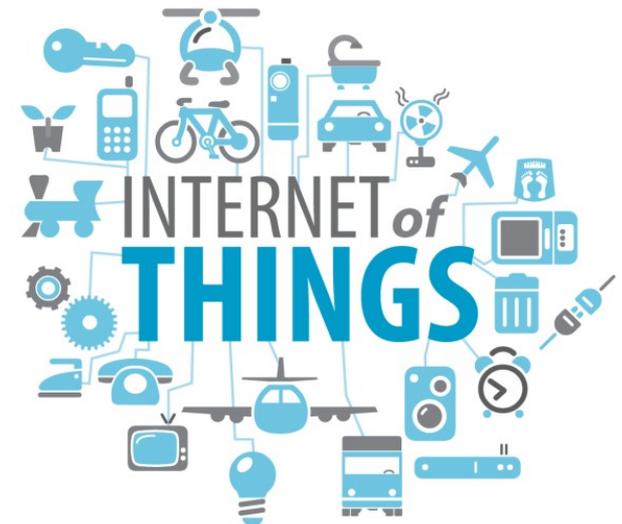
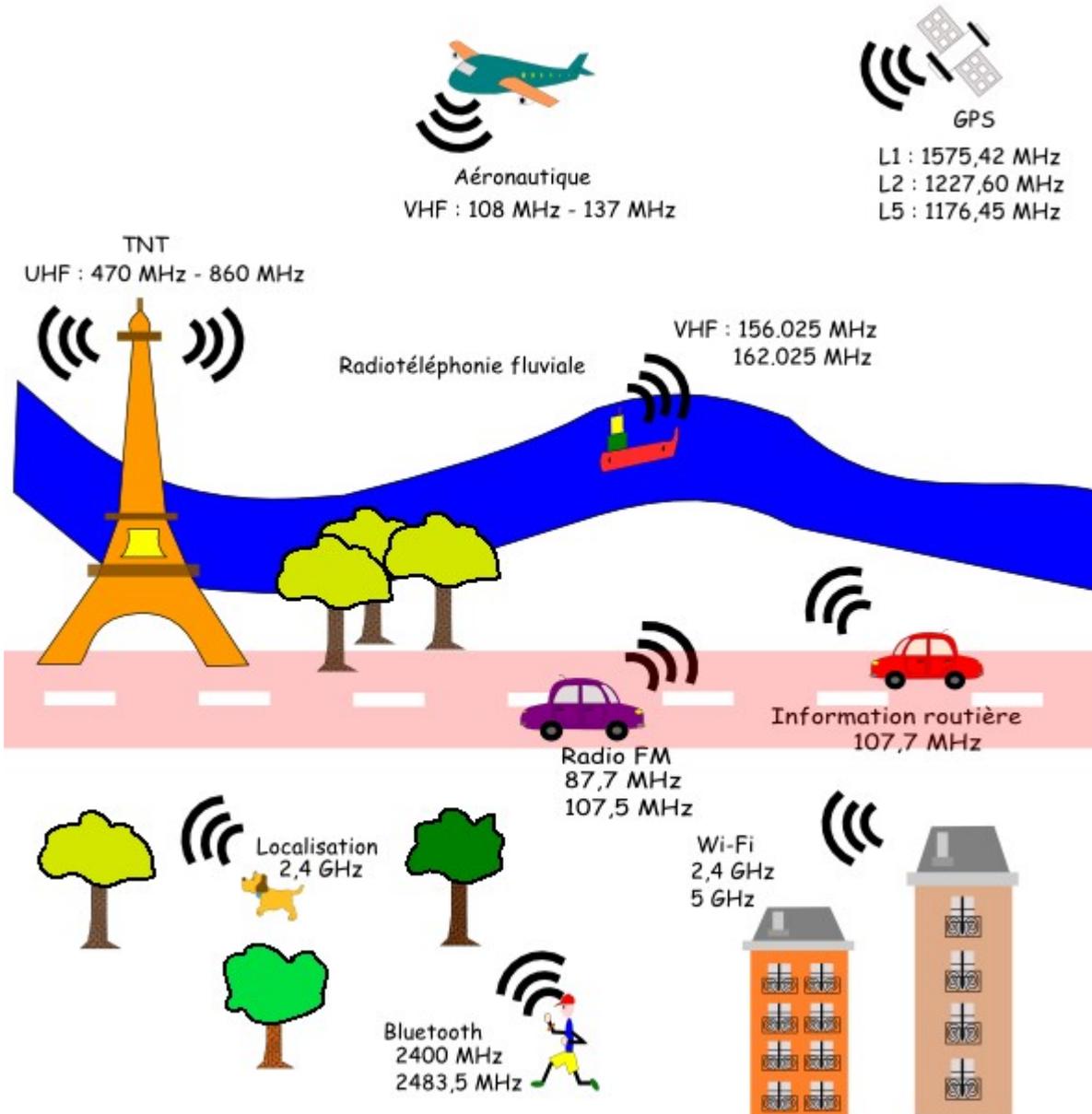




Un monde connecté
Des métiers du présent, du futur

La licence professionnelle MHR
*Un moyen simple d'appréhender
les concepts radiofréquences*





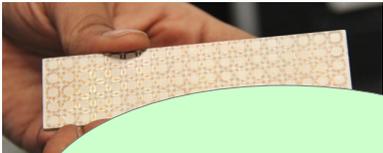


Un système embarqué, autonome et sécurisé

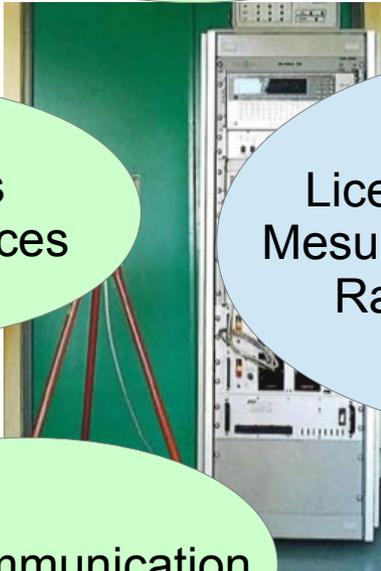
Systemes embarqués



Mesures CEM
(Compatibilité ElectroMagnétique)



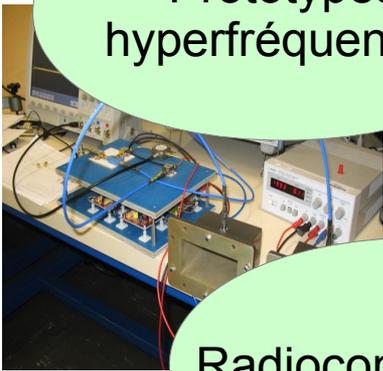
Prototypes hyperfréquences



**Licence Professionnelle
Mesure Hyperfréquences et
Radiocommunication**



Certification



Radiocommunication



Maintenance



**Intégration des
systèmes
hyperfréquences**



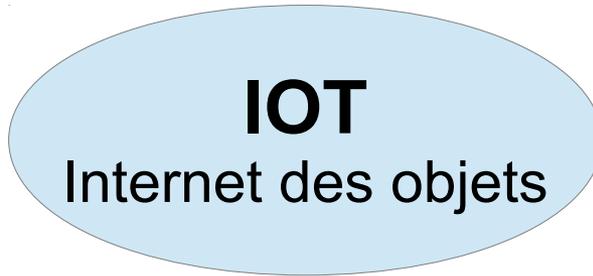
Industrie 4.0 : de nouveaux métiers avec de nouvelles compétences



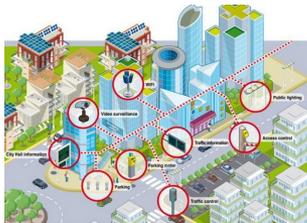
Mesure du glucose (diabète)



Compteur eau



Arrosage automatique des vignes



Smart cities



3-4G
Sigfox, LoRa
Bluetooth

NFC
Wifi
Zigbee



Actionneur

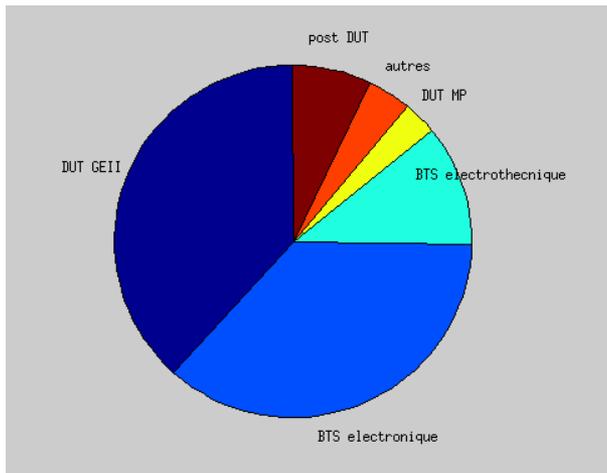


Capteur

Licence professionnelle
Mesure Hyperfréquences et Radiocommunication

- **Quelle est la sélection ?**
 - En moyenne 70% d'étudiants sont admis
- **Mes chances de réussites en LP MHR ?**
 - Plus de 90 % des étudiants sont diplômés
- **Les débouchés après la LP MHR ?**
 - 90 % des étudiants ont un CDD/CDI 6 mois après le diplôme (majoritairement CDI)
- **Salaire moyen après une LP ?**
 - Salaire net mensuel médian à 18 mois : 1600 €
 - Salaire net mensuel médian à 30 mois : 1700 €

- Quelle est la formation des candidats ?



BAC +2 (DUT, BTS ...)

- DUT GEII : 38 %
- BTS électronique : 36 %
- BTS électrotechnique : 11 %
- DUT MP : 4 %
- Post DUT/BTS : 7 %
- Autres : 4 %

- Avec quel statut ?

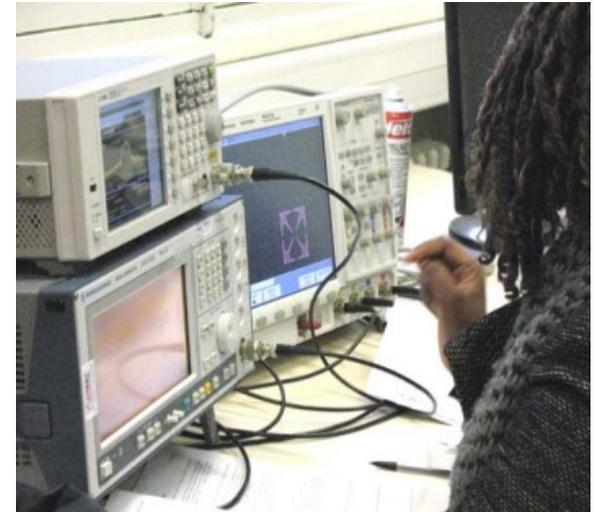
- Formation par apprentissage (contrat de travail, salaire: 65 % ou 80 % du SMIC, retraite...)
- Formation par contrat de professionnalisation
- Statut étudiant

