



Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

**Centre d'Ingénierie des Systèmes en
Télécommunications, ElectroMagnétique et
Electronique**



➤ **Dirigeant :** Nicolas Chevalier

➤ **Implantation :** Limoges (87), Brive (19), Poitiers (86), Bordeaux (33)

➤ **CA 2022 :** 1,6 M€

➤ **Effectif :** 41 (2022)

➤ **Certifications :** CRT, ISO 9001, COFRAC



➤ **Activité :** CRT, spécialisé en Electronique et télécommunication depuis 1995, qui accompagnent et apportent un appui technologique aux PME-PMI, start-ups, grands groupes, laboratoires de recherche et institutionnels sur l'ensemble de la chaîne Electronique-Hyperfréquences:

- Intégration électronique, IOT et Radars
- Conception composants et circuits actifs
- Conception composants passifs
- Caractérisation de matériaux
- Caractérisation de composants hyperfréquences
- Logiciel de simulation de propagation d'ondes

➤ **D.A :** Aéro, Défense, Spatial, objets connectés, Transport intelligent, Santé, Bâtiment intelligent, communication et sécurité

Composants et circuits RF

Antennes Circuit

Circuit RF intégré / Hybride

Systèmes RF et Applications

Driver RF Application

Logiciel de simulation RF

Mesure

Chamb. Anéch. Carac. Mat.

Marquage CE

**LABORATOIRES
(RESSOURCEMENT TECHNOLOGIQUE)**



PÔLES ET CLUSTERS



CENTRES TECHNIQUES



CISTEME

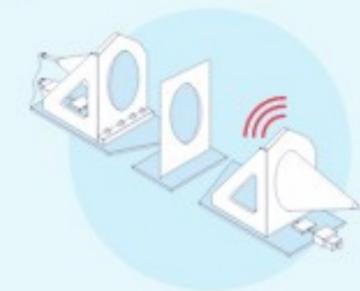
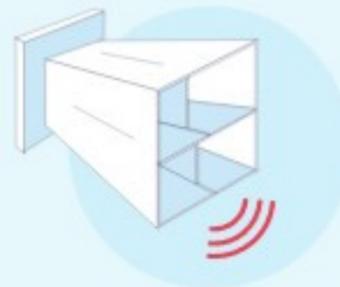
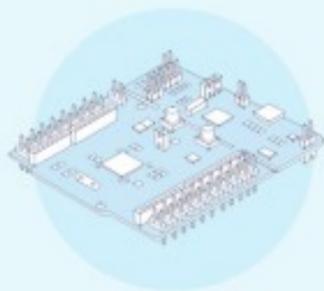
Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

PARTENAIRES STARTUP / PME / TPE / GROUPES / INSTITUTIONNELS



INNOVATION

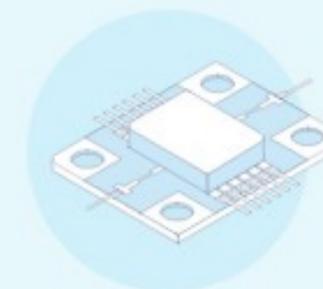
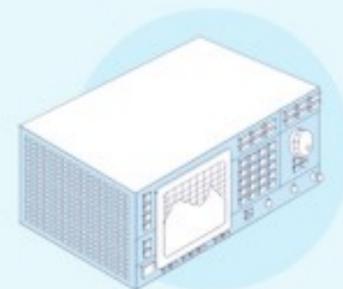
BESOINS TECHNOLOGIQUES



CISTEME

Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

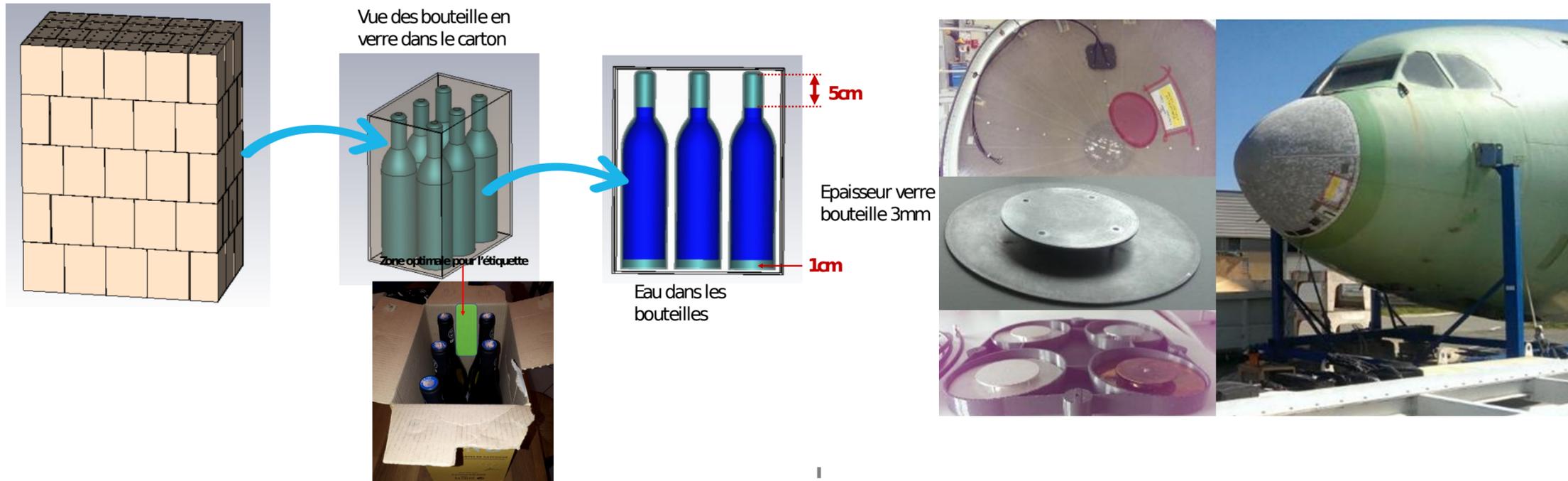
Exemples de projets et moyens



Axe Composants Hyperfréquences

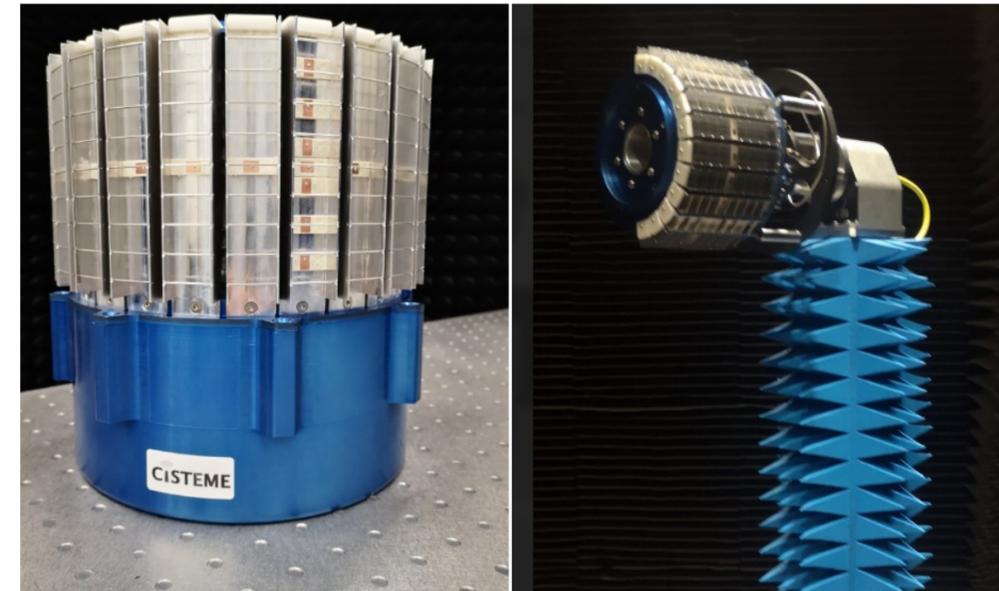
Antennes intégrées - Aéro - Défense

Palette 105 cartons



- Conception et Optimisation d'une étiquette RFID dans son contexte d'utilisation
- Test et validation avec la détection d'une palette (105 cartons)

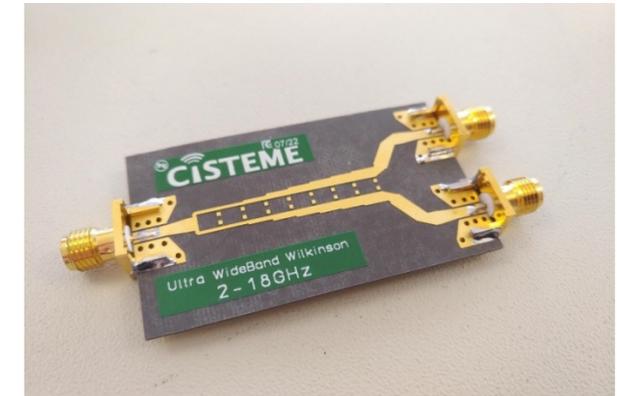
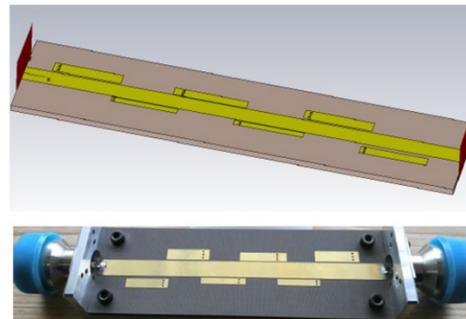
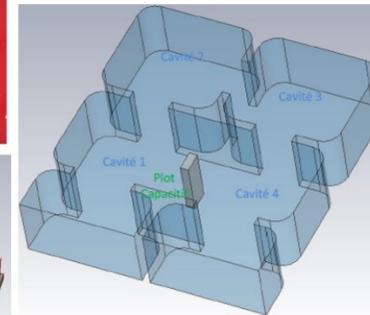
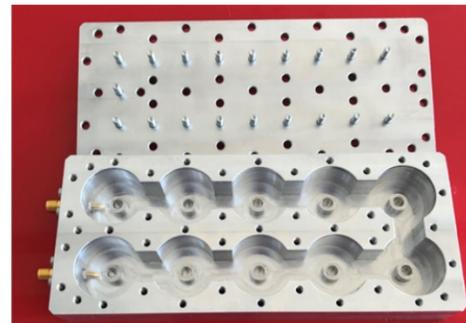
- Deux Antennes conformées à un radome aéronautiques
- ILS et WIFI: A321



- Antennes de Radar bande X
- $G > 15\text{dB}$ avec couverture Site de 70° et couverture gisement de 360°

Axe Composants Hyperfréquences

Circuits Passifs



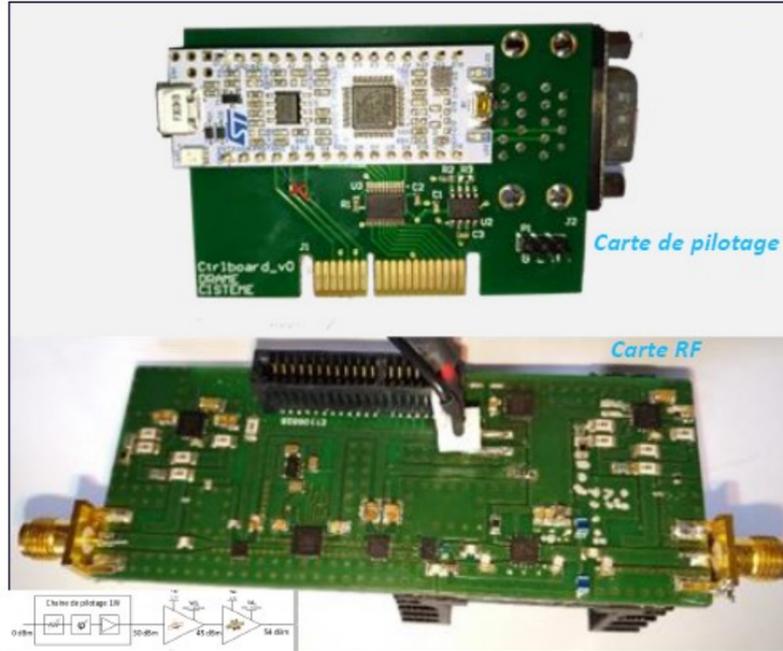
- *Circuit de commutation RX/TX*
- *Bande X; perte < 3dB*
- *Structure imprimée multicouches avec switch*

- *Filtres Volumiques / imprimé / guide d'onde à n'importe quelle fréquence*
- *Forte puissance / faible pertes / intégré*

