

EASIER

Recherche des particules par leur signature radio



L'expérience AUGER

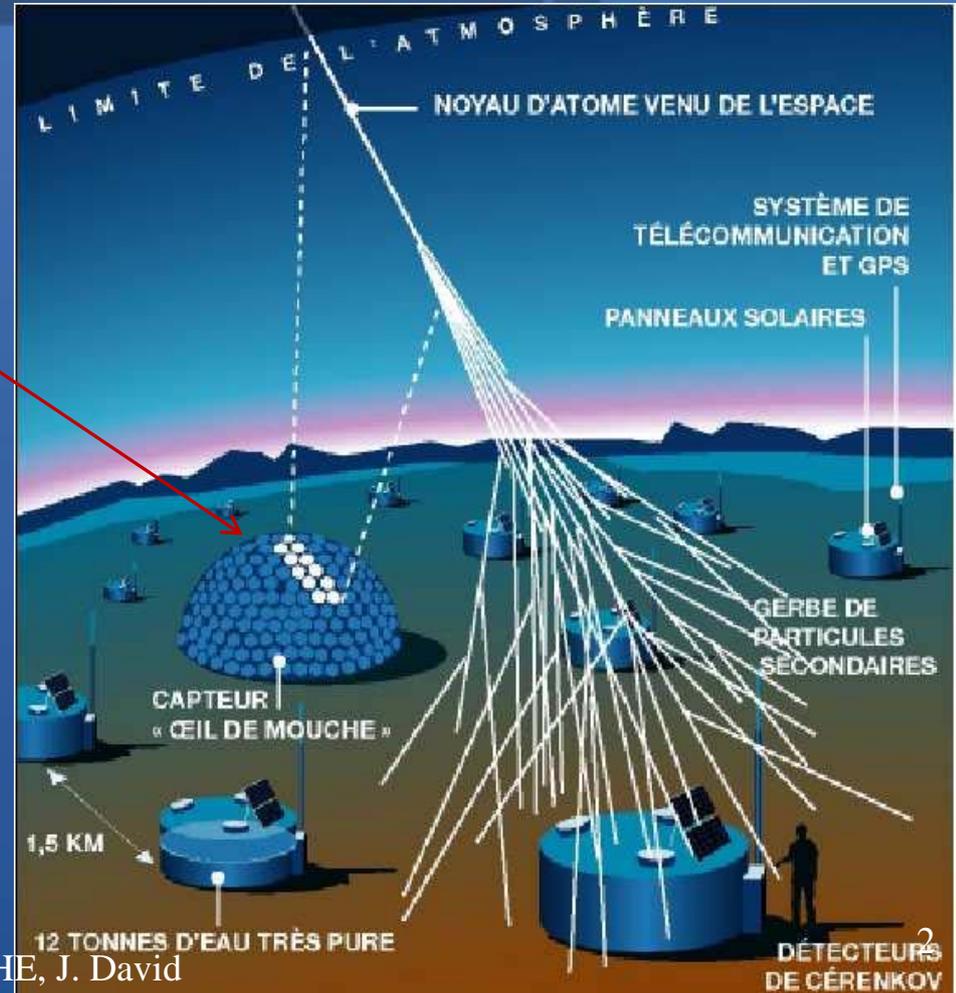
- 2 types de détecteurs
 - À fluorescence (*fly's eyes*)

- Cherenkov, cuve remplie de 12 tonnes d'eau et instrumentée par 3 tubes photomultiplicateurs