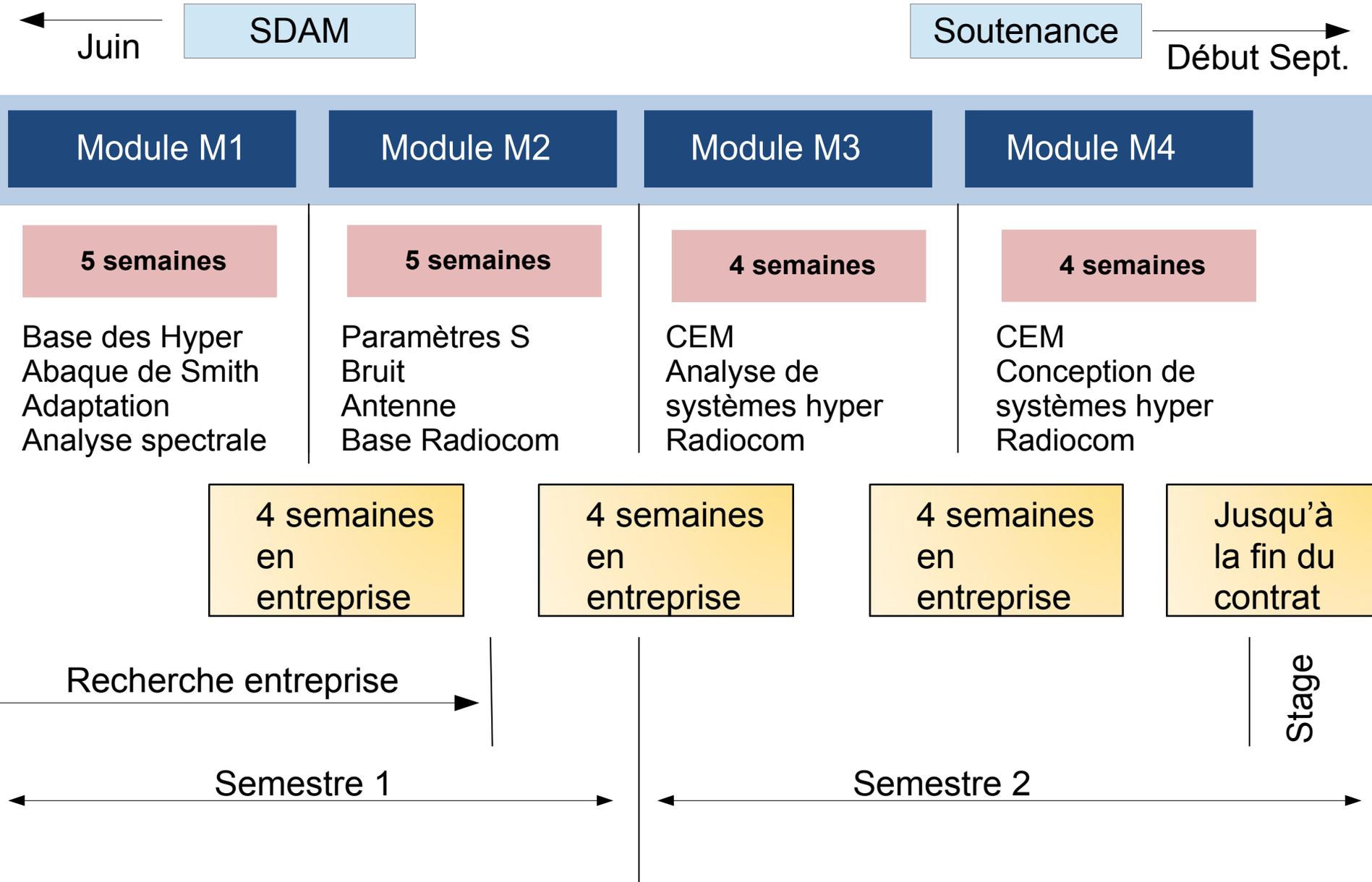
- Quelles sont les entreprises partenaires ?

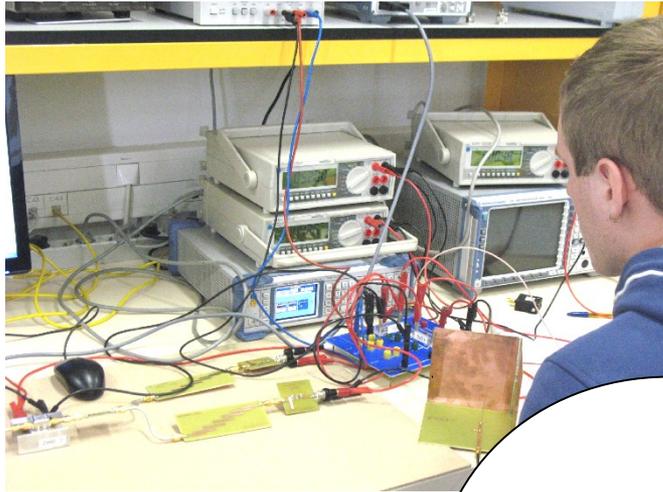


- **Le cadre des licences professionnelles**
 - **450 heures** de cours/TD/TP
 - Un projet tuteuré de **110 heures**
 - Un stage de **16 semaines** minimum ou une alternance (un an)
 - Modalités d'obtention : **moyenne générale à 10 et pour l'ensemble {stage, projet}**
 - **Un contrôle continu**

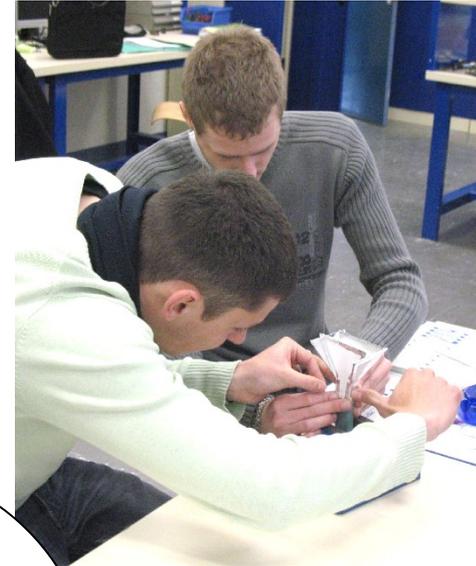
- Une promotion de 24 étudiants max
=> **2 groupes de 12 étudiants.**
- Statut apprenti et statut étudiant
- **Majorité des enseignements en laboratoire**
- Pas d'informatique industrielle
- **Projet tuteuré réparti sur l'année**
(encadré en début de formation)





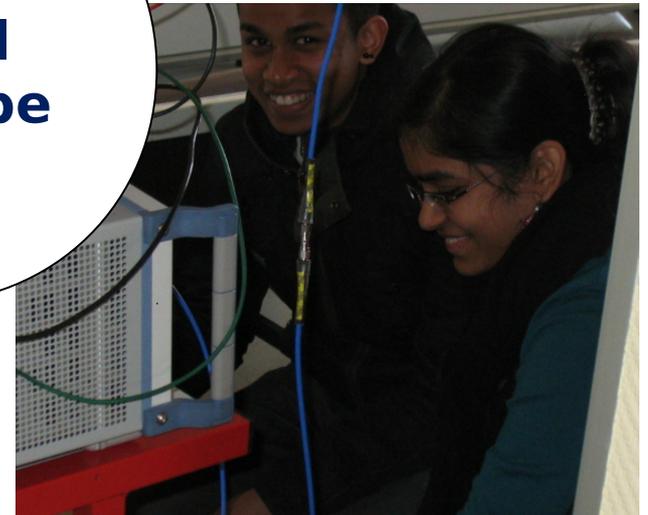


**Compétences
techniques**



Autonomie

**Travail
d'équipe**



**« savoir faire »
« savoir mesurer »**



**Valoriser
l'acquisition
d'un savoir
faire**

**Éviter
la passivité**

**Laisser
apprendre
à
son rythme**



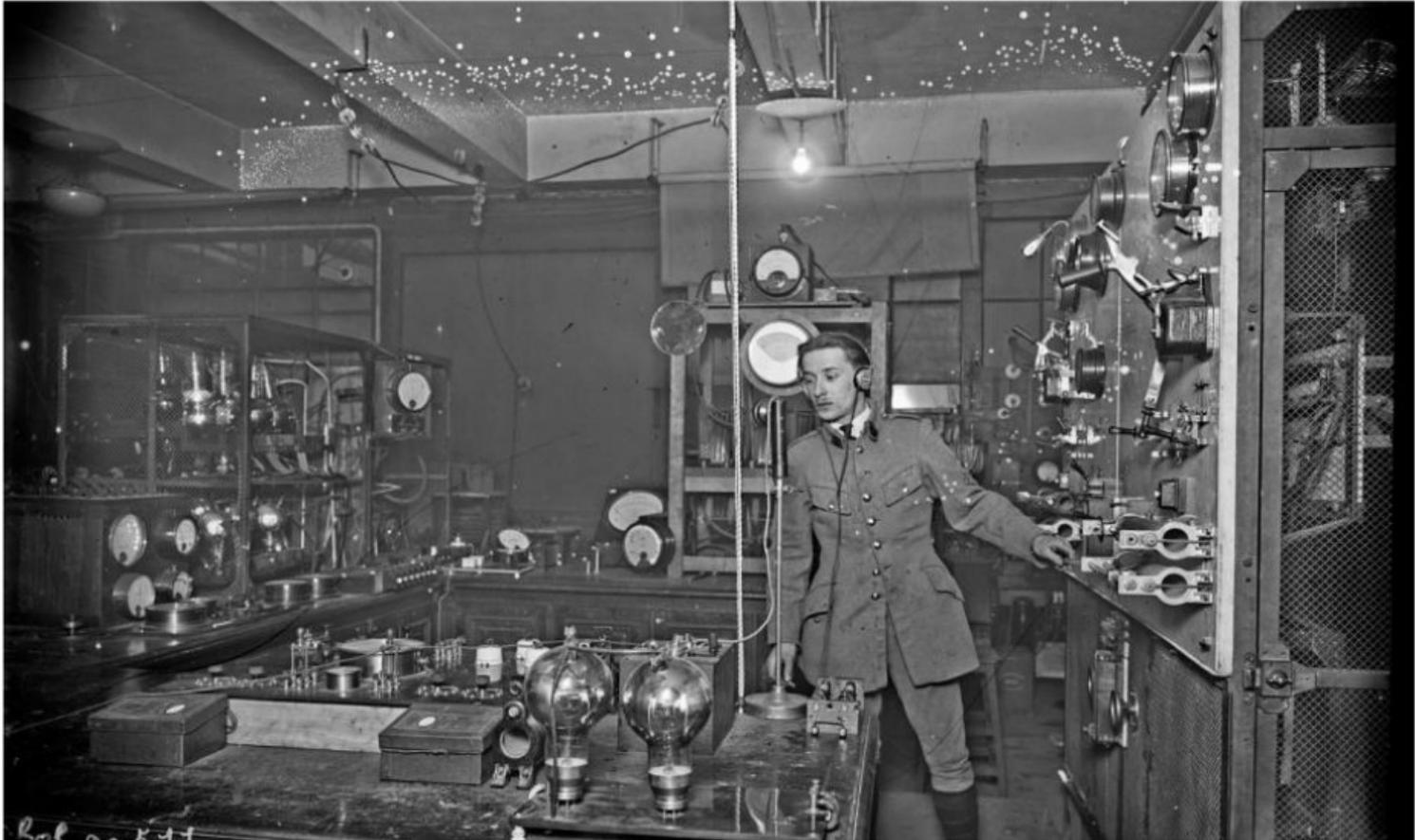
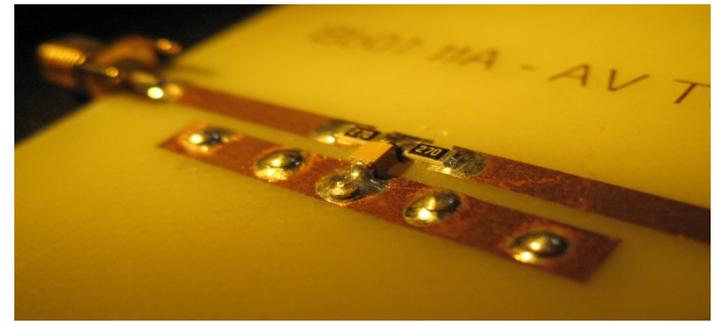
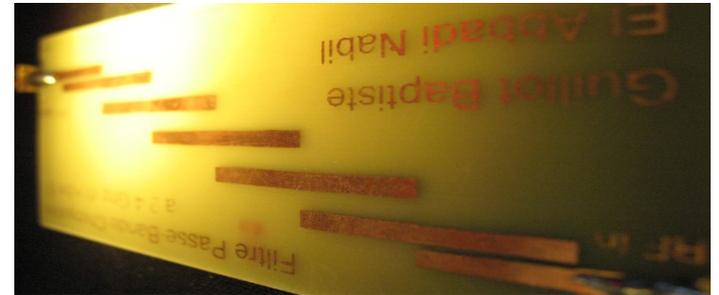
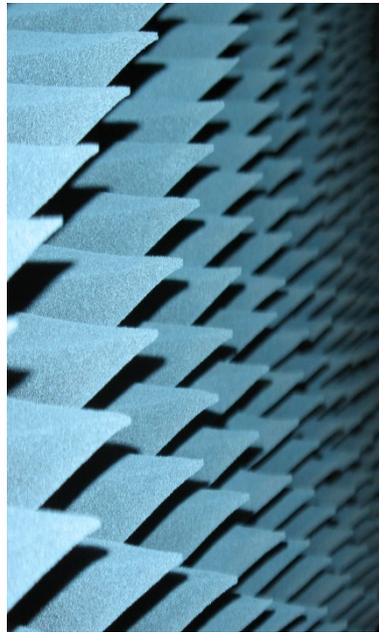
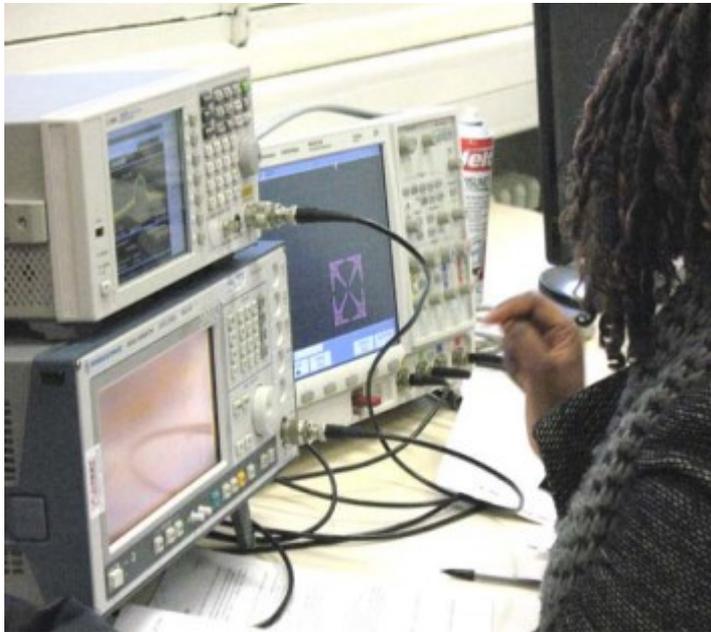


