



Mesures de sensibilité du relais HB9FG au Gibloux

Christian Wüthrich, HB9TXW





Problèmes connus ?

Le relais HB9FG a subi diverses transformations.

La mise en service du relais Vertex 7000 a amélioré la qualité.

La sensibilité reste un point décevant !

- > **QSO non haché difficile !**
- > **Il ne marche plus comme avant !**
- > **Le Chasseral marche mieux !**
- > **Depuis que l'APRS est en service il est moins sensible !**
- > **La prise d'antenne a probablement un problème !**
- > **Le câble en aircell s'est rempli d'eau !**
- > **De toute façon, le 70 cm c'est moins bon que le 2 m !**



section Fribourg

RAF



Antenne du Gibloux