6 décembre 2013

Réunion électronique LPNHE, J. David

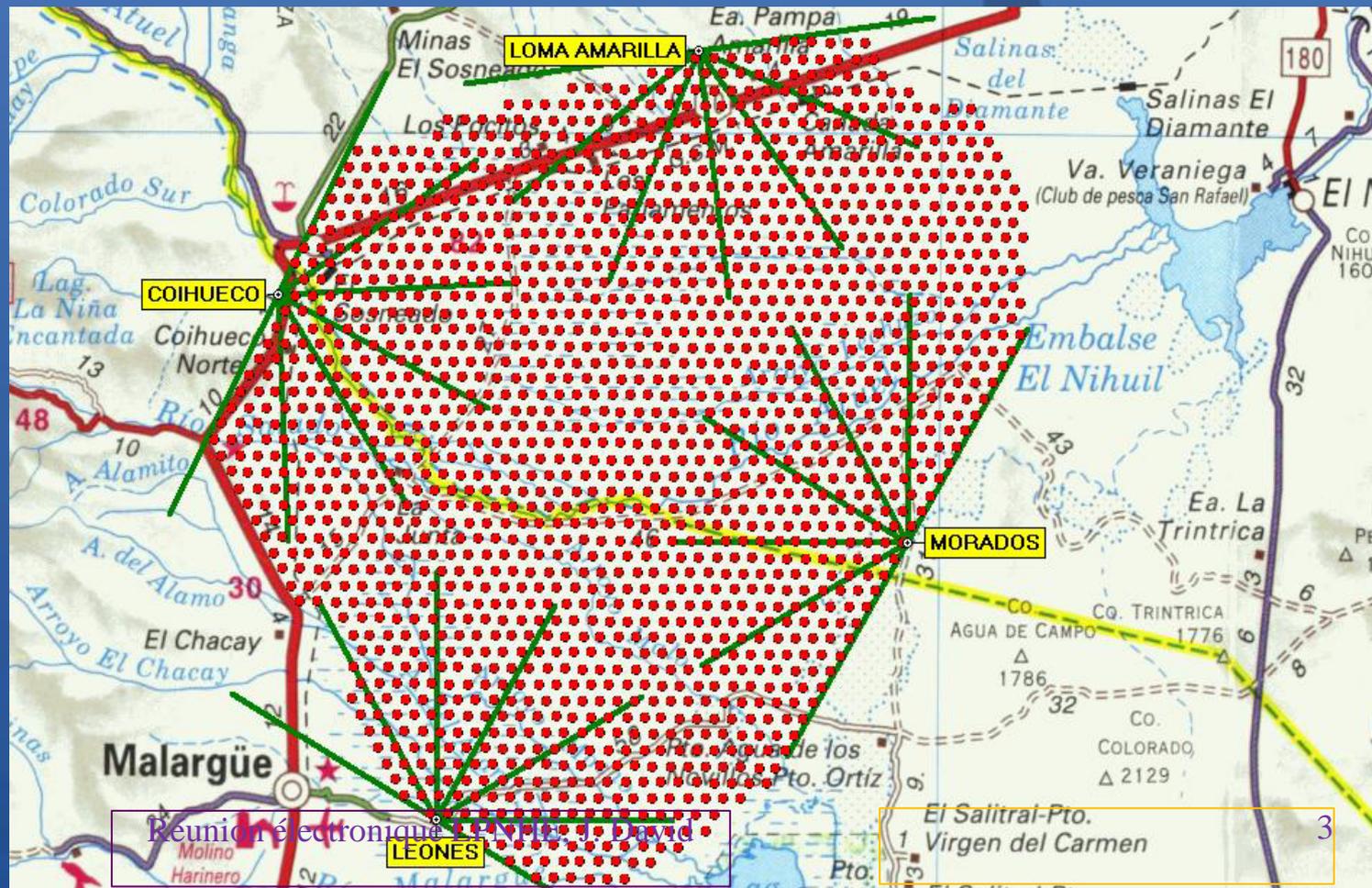


L'emplacement

1 600 cuves
espacées de 1,5
km

– 3 000 km² (55 x
70 km)

24 télescopes de
fluorescence sur
4 emplacements



La cuve Auger

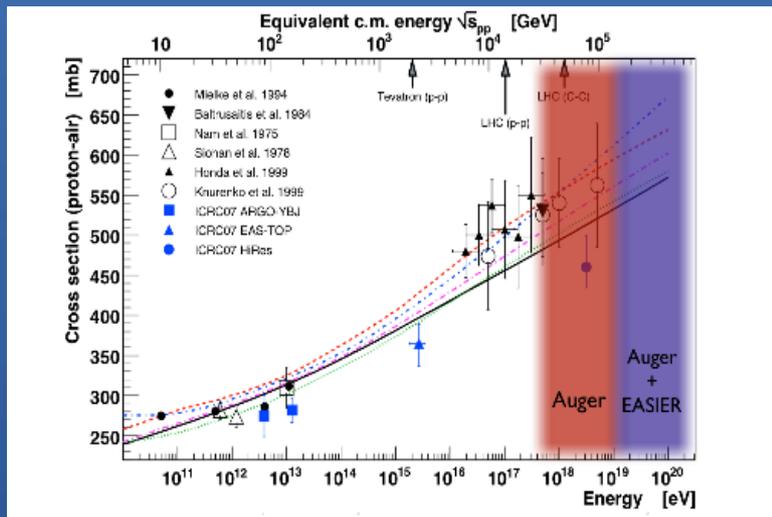
- Elle est constituée d'une cuve remplie d'eau, et surveillée par trois PM, dont on lit l'anode et la dernière dynode.
- Elle est alimentée par un panneau solaire qui charge une batterie de 24V.
- Les données sont envoyées par radio (~ 900 MHz) à un concentrateur, qui les transmettra (7 GHz) au centre, à Malargüe.

On démonte donc une des sorties du PM, et on branche à la place notre récepteur.