Illustration : TSF, Tour Eiffel ; Agence Rol ; 1924 - Source : Gallica BnF

Apprentissage des Hyperfréquences par l'expérience

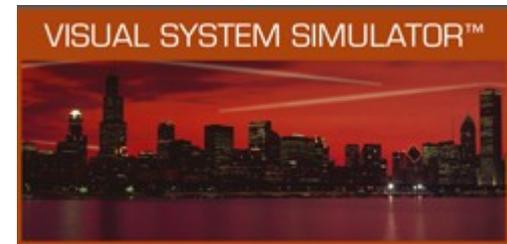


Equipe hyperfréquence de L'IUT de Ville d'Avray

Université Paris Ouest Nanterre La Défense

CAO hyperfréquences

- Microwave Office (AWR)
 - Simulateur circuit:
 - électrique, physique, layout
 - Simulateur électromagnétique (méthode des moments)
- VSS (AWR)
 - Simulateur système
- Mini-Nec: simulateur antenne
- Logiciel: Smith, Quck, matlab, LabView...



Réalisation

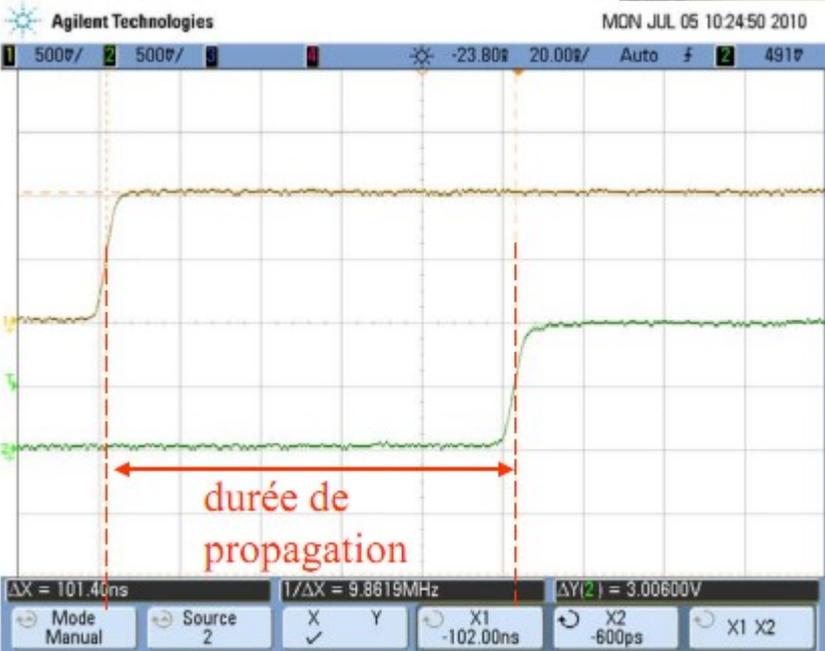
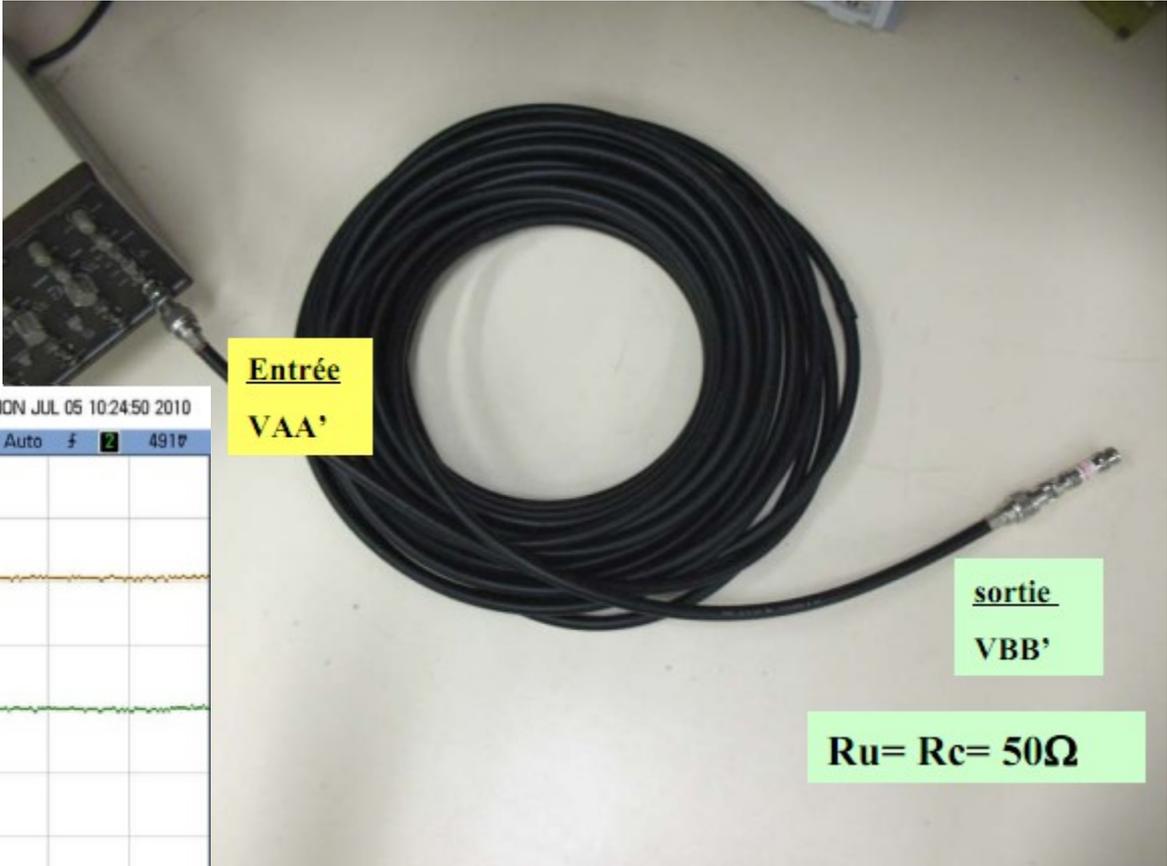
- Graveuses Mécaniques :
 - 2 machines LPKF
 - Fichier Gerber
- Four CMS
- Moyens mécaniques :
 - Perceuses
 - Fraiseuse
 - Tour
- 2 techniciens
- Formation à la technologie



TP Ligne en régime impulsionnel

Matériel :

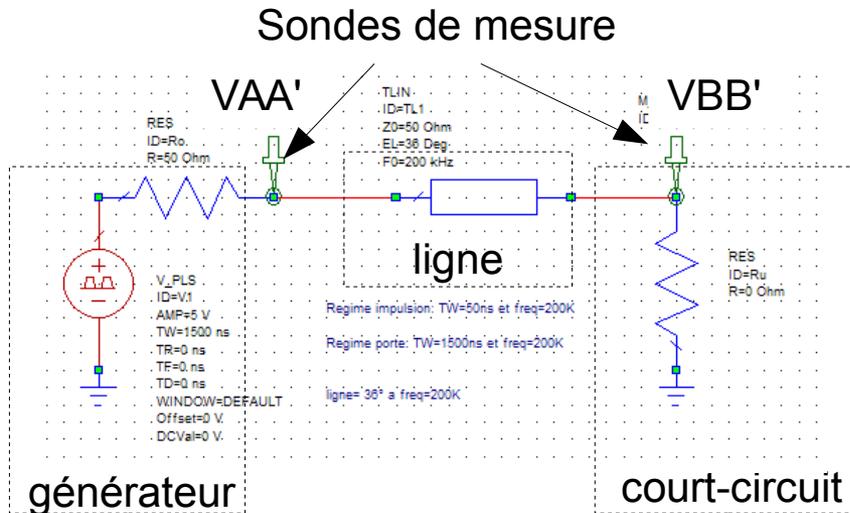
- Générateur d'impulsion
- Ligne
- Oscilloscope