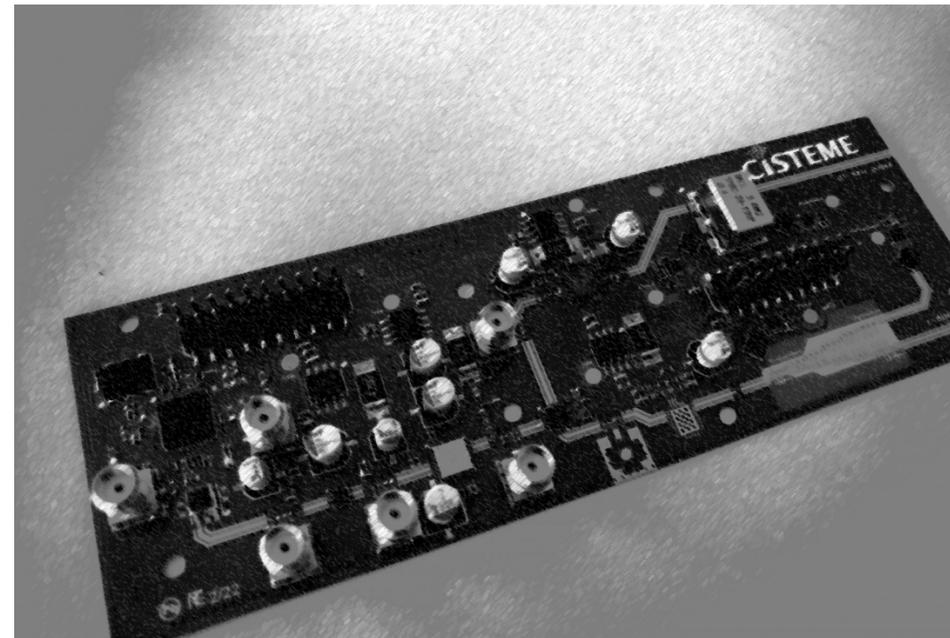
- *Coupleur / Diviseur de puissance*
- *ULB Tech avec:*
- *BW = [2 - 18] GHz*
- *15 dB couplage*
- *Isolation > 30 dB*

Axe Composants Hyperfréquences

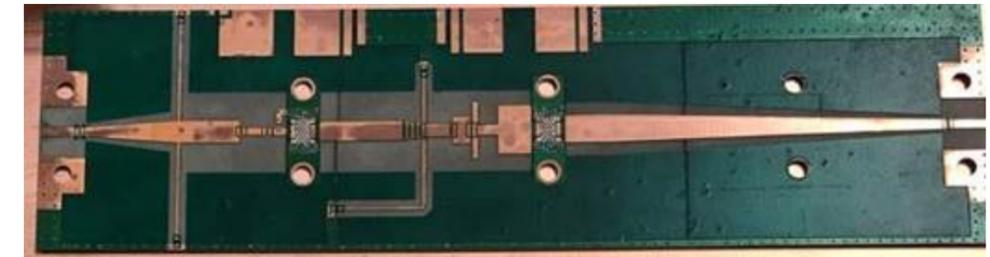
Circuits actifs - Drivers RF



- Driver RF pilotable pour antenne Bande L
- Driver amplificateur et forte puissance: 250 W



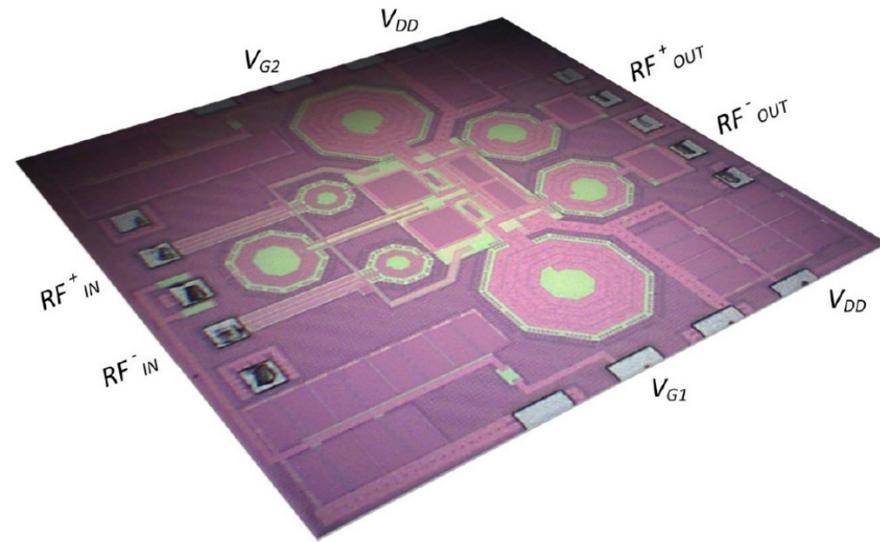
- Source RF CW
- Freq: [0,1 - 8] GHz
- Modulateur d'amplitude piloté en puissance et en fréquence porteuse



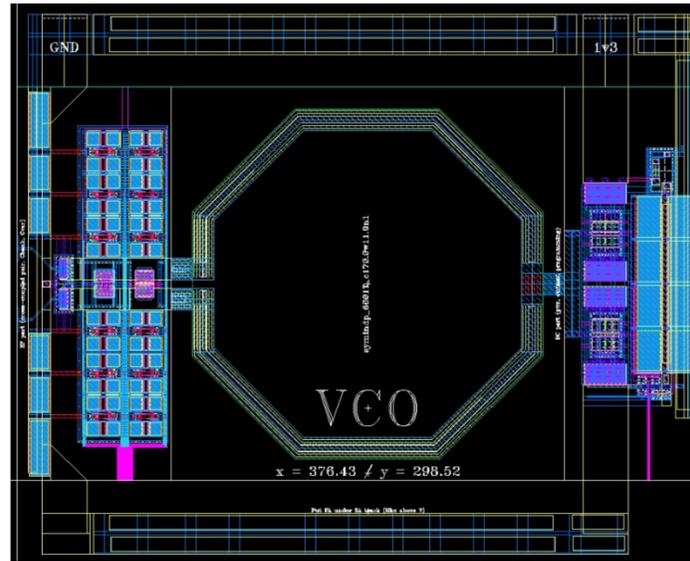
- Amplificateur 5 W crête
- Freq: [0,6 - 6] GHz
- Compression < 1dB

Axe Composants Hyperfréquences

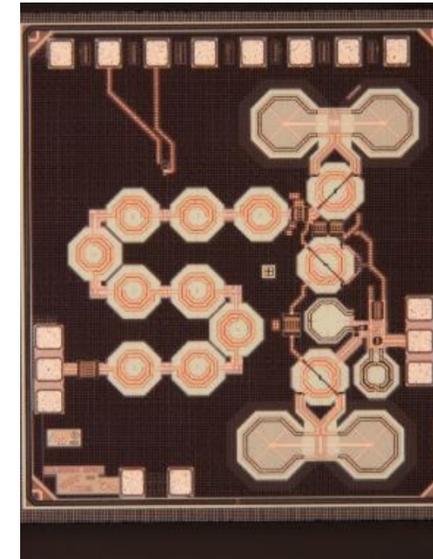
Conception de circuits intégrés RF Silicium



- Amplificateur CMOS 65 nm TSMC
- Freq: [3 - 10] GHz
- Puissance: 21 dBm



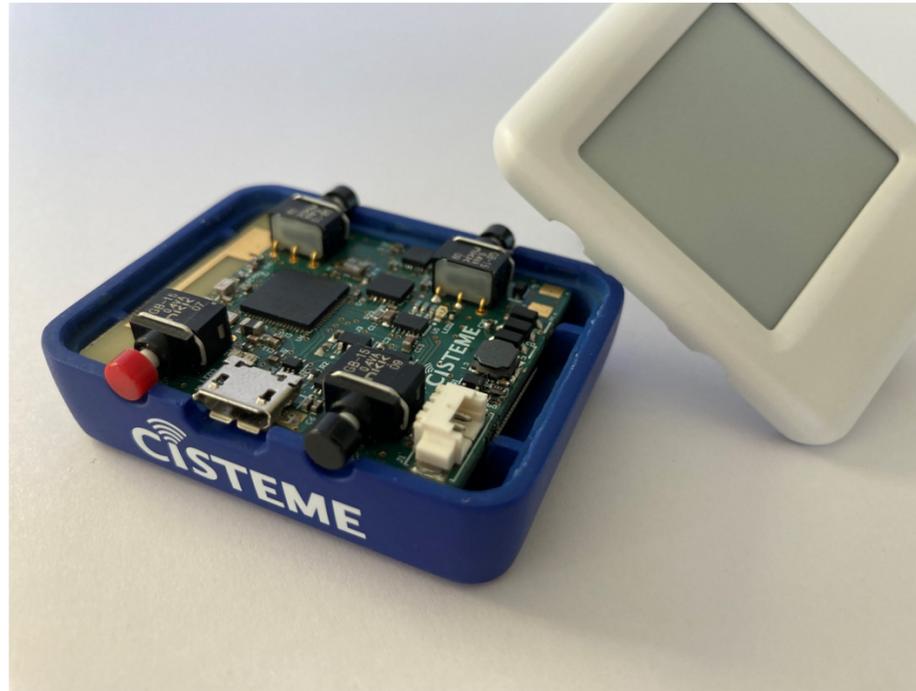
- CMOS 40 nm NXP
- VCO avec fréquence de 8 GHz
- Bruit de phase: -110 dBc/Hz @ 1 MHz



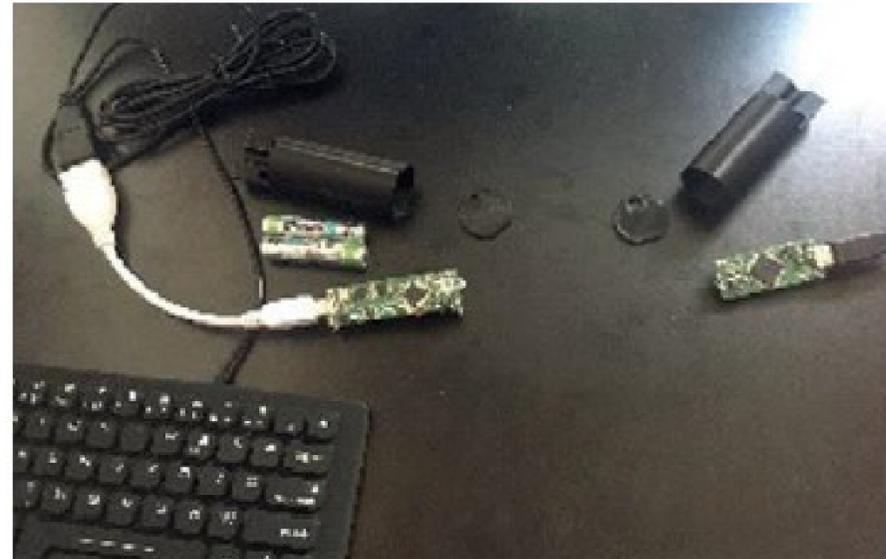
- Pré-distorreur BiCMOS 130nm STM
- Freq: [17 - 21] GHz

Axe Systèmes Hyperfréquences

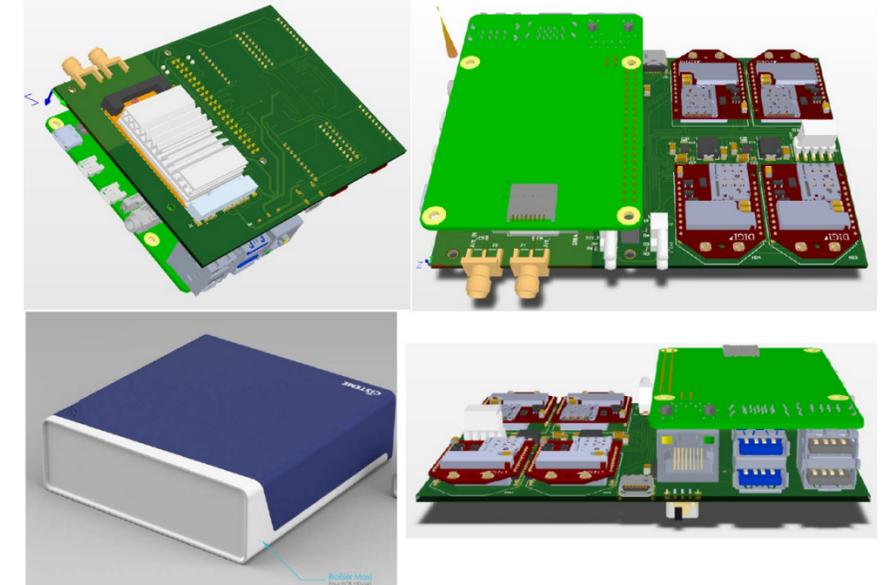
Objets Connectés



- *Montre Connectée pour mesurer les activités physiques chez les personnes âgées*
- *Optimisation du routage RF avec Protection contre les EMI/EMC*