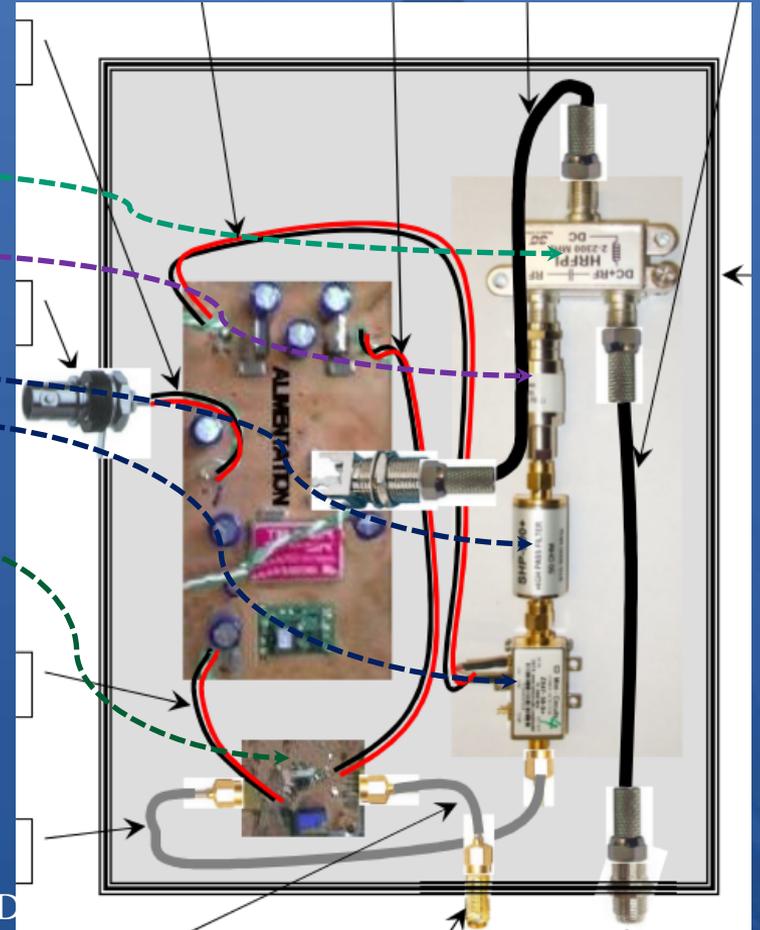
EASIER

- **Extensive Air Shower Identification with Electron Radiometers**
- Recherche des particules de très haute énergie par la signature radio de la gerbe électromagnétique
- Intérêt : augmenter la couverture en énergie (au delà de 10^{19} eV) et évaluer la forme de la gerbe



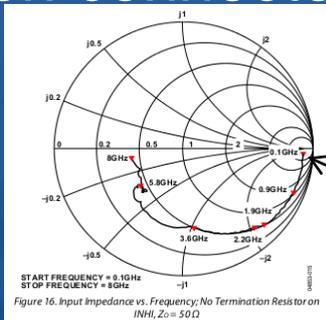
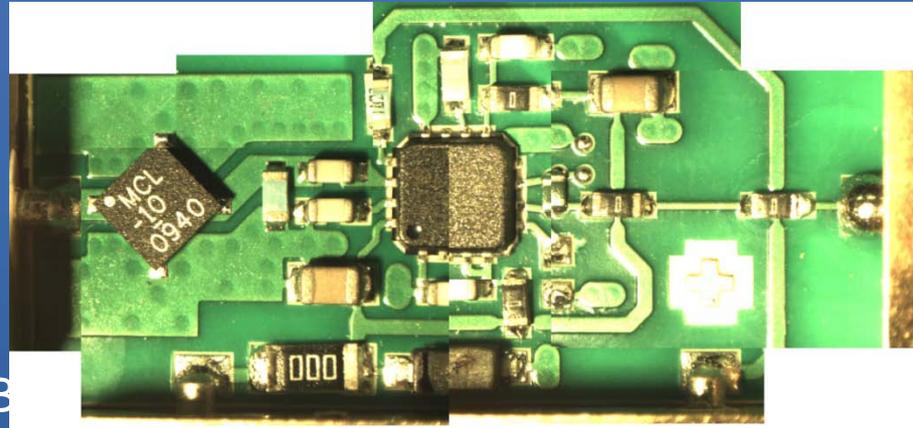
Principe

- L'antenne est alimentée par le câble d'arrivée, via un té de couplage (« *bias tee* »)
- Le signal d'antenne passe par un adaptateur 75 – 50 Ω
- Il passe par un filtre passe haut
- Il arrive au détecteur de puissance qui sort en positif
- Un circuit amplificateur le décale en négatif, et permet l'ajustement de la gamme
- L'alimentation, fournie par la batterie 24V, est distribuée aux différents éléments par des modules DC-DC