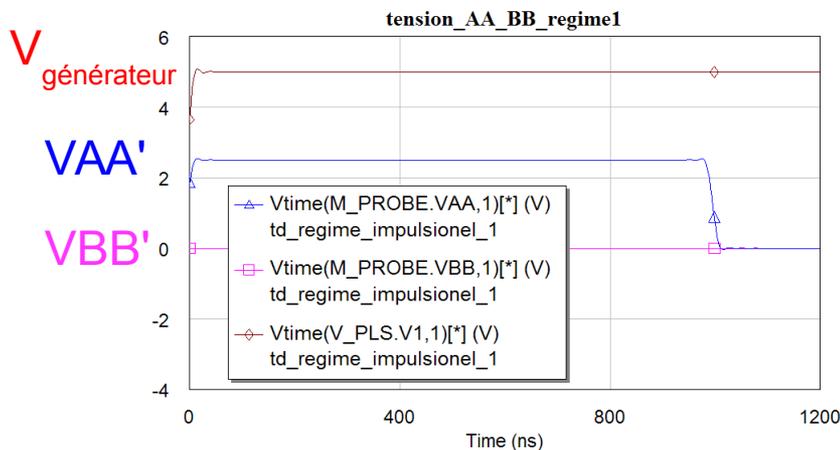
$T_p = \tau = 101,4ns$

TP Ligne en régime impulsionnel (suite)

En utilisant le simulateur « pour comprendre »



Le schéma



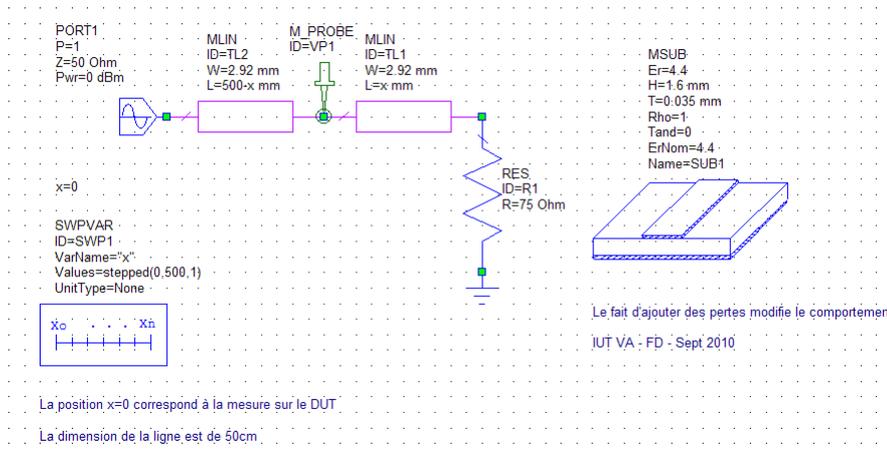
Les résultats

- $V_{BB'} = 0$
- $V_{AA'} = V_{\text{générateur}} / 2$

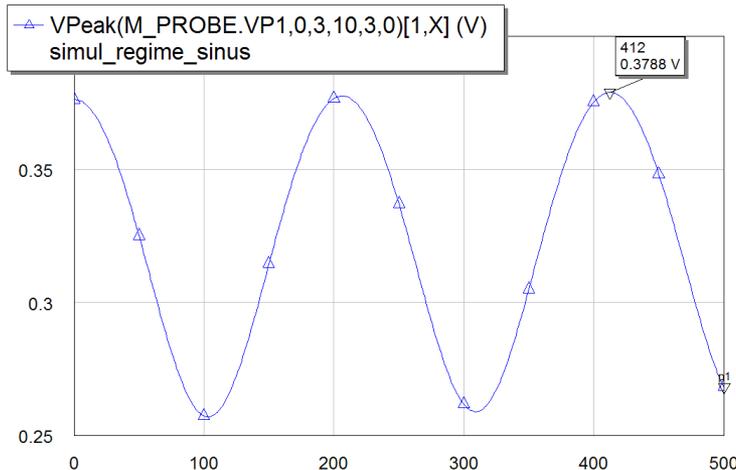
Que se passe-t-il si $R=10 \Omega$?

TP Ligne en régime sinusoïdal

- Utilisation didactique du simulateur



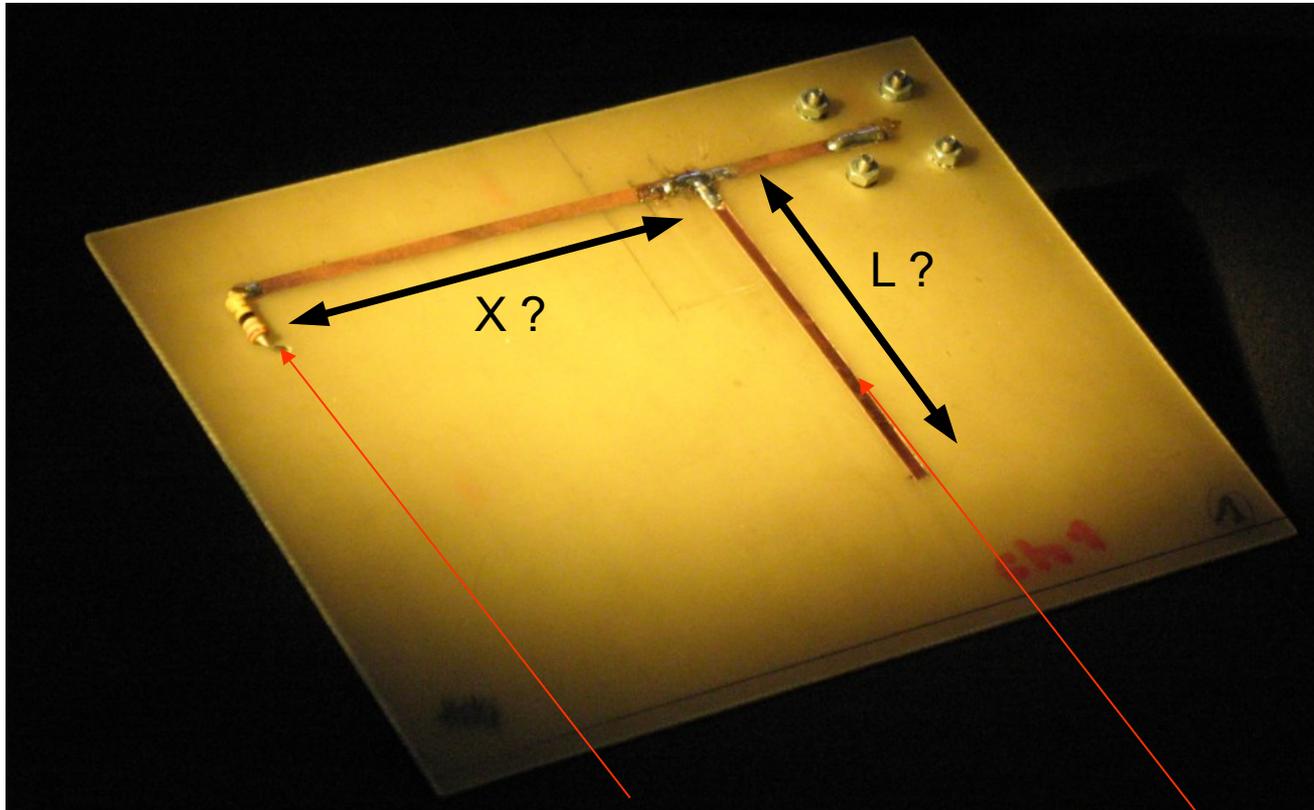
La CAO permet de simuler le déplacement de la sonde sur la ligne



La variation de la valeur maximale de la tension en fonction de la position de la sonde permet de calculer le ROS

Quelle est la valeur du ROS ?

TP Adaptation d'impédance



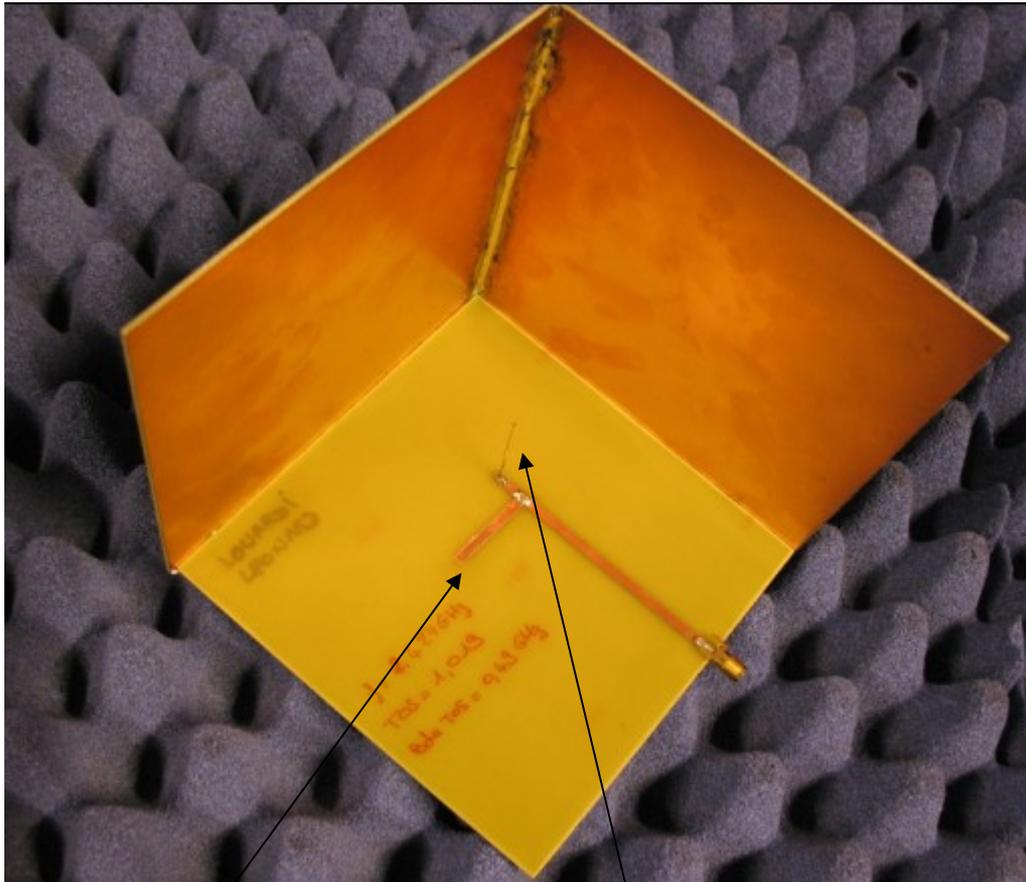
Charge

Simple stub

- La CAO permet de vérifier le bon fonctionnement du circuit d'adaptation.
- Le stub est réalisé avec une bande de cuivre autocollante

TP Adaptation d'impédance (suite)

- Cas d'une antenne dipôle



stub

antenne

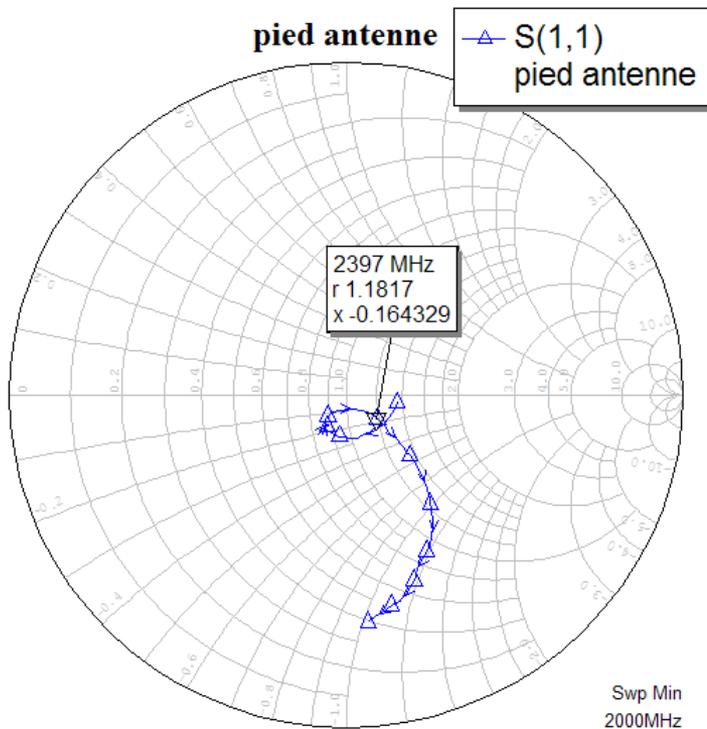
Il faut :