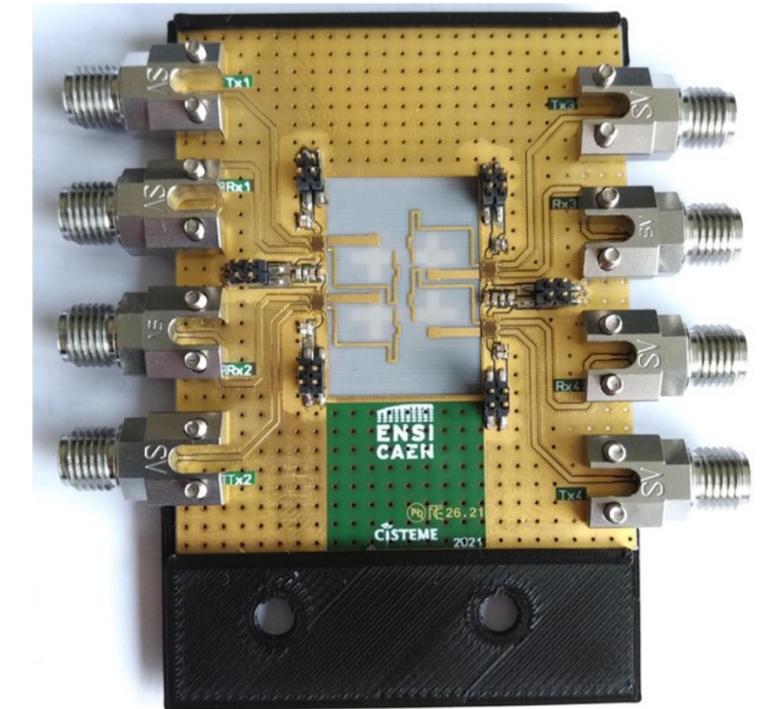
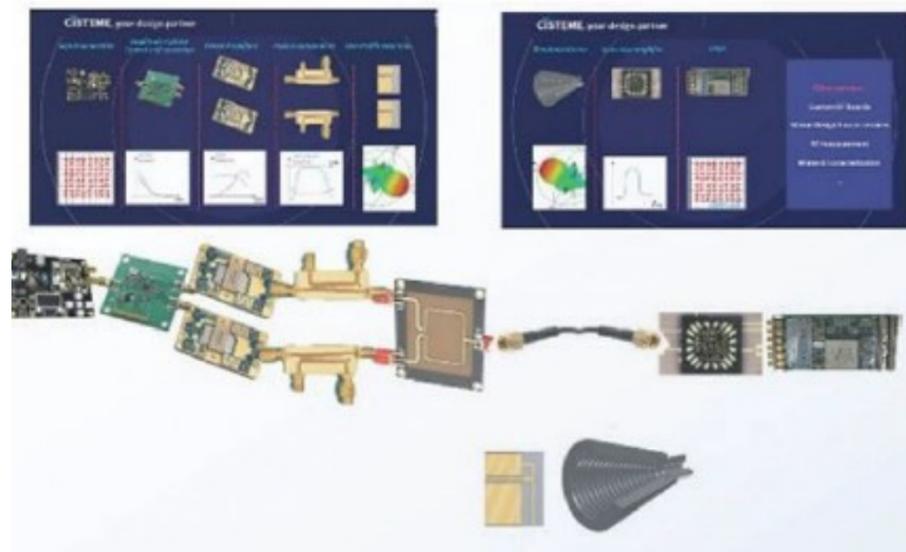
- *Démonstrateur de communication en optique sans fil pour tableau de bord*



- *Déploiement de réseaux de capteurs communicants multi-Protocol pour le bâtiment intelligent*

Axe Systèmes Hyperfréquences

Radar et Systèmes de contrôle



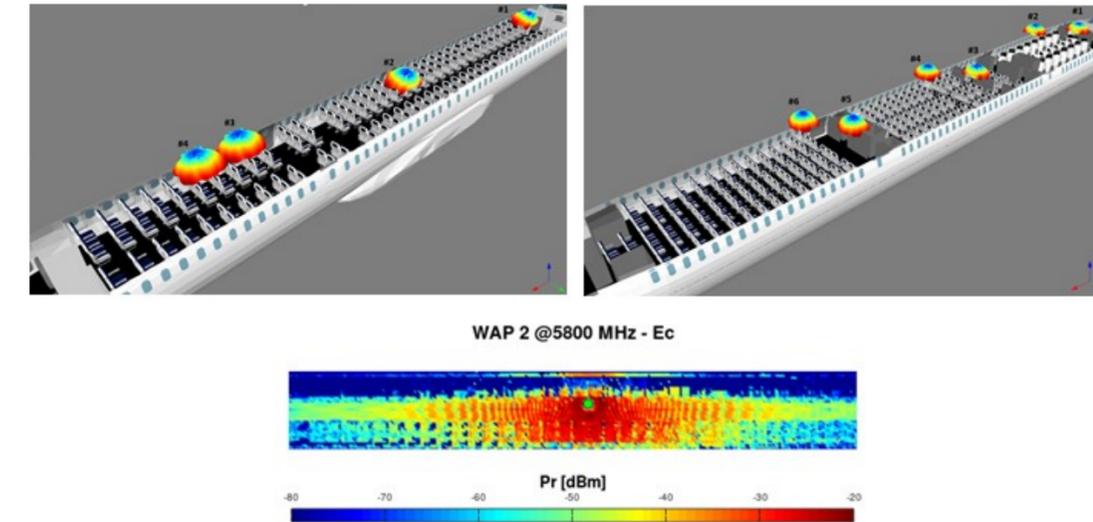
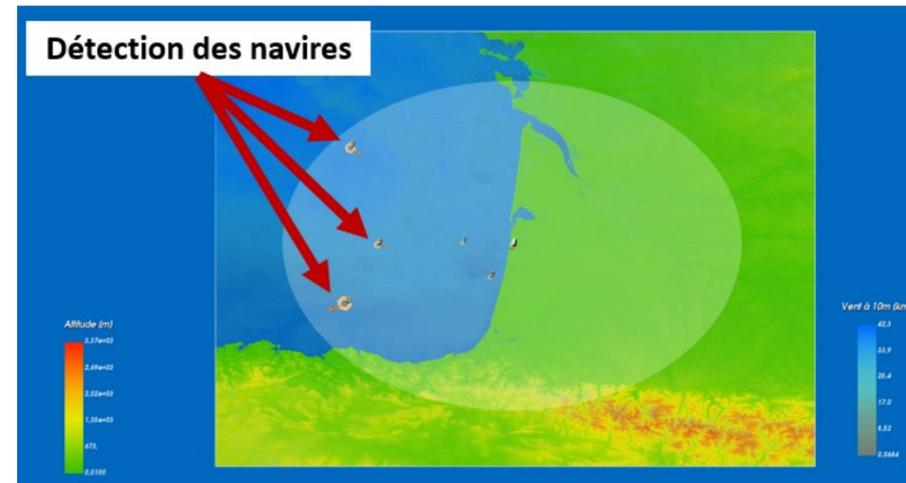
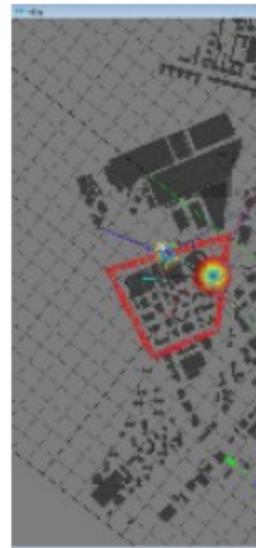
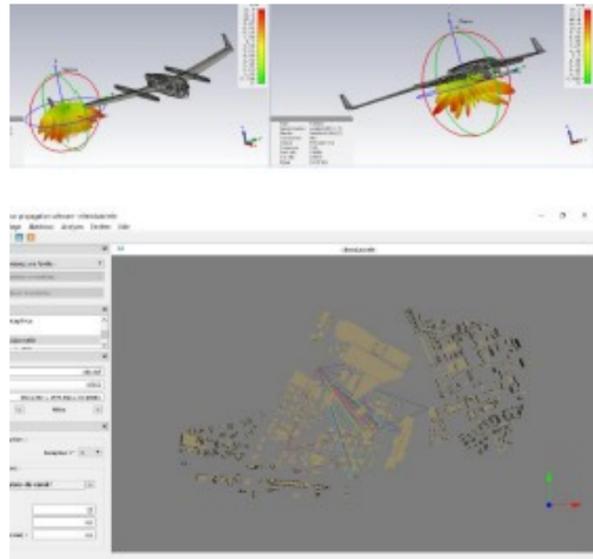
- *Conception de systèmes RF agiles et pilotables : contrôle d'amplitude et de phase en temps réel, avec interface de pilotage externe*

- *Développement d'un capteur de respiration, détection de chute et comptage de personnes sans dispositif porté*

- *Développement d'un module Rx+Tx fonctionnant à 28GHz*
- *Le PCB intègre un réseau d'antennes (2X2)*
- *Intégration d'un module d'alimentation + pilotage*

Axe Systèmes Hyperfréquences

Logiciel de propagation sans fil



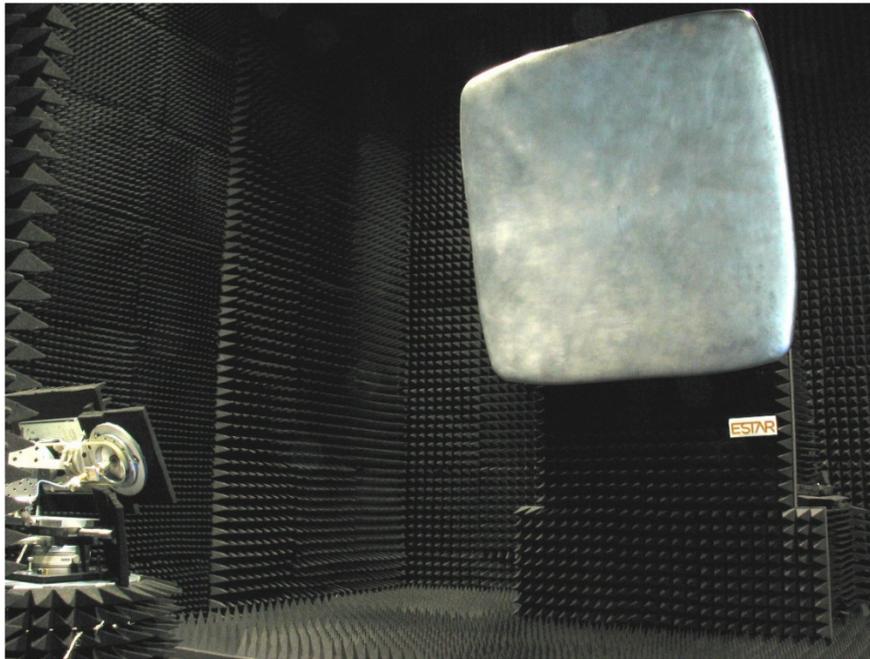
- *WIPS3D: Simulation de la puissance reçue entre un drone autonome et sa base, dans un contexte de parcours dans une ville industrielle (influence de la position d'antenne sur le drone)*

- *SIMROS: Logiciel pour le dimensionnement de radars HF à ondes de sol pour la détection maritime*

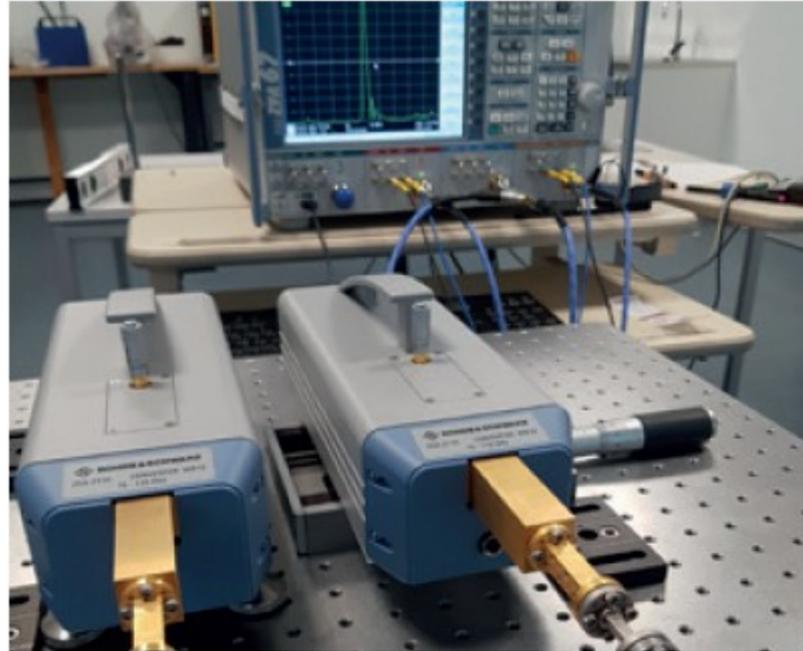
- *WIPS3D: étude de propagation de WIFI 6 et WIFI 6E dans un avion*

