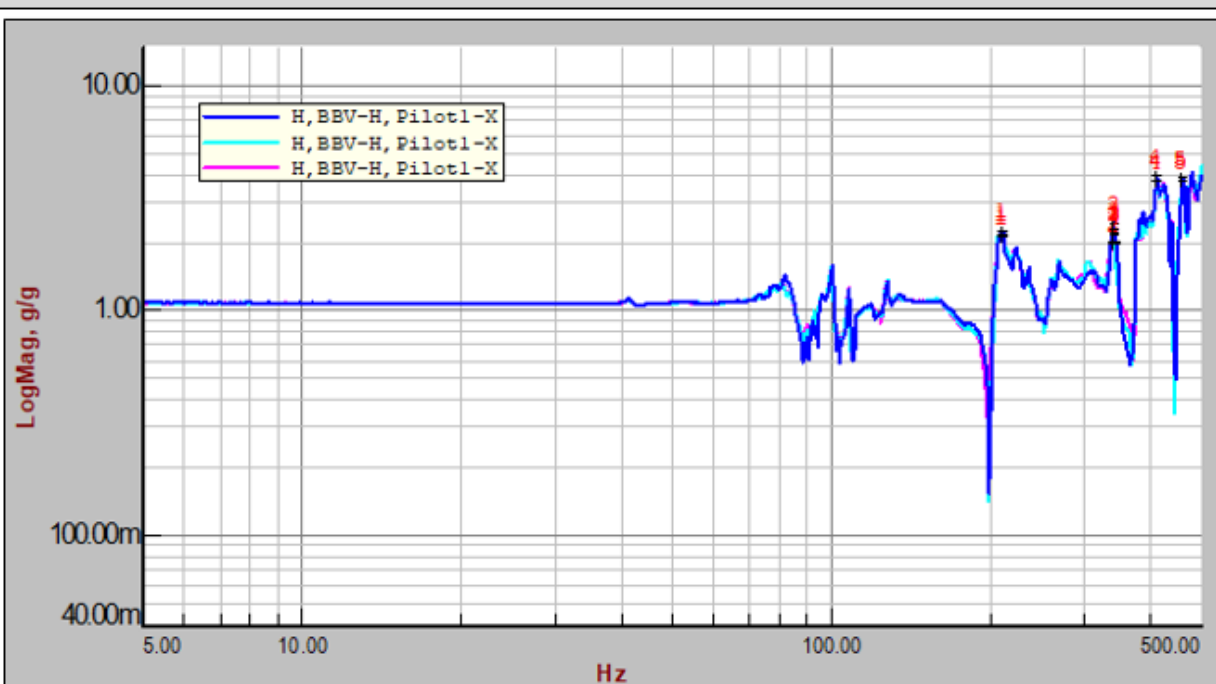
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-T – Spectre Mesure
Pilote



Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-O – Spectre ^{Mesure Pilote}



Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-H – Spectre ^{Mesure Pilote}





8A-2

Tableau des fréquences de résonance en X

		A-BH									Diamant												
RdR Initial	Frequency (Hz)	76	81,5	110	151	170	239	260	299	375	76	81,5	111	126	151	167	239						
	Q (g/g)	2,4	2,9	4,8	11,0	14,8	3,9	4,8	2,6	2,5	2,1	2,7	3,9	2,9	6,7	6,8	2,6						
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	74	80,5	109	148	170	239	260	295	375	74	80,5	109	126	148	162	239						
	Q (g/g)	2,3	2,7	4,6	9,6	16,3	4,2	4,2	2,2	2,2	2,0	2,4	3,7	3,2	5,9	7,3	2,4						
	ΔFr (%)	-2,6	-1,2	-0,9	-2,0	=	=	=	-1,3	=	-2,6	-1,2	-1,8	=	-2,0	-3,0	=						
RdR Final	Frequency (Hz)	74	80,5	109	148	170	239	260	295	375	74	80,5	109	126	148	162	239						
	Q (g/g)	2,3	2,7	4,6	9,6	16,6	4,1	4,2	2,1	2,1	2,0	2,4	3,7	3,2	5,8	7,2	2,4						
	ΔFr (%)	-2,6	-1,2	-0,9	-2,0	=	=	=	-1,3	=	-2,6	-1,2	-1,8	=	-2,0	-3,0	=						
		BBV-T								BBV-O									BBV-H				
RdR Initial	Frequency (Hz)	76	82	111	121	134	373	443	68	76	108	127	168	237	269	371	410	471	210	343	412	461	
	Q (g/g)	4,9	5,9	8,5	5,5	2,6	7,0	5,9	2,5	4,6	5,1	5,3	5,3	8,1	4,6	8,8	11,5	8,1	2,3	2,4	4,0	3,9	
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	74	82	111	121	134	373	443	68	75	108	126	162	237	269	371	410	471	210	341	412	461	
	Q (g/g)	4,6	4,7	6,7	4,8	2,3	6,7	5,2	2,5	3,9	5,0	5,9	5,4	7,6	4,4	9,0	10,6	8,0	2,2	2,2	3,7	3,9	
	ΔFr (%)	-2,6	=	=	=	=	=	=	=	-1,3	=	-0,8	-3,6	=	=	=	=	=	=	-0,6	=	=	
RdR Final	Frequency (Hz)	74	82	111	121	134	373	443	68	75	108	126	162	237	269	371	410	471	210	341	412	461	
	Q (g/g)	4,6	4,9	6,9	4,8	2,3	6,7	6,7	2,5	4,0	5,1	6,2	5,3	7,7	4,4	8,8	10,5	7,9	2,2	2,2	3,7	3,8	
	ΔFr (%)	-2,6	=	=	=	=	=	=	=	-1,3	=	-0,8	-3,6	=	=	=	=	=	=	-0,6	=	=	

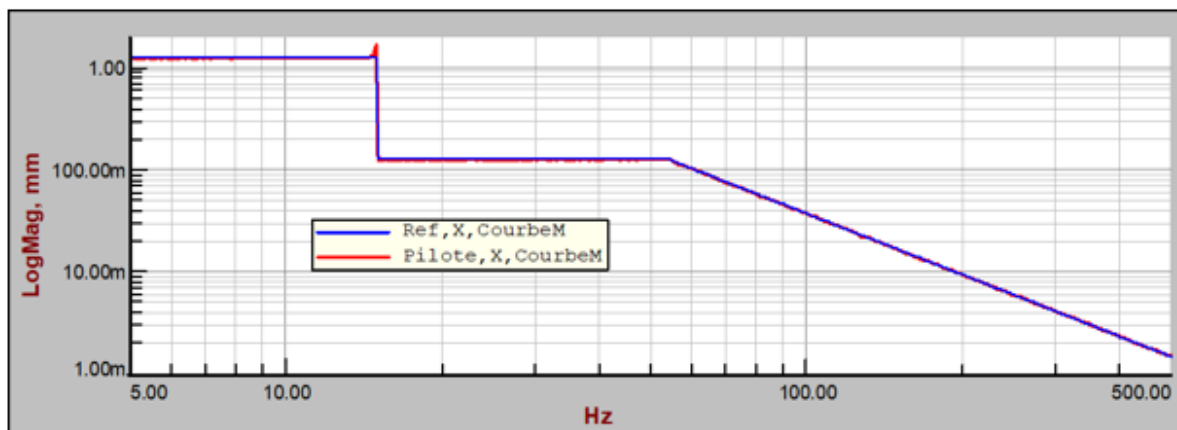
ΔF_r → déviation, en %, des fréquences de résonances par rapport à la fréquence de résonance initial

Q → facteur amplification $\frac{measure (g)}{Control (g)}$

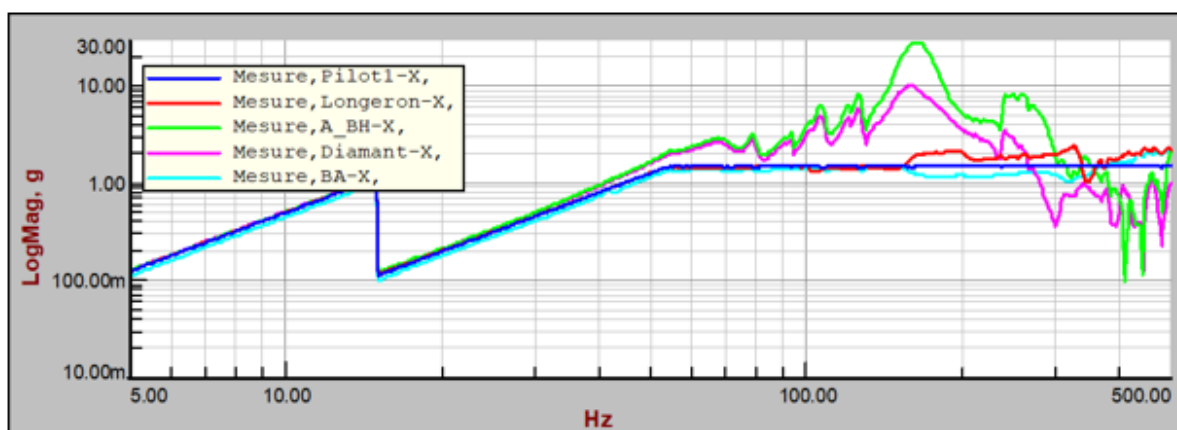
8A-3

Vibrations sinusoïdales en X

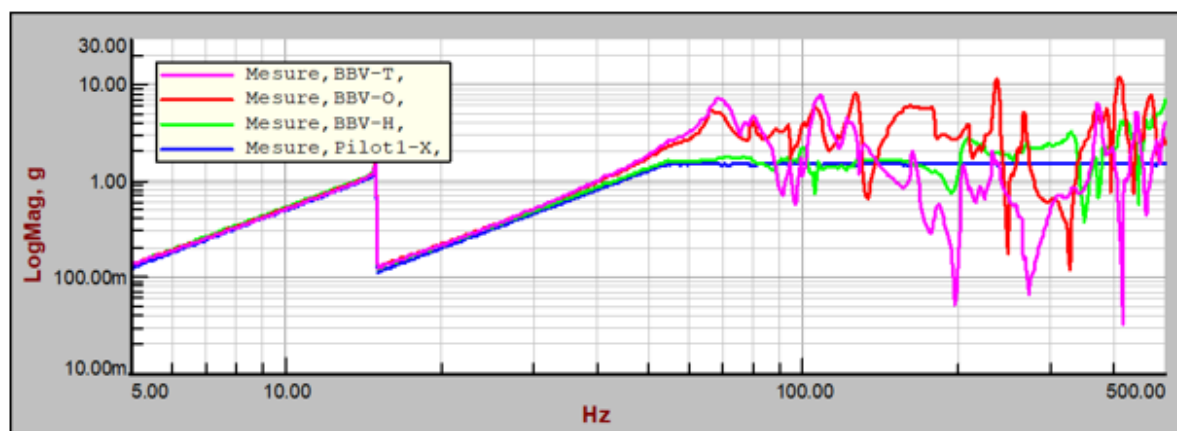
Spectre de pilotage (Control) superposé au profil (Ref)



Spectres relevés sur les capteurs longeron, A-BH, Diamant et BA superposé au pilote



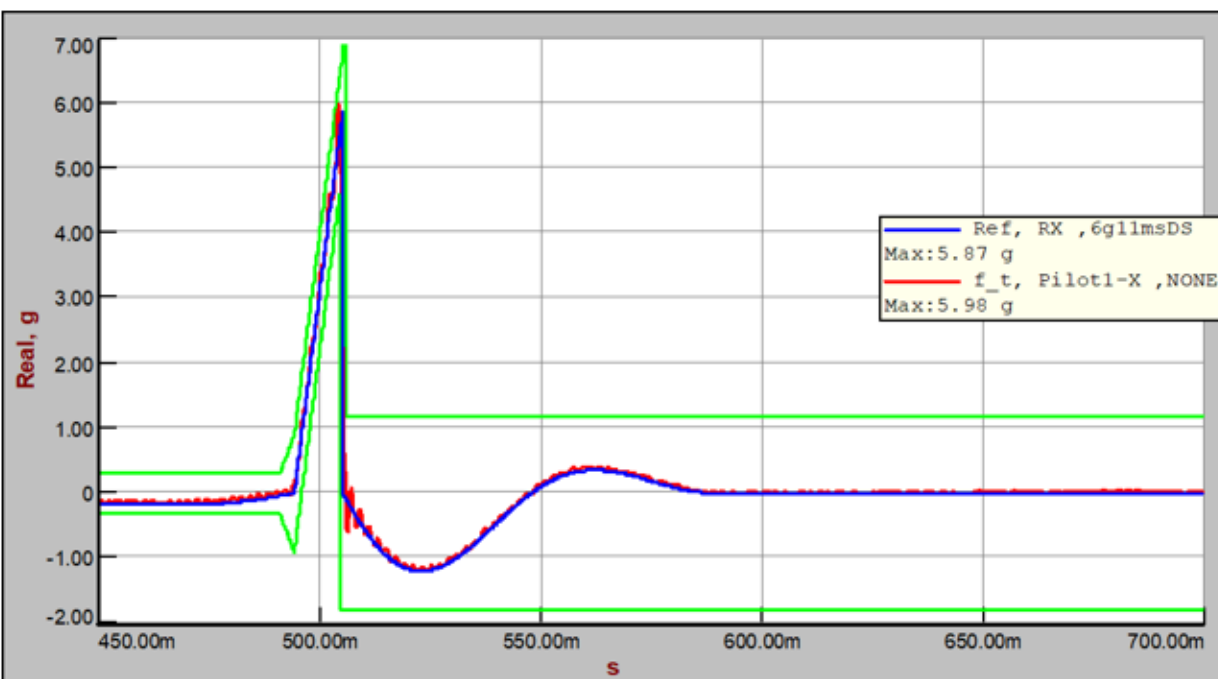
Spectres relevés sur les capteurs BBV-T, BBV-O et BBV-H superposé au pilote



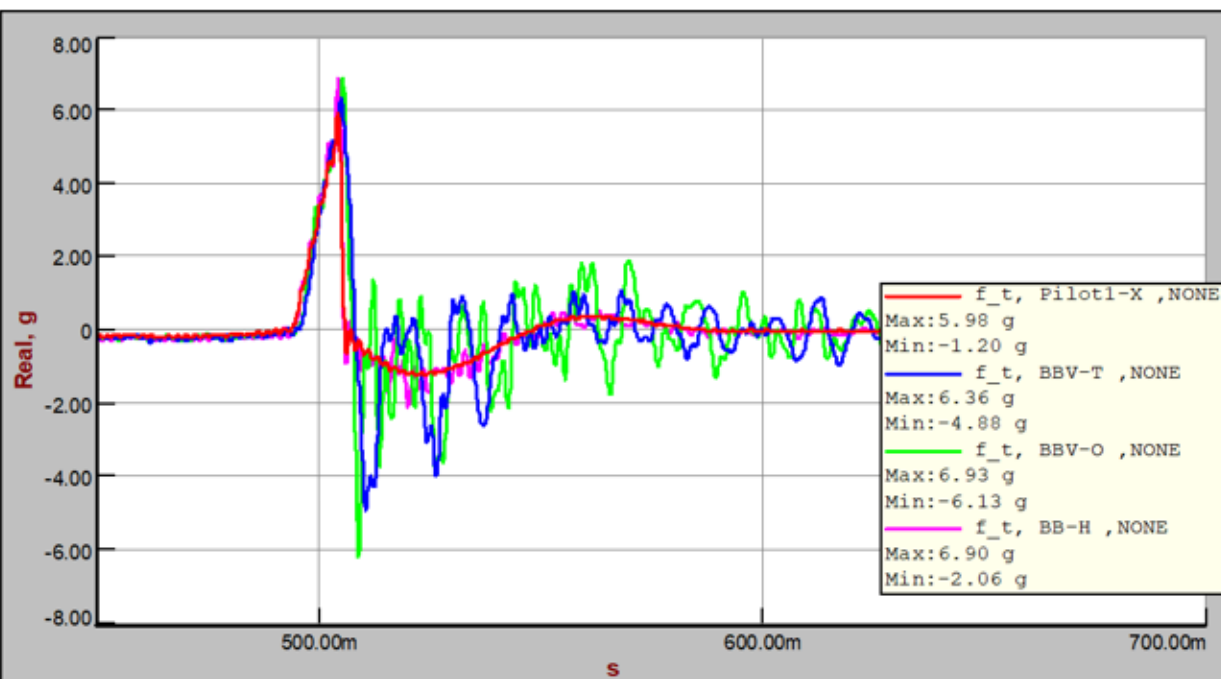
8A-4

Chocs positifs en X

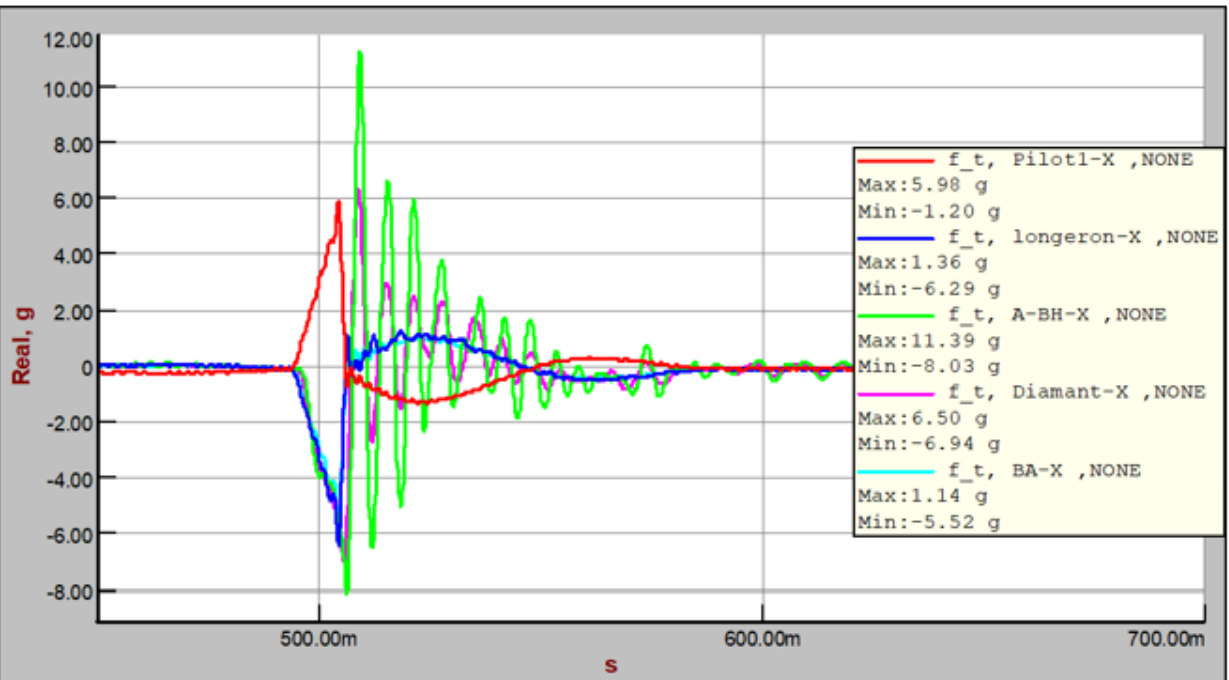
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y, superposé au niveau de pilotage