- Déterminer
- Vérifier l'adaptation,
- Tenir compte des aspects réalisation (substrat, jonctions, effet de bord)

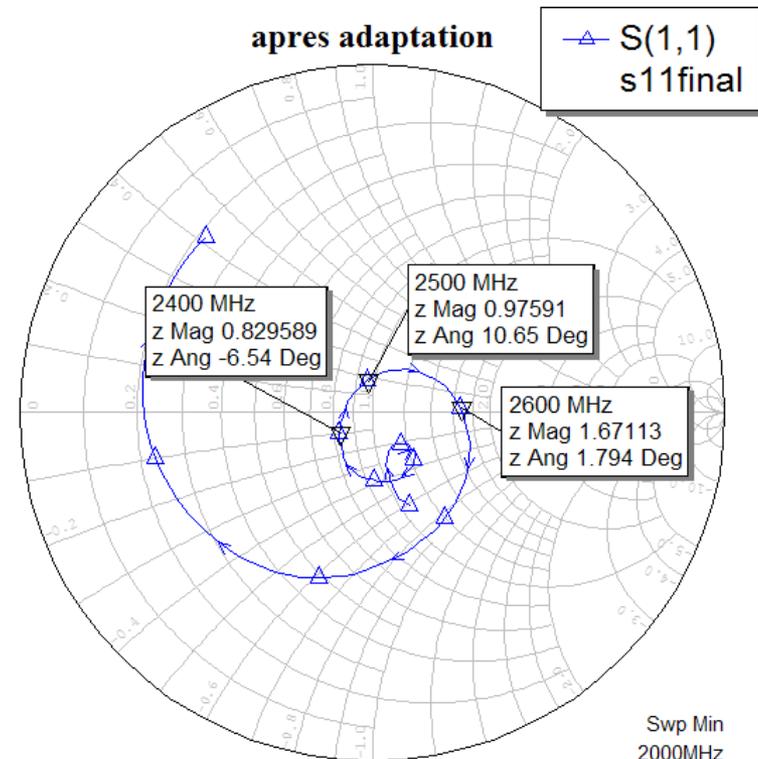
TP Adaptation d'impédance (suite)



- Résultats de simulation:



Avant l'adaptation

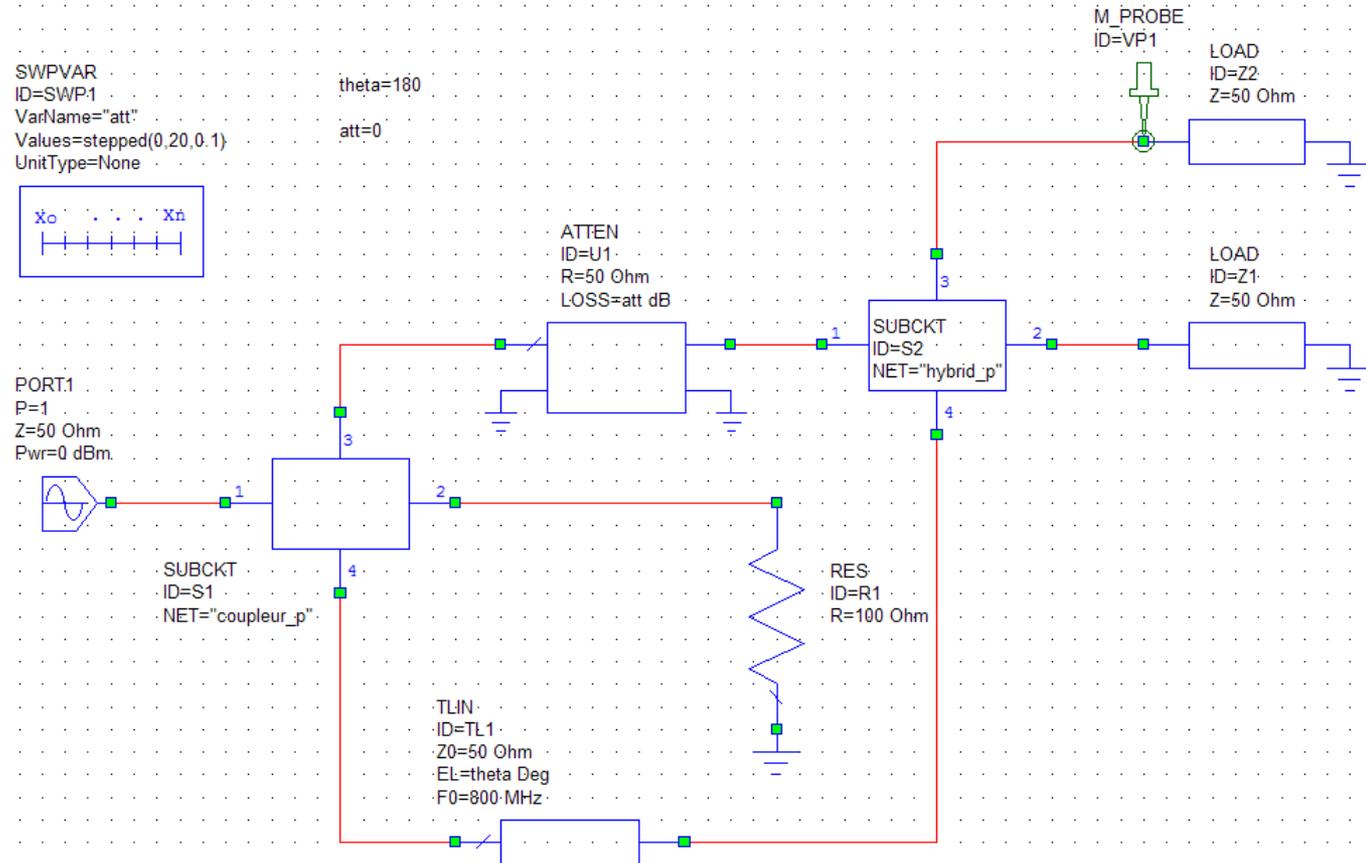


Après l'adaptation

TP Banc de réflectométrie

- Avec la CAO: simulation d'un banc de mesure de

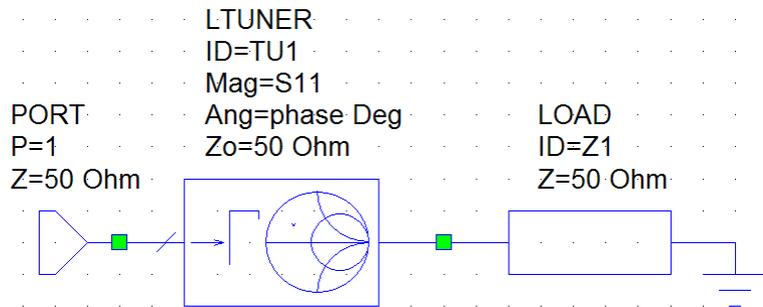
- 1: $att=0$ puis recherche du min en θ
- 2: $\theta = \theta_{min}$ puis on fait varier att
- 3: valeur de $att = RL$ de la charge
- 4: phase: $180 - \theta$



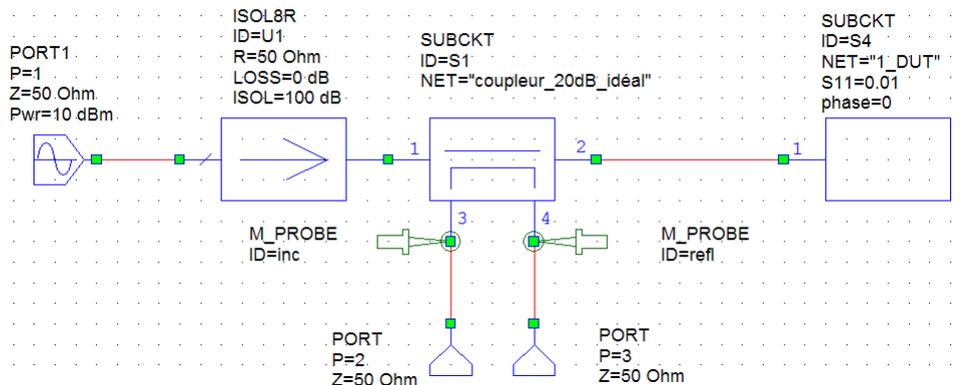
TP erreurs de directivité

- Avec la CAO

S11<< 1
phase<<360



LTUNER : permet de simuler toute charge (amplitude, phase)



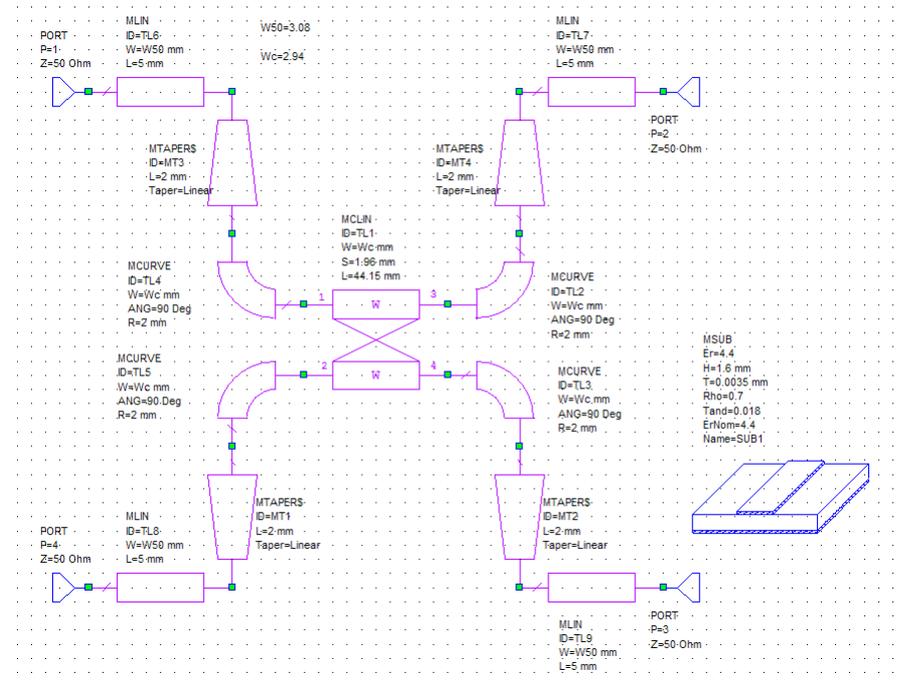
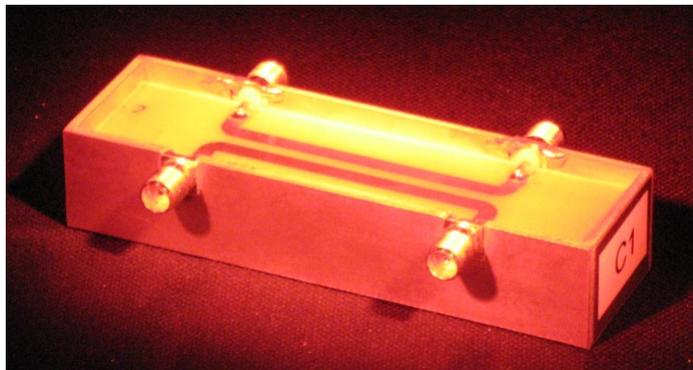
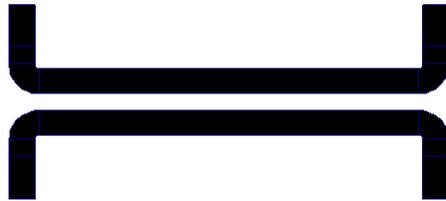
Banc de réflectométrie: la simulation permet d'étudier l'influence de la directivité du coupleur.