Axe Mesure

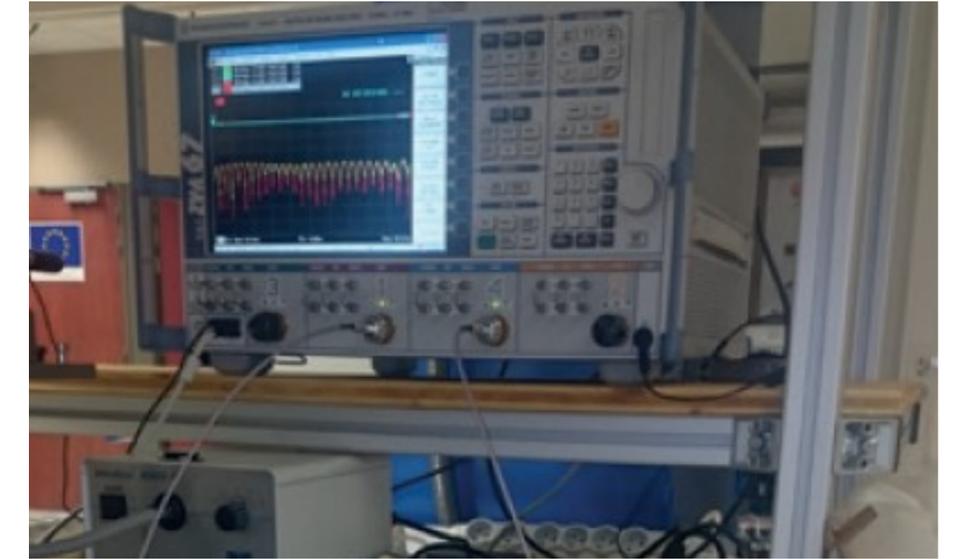
Mesure RF Passif / Actif



- Base Compacte de mesure d'antenne (8 - 110 GHz)
- Base en champ lointain de mesure d'antenne (0,5 - 12 GHz)
- Banc de caractérisation outdoor d'antennes (0,5 - 40 GHz)



- Banc mesure paramètres S jusqu'à 4 ports (10 MHz - 110 GHz)
- Banc de mesure Champ Proche 5 axes
- **CRBM + VIRC**



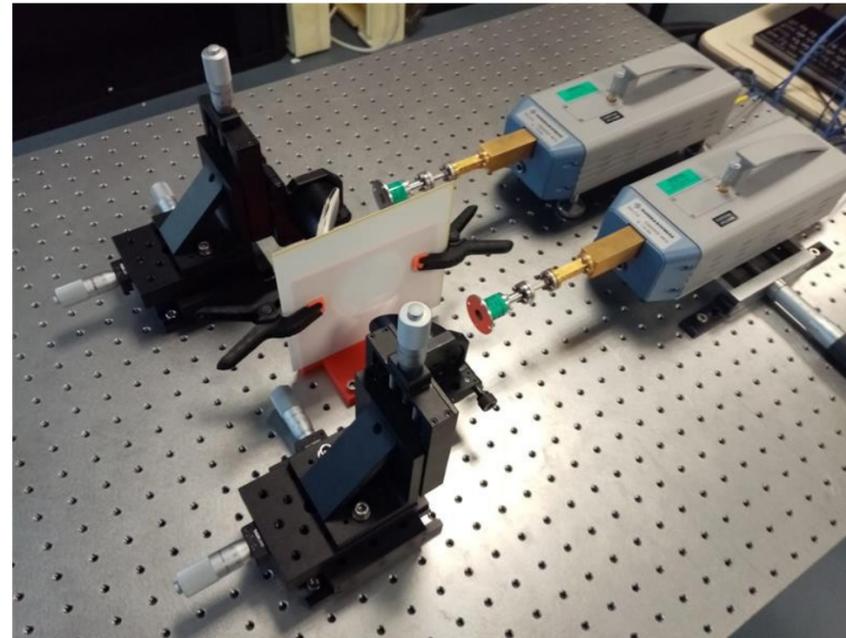
- Banc Puissance HPA (10 MHz - 40 GHz) + Load Pull
- Banc Champs rayonnés, Puissance émise/reçue (1 MHz - 70 GHz)
- Banc bruit

Axe Mesure

Caractérisation des Matériaux



- Banc de caractérisation de matériaux (10 MHz - 110 GHz)
- Homogène, liquide, très fin, mous, faible/fort pertes, multicouches, etc.
- Température (-50°C - 500°C)



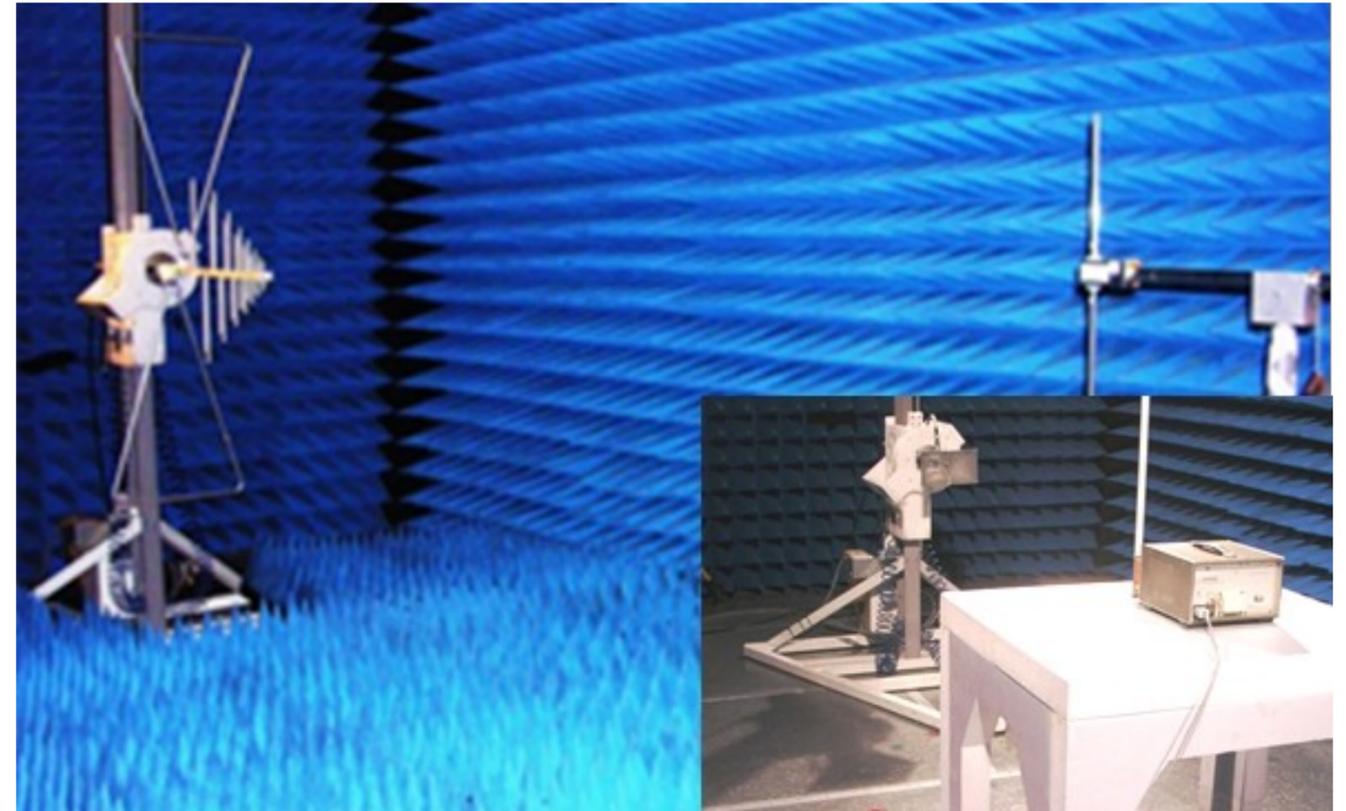
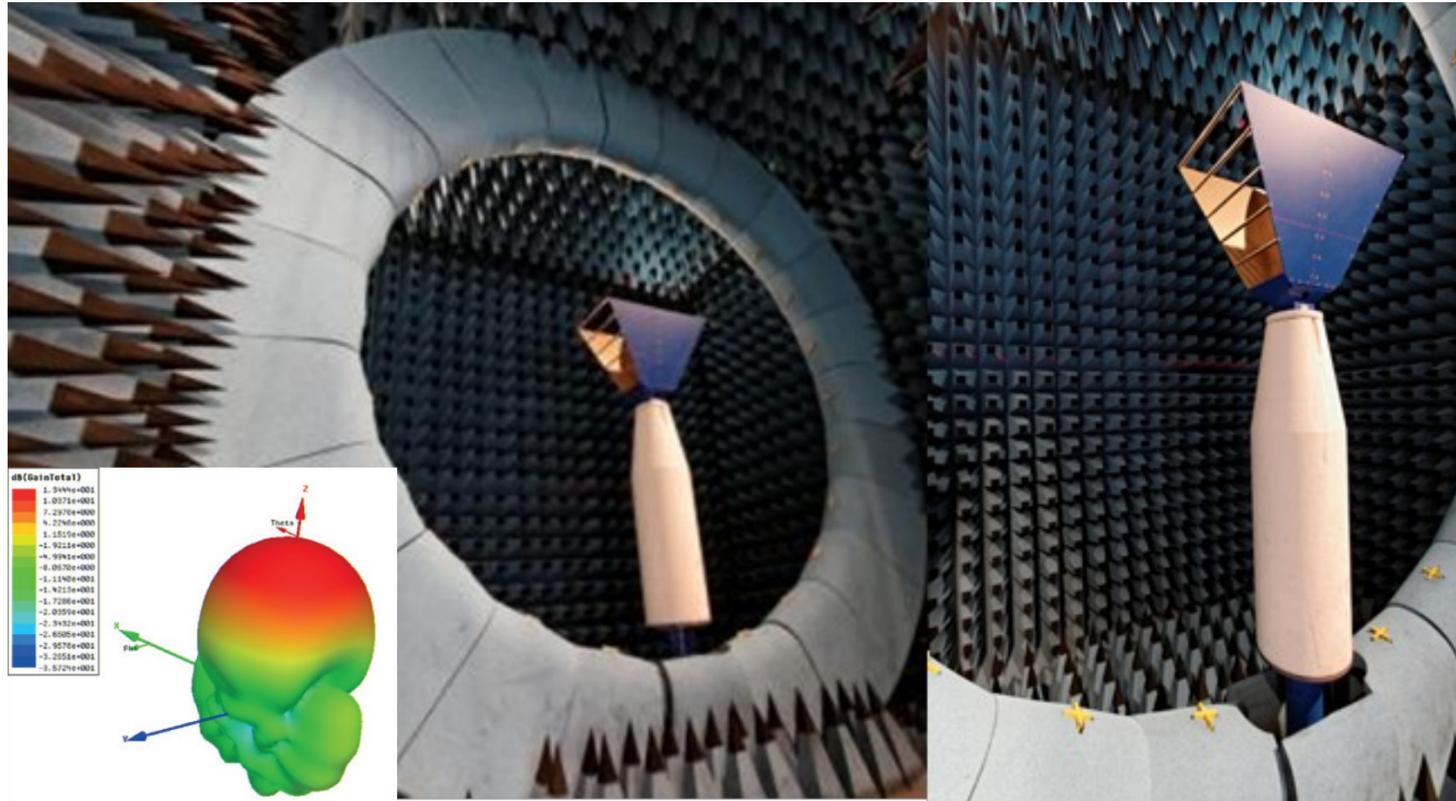
- Banc de caractérisation quasi optique (75 GHz - 110 GHz)
- Précision >>, Encombrement <<

Développement des nouveaux Bancs sur mesure



- Banc de caractérisation « Efficacité de Blindage » (10 KHz - 10 MHz)
- Matériaux bons conducteurs ($\geq 16 \text{ cm}^2$)

Axe Laboratoire d'essais



Mesures de diagrammes de rayonnement :

- *Systeme 2D de 30 MHz à 26 GHz ; Systeme 3D de 400 MHz à 6 GHz*
- *Diagrammes de rayonnement d'antennes, mesure de gain ou facteurs d'antennes, d'efficacité, ...*
- *Diagrammes d'émission et/ou sensibilité de terminaux de réseaux cellulaires (téléphones mobiles, modules radio, ...)*
- *Diagrammes d'émission de tout type d'équipements rayonnants auto-alimentés (box wifi, télécommandes, émetteurs, ...)*

Marquage CE d'équipements :

- *Accompagnement « marquage CE »*
- *Directives CEM (2014/30/UE), Basse Tension (2014/35/UE), RED (2014/53/UE), RoHS (2011/65/UE) et DEEE (2012/19/UE)*



Concevoir de l'électronique en étant le moins impactant possible

Georges ZAKKA EL NASHEF



Introduction

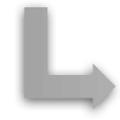
- Les équipements électriques et électroniques (EEE) contiennent des matériaux recyclables ou non recyclables, qui peuvent produire des déchets (DEEE).
- Le défi des ingénieurs est donc de concevoir des systèmes offrant les mêmes services mais avec des impacts environnementaux beaucoup plus faibles, à la fois sur le plan du bilan carbone mais aussi sur le plan des consommations de matériaux.
- Souhaitant être un acteur de la transition écologique dans son domaine d'expertise de l'électronique hyperfréquence, CISTEME s'est engagé dans une démarche d'écoconception et souhaite disposer d'outils pour aider ses équipes techniques et conseiller ses clients.
- Etablir un benchmark des technologies de PCB (Printed Circuit board) écologiques pour les circuits hyperfréquences passifs.