Le cœur du récepteur

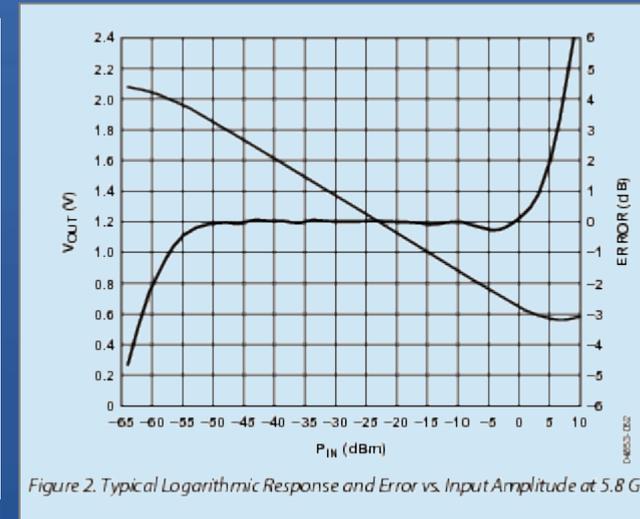
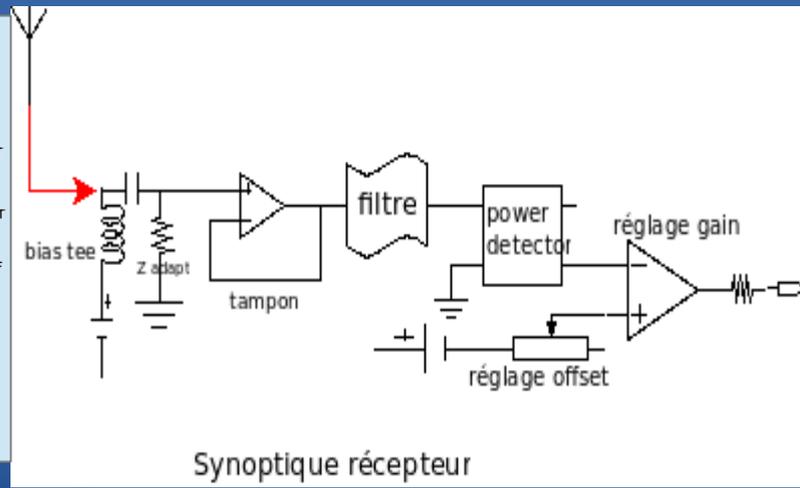
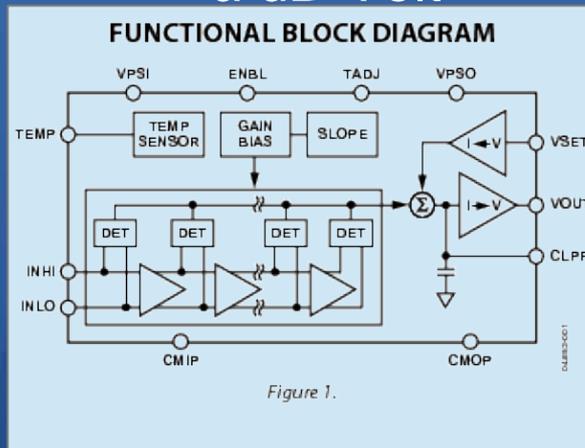
- C'est le « power detector »
 - Équipé d'un AD8318 (Analog Devices)
 - Bande passante : de 1 MHz à 8 GHz
 - Gamme dynamique 70 dB
 - Précis à ± 1 dB sur une gamme de 55 dB
 - T_m 10ns, T_d 12 ns
- En version connecteur, c'est le ZX47 de chez Mini-circuits (80€)



Pb : son impédance d'entrée n'est pas constante

Schéma du récepteur

- Le schéma est conçu autour du AD8318
 - C'est une série d'amplificateurs tension-courant, dont les gains vont en décroissance logarithmique. On approxime ainsi un amplificateur à dB-Volt