Conception & réalisation de composants hyperfréquences

- Étape 1 : étude-biblio,
- Étape 2 : vérification par simulation électrique,
- Étape 3 : prise en compte des aspects physiques par simulation physique et électromagnétique,
- Étape 4 : réalisation,
- Étape 5 : recette du composant avec un banc de mesure ou un VNA.

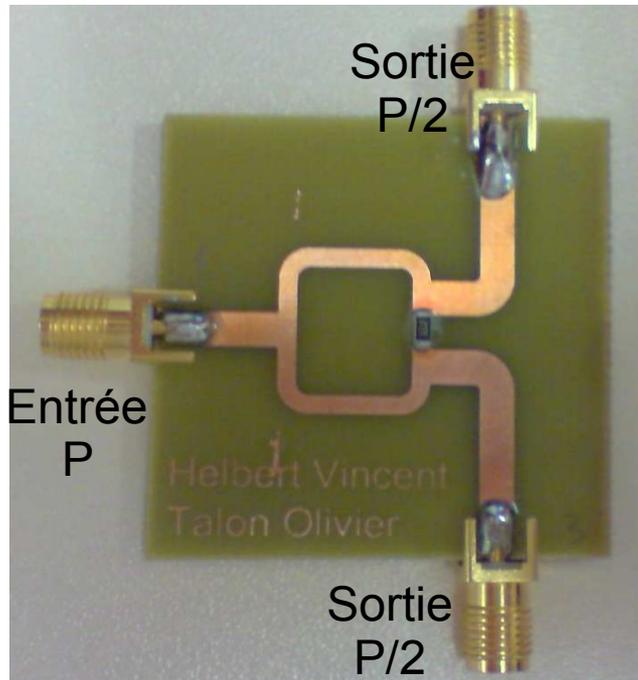
TP Réalisation d'un Coupleur

Avec la CAO: obtention du masque



TP utilisation d'un analyseur de réseau vectoriel

- Pour la recette d'un diviseur de Wilkinson



	Fréquences	2.4GHz	2.5GHz	2.6GHz
Return loss	S11	21.81 dB	18.09 dB	15.75 dB
	S22	21.13 dB	19.43 dB	18.14 dB
	S33	21.66 dB	19.98 dB	18.67 dB
Isolation	S23	29.29 dB	24.69 dB	21.77 dB
Transmission	S12	3.4 dB	3.44 dB	3.68 dB
	S13	3.76 dB	3.76 dB	3.81 dB

Tableau de recette

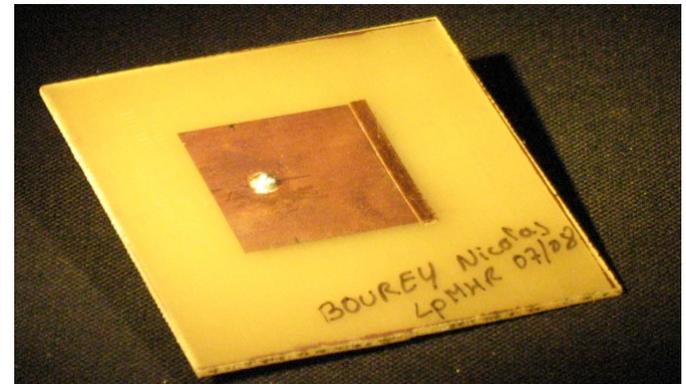
Un diviseur de Wilkinson permet de répartir la puissance entre deux sorties

TP utilisation d'un analyseur de réseau vectoriel (suite)

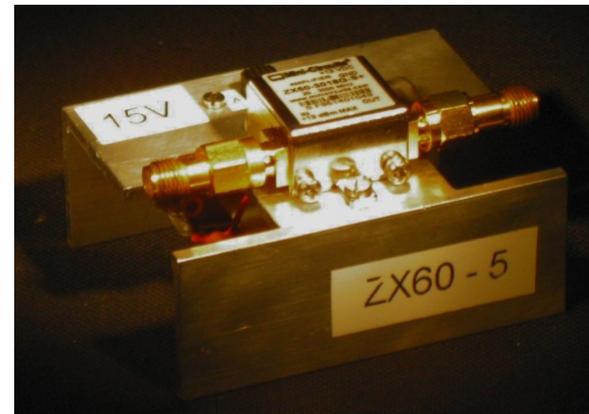
- Pour caractériser:
- Un atténuateur



- Une antenne imprimée

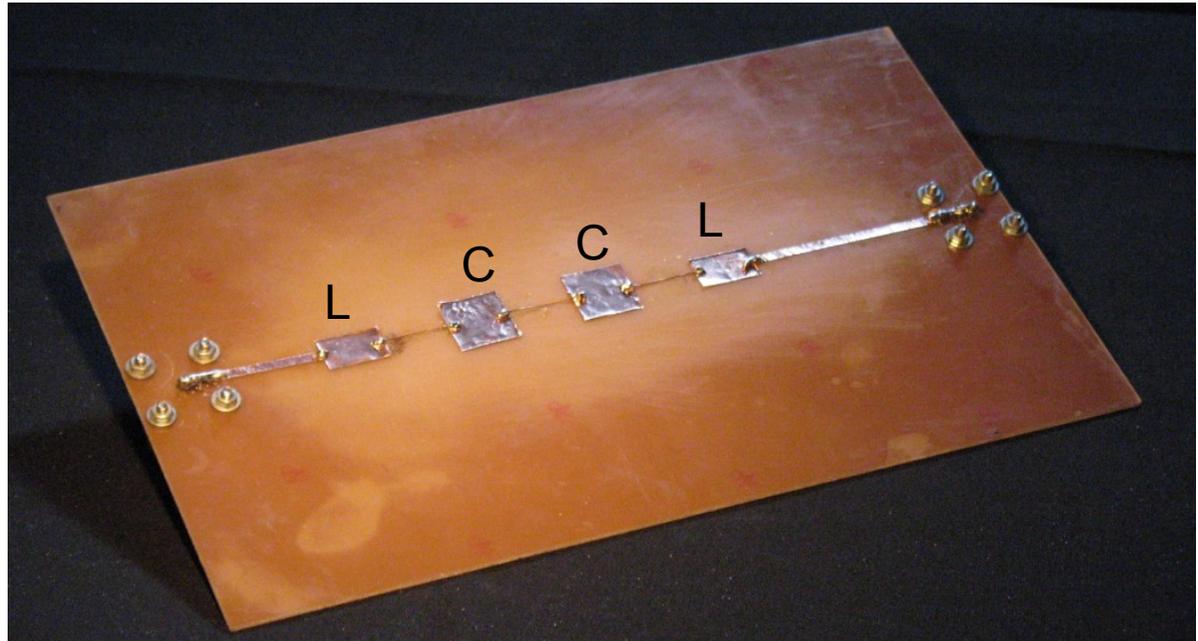


- Un amplificateur



TP Filtre hyperfréquence

- Filtre passe-bas



Le filtre de Richard est constitué de morceaux de lignes

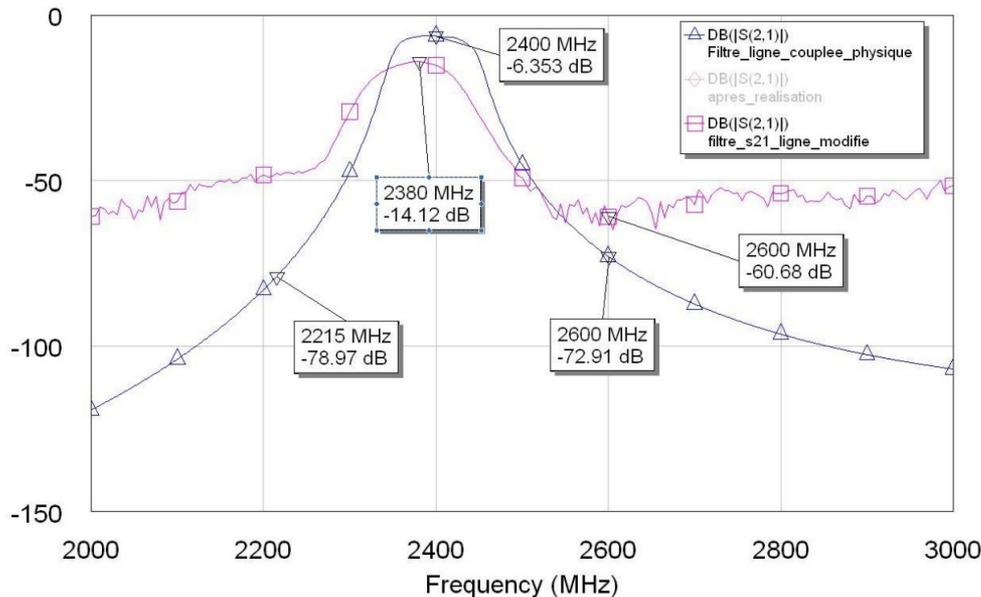
- ligne étroite \Leftrightarrow bobine (L)
- ligne large \Leftrightarrow capacité (C)

TP Filtre hyperfréquence

- Filtre passe-bande



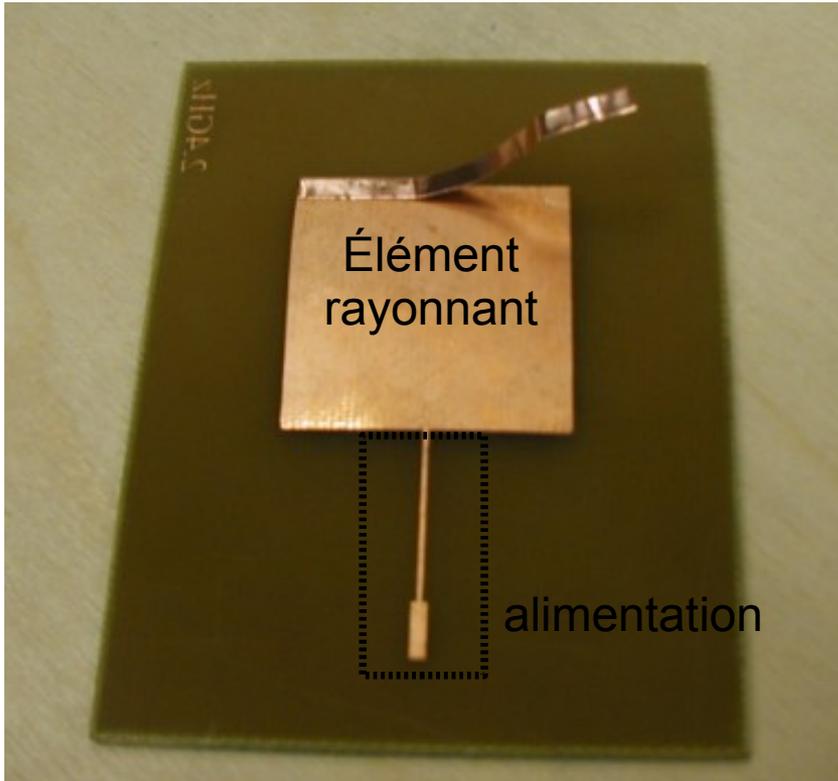
Filtre à lignes couplées:
technologie lignes microstrip



Comparaison entre
simulation et mesure

Quelle est la fréquence centrale
de ce filtre ? sa bande passante ?