DESTRUCTION
DONE OVER
THE YEARS

TOGETHER LETS
RE-CONSTRUCT THE
PLANET EARTH



Travaux de Stage 2020 - 2021



Objectifs

- Étude bibliographique sur les biomatériaux (papier, plastique dégradable, bois, verre, autres) et les antennes (Structures, types, fonctionnalités, applications, avantages, ...) qui existent aujourd'hui ainsi que sur les différentes contraintes liées à la réalisation et à l'utilisation de ce type des matériaux.
- Design, Optimisation et mesure de plusieurs antennes à base des substrats biosourcés.

	Verre	Plastique	Papier
Fréquence choisie	3,8 GHz	2,45 GHz	5,6 GHz
Stabilité de la permittivité et de la tangente de perte	Plus stable en basse fréquence	Stable sur 2 à 8 GHz	Plus stable en haute fréquence
Application	5G	Wifi	Wifi 6



Verre borosilicate



Papier A4



PPE 260



RS 260

Travaux de Stage 2021 - 2022



Objectifs



Utilisation des substrats écologiques pour réaliser des antennes de type patch



Comparaison avec une antenne réalisée par un substrat classique



Savoir avec quel substrat nous obtenons le meilleur compromis entre performances et faibles impacts environnementaux



Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

Partie 1 : Substrats écologiques et caractérisation

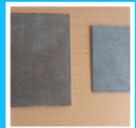
Substrats utilisés



Rogers RT5870 (Relative constant dielectric of 2.33 , loss tangent of 0.0012 @ 10 GHz and thickness of 0.76 mm)



Arjowiggins Paper Powercoat xd125 (thickness of 128 μm)

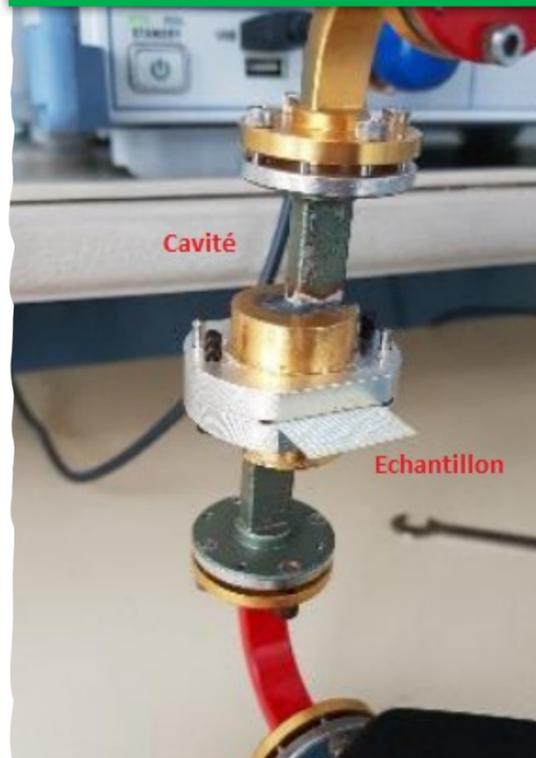


PLA (Polylactic Acid) of two different thicknesses 1.25mm and 1.6mm



Caractérisation des Substrats utilisés

méthode de cavité SCR



matériau	épaisseur (µm)	Fréquence (GHz)	eps	tand
Papier	128	0,93	3,28 ± 0,04	0,122 ± 0,008
Papier	128	2,48	2,92 ± 0,02	0,101 ± 0,003
Papier	128	4,3	3,2*	0,1*
Papier	128	4,7	3,1*	0,1*
Papier	128	8,3	3,1*	0,09*
Papier	128	10,3	3*	0,09*
PLA	1250	0,93	2,49 ± 0,17	0,05 ± 0,01
PLA	1600	2,48	2,31 ± 0,16	0,04 ± 0,01
PLA	1250	55	2*	0,015*
PLA	1250	65	2*	0,08*
PLA	1600	55	2,2*	0,02*
PLA	1600	65	2,2*	0,03*

* : les valeurs indiquées ont une marge d'erreur estimée à 5 %

méthode "Espace Libre"



□ Des **mesures** ont eu lieu **au laboratoire IMEP-LAHC** - Université de Grenoble Alpes pour comparer les résultats.





Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

**Partie 2 : Design, Optimisation et mesures des
antennes**

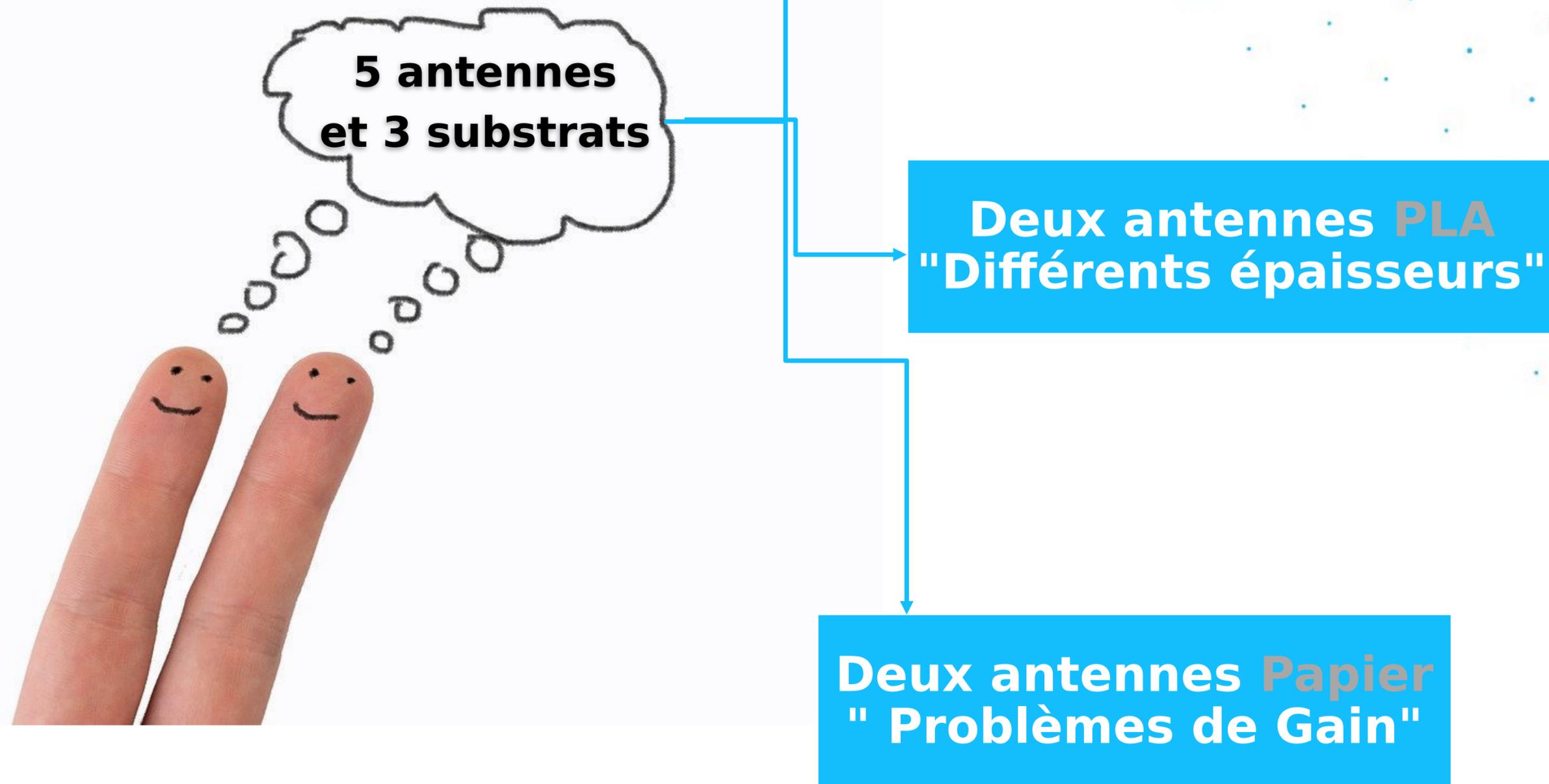
Cahier des charges

Le cahier des charges proposé par CISTEME:

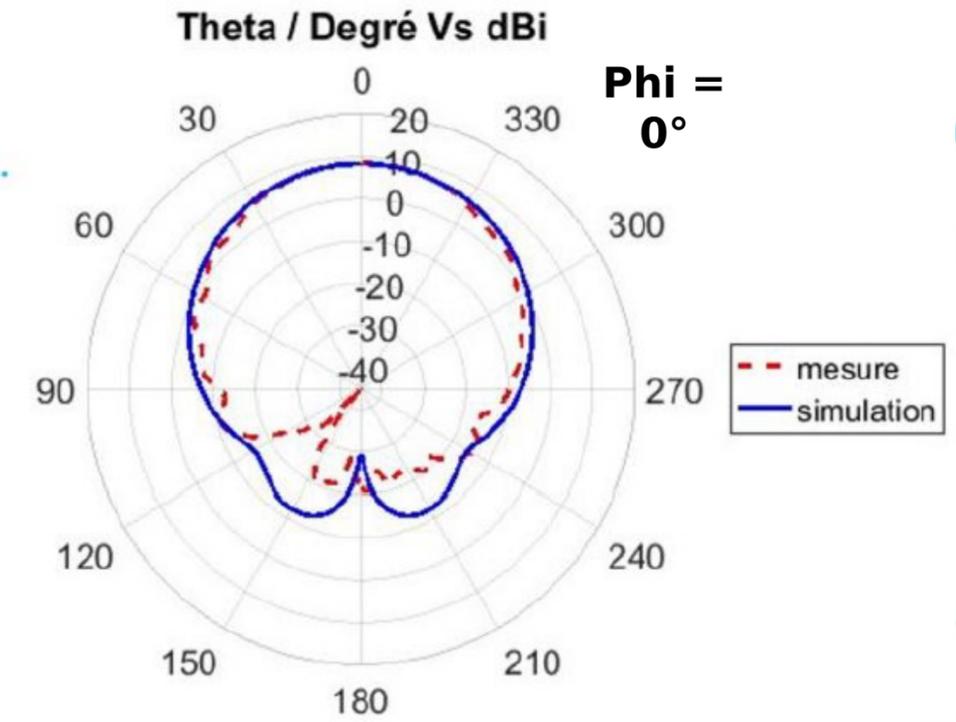
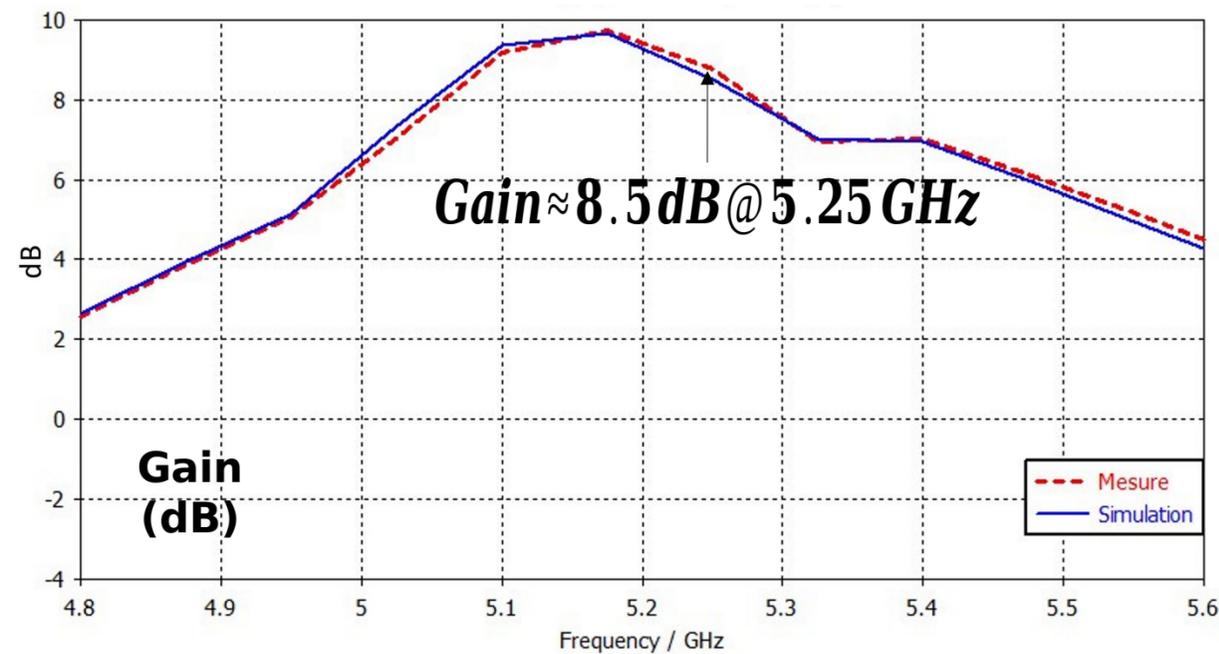
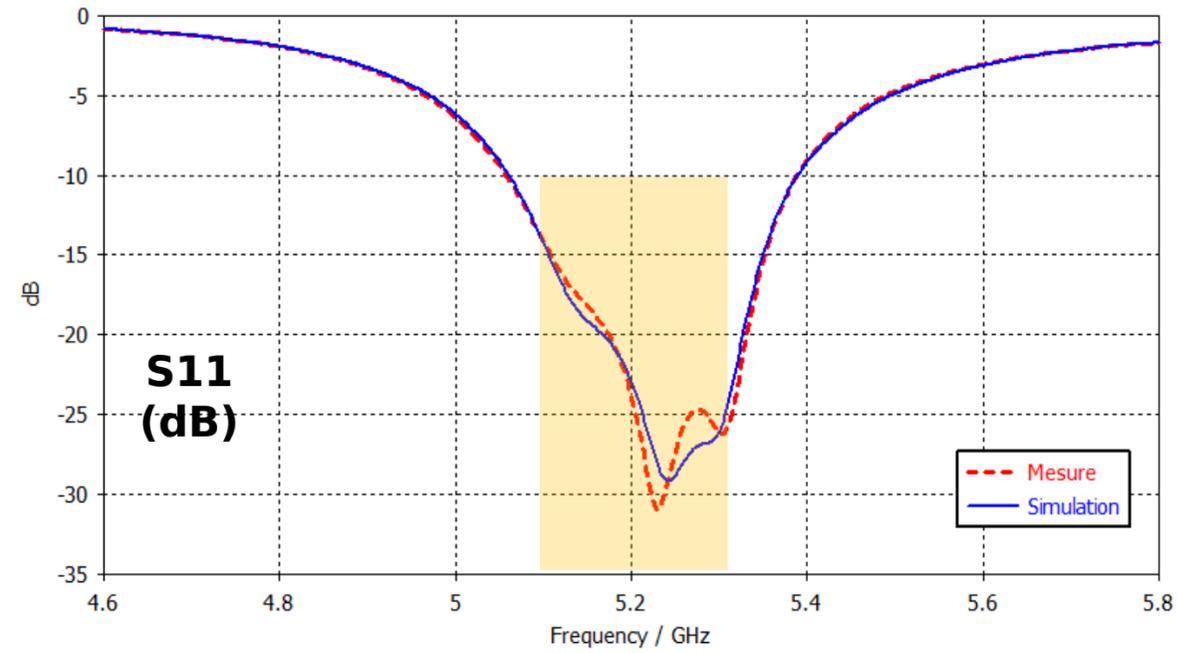
- Bande de fréquence : 5.15 – 5.35 GHz,
- Gain : 4 dB (0 dB pour le papier),
- Polarisation linéaire,
- Rayonnement Omni ou Directionnel,
- Taille < 10 cm x 10 cm,
- Application WIFI 5 LE