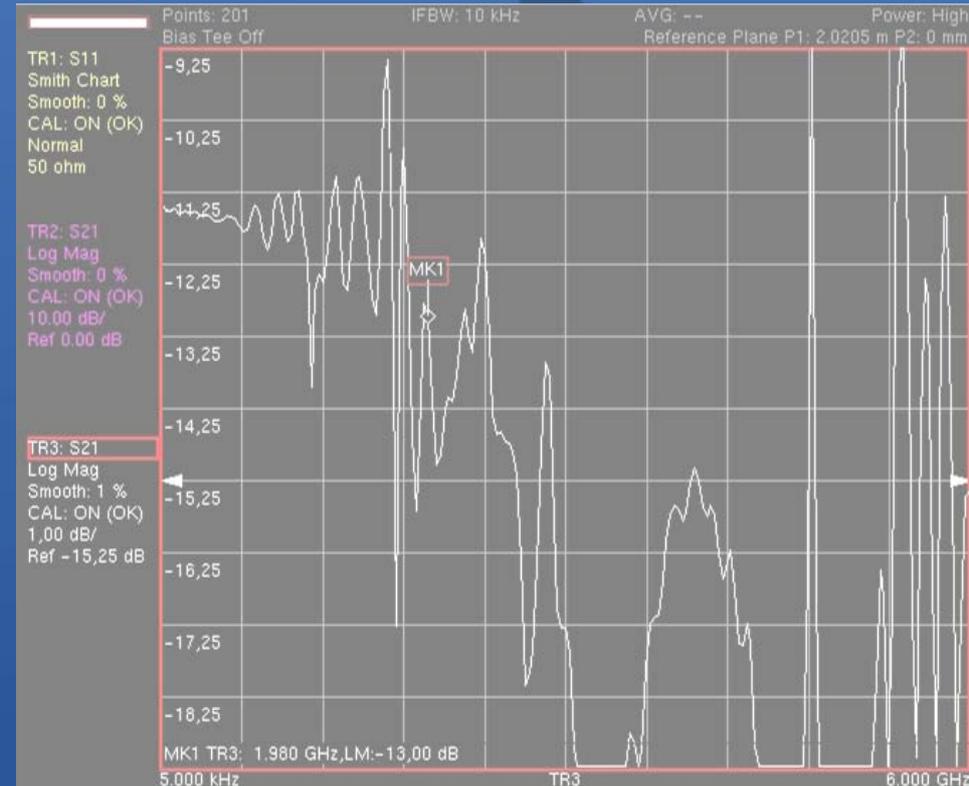


Les bandes de fréquences

- 30 à 60 MHz
 - Après la fréquence maximum de réflexion sur l'ionosphère
 - Avant la bande FM (88-108 MHz)
- La bande C (3,4 – 4,2 GHz)
 - C'est une bande de diffusion de satellite, pour pays tropicaux → antennes cornets peu chères, et changement de fréquence intégré dans le cornet (sortie de 0,8 à 1,6 GHz)
- La bande 1,2 GHz
 - En étude

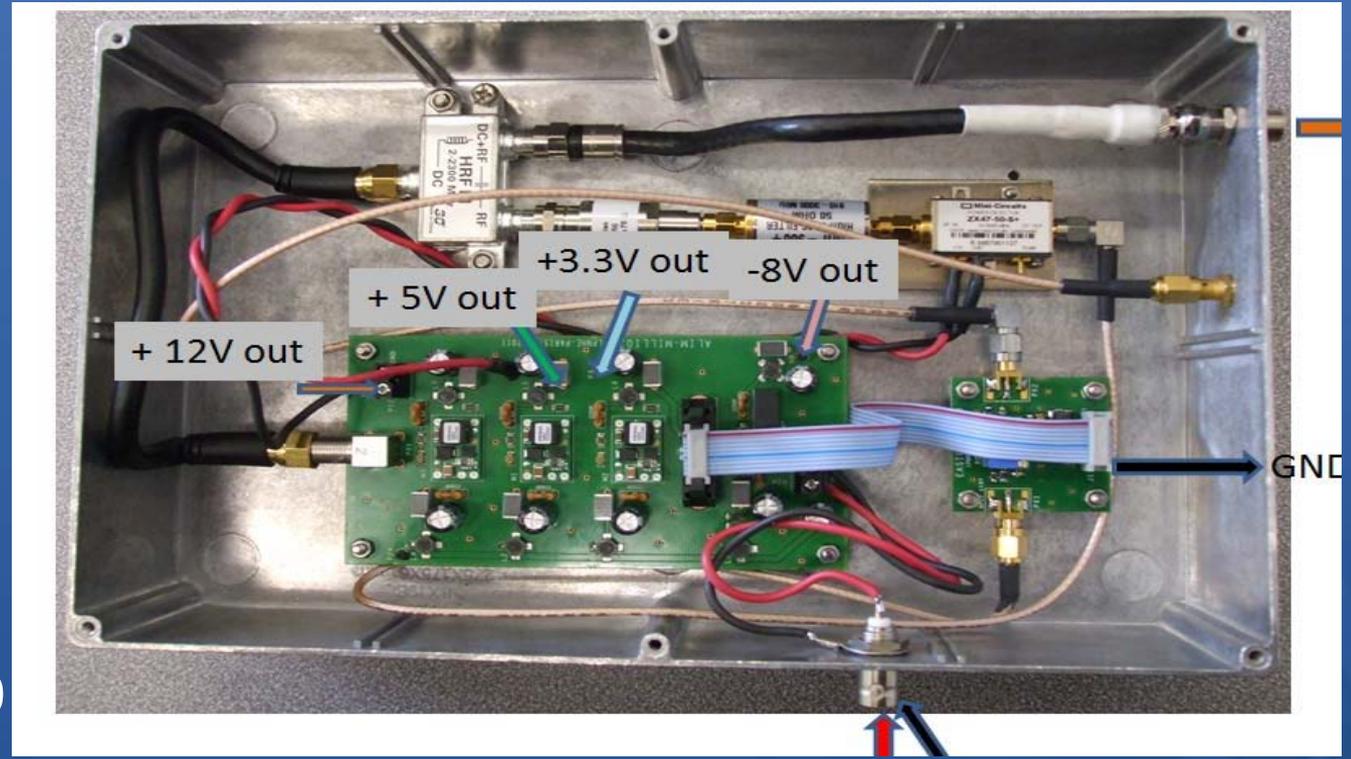
Problèmes

- Le prix, valable pour des protos, ne convient pas à une série
- Les DC-DC sont bruyants et ont un rendement faible
- Le premier ampli décaleur a une bande passante un peu faible
- Les connecteurs sont gros et difficiles à caser dans une boîte
- Faire un circuit capable de transmettre 2 GHz n'est pas trivial



1^{ère} étape : refaire une boîte GHz

- Demande :
 - Redessiner l'ampli décaleur
 - Redessiner les alims, avec des convertisseurs DC-DC, mais filtrés entrée & sortie
 - Fabrication de 60 boîtes



2^{ème} étape : refaire la carte décamétrique

- La première antenne était un simple dipôle « demi-onde », de grande largeur pour élargir la bande passante
 - La prise au vent trop importante les a détruit
 - L'alimentation et le signal passent par des câbles différents (*boucle de masse*)

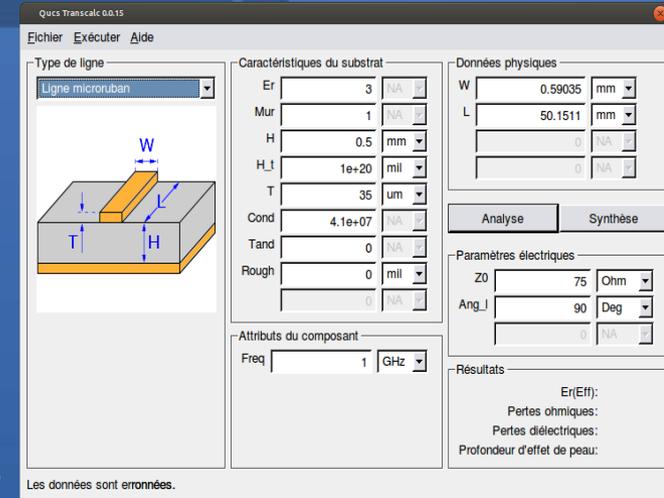


Mise en oeuvre

Si le principe est simple, et pour le décamétrique, tout va bien, pour le millimétrique, c'est une autre histoire.

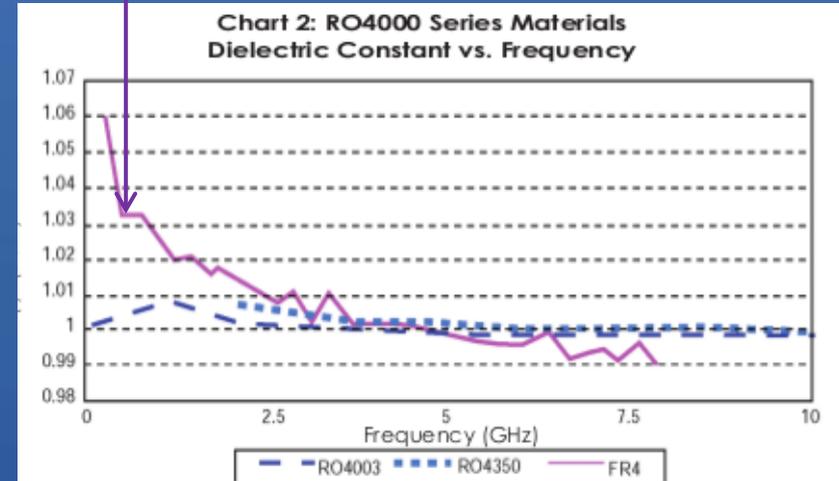
Si on veut respecter la réponse en fréquence sur la bande, cela implique :

- Que le circuit d'entrée voit l'impédance caractéristique de l'antenne, ici 75Ω , le plus finement possible. Sinon, il s'en suit des déphasages qui perturbent la réponse.
- Une ligne 75Ω n'est pas difficile à dessiner, mais elle dépend du ϵ_r du substrat, lequel varie avec la fréquence (pour le FR4)



Les substrats

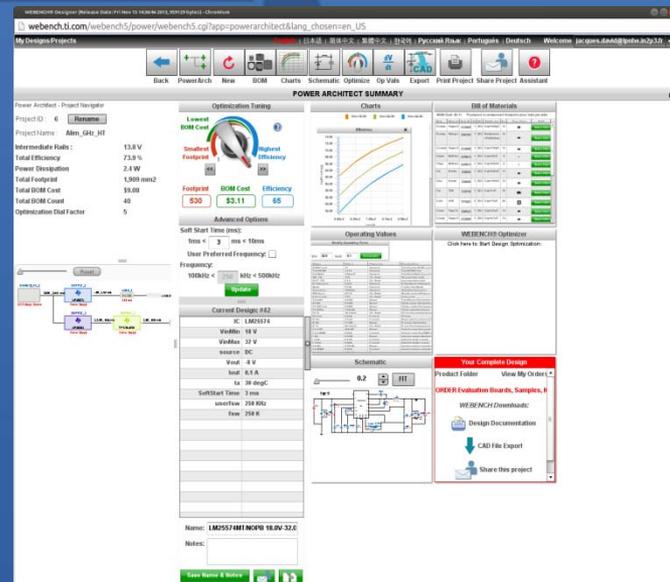
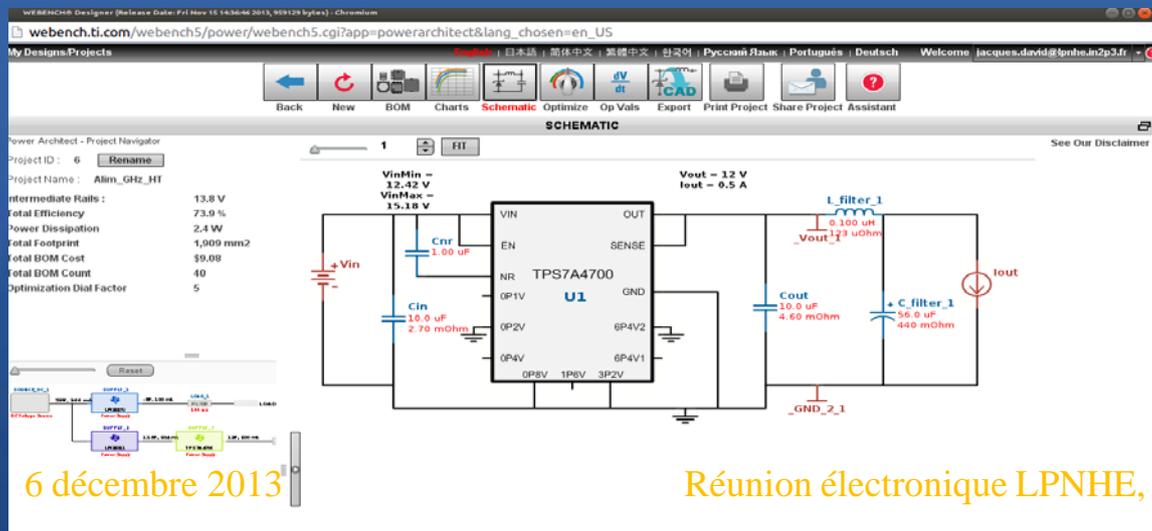
- Le FR4, constante diélectrique 4,6, mais 3,9 à 2 GHz
- La série RO4000 (Rogers), cher
- Le téflon, inabordable
- Les céramiques, même pas en rêve
- Heureusement, Eurocircuits propose le IS680, ϵ_r de 3,0 jusqu'à 10 GHz, à un prix raisonnable



Thermal Stress 10 sec @ 288°C (550.4°F)	A. Unetched B. Etched	Pass	Pass Visual	Rating	2.4.13.1
Dk, Permittivity	A. @ 2 GHz	3.00	±0.05	-	Bereskin Stripline
	B. @ 5 GHz	3.00	±0.05		Bereskin Stripline
	C. @ 10 GHz	3.00	±0.05		Bereskin Stripline
Df, Loss Tangent	A. @ 2 GHz	0.0035	±0.0005	-	Bereskin Stripline
	B. @ 5 GHz	0.0035	±0.0005		Bereskin Stripline
	C. @ 10 GHz	0.0035	±0.0005		Bereskin Stripline

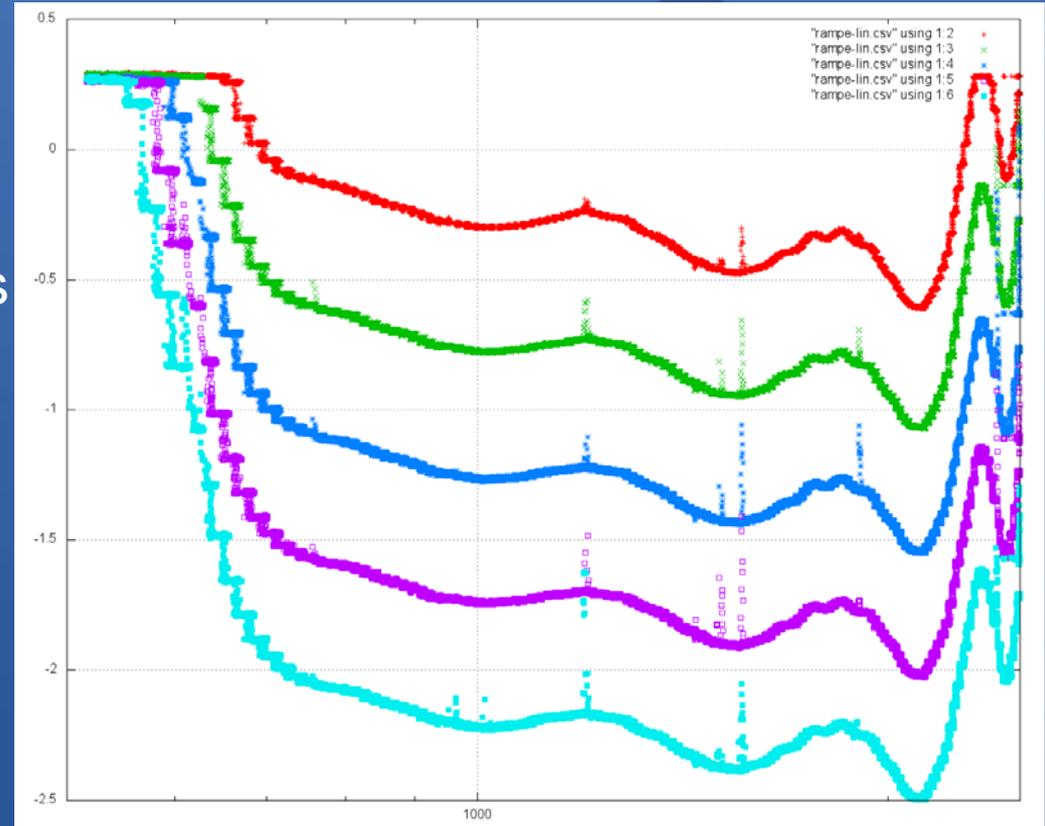
L'alimentation

- Pour éviter les connecteurs, j'ai tout mis sur la même carte.
- Étant novice en alimentation DC-DC, j'ai utilisé WEBENCH® Designer, excellent outil de Texas Instruments



Résultat (GHz)

- Le circuit n'est pas parfait, mais il fonctionne (nov 2013)
 - Le filtre n'est certainement pas très linéaire en fréquence
 - Par contre, le circuit est bien proportionnel en dB (espace identique entre les courbes)
 - L'ondulation dans la bande reste de l'ordre de 1,5 dB



Fin 2013

- Les 60 cartes GHZ sont montées et installées
- L'électronique nouvelle vient d'être installée à 5 exemplaires sur le site, elles ont l'air de fonctionner
- 20 cartes vont être réalisées au labo pour test
- Les cartes décamétriques sont en panne, dues (sans doute) à des décharges entre le plastique de la cuve et les brins de l'antenne, au niveau du préampli d'antenne (reprendre les mises à la terre)



Perspectives

- Le filtre GHz (mini-circuits) n'est pas très performant, il mériterait d'être amélioré
- L'antenne 1,2 GHz est prometteuse, à condition de filtrer les bandes des téléphones portables
- Bref, il faudrait réaliser des filtres à la maison, et vu les fréquences en jeu, les faire en circuit imprimé

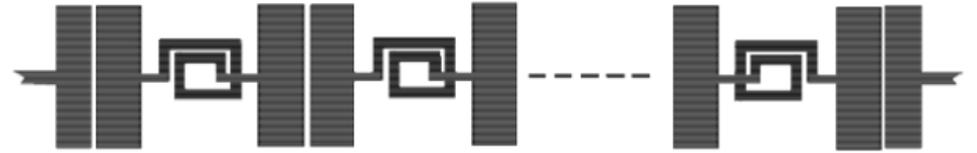


Figure 1-22. Exemple de réalisation d'un filtre passe bande « tubulaire ».

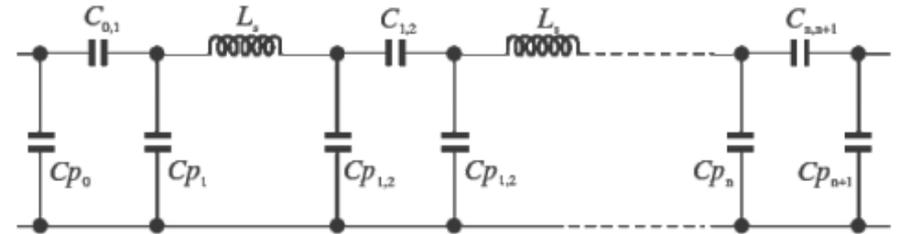


Figure 1-23. Circuit électrique équivalent au filtre « tubulaire ».

Des questions ?