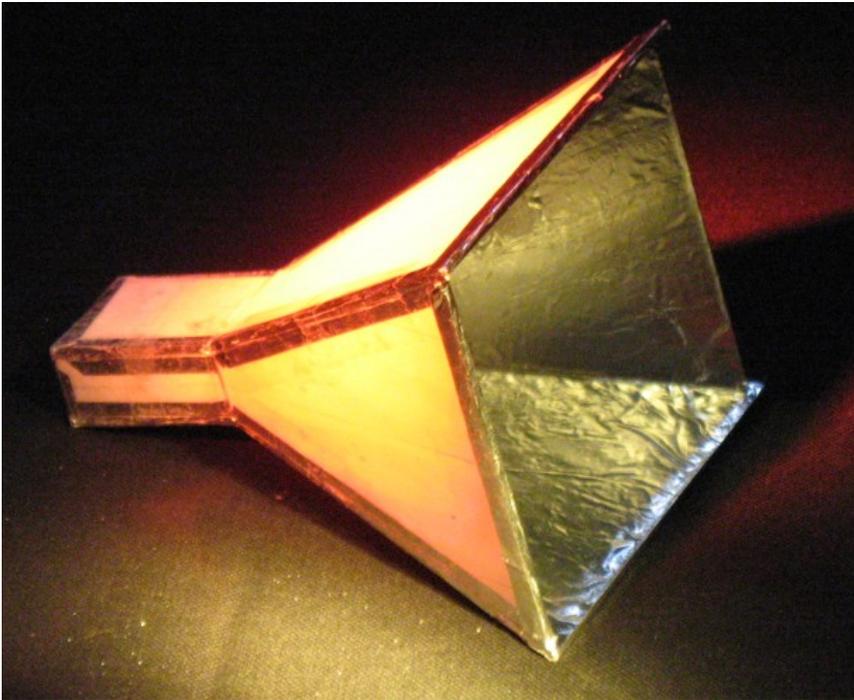
TP Antenne imprimée



La bande de cuivre rajoutée permet de venir régler la fréquence de fonctionnement.

Une antenne 2.4 GHz a une taille de 3cmx3cm sur un substrat FR4

TP Antenne cornet

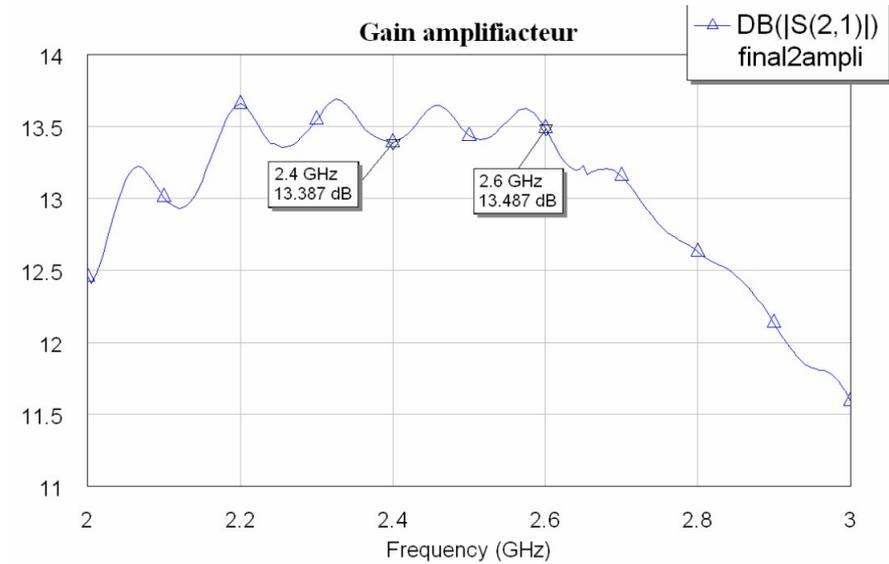


Réalisée à partir de feuilles de carton recouvertes de papier aluminium

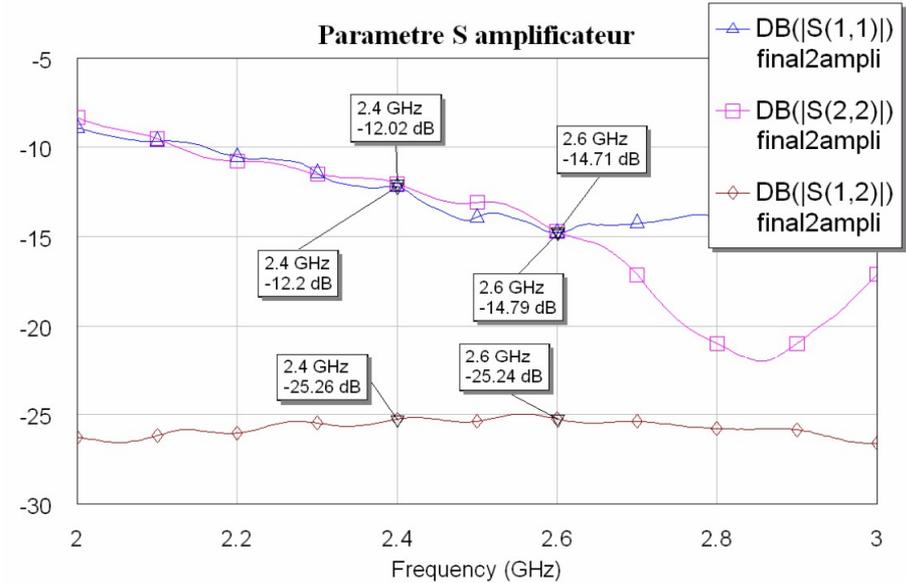
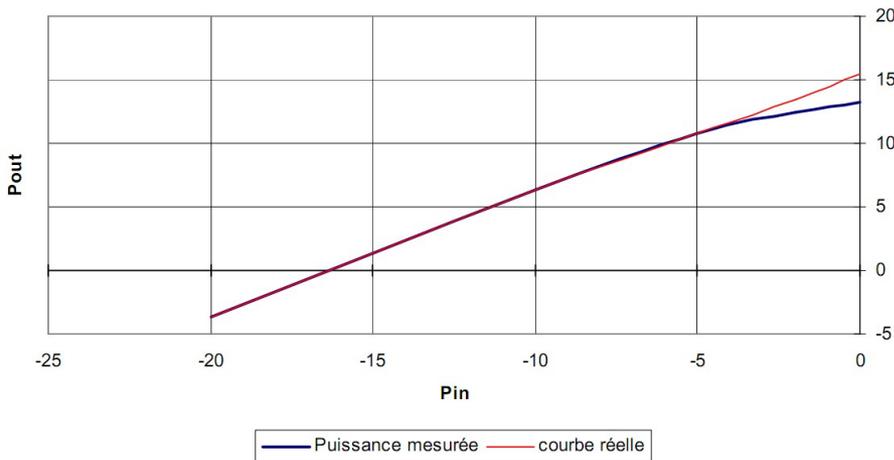
La taille de l'antenne renseigne sur sa fréquence d'utilisation. Ici il s'agit d'une antenne 8-12GHz

Une antenne cornet de 2 GHz est elle plus grande ou plus petite ?

TP Amplificateur: réalisation et mesure



Point de compression ampli 2.4Ghz



Projets

Travail collectif

Le détecteur de puissance

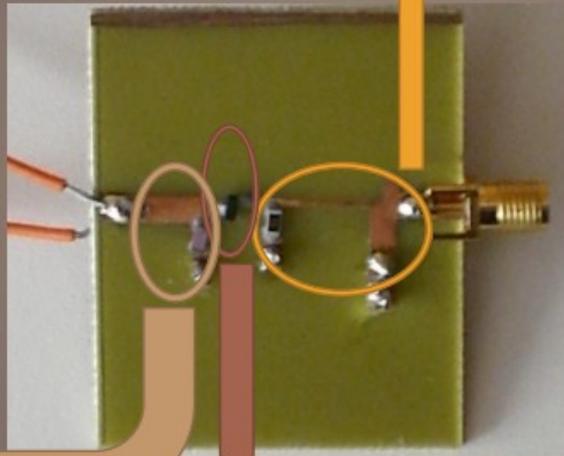
Détecte une onde à 2.412GHz
Délivre une tension continue
Module indépendant du brouilleur

Le but est de détecter un onde qui arrive pour pouvoir envoyer une fréquence qui permettra de brouiller le Radar Doppler

Filtre passe bas

Le condensateur réalise un filtre passe bas

Les hautes fréquences sont filtrées afin d'avoir une tension continue en sortie



Stub et résistance d'adaptation

Adaptation de la diode à 2,412GHz

Pas de réflexion donc puissance maximale en sortie

Ajout d'une résistance pour limiter les conséquences sur les erreurs et tolérances

Résistance de 330Ω déterminée arbitrairement suite aux tests effectués sur le paramètre S11 de la diode

Diode de puissance

La diode sert à fournir en tension une image de la puissance reçue

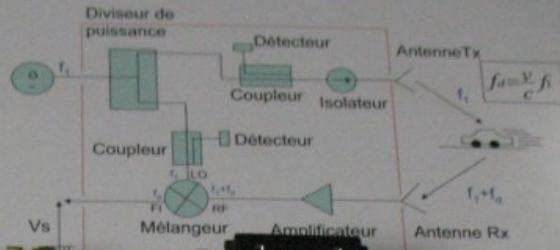
Diode hyperfréquence trois pattes difficile à adapter

DETECTEUR DE PUISSANCE A DIODE

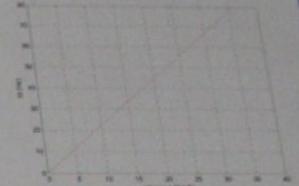


Projet tutoré

DUT GEII



Détecteur



Radar Doppler

Visualisation de cibles mobiles

$f_i = 2.4\text{GHz}$
 $P_{Tx} = 6\text{dBm}(4\text{mW})$
 $P_{Rx} = -40\text{dBm}(0.1\mu\text{W})$