Choix des antennes

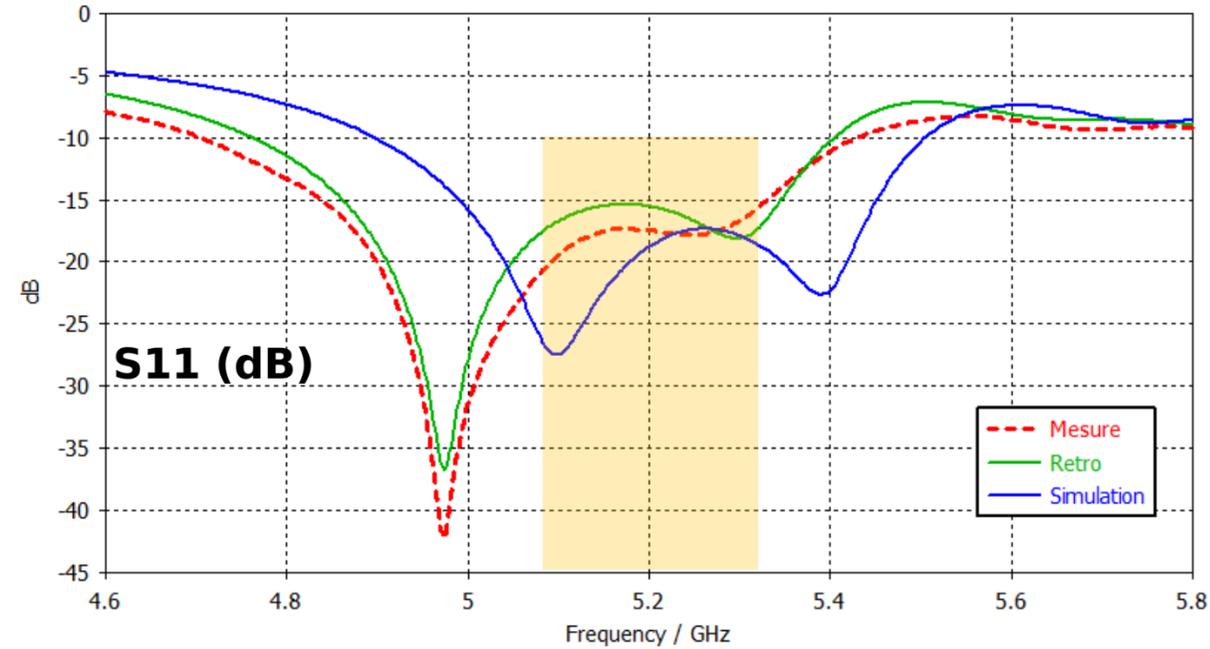
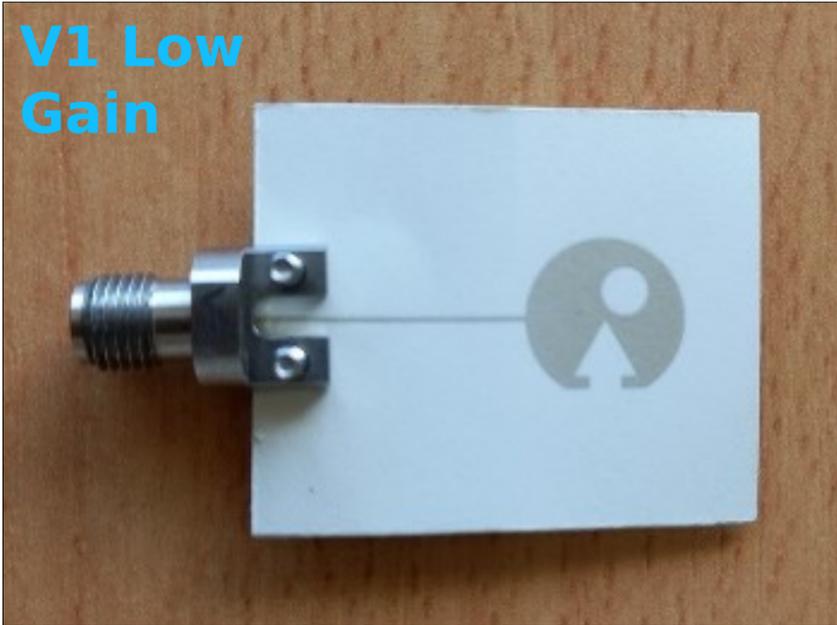


Antenne Rogers (Référence)

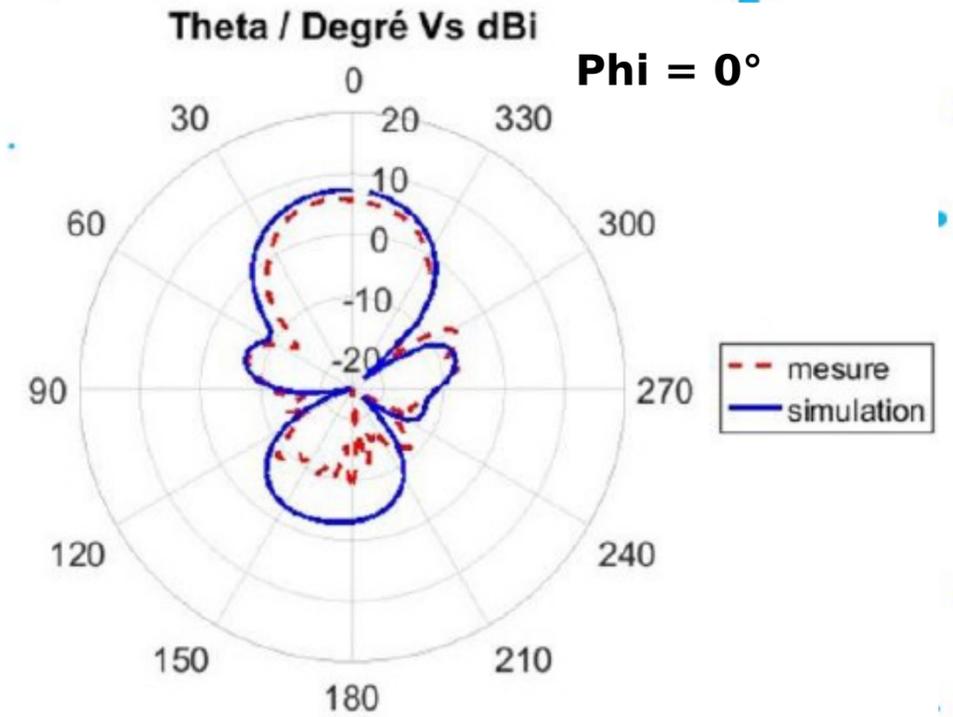
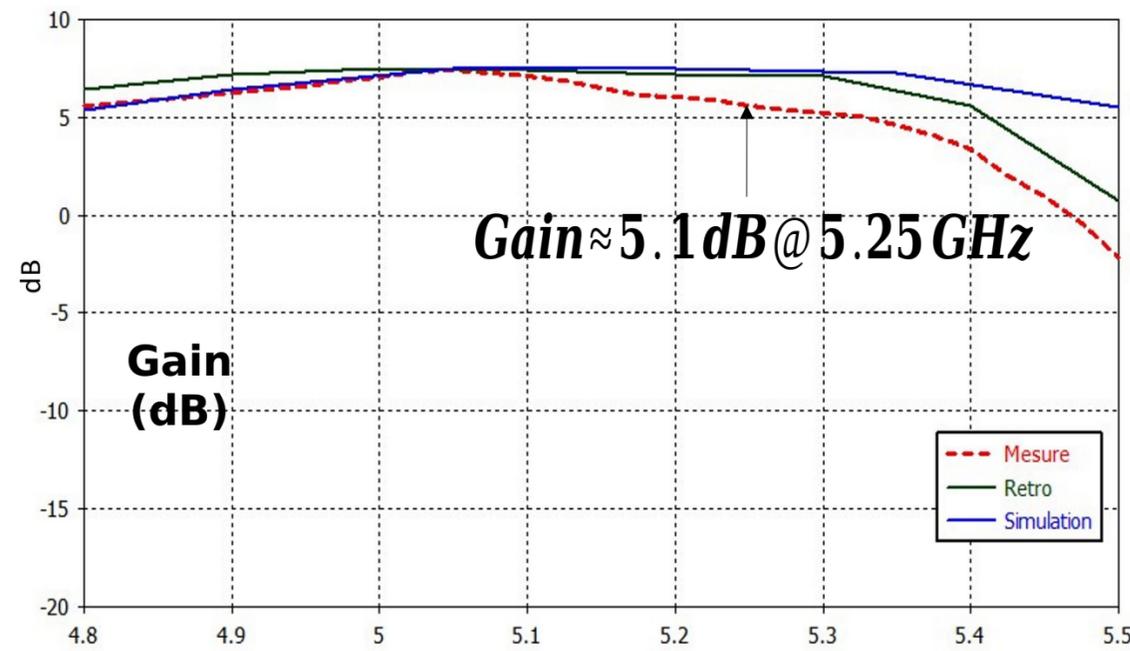
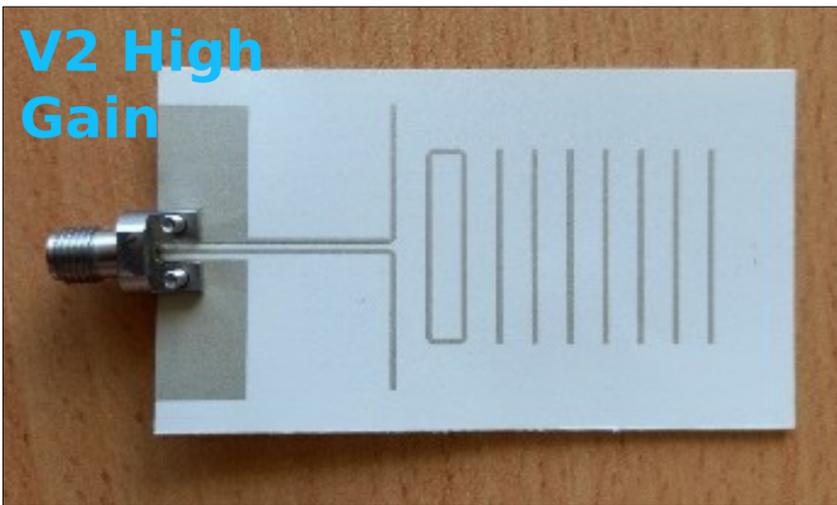