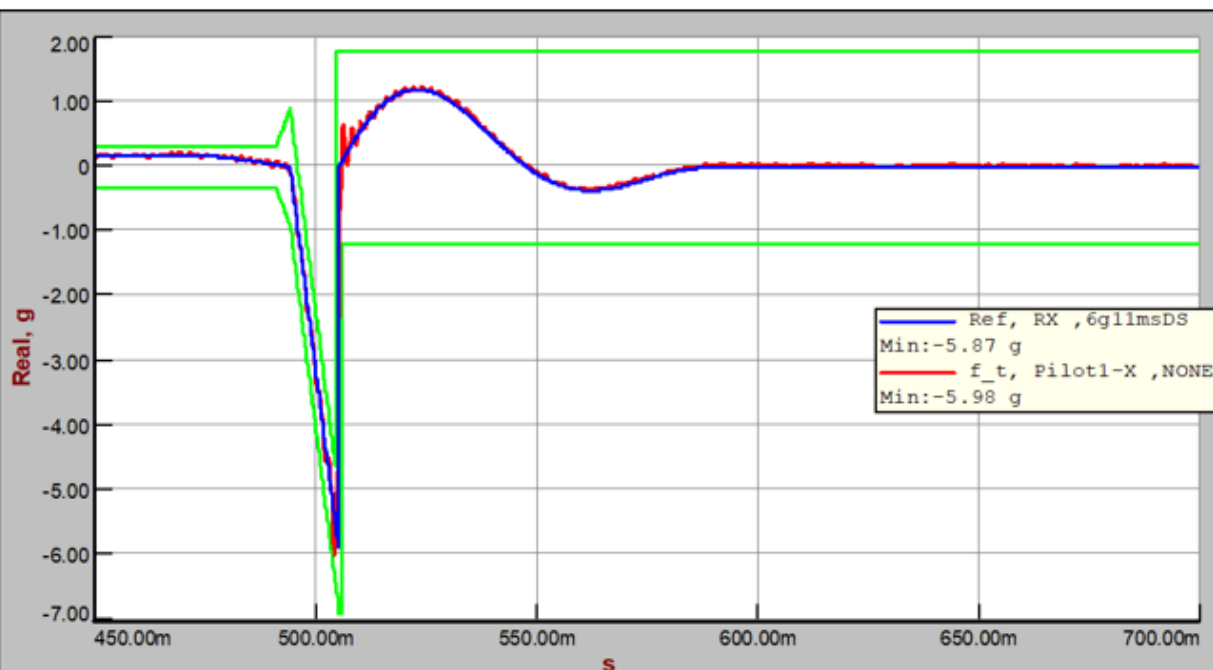
Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage



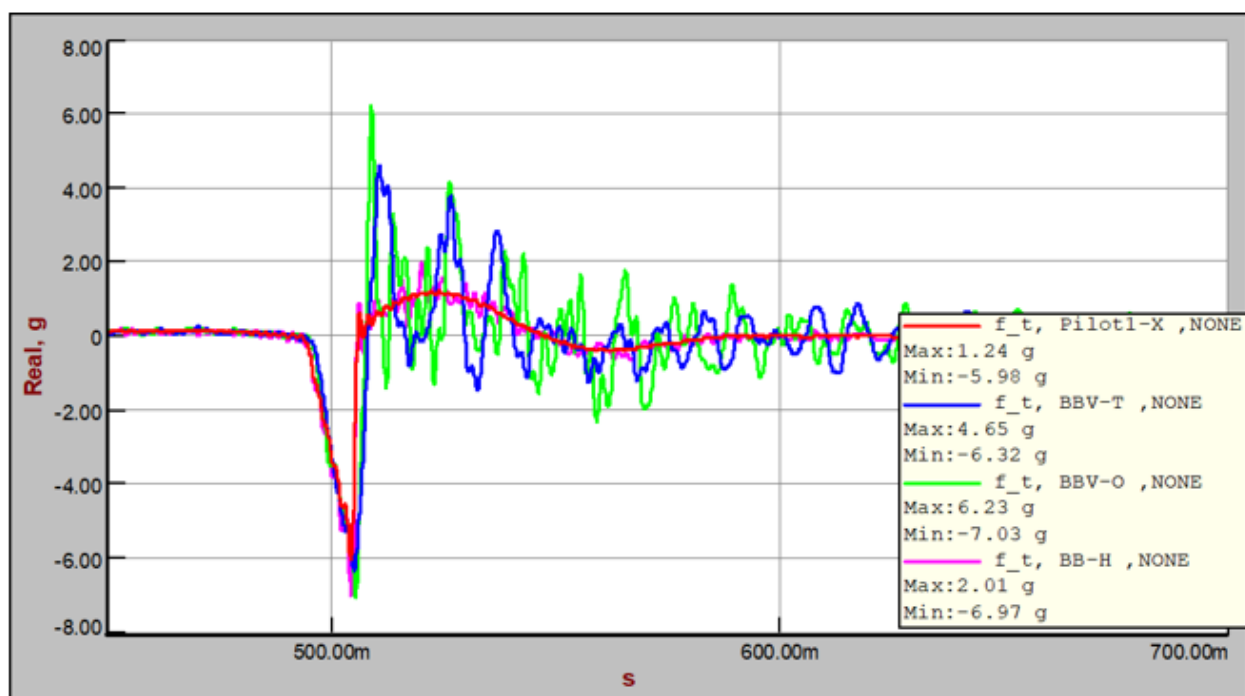
8A-5

Chocs négatifs en x

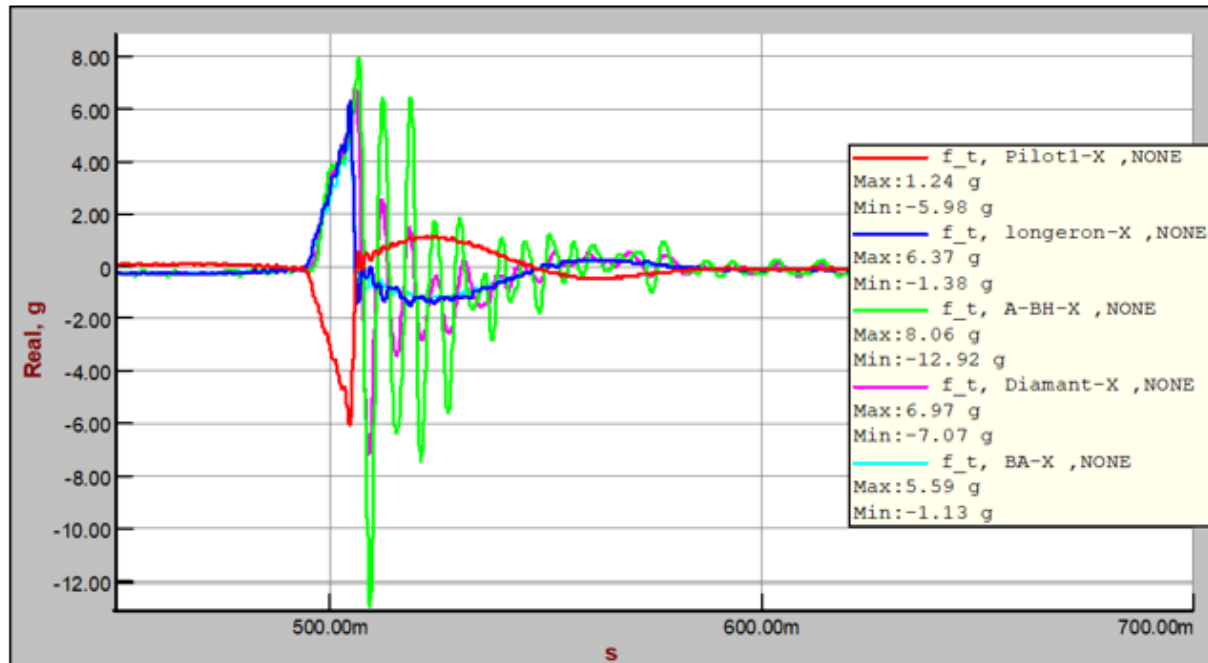
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y superposé au niveau de pilotage



Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage

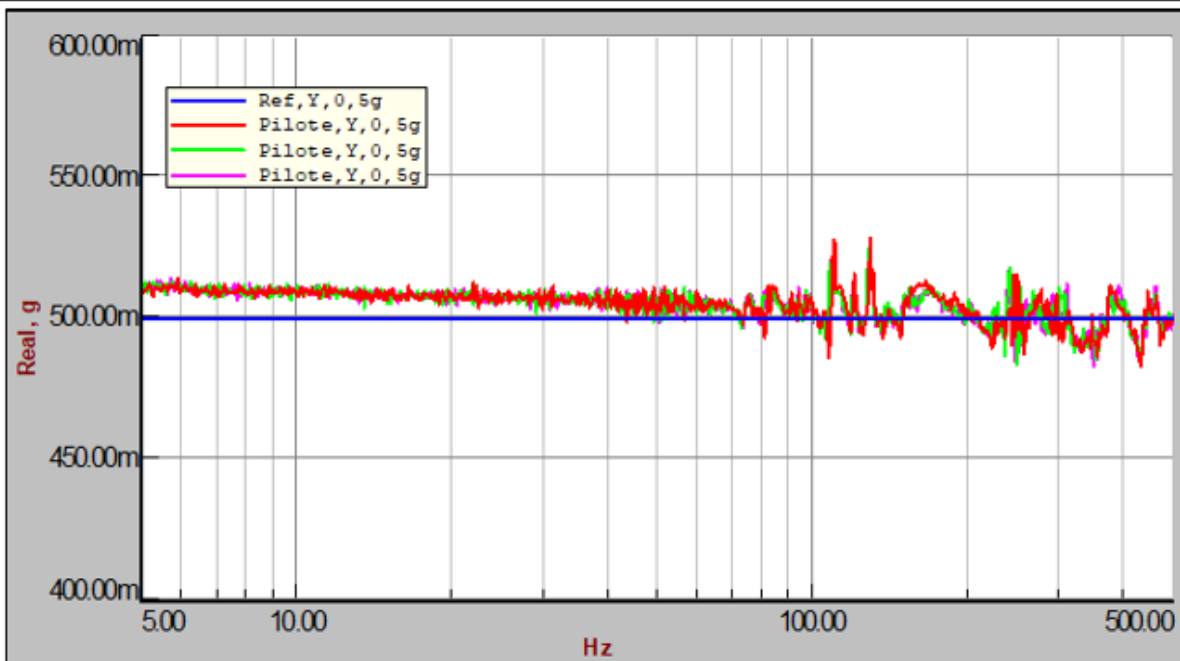


8B	Axe Y
8B-1	Recherche de résonances en Y
8B-2	Tableau des fréquences de résonance en Y
8B-3	Vibrations sinusoïdales en Y
8B-4	Chocs positifs en Y
8B-5	Chocs négatifs en Y

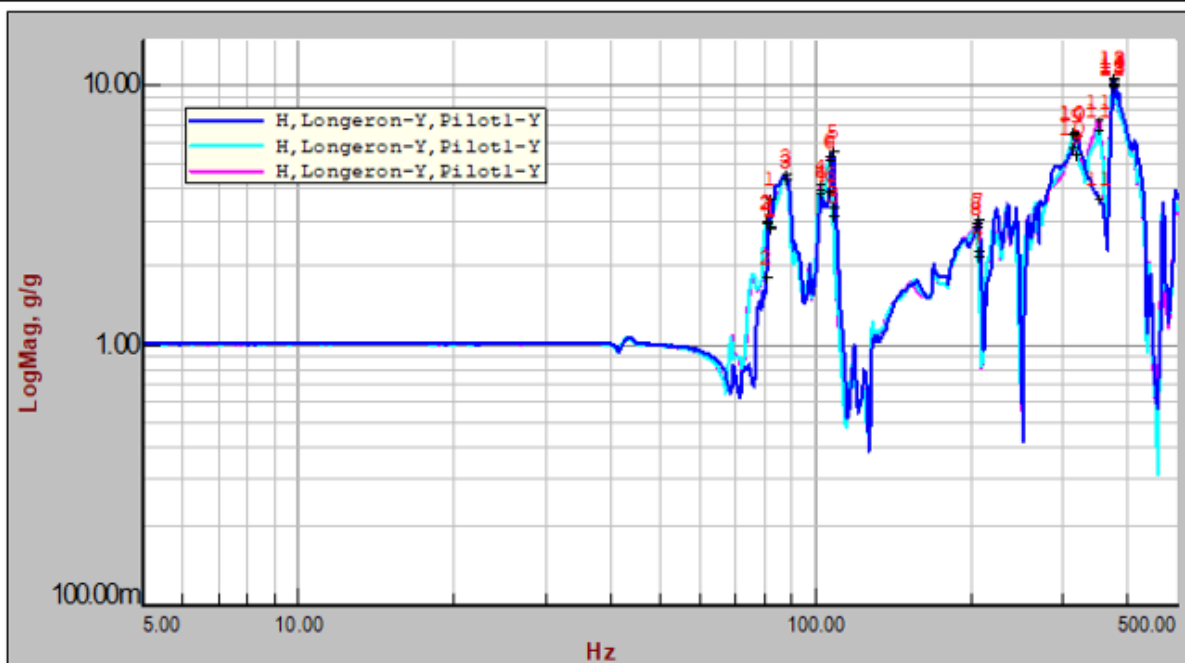
8B-1

Recherche de résonances en Y

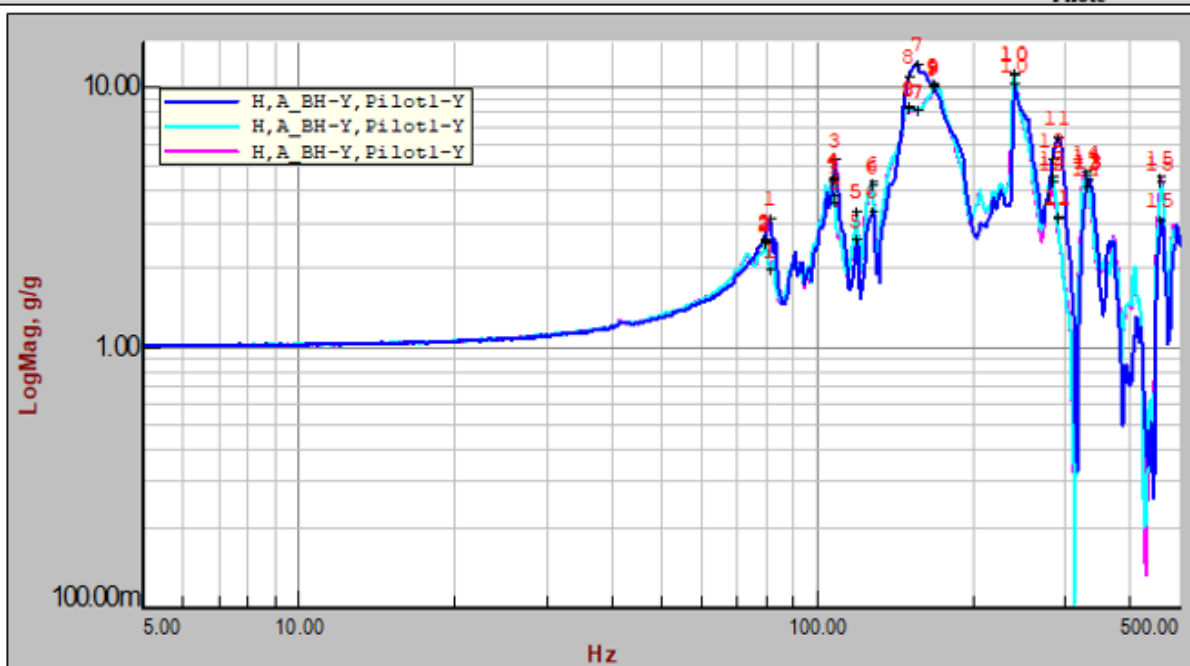
Spectre de Pilotage Initial, intermédiaire et final superposé au profil (Ref)



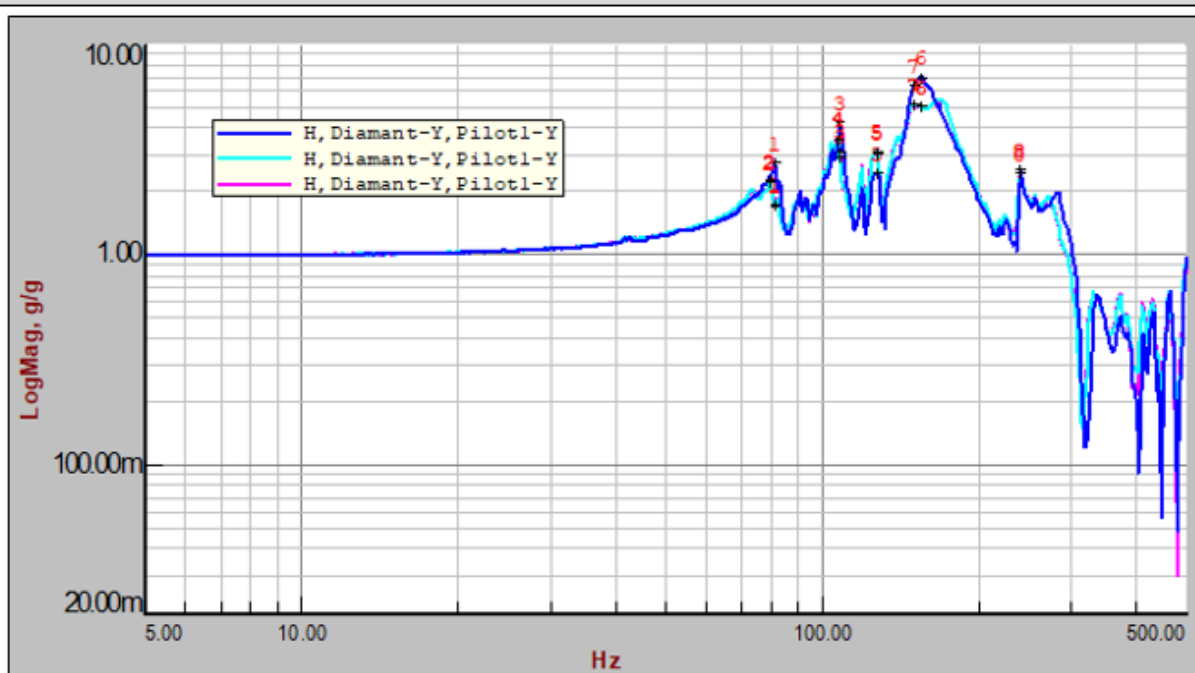
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de Longeron – Spectre ^{Mesure} Pilote



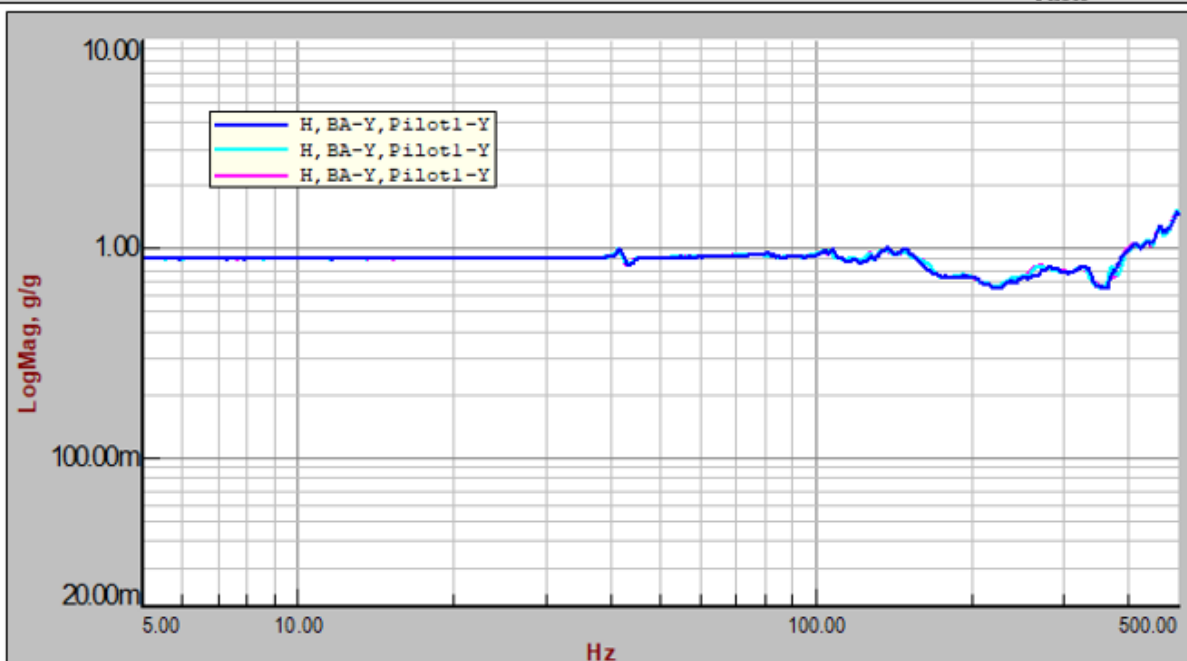
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de A_BH – Spectre ^{Mesure} _{Pilote}



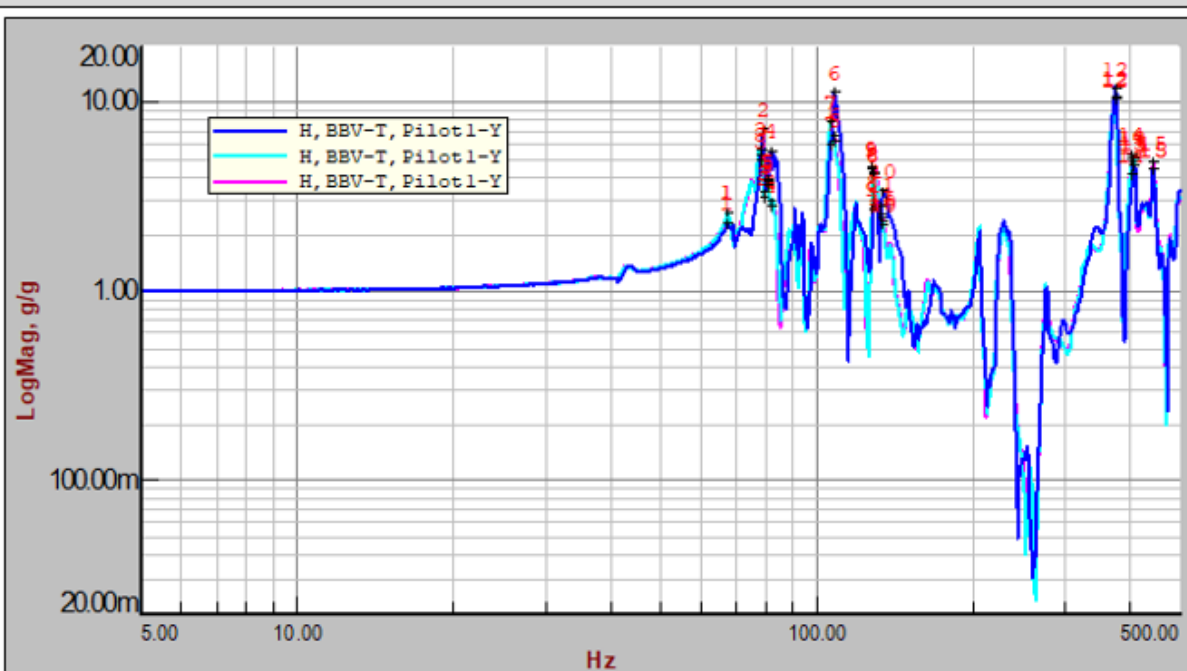
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de Diamant – Spectre ^{Mesure} _{Pilote}



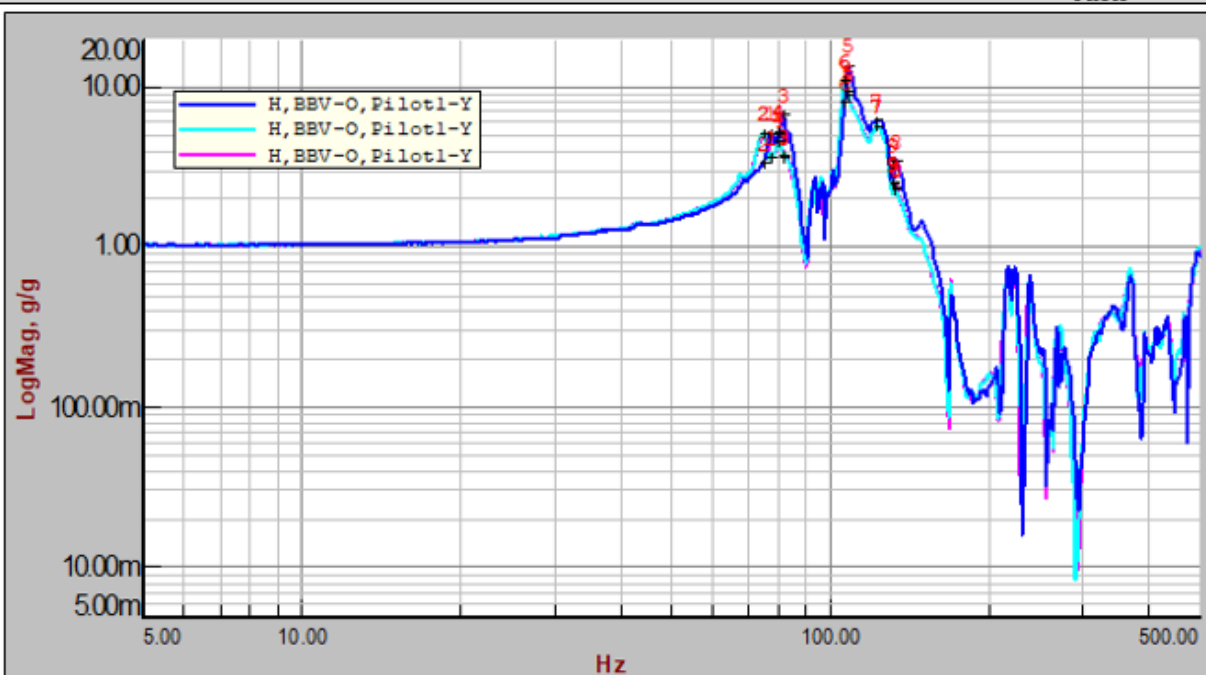
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de BA – Spectre Mesure
Pilote



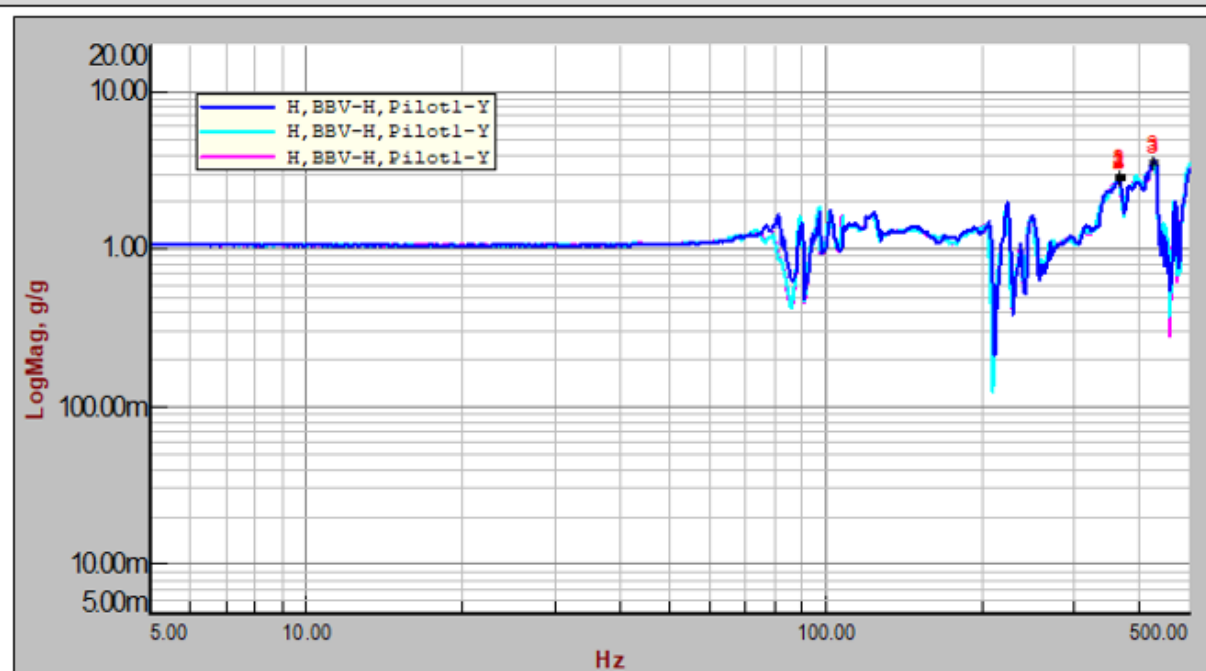
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de BBV-T – Spectre Mesure
Pilote



Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-O – Spectre ^{Mesure}_{Pilote}



Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-H – Spectre ^{Mesure}_{Pilote}





8B-2

Tableau des fréquences de résonance en Y

		Longeron								A-BH										Diamant							
RdR Initial	Frequency (Hz)	81,5	87,5	102	375	108	207	321	353	81	108	119	128	156	168	240	291	334	460	81	108	127	155	240			
	Q (g/g)	3,7	4,5	3,8	10,7	5,5	3,1	6,4	3,7	3,1	5,3	2,6	3,3	12,3	10,3	10,4	6,4	4,4	3,1	2,7	4,3	2,4	7,0	2,5			
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	80,5	87,5	102	375	106	204	315	353	79	107	119	128	150	168	240	284	330	460	79	107	127	150	240			
	Q (g/g)	2,9	4,3	3,9	10,7	5,2	2,9	6,6	6,7	2,5	4,4	3,3	4,3	8,4	10,1	11,2	4,5	4,6	4,3	2,2	3,5	3,1	5,2	2,5			
	ΔFr (%)	-1,2	=	=	=	-1,9	-1,4	-1,9	=	-2,5	-0,93	=	=	-3,8	=	=	-2,4	-1,2	=	-2,5	-0,93	=	-3,2	=			
RdR Final	Frequency (Hz)	80,5	87,5	102	375	106	204	315	353	79	107	119	128	150	168	240	284	330	460	79	107	127	150	240			
	Q (g/g)	3,0	4,3	4,1	10,5	5,3	2,9	6,5	7,3	2,5	4,4	3,3	4,2	8,3	10,0	11,4	4,3	4,7	4,5	2,2	3,5	3,1	5,2	2,5			
	ΔFr (%)	-1,2	=	=	=	-1,9	-1,4	-1,9	=	-2,5	-0,9	=	=	-3,8	=	=	-2,4	-1,2	=	-2,5	-0,9	=	-3,2	=			
		BBV-T								BBV-O							BBV-H										
RdR Initial	Frequency (Hz)	68	79	81,5	108	129	134	375	408	445	77	81,5	108	123	133	369	428										
	Q (g/g)	2,3	7,2	5,5	11,5	3,0	3,4	12,1	4,6	4,5	5,1	6,8	13,8	5,7	3,5	2,8	3,7										
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	68	78	80,5	106	128	133	375	405	445	75	80,5	106	123	132	367	428										
	Q (g/g)	2,7	5,3	3,7	7,9	4,6	2,5	10,5	5,3	4,4	5,1	5,2	11,2	5,7	2,5	2,9	3,5										
	ΔFr (%)	=	-1,3	-1,2	-1,9	-0,78	-0,75	=	-0,74	=	-2,6	-1,2	-1,9	=	-0,75	-0,54	=										
RdR Final	Frequency (Hz)	68	78	80,5	106	128	133	375	405	445	75	80,5	106	123	132	367	428										
	Q (g/g)	2,6	5,6	3,8	7,9	4,5	2,6	10,8	5,1	4,9	5,1	5,2	11,2	5,7	2,5	2,8	3,4										
	ΔFr (%)	=	-1,3	-1,2	-1,9	-0,8	-0,7	=	-0,7	=	-2,6	-1,2	-1,9	=	-0,8	-0,5	=										

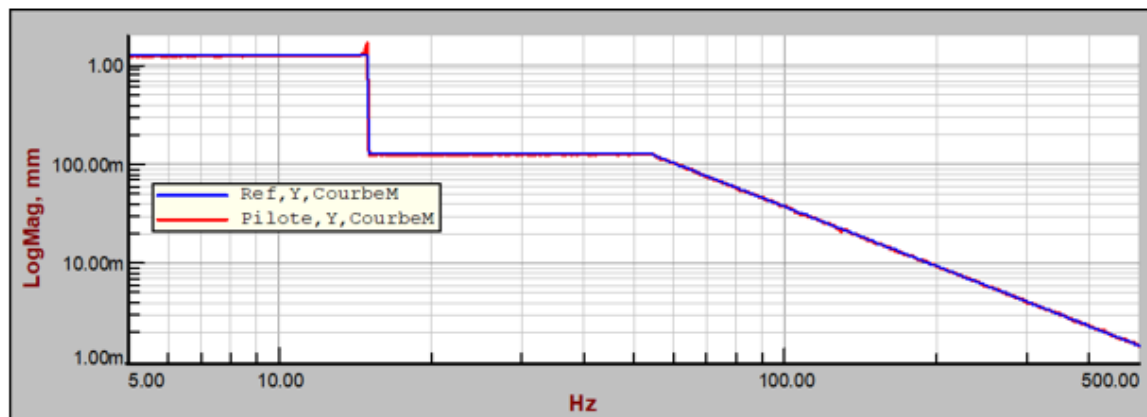
ΔFr, ➔ déviation, en %, des fréquences de résonances par rapport à la fréquence de résonance initial

Q ➔ facteur amplification $\frac{\text{measure (g)}}{\text{Control (g)}}$

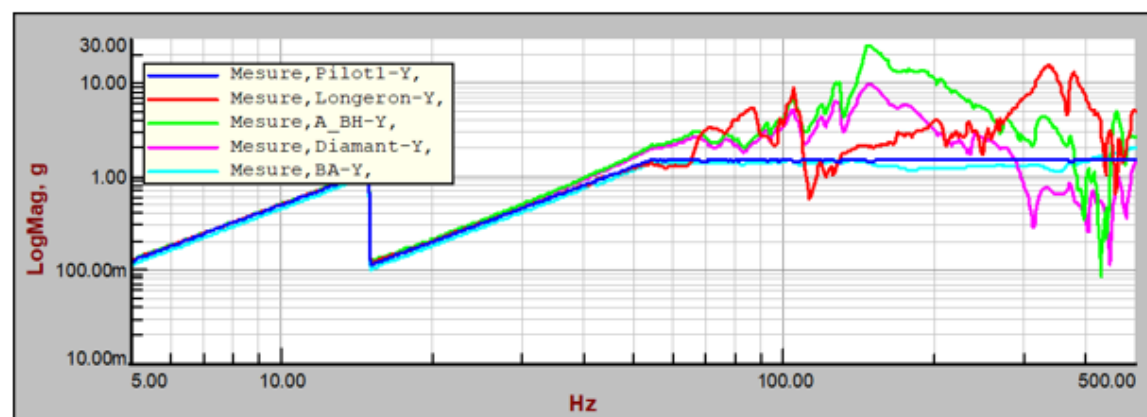
8B-3

Vibrations sinusoïdales en Y

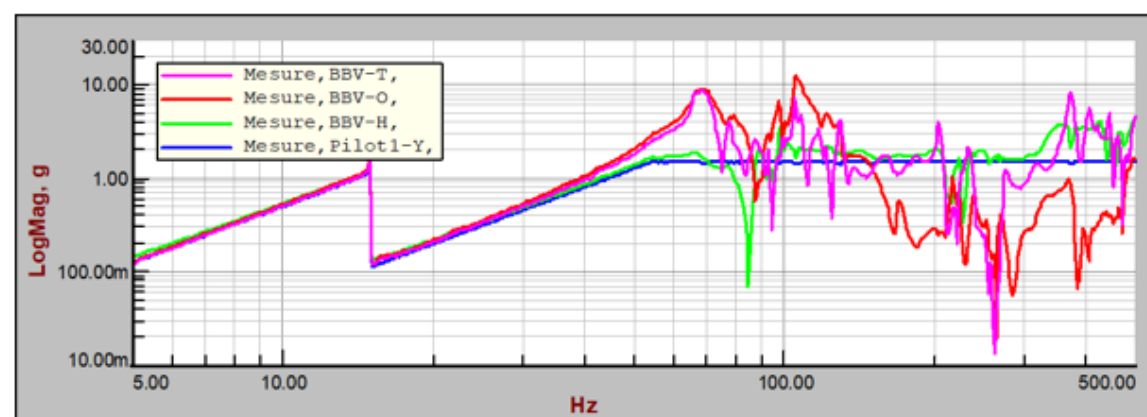
Spectre de pilotage (Control) superposé au profil (Ref)



Spectres relevés sur les capteurs longeron, A-BH, Diamant et BA superposé au pilote



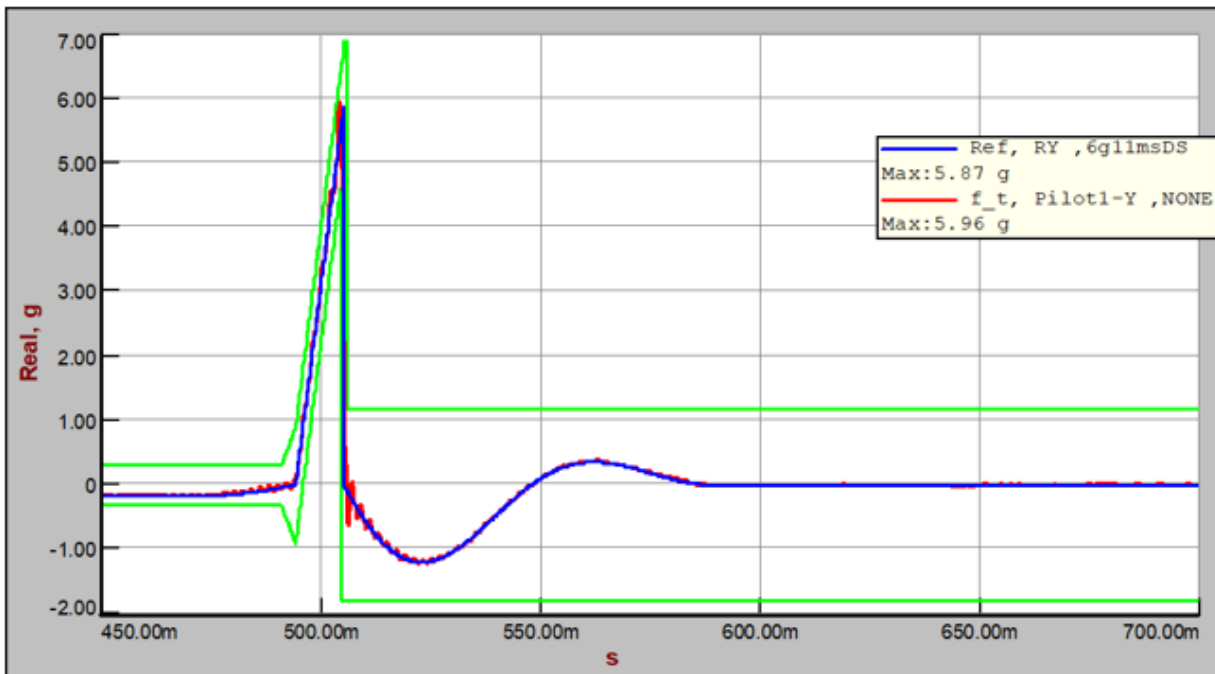
Spectres relevés sur les capteurs BBV-T, BBV-O et BBV-H superposé au pilote



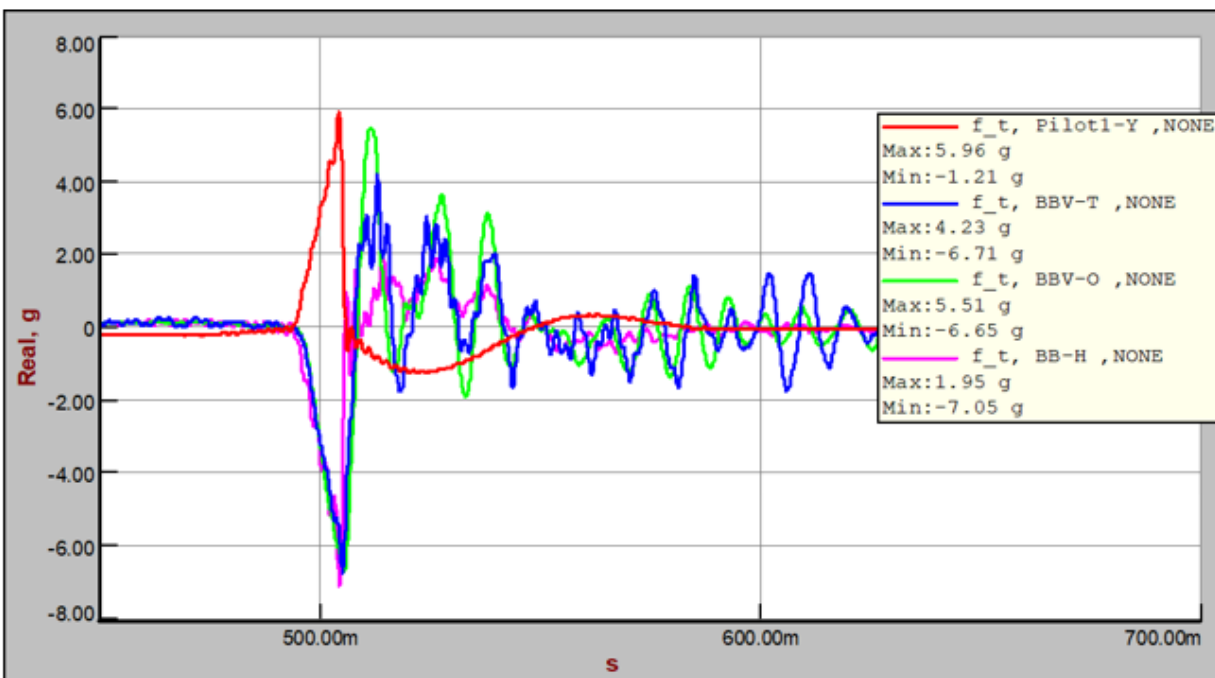
8B-4

Chocs positifs en Y

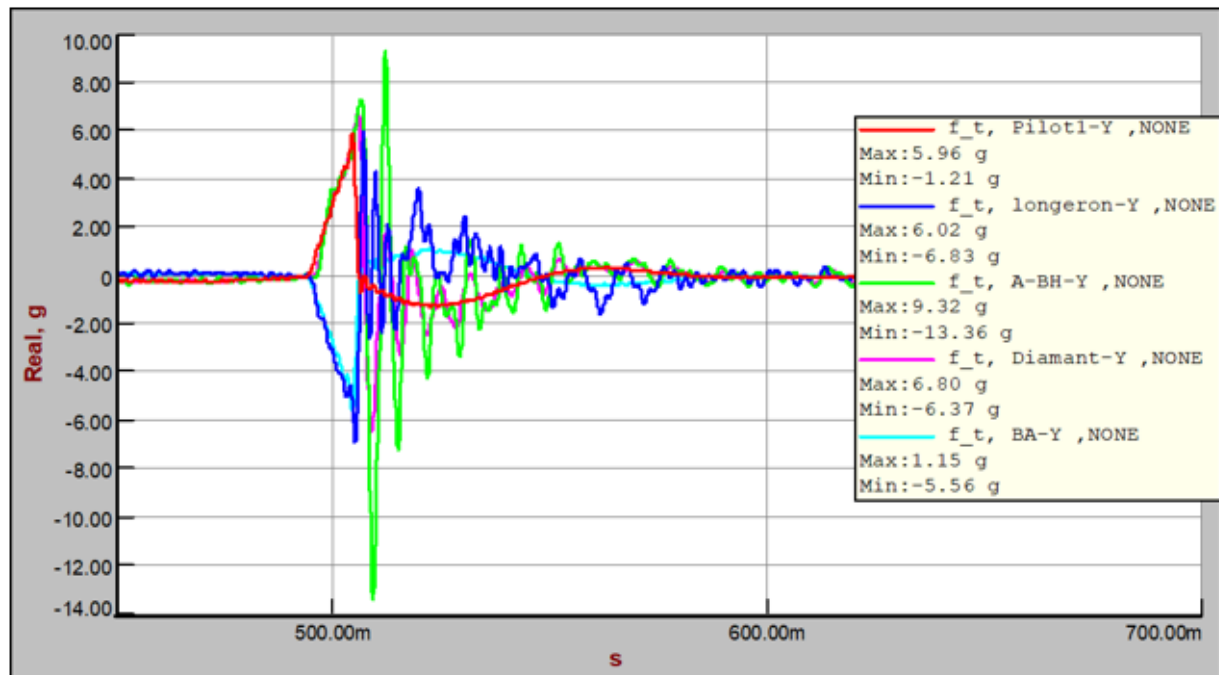
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y, superposé au niveau de pilotage



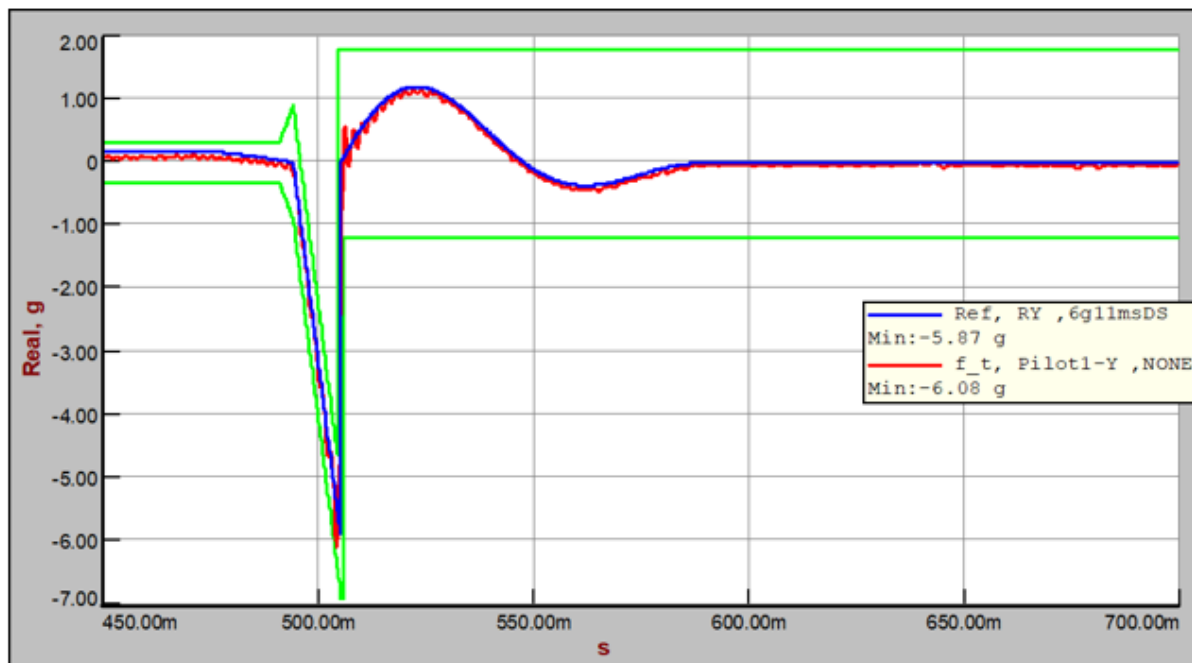
Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage



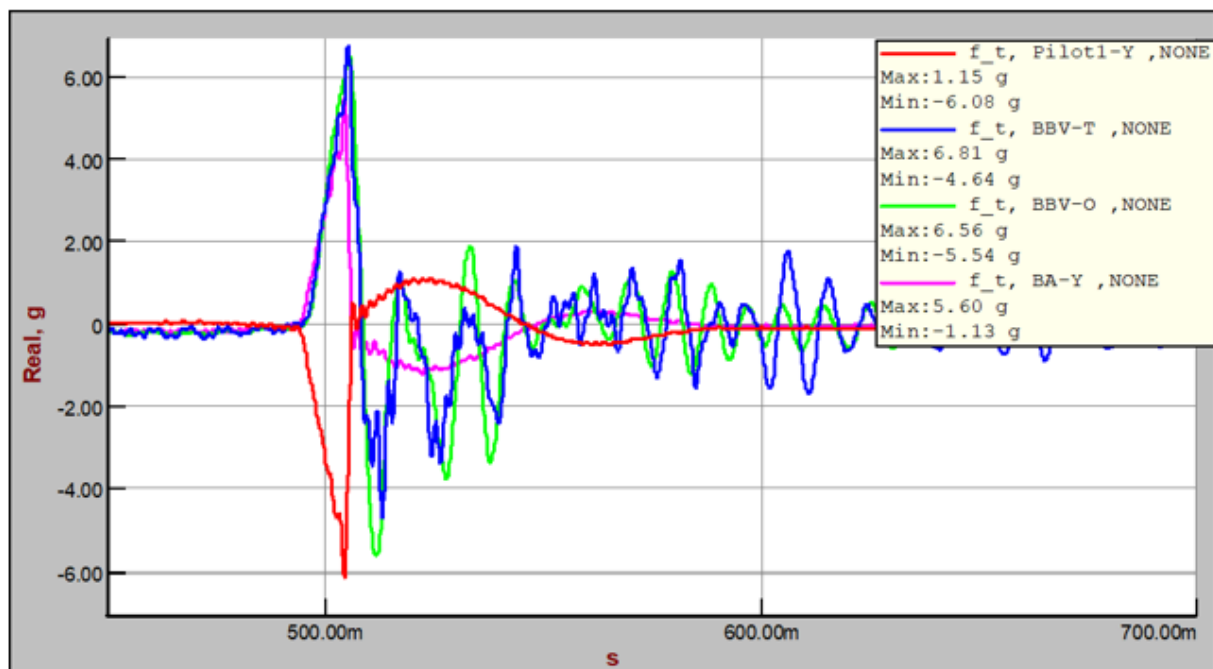
8B-5

Chocs négatifs en Y

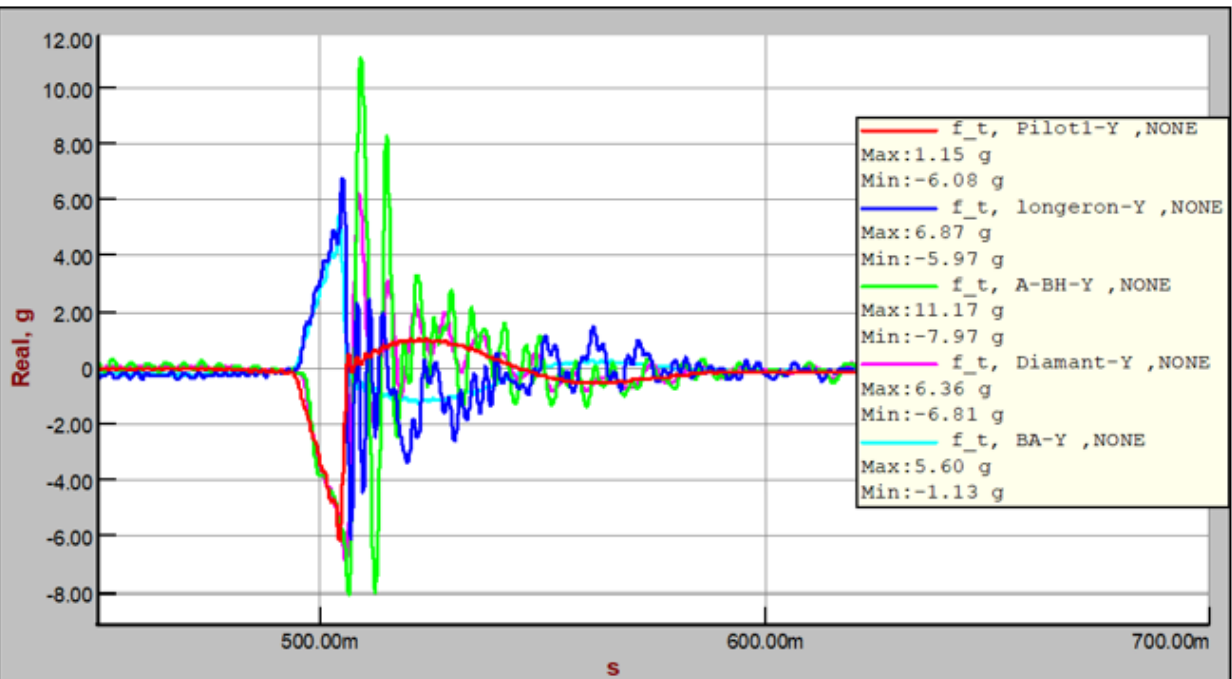
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y superposé au niveau de pilotage



Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage

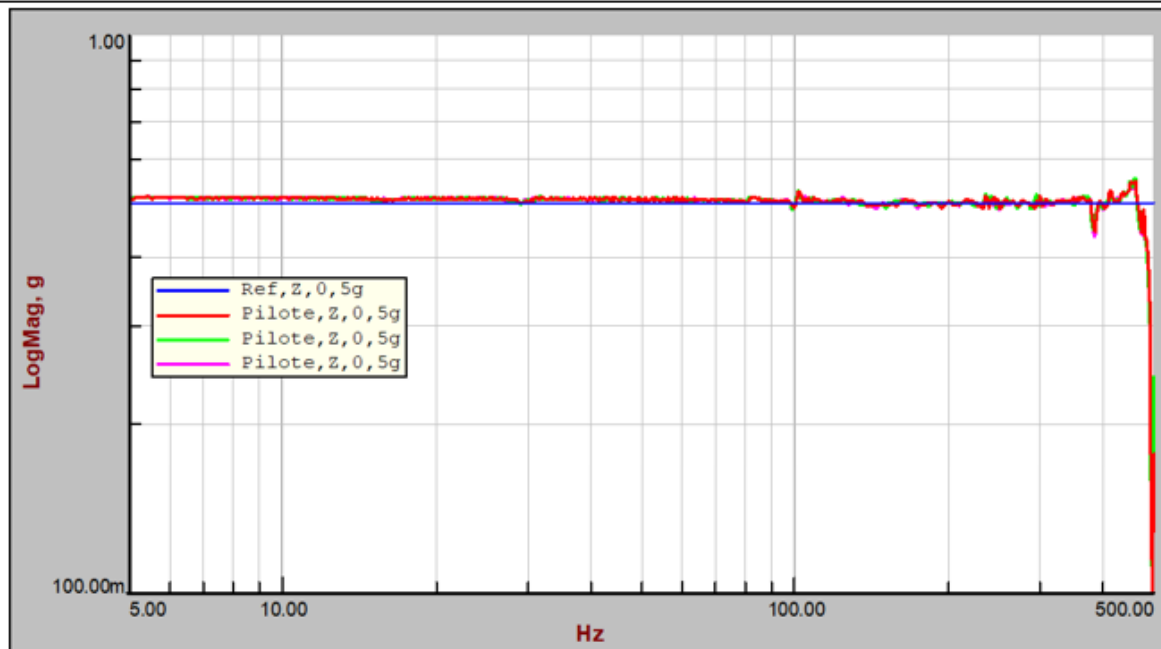


8C	Axe Z
8C-1	Recherche de résonances en Z
8C-2	Tableau des fréquences de résonance en Z
8C-3	Vibrations sinusoïdales en Z
8C-4	Chocs positifs en Z
8C-5	Chocs négatifs en Z

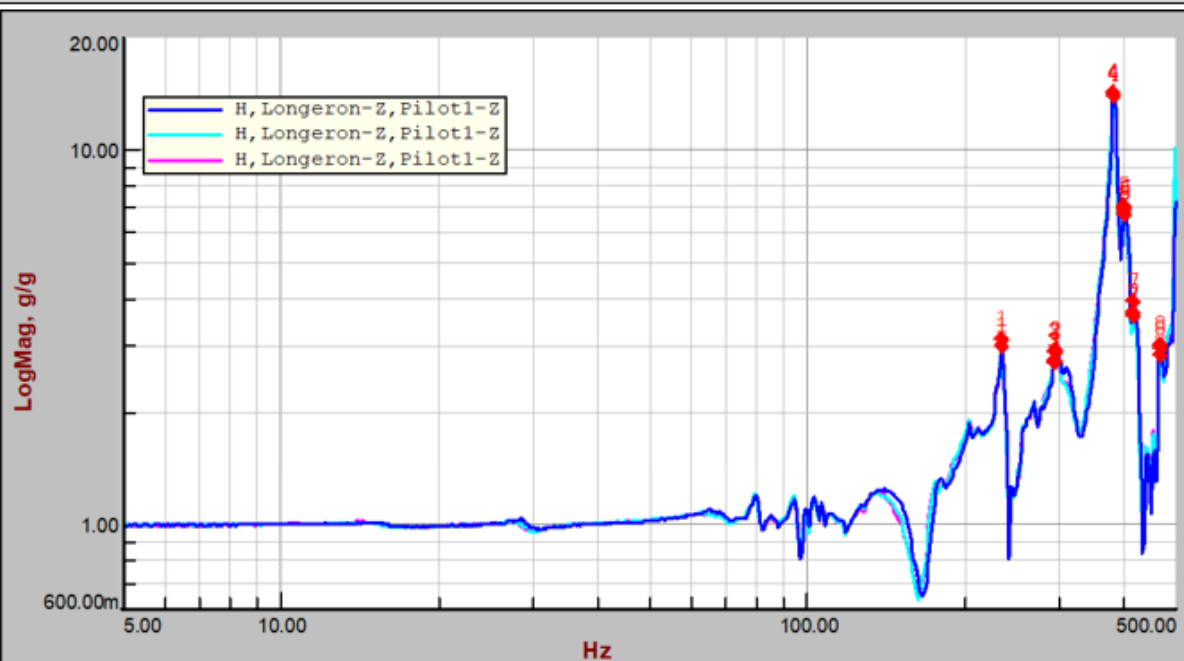
8C-1

Recherche de résonances en Z

Spectre de Pilotage Initial, intermédiaire et final superposé au profil (Ref)

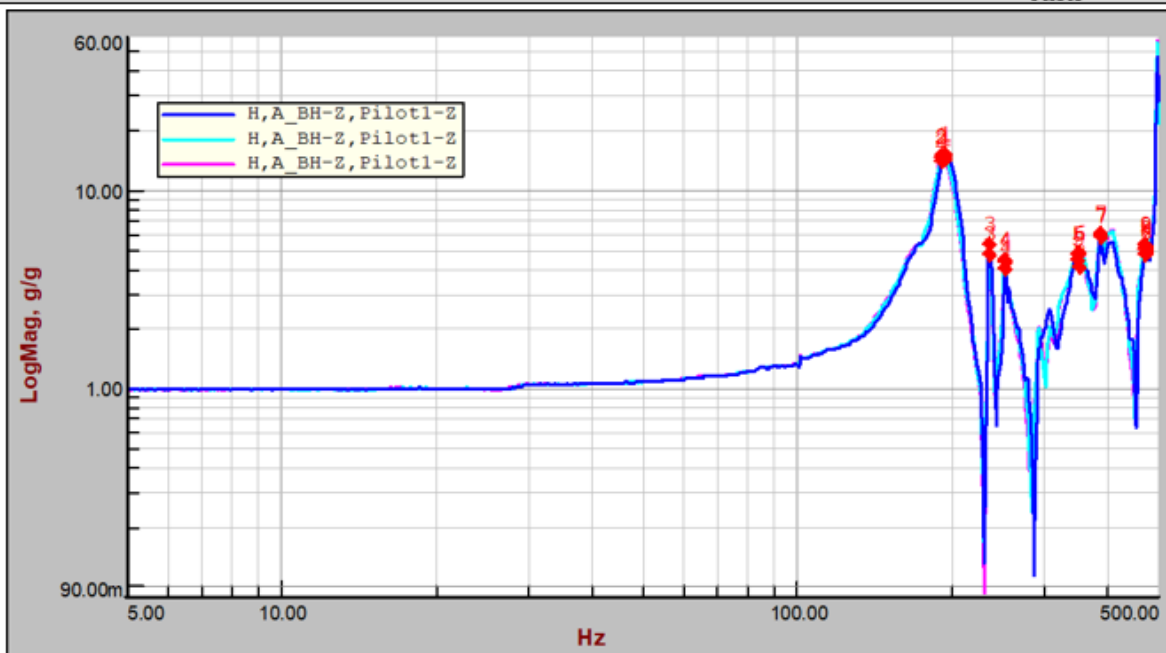


Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de Longeron – Spectre ^{Mesure} Pilote



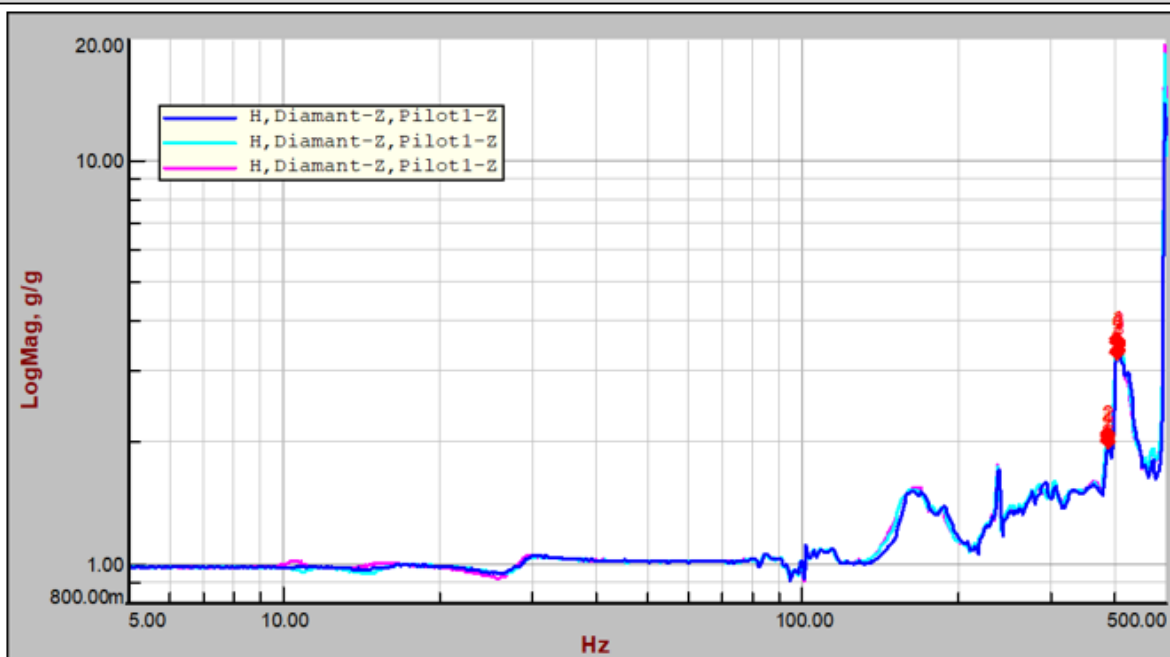
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de A_BH – Spectre

Mesure
Pilote



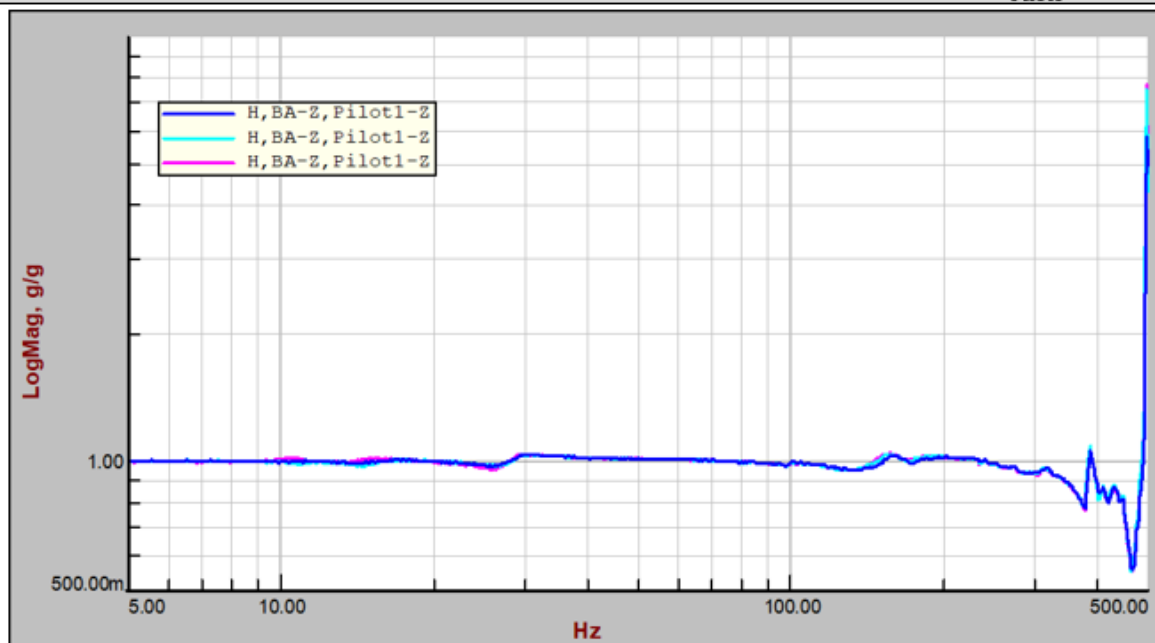
Superposition des courbes initial, intermédiaire et final de Diamant – Spectre

Mesure
Pilote



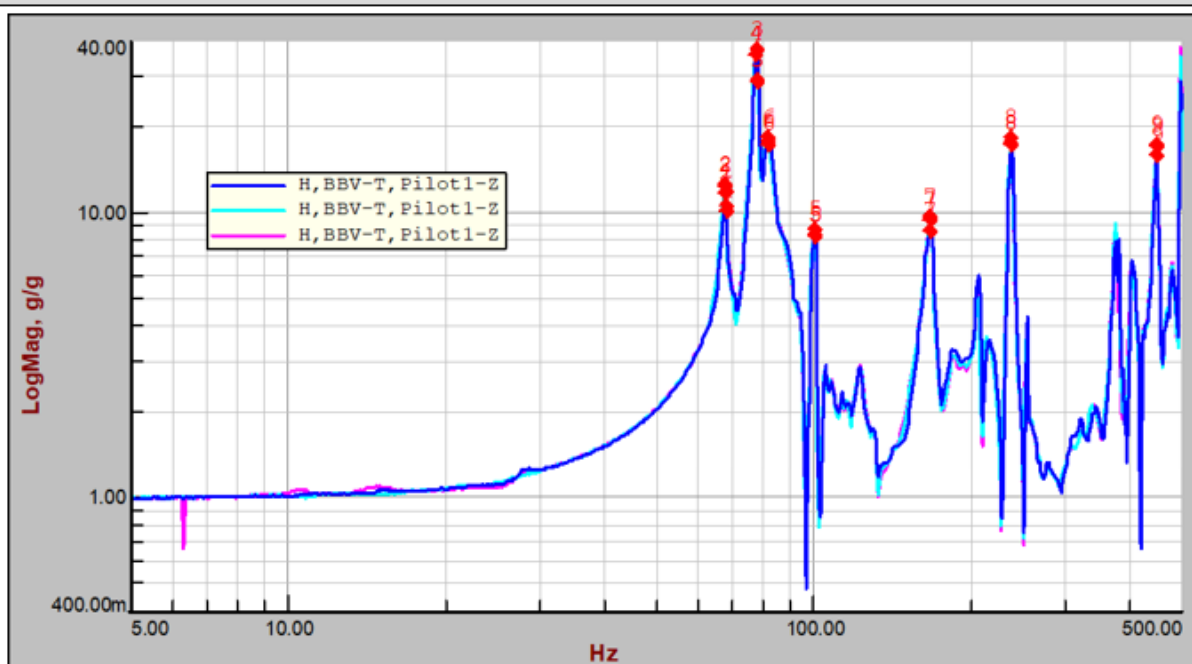
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BA – Spectre

Mesure
Pilote



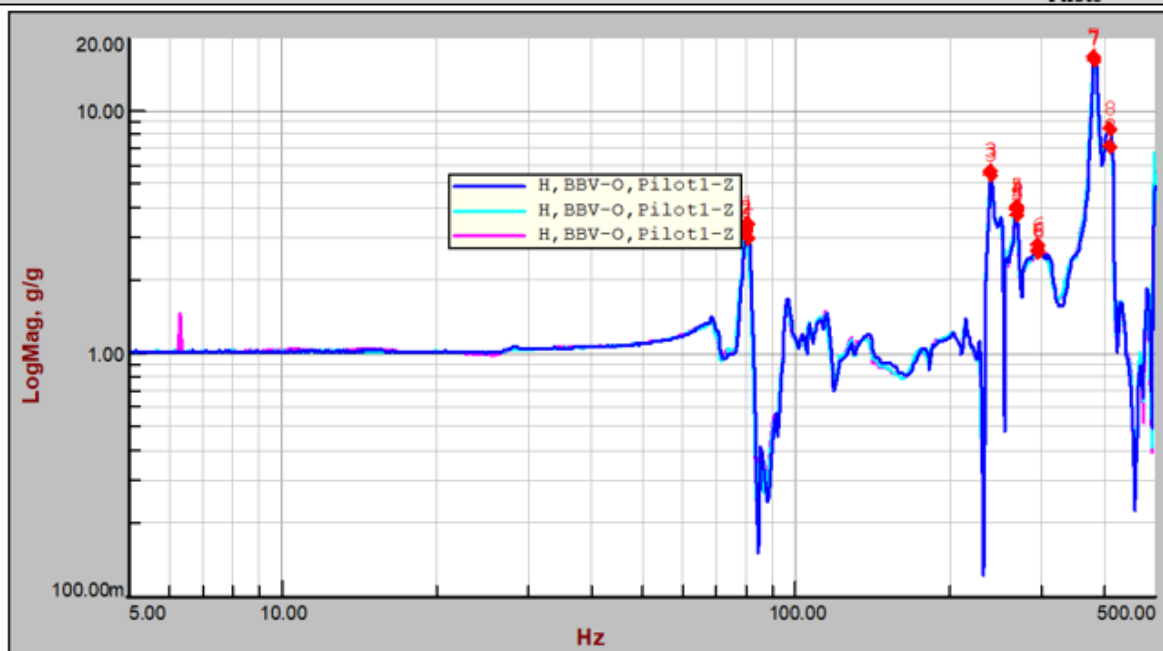
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-T – Spectre

Mesure
Pilote



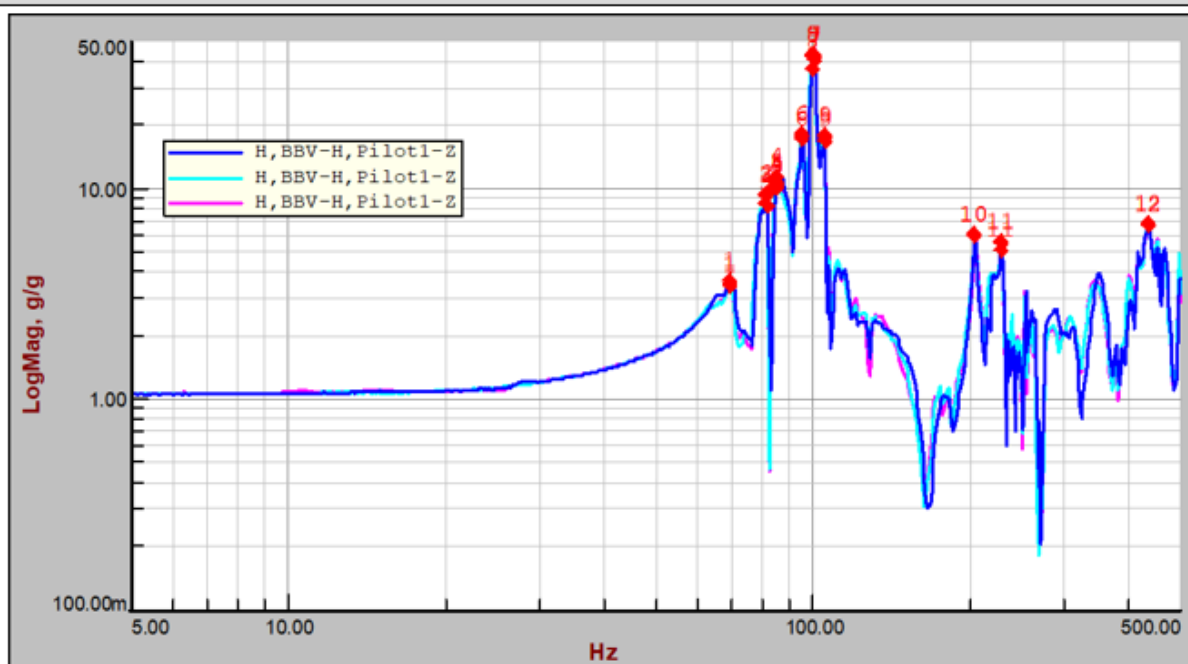
Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-O – Spectre

Mesure
Pilote



Superposition des courbes **initial**, **intermédiaire** et **final** de BBV-H – Spectre

Mesure
Pilote





8C-2

Tableau des fréquences de résonance en Z

		Longeron						A-BH						Diamant										
RdR Initial	Frequency (Hz)	234	295	381	401	417	486	193	236	253	349	386	473	388	405									
	Q (g/g)	3,1	2,9	14,3	7,2	4,0	3,0	15,1	5,3	4,0	4,5	6,1	4,9	2,1	3,4									
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	234	294	381	399	417	468	191	236	253	353	386	471	386	403									
	Q (g/g)	3,0	2,9	14,0	7,1	3,6	3,0	15,0	4,8	4,4	4,9	5,9	5,4	2,1	3,6									
	ΔFr (%)	=	-0,3	=	-0,5	=	-3,7	-1,0	=	=	1,1	=	-0,4	-0,5	-0,5									
RdR Final	Frequency (Hz)	234	294	381	399	417	468	191	236	253	353	386	471	386	403									
	Q (g/g)	3,0	2,7	14,2	6,8	3,7	2,9	14,7	4,8	4,5	4,8	6,0	5,1	2,1	3,6									
	ΔFr (%)	=	-0,3	=	-0,5	=	-3,7	-1,0	=	=	1,1	=	-0,4	-0,5	-0,5									
		BBV-T						BBV-O						BBV-H										
RdR Initial	Frequency (Hz)	68	78	82	100	166	237	448	81	239	270	297	381	408	69	82	85	95	100	105	203	228	436	
	Q (g/g)	11,9	37,5	18,4	8,7	8,7	18,3	15,9	3,5	5,5	3,7	2,8	16,8	8,5	3,6	9,6	11,5	17,2	40,6	17,0	6,1	5,1	6,9	
RdR Intermediaire	Frequency (Hz)	68	77	82	100	166	237	448	80	239	269	297	381	408	69	81	85	95	100	105	203	228	436	
	Q (g/g)	12,7	35,9	17,4	8,3	9,5	17,7	17,3	3,3	5,6	4,1	2,7	16,3	7,1	3,4	9,2	10,1	18,3	42,9	17,5	6,1	5,5	6,8	
	ΔFr (%)	=	-1,3	=	=	=	=	=	=	-1,2	=	-0,4	=	=	=	=	-1,2	=	=	=	=	=	=	=
RdR Final	Frequency (Hz)	68	77	82	100	166	237	448	80	239	269	297	381	408	69	81	85	95	100	105	203	228	436	
	Q (g/g)	12,4	36,0	18,0	8,4	9,7	17,5	17,1	3,3	5,7	4,0	2,6	16,5	7,1	3,5	9,4	10,4	18,0	42,4	17,7	5,9	5,6	6,7	
	ΔFr (%)	=	-1,3	=	=	=	=	=	=	-1,2	=	-0,4	=	=	=	=	-1,2	=	=	=	=	=	=	=

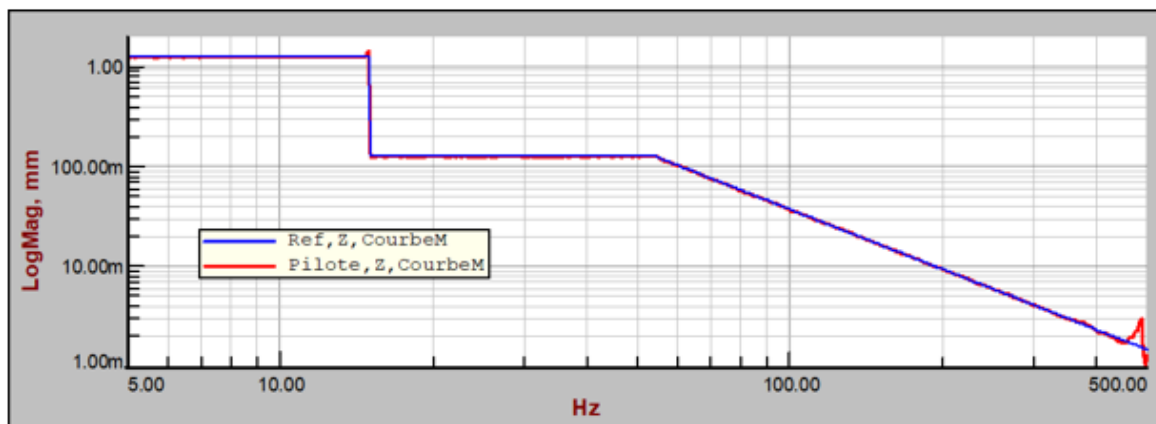
ΔFr → déviation, en %, des fréquences de résonances par rapport à la fréquence de résonance initial

Q → facteur amplification $\frac{\text{measure (g)}}{\text{Control (g)}}$

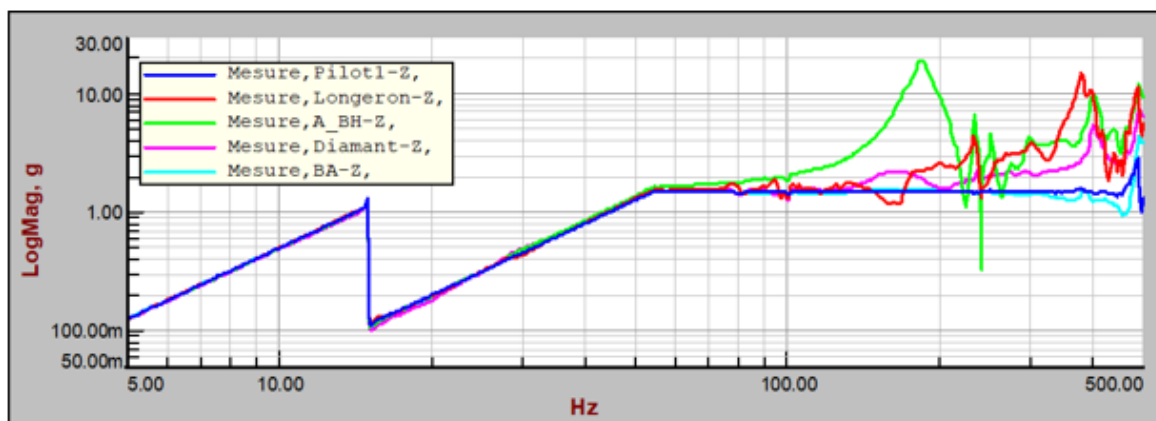
8C-3

Vibrations sinusoïdales en Z

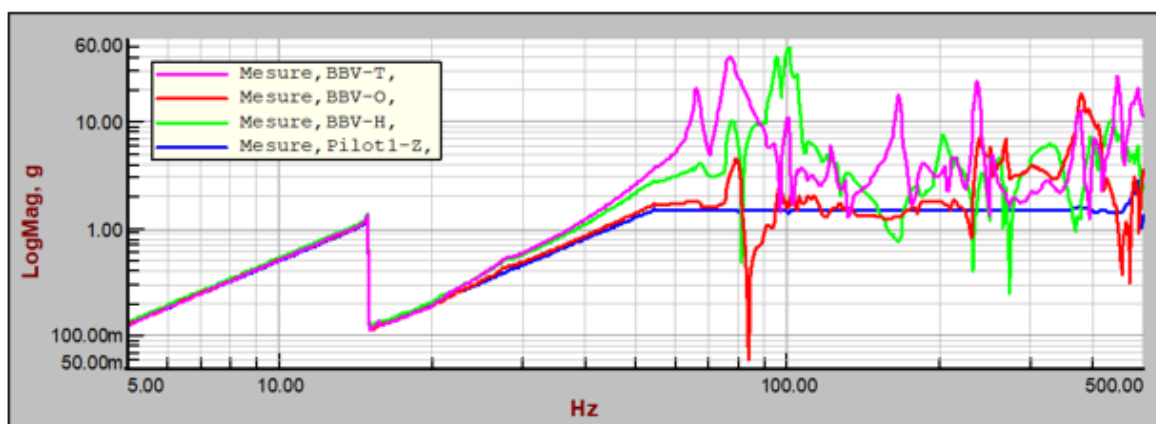
Spectre de pilotage (Control) superposé au profil (Ref)



Spectres relevés sur les capteurs longeron, A-BH, Diamant et BA superposé au pilote



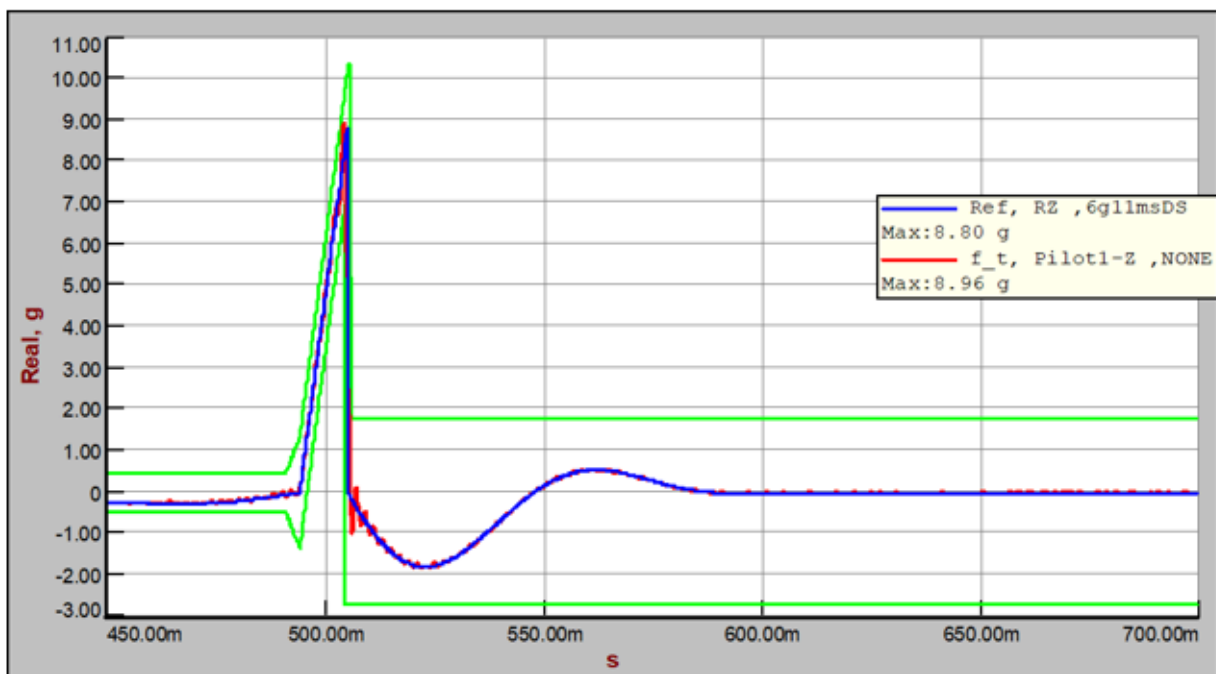
Spectres relevés sur les capteurs BBV-T, BBV-O et BBV-H superposé au pilote



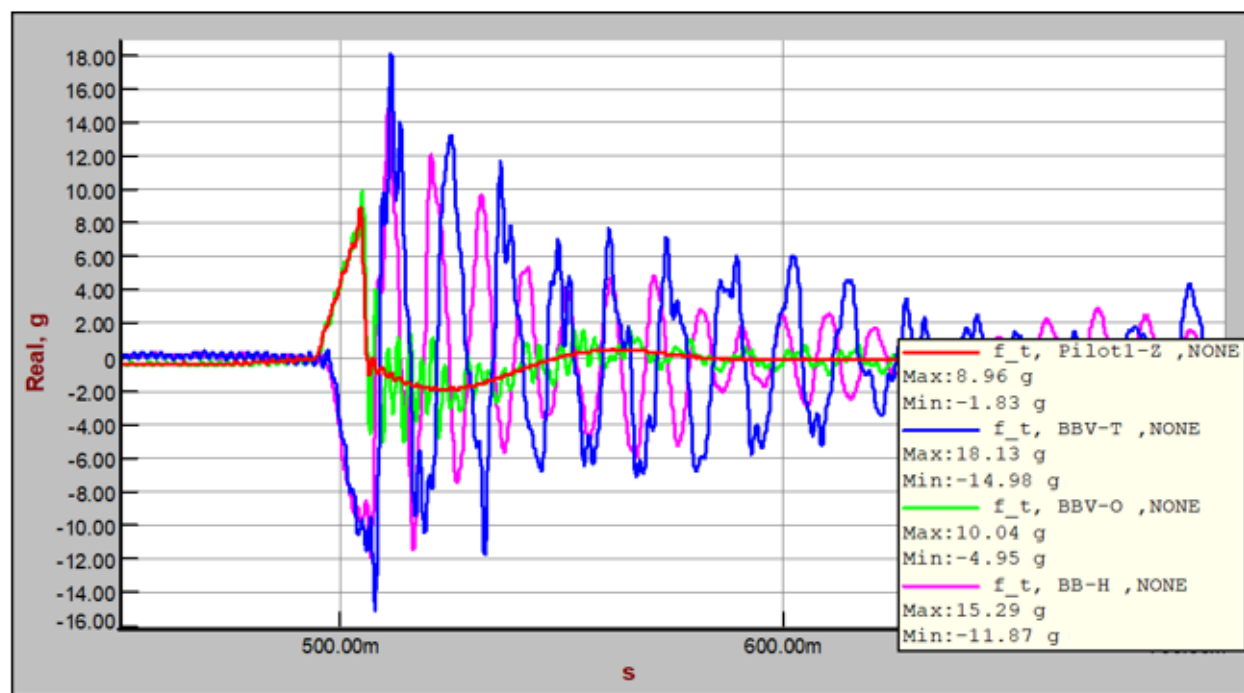
8C-4

Chocs positifs en Z

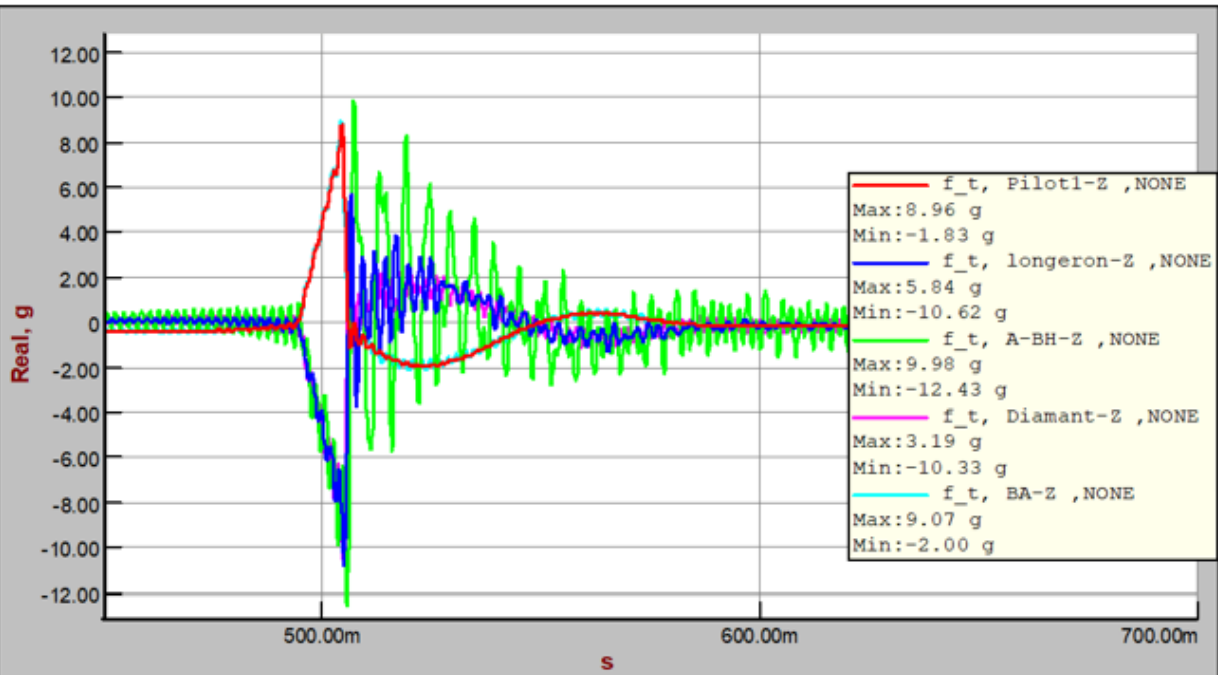
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y, superposé au niveau de pilotage



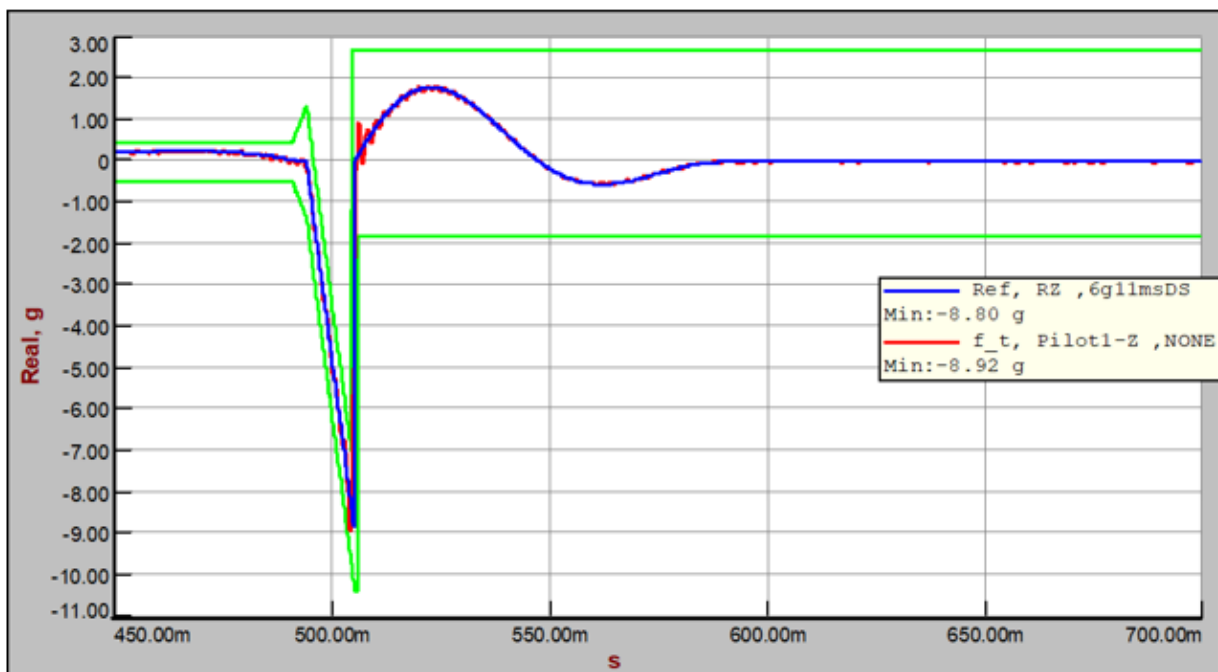
Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage



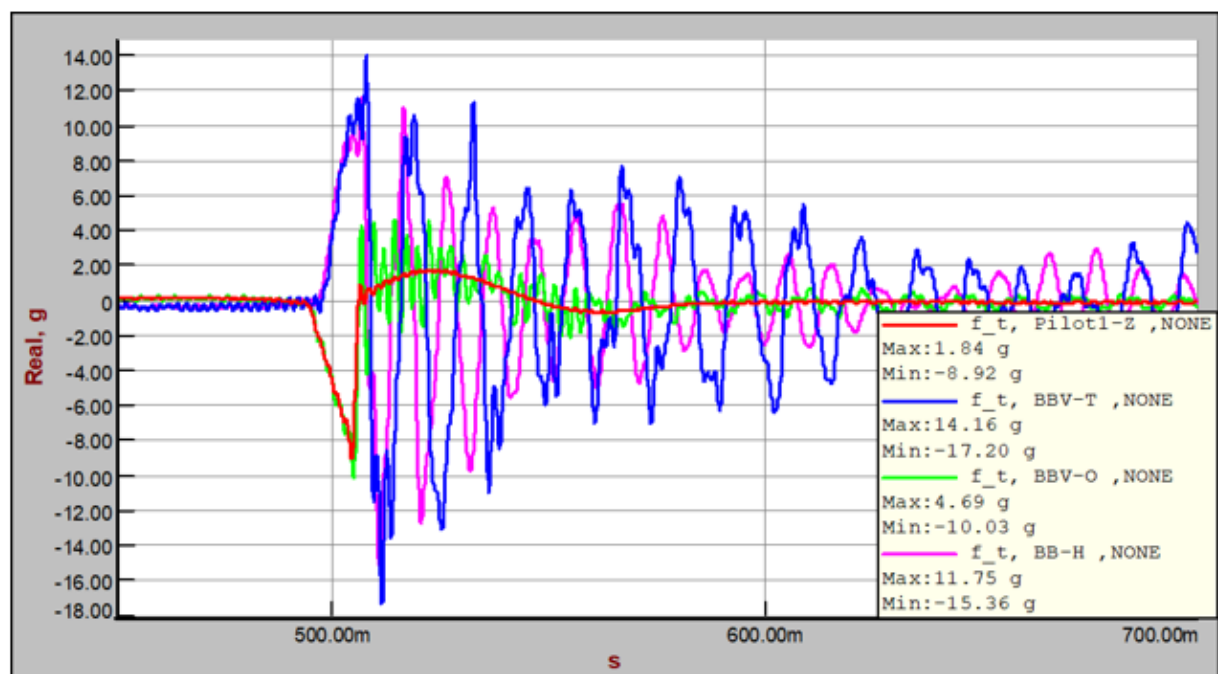
8C-5

Chocs négatifs en Z

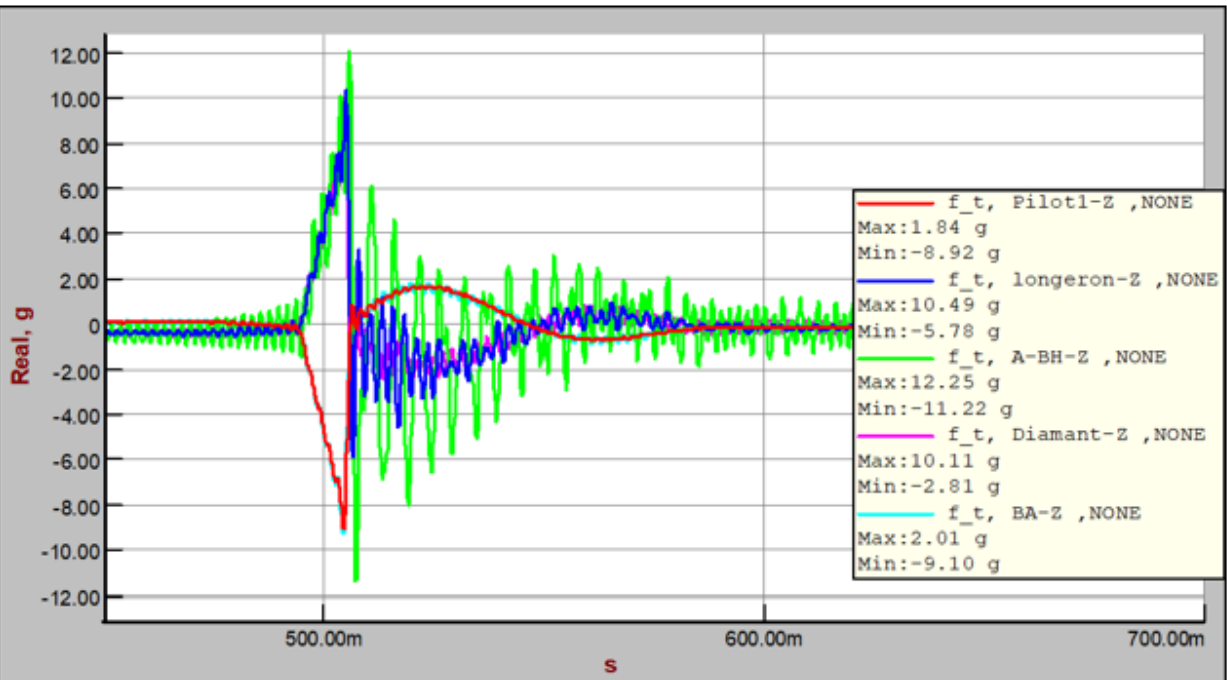
Courbe de pilotage superposée au profil (Ref) et aux tolérances normalisées (en vert)



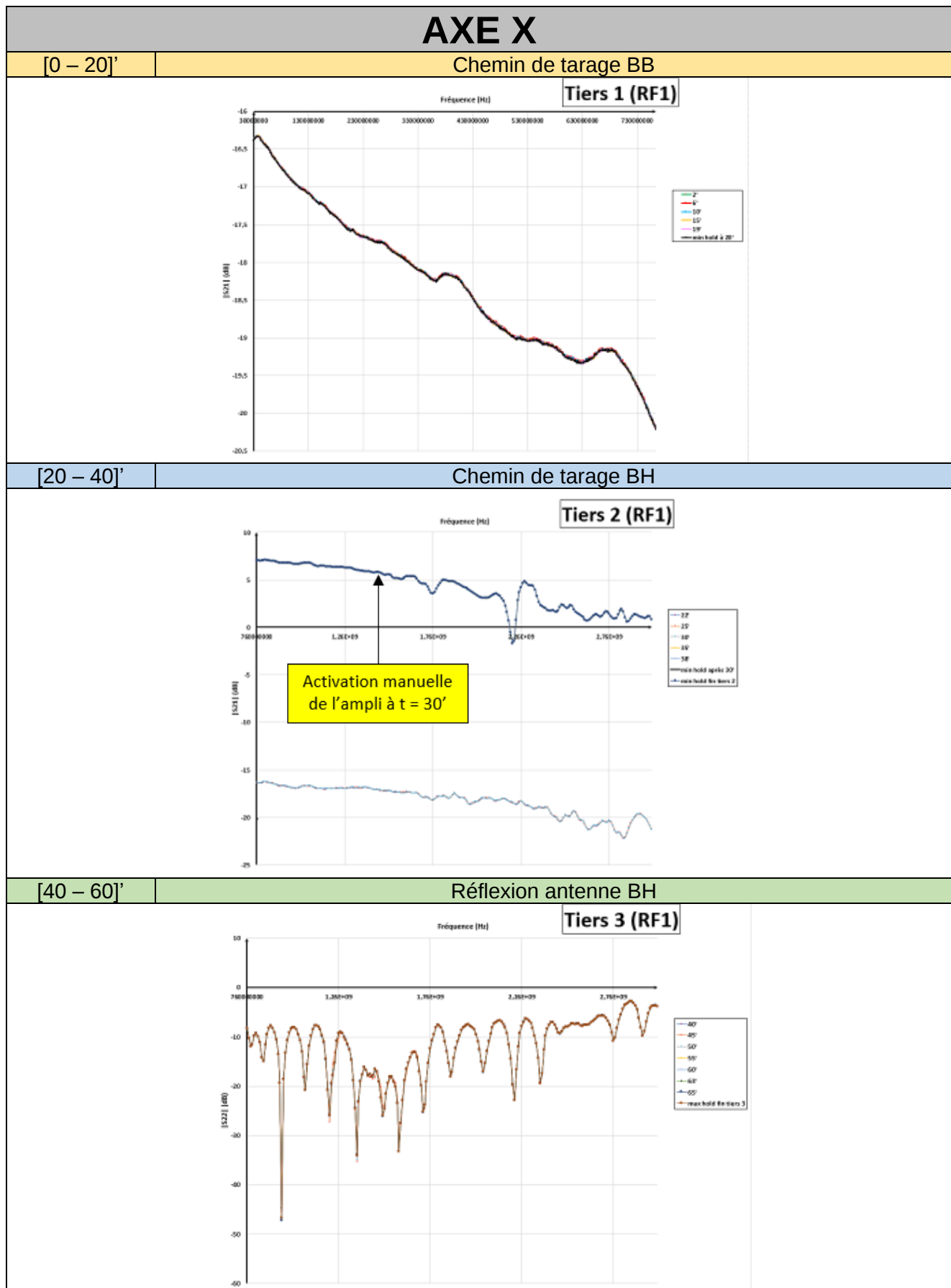
Niveau relevé au niveau de BBV-T, BBV-O, BA-Y superposé au niveau de pilotage



Niveau relevé au niveau du longeron, A-BH, Diamant, BA, superposé au niveau de pilotage



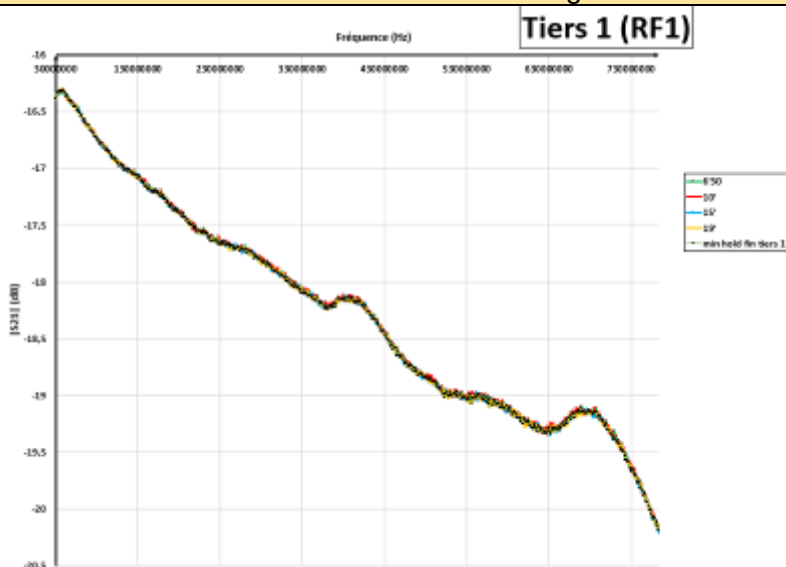
Annexe 9 : Essai vibrations, résultats des VBF3



AXE Y

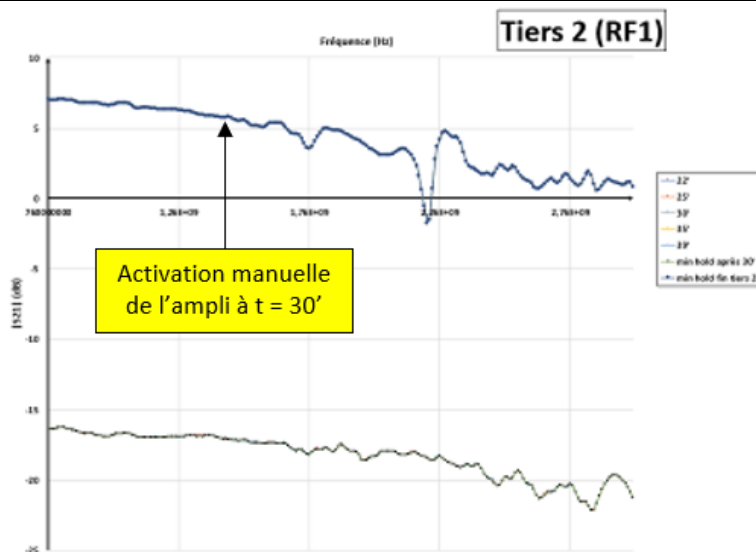
[0 – 20]'

Chemin de tarage BB



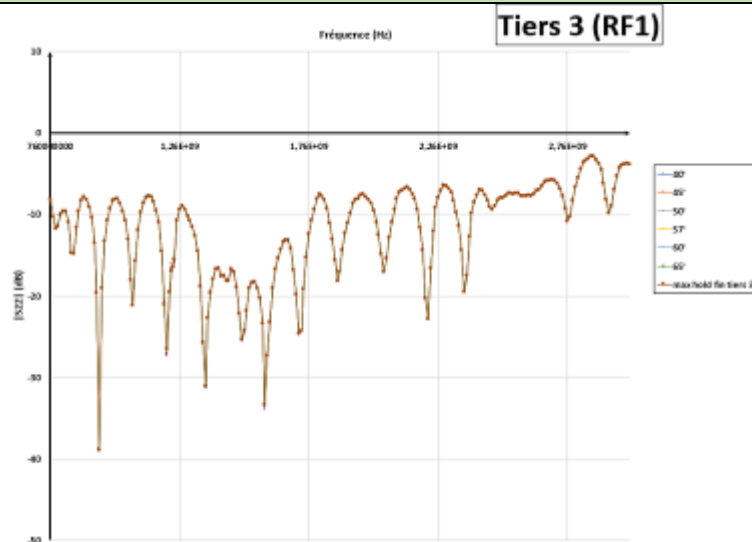
[20 – 40]'

Chemin de tarage BH



[40 – 60]'

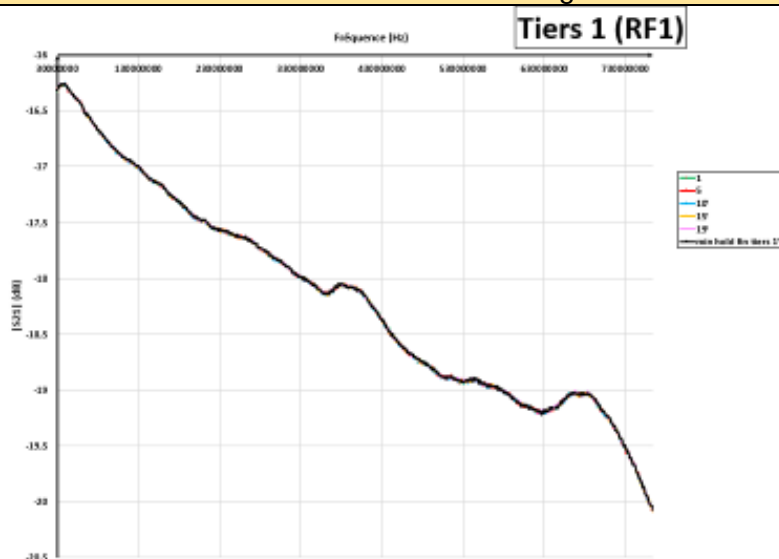
Réflexion antenne BH



AXE Z

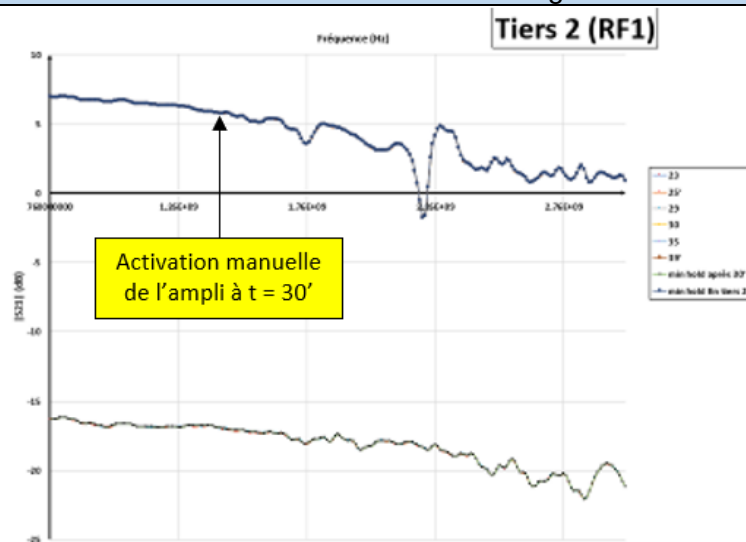
[0 – 20]'

Chemin de tarage BB



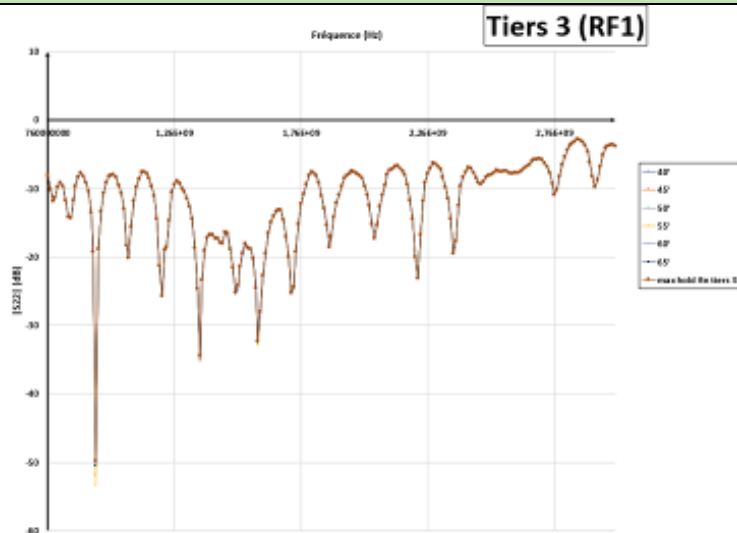
[20 – 40]'

Chemin de tarage BH



[40 – 60]'

Réflexion antenne BH

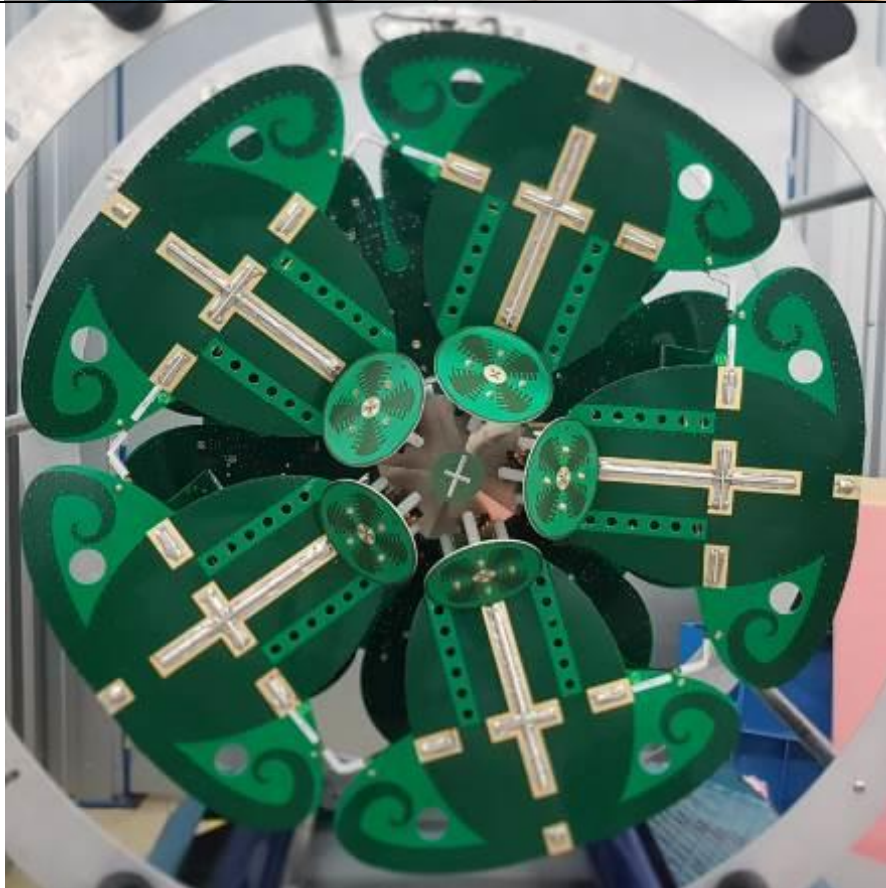


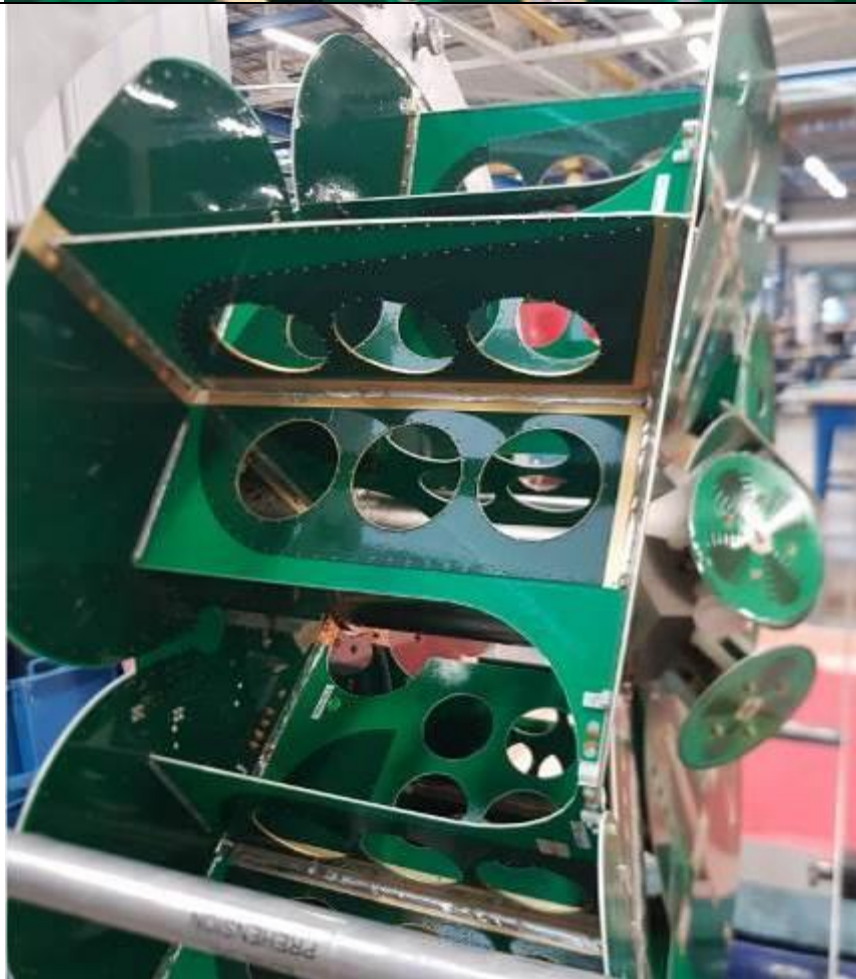
Annexe 10 : Etat général du RA après la qualification environnementale

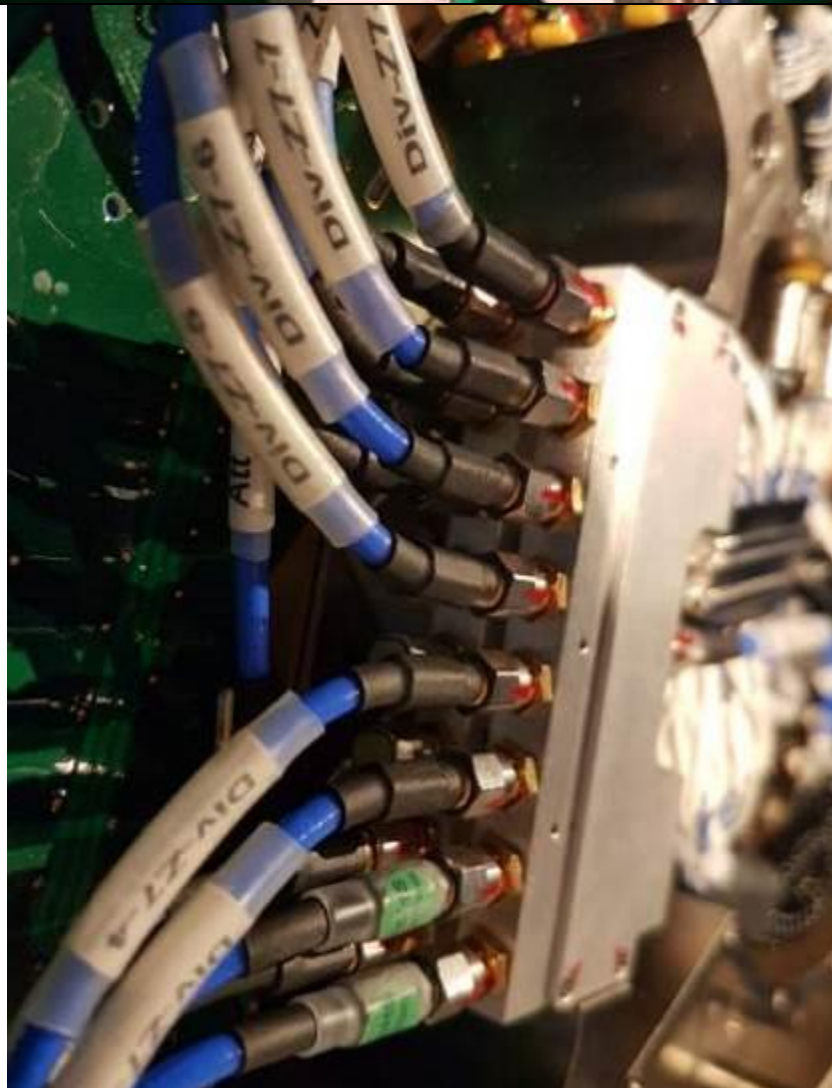
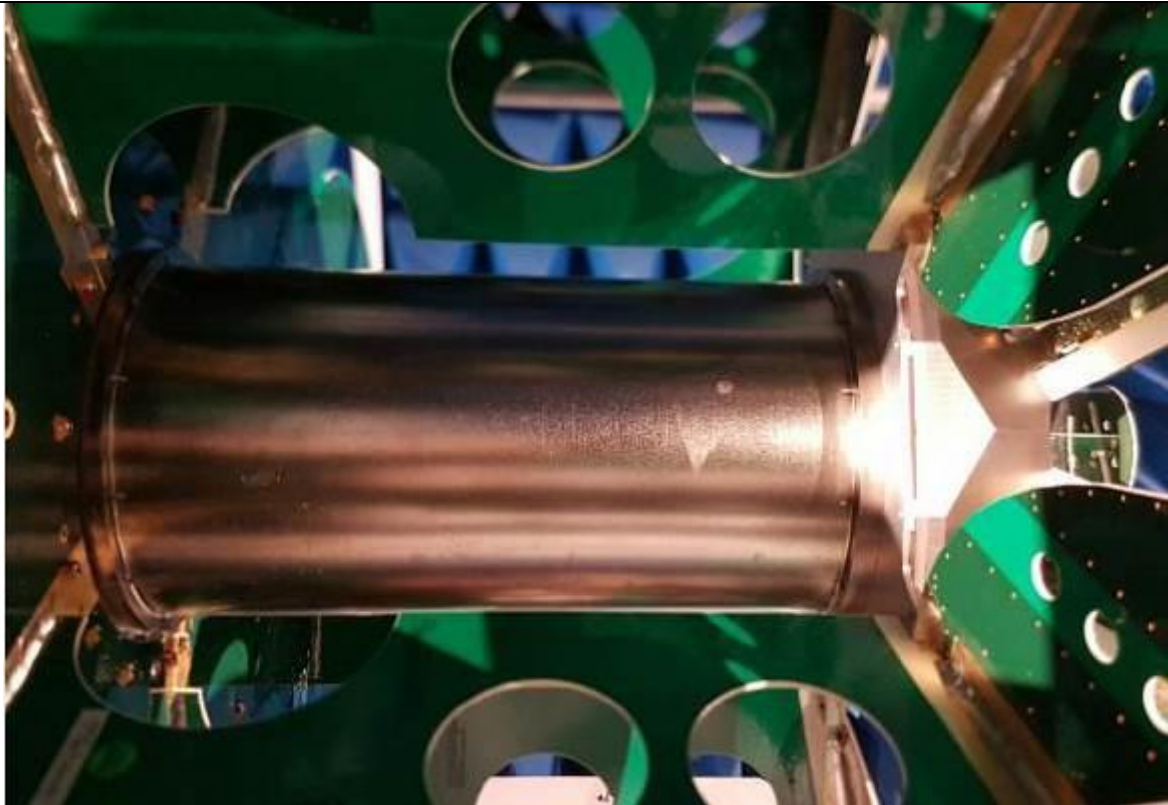
11A	Etat général
11B	A l'intérieur de la boîte d'accueil

11A

Etat général

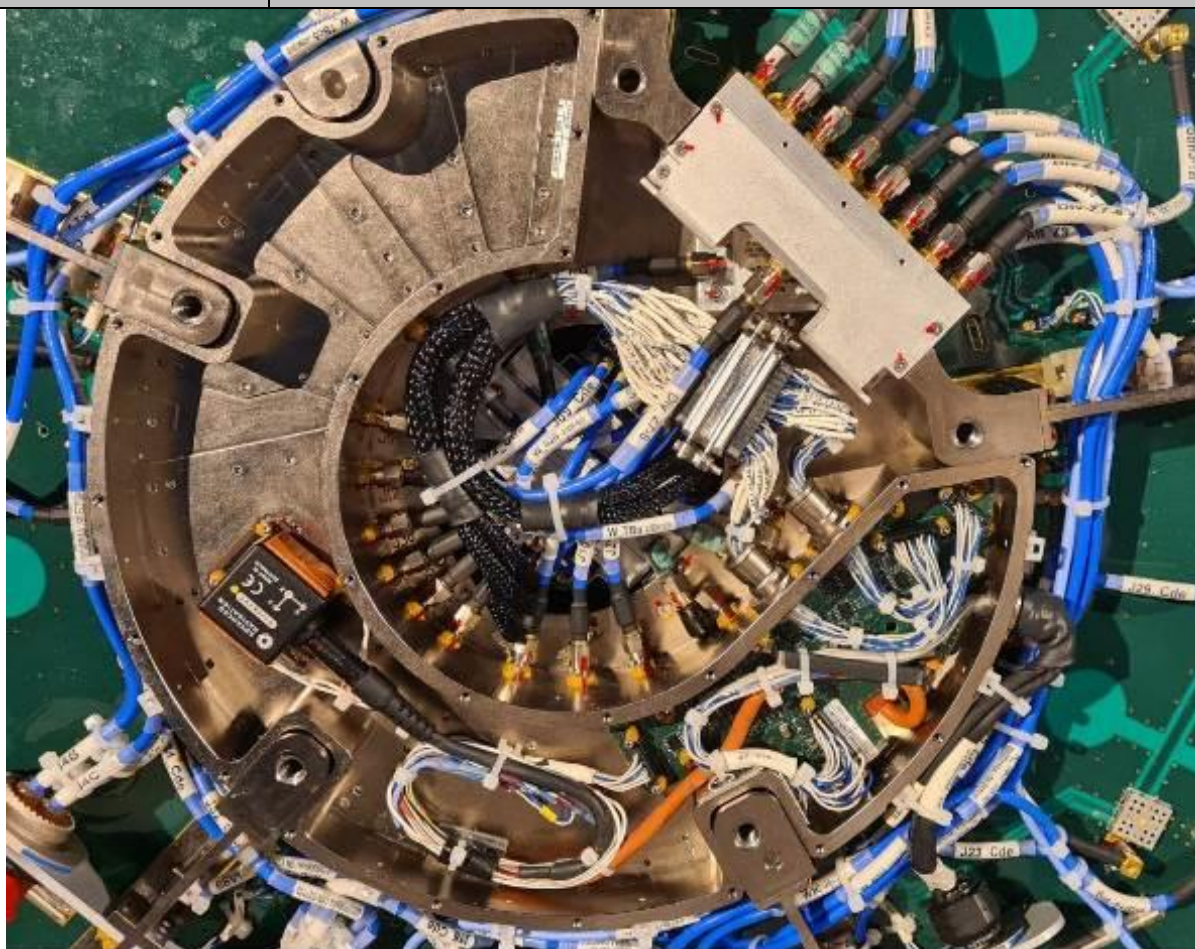


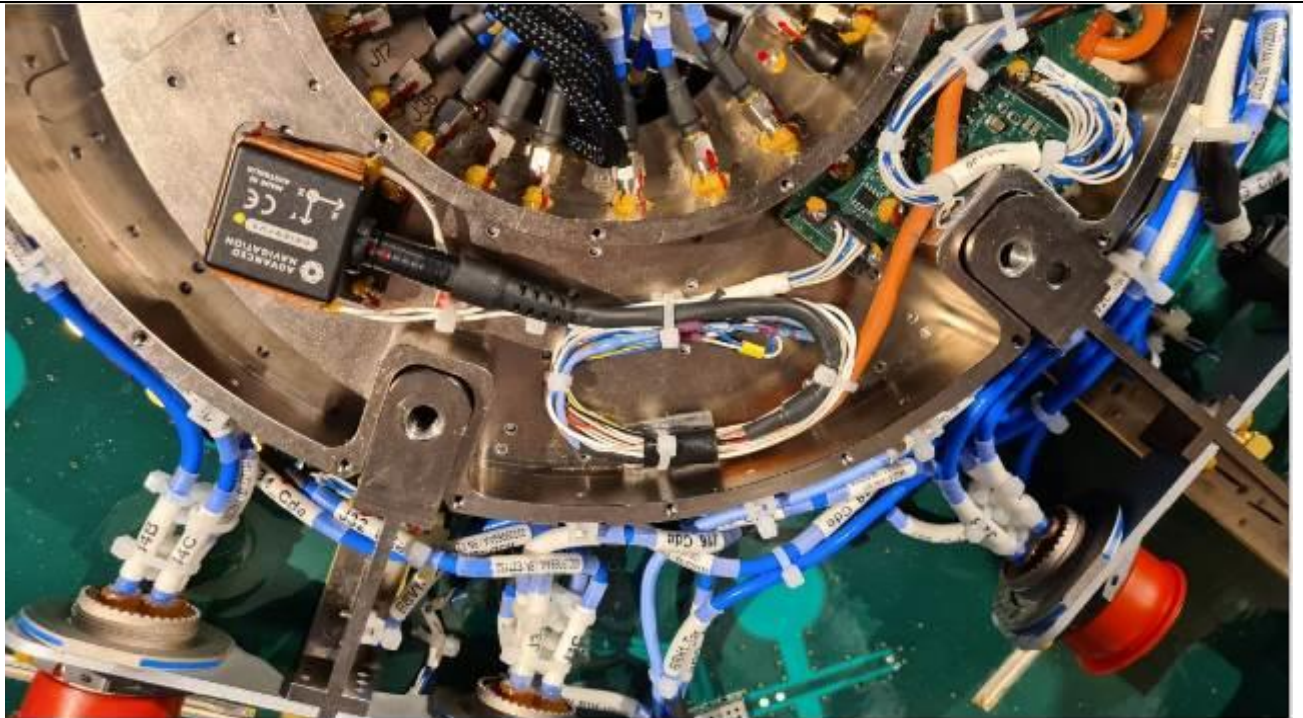




11B

A l'intérieur de la boîte d'accueil







Product reference (PN/SN/version)	P/N : 00036317AA S/N : 21A010 Version : B
FCM reference	NOF2102433 – N° de série : 21A010
SW test Configuration	N/A
FCL Reference	N/A
Applicable document	00044548AA, ver A.2 – « Rapport de qualification environnementale Réseau Antennaire », 07/2022

Waivers/Observations

Requirements	Qualification tests	Standards	Configuration	Status
/	Characterization before qualification	/	Operational	OK
ENV_10	Salt fog	DO-160F (section 14)	Samples	OK
ENV_3	Operating hot temperature	DO-160F (section 4)	Not-operational/ Operational	OK
ENV_7	Humidity	DO-160F (section 6)	Storage	OK
ENV_6	Waterproofness	DO-160F (section 10)	Storage/ Operational	OK
ENV_1	In-Flight altitude	DO-160F (section 4)	Operational	OK
ENV_3	Cold storage temperature	DO-160F (section 4)	Storage	OK
ENV_2	Operating cold temperature	DO-160F (section 4)	Operational	OK
ENV_11	Icing	DO-160F (section 24)	Not-operational/ Operational	OK
ENV_5	Temperature variation	DO-160F (section 5)	Not-operational/ Operational	OK
ENV_8	Vibration	DO-160F (section 8)	Operational	OK
ENV_9	Operational shocks	DO-160F (section 7)	Operational	OK
ENV_12	Electrostatic Discharges	EN 61000-4-2	Operational	OK
/	Characterization after qualification	/	Operational	OK

Decision

COMPLIANT

IVQ Engineer	IVQ Manager	Quality Manager
Name Date Visa	Name Date Visa	Name Date Visa

Project Manager	Customer
Name Date Visa	Name Date Visa