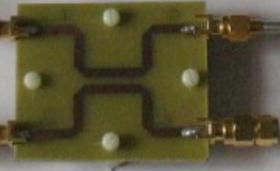
Diviseur de puissance



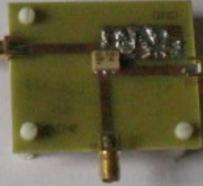
Coupleur



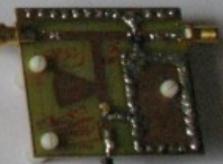
Isolateur



Coupleur



Mélangeur



Amplificateur

6 binômes - 6 projets - 40h. étudiants - 2 enseignants - 2 techniciens

Projet : Réalisation d'un réseau sans fil WLAN – FSK 2,5GHz

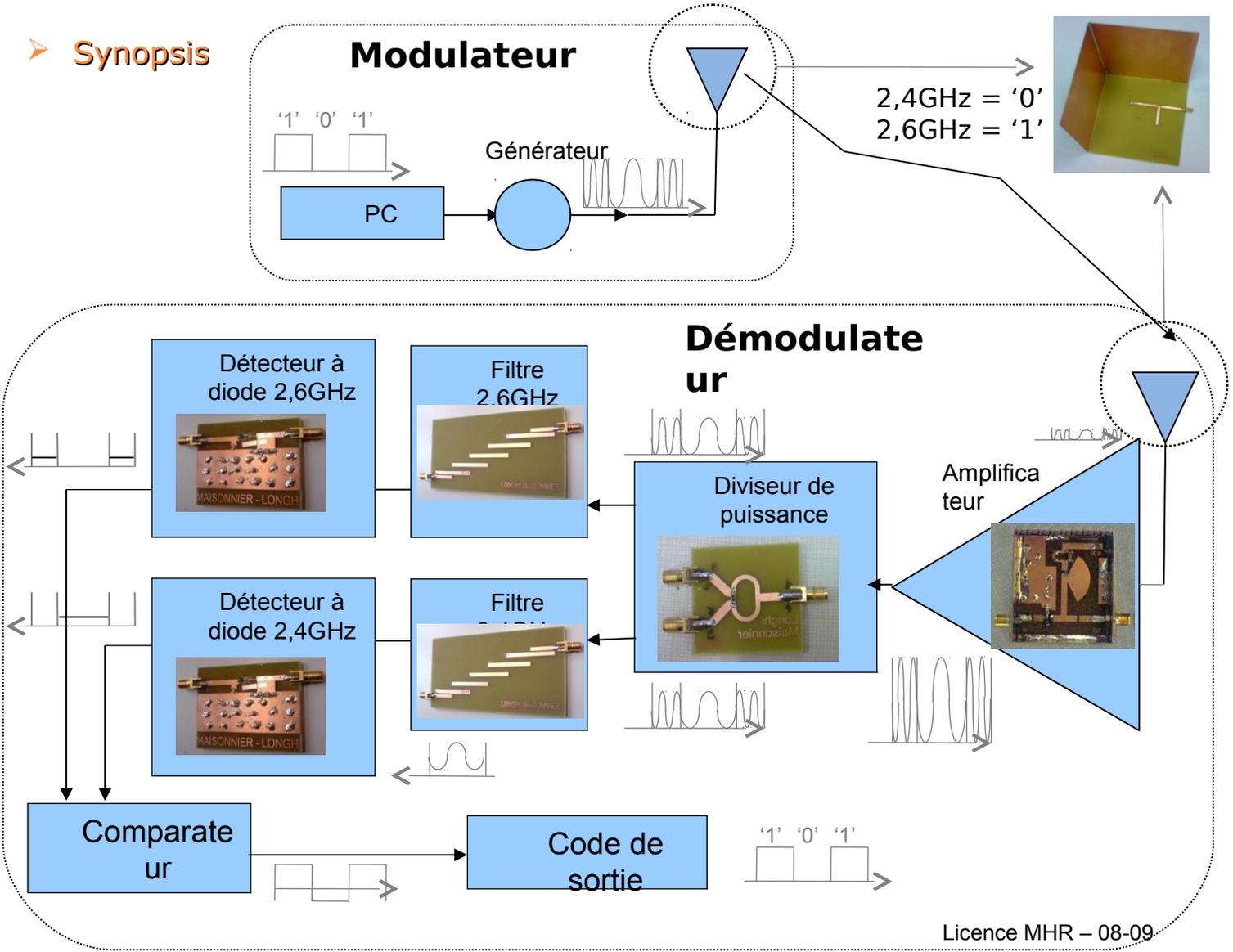
➤ Cahier des charges

- Pas de limitation en nombre de récepteurs
- Portée jusqu'à 10m
- Récepteur passif
- Mesure du taux d'erreur
- Infrastructure nulle
- Débit de 9 600 bauds
-

➤ Bilan de liaison

- Puissance générateur : 20dBm
- Gain d'une antenne : 2dBi
- Perte dans l'air : -40dB et -60dB
- Amplificateur : +15dB
- Diviseur : -4dB
- Filtre -10dB
- Détecteur fonctionne jusqu'à -50dBm

➤ Synopsis



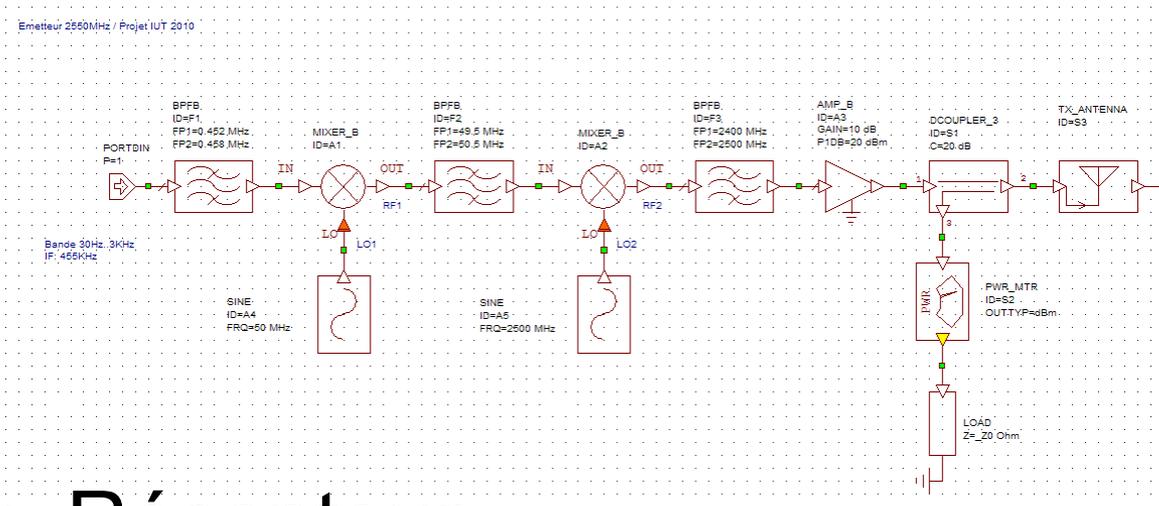


Réseau sans fil
WLAN FSK 2.5GHz

Amplificateur
Filtre 2.6 GHz
Détecteur 2.6 GHz
Diviseur de puissance
Amplificateur
Amplificateur
Filtre 2.4 GHz
Détecteur 2.4 GHz
Etage vidéo

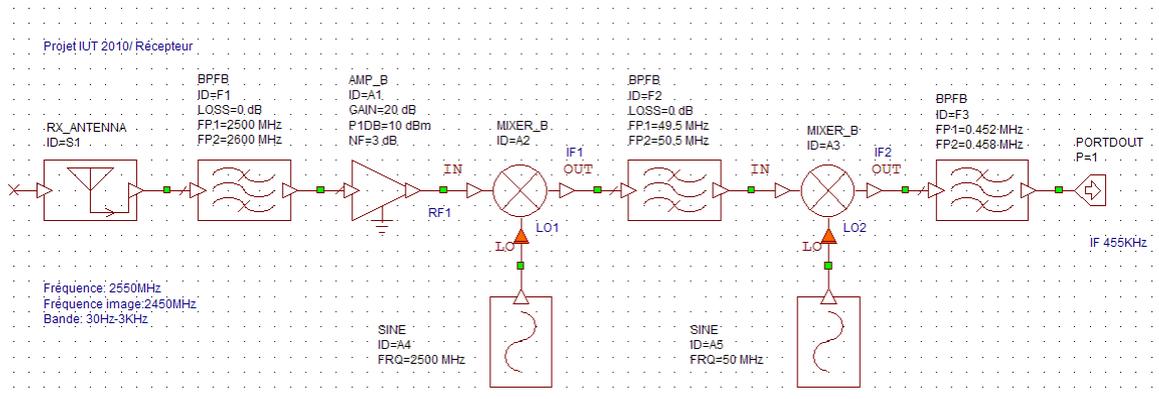
Projet: chaine de transmission superhétérodyne

- Émetteur

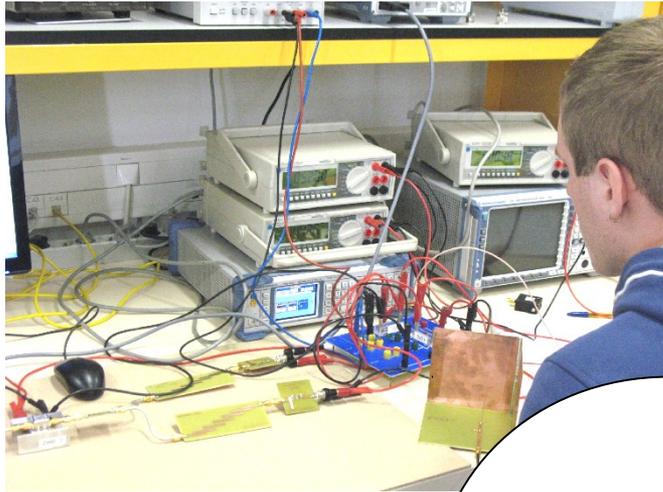


La structure permet d'augmenter la fréquence de 455 kHz à 2.5 GHz

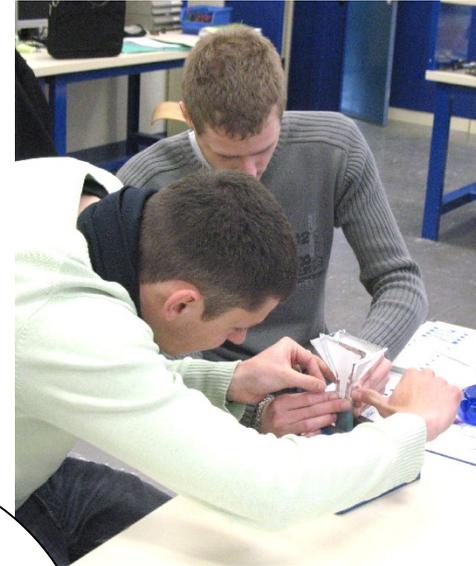
- Récepteur



Le récepteur permet d'abaisser la fréquence de 2.5 GHz à 455 kHz

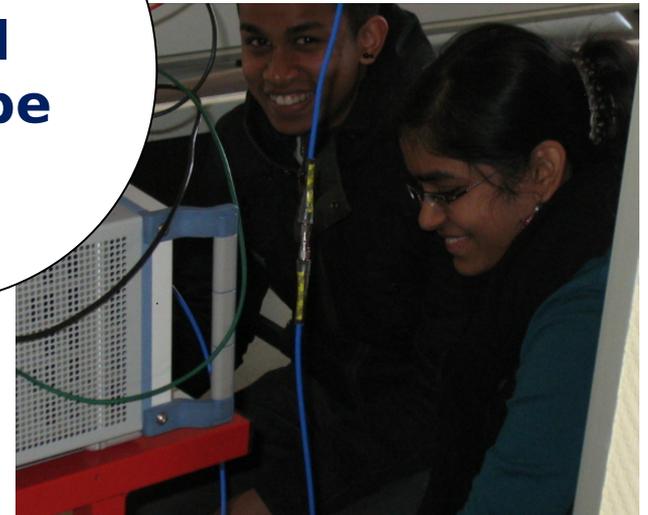


Compétences techniques



Autonomie

Travail d'équipe



**« savoir faire »
« savoir mesurer »**