Deux antennes Papier

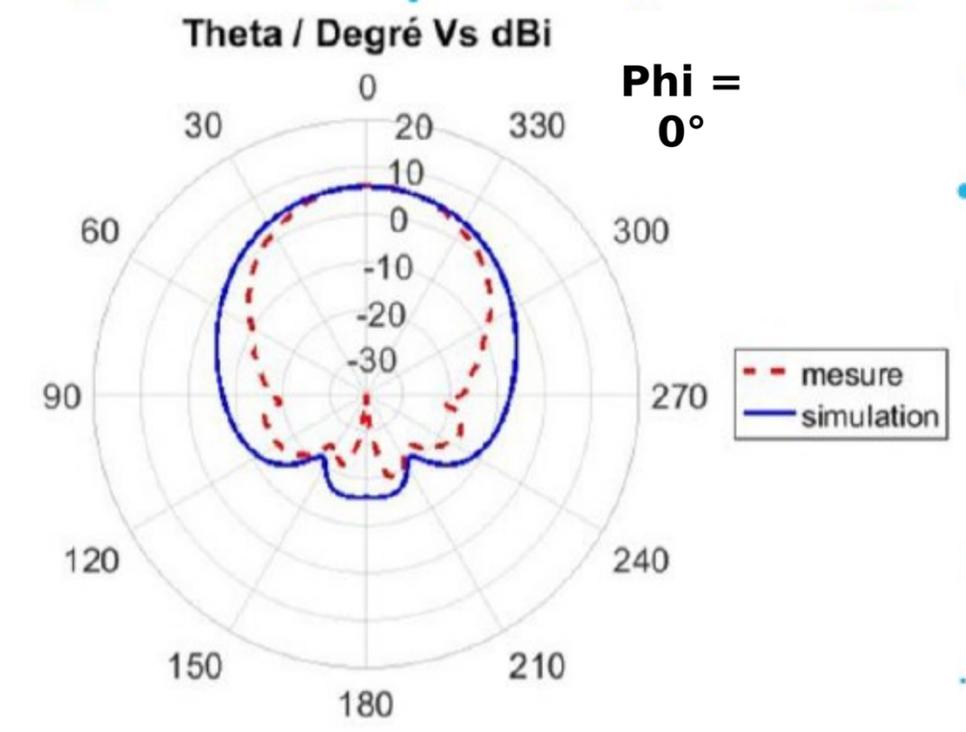
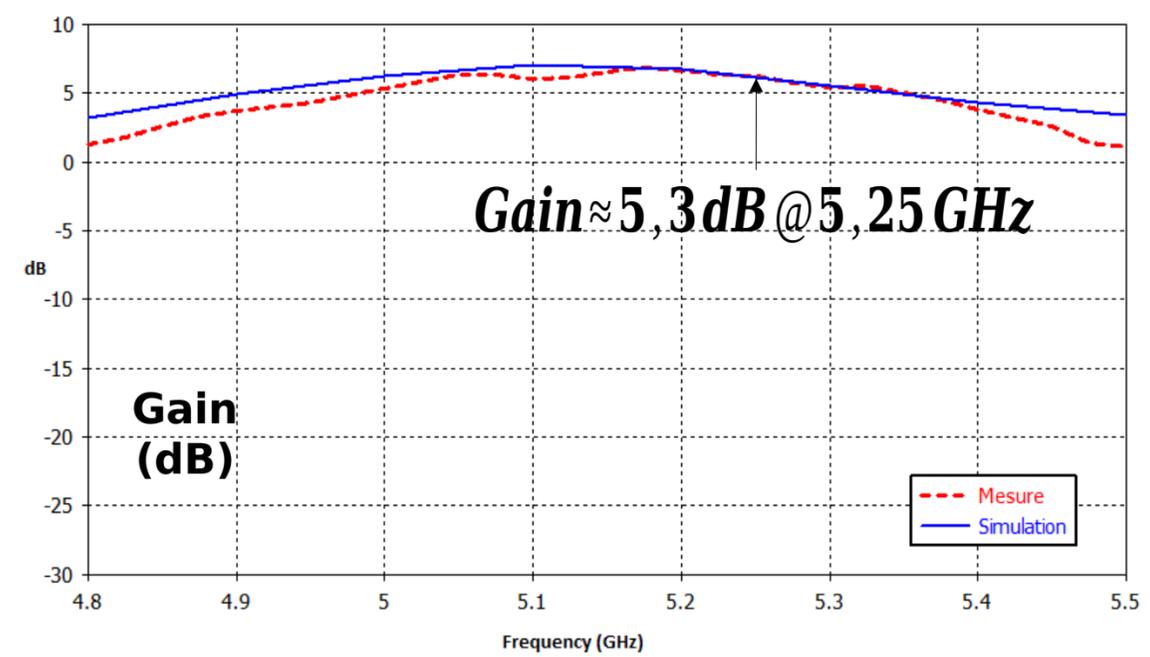
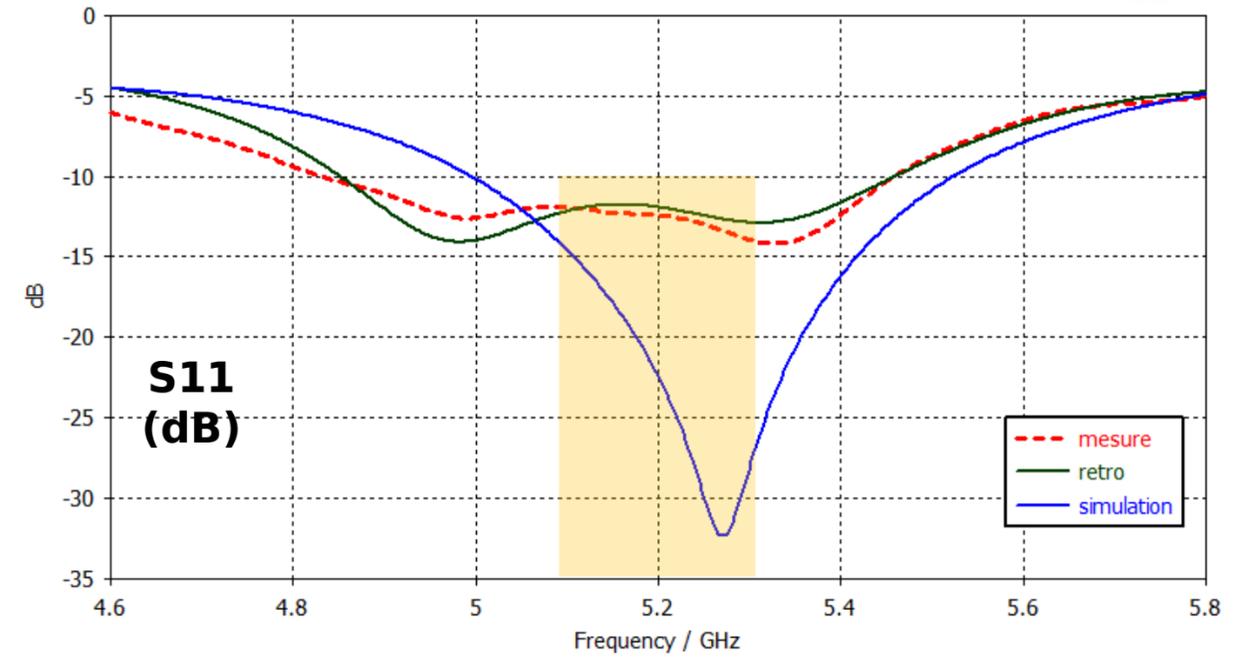
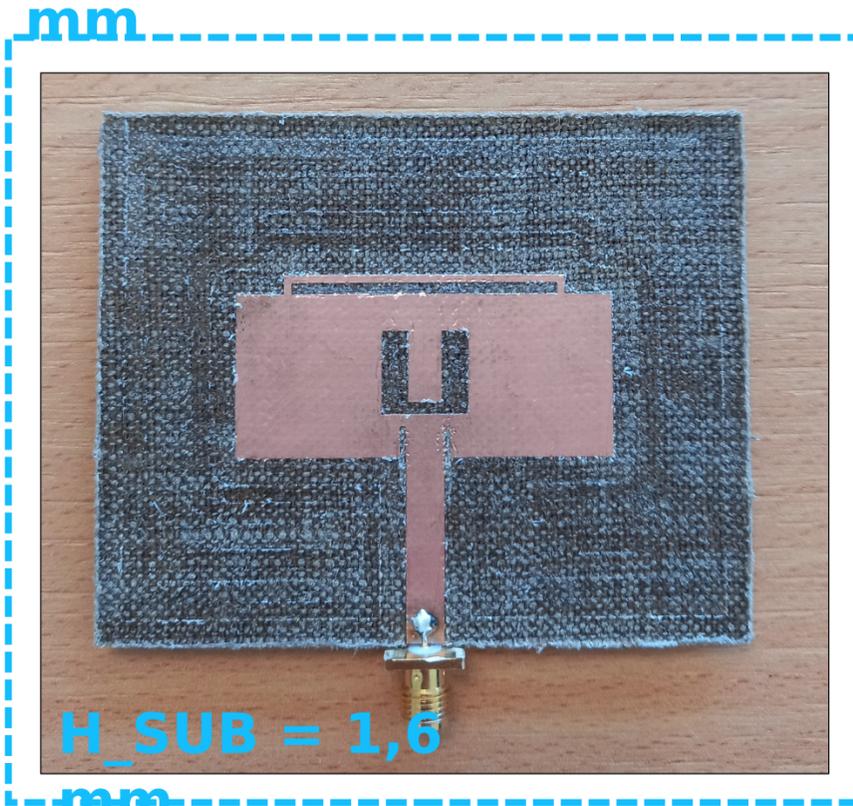
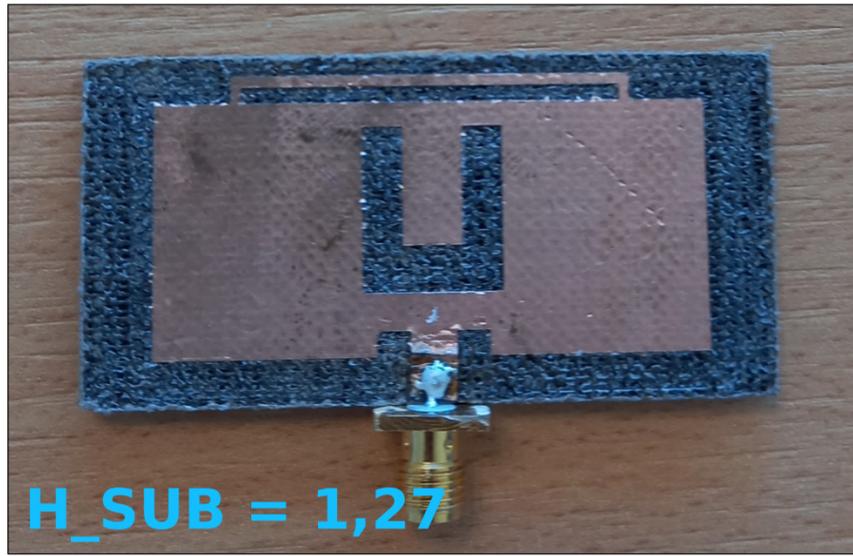
V1 Low Gain



V2 High Gain



Deux antennes PLA





Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

Partie 3 : Analyse du cycle de vie (ACV)

Analyse du cycle de vie (ACV)

→ Réduire l'impact environnemental et le taux d'utilisation des ressources naturelles d'un produit tout au long de son cycle de vie

- Conception
- Fabrication
- Utilisation
- Recyclage



Cycle de vie



ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

BILAN PRODUIT

UNIVERSITÉ de Cergy-Pontoise

Classeur d'Estimation des Impacts Environnementaux des Produits

DEMARRER

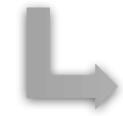
Bilan Produit, Base de Données actualisée en 2011

Important :

Cet outil permet une évaluation des principaux impacts environnementaux d'un produit en prenant en compte l'ensemble de son cycle de vie. Sous réserve d'adéquation de la base de données présente dans l'outil avec l'objectif de l'étude ainsi que le type de produit étudié, le bilan produit peut être utilisé pour estimer le profil environnemental d'un produit, alimenter une démarche d'éco-conception ou encore élaborer un affichage multi-critère de ses caractéristiques environnementales.

Cet outil peut également permettre de réaliser des analyses de cycle de vie (ACV), conformes aux normes ISO 14040 et ISO 14044, analyses à conforter par une revue critique interne ou externe selon la destination de leurs résultats.

Analyse du cycle de vie (ACV)



Liste des indicateurs d'impacts environnementaux

Consommation d'énergie non-renouvelable

Consommation de ressources rares



Effet de serre

Acidification

Eutrophisation

Ozone troposphérique

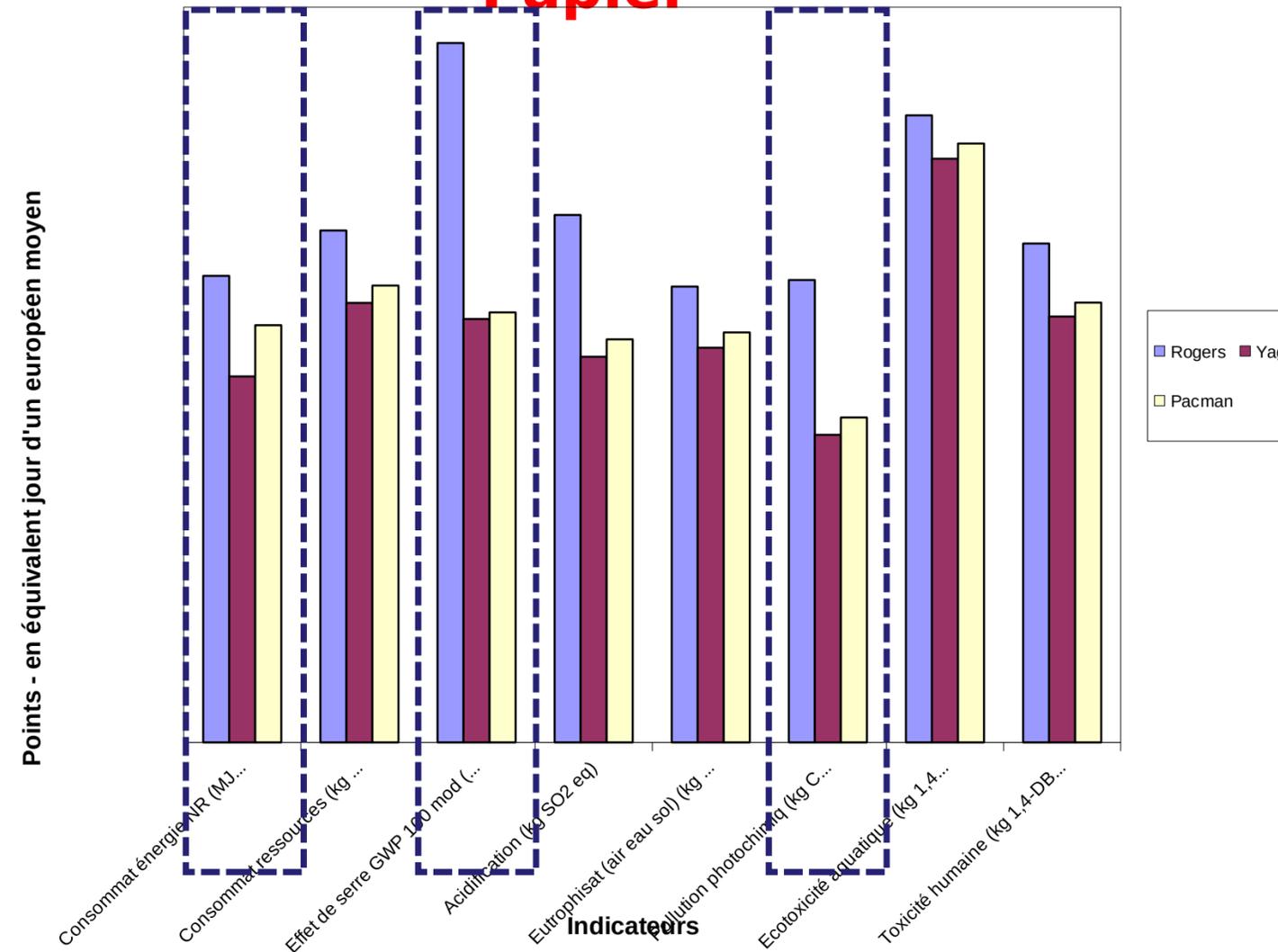
Toxicité humaine

Analyse du cycle de vie (ACV)



Comparaison graphique des impacts par phase de vie

Rogers Vs
Papier

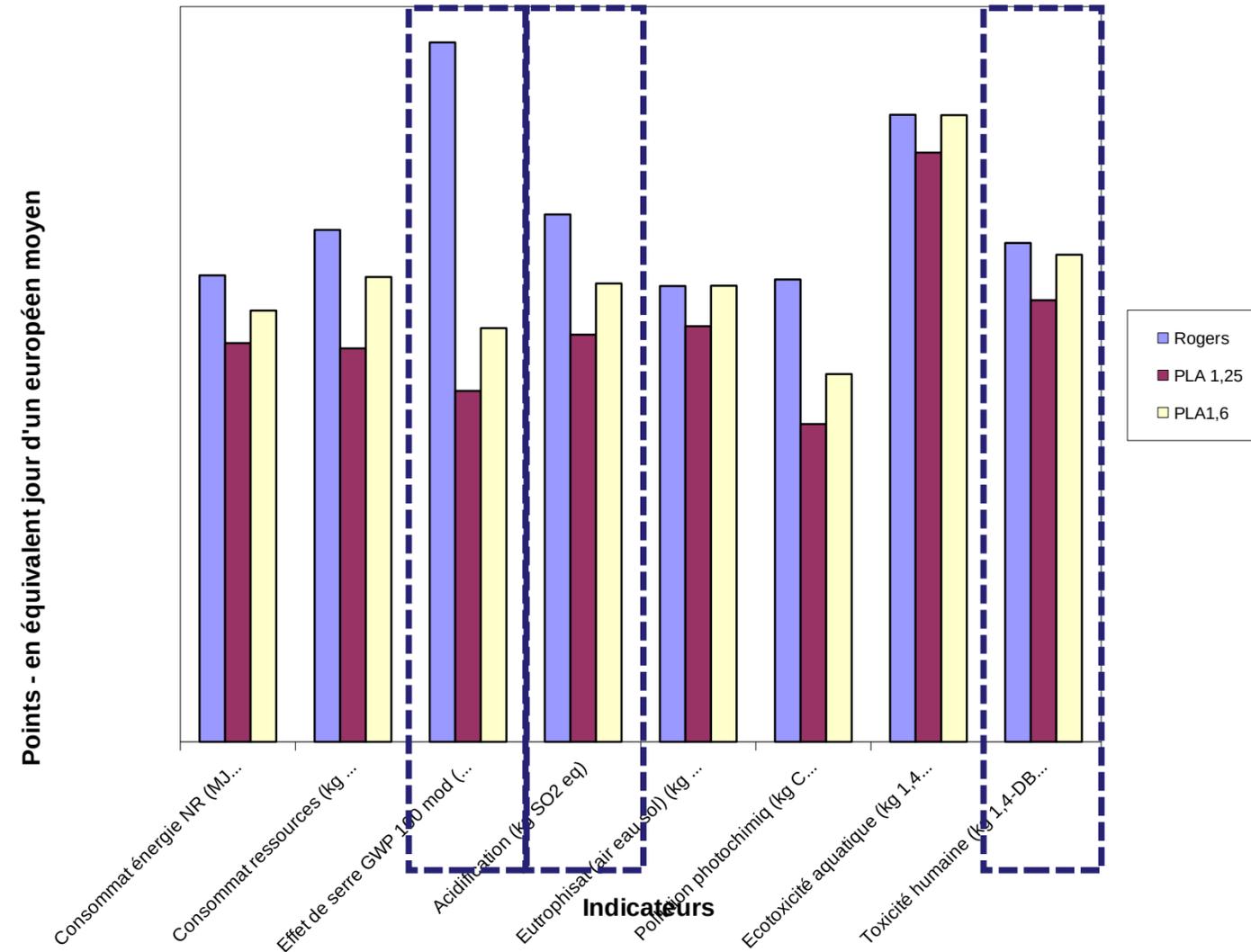


Analyse du cycle de vie (ACV)



Comparaison graphique des impacts par phase de vie

Rogers Vs PLA

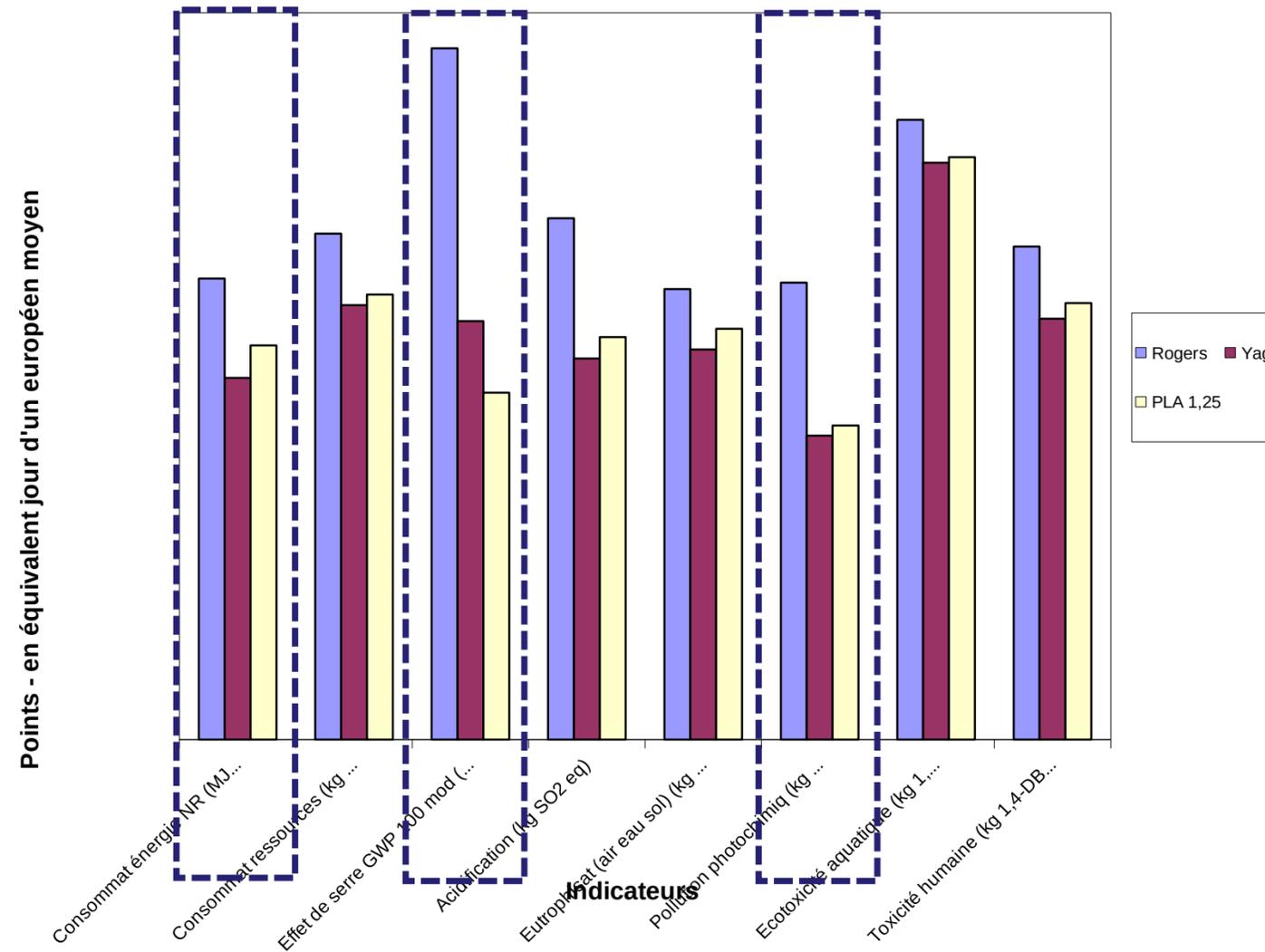


Analyse du cycle de vie (ACV)



Comparaison graphique des impacts par phase de vie

Rogers Vs Papier Vs PLA



Conclusion

- L'objectif de ce projet est de contribuer à la transition écologique dans le domaine de l'électronique RF.
- Ce projet a montré que le papier powercoat xd125 et le PLA sont des bons choix comme substrats écologiques pour la réalisation des antennes patch.
- L'antenne Papier semble le plus écologique, mais le Plastique recyclable semble le meilleur compromis.
- Plusieurs questions peuvent être posées sur la maturité de ces substrats.
- CISTEME, aujourd'hui, dispose d'un benchmark des technologies de PCB écologiques pour les circuits hyperfréquences passifs, ainsi qu'un comparatif des performances obtenues pour des antennes réalisées sur différents substrats (classiques et écologiques).
- Ces travaux peuvent être une ouverture à d'autres recherches afin d'optimiser le choix et améliorer la performance des substrats écologiques...



Merci de votre attention!

QUESTIONS ?



CISTEME

Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences

CISTEME, pour des solutions communicantes optimisées

elnashef@cisteme.net

05 19 09 00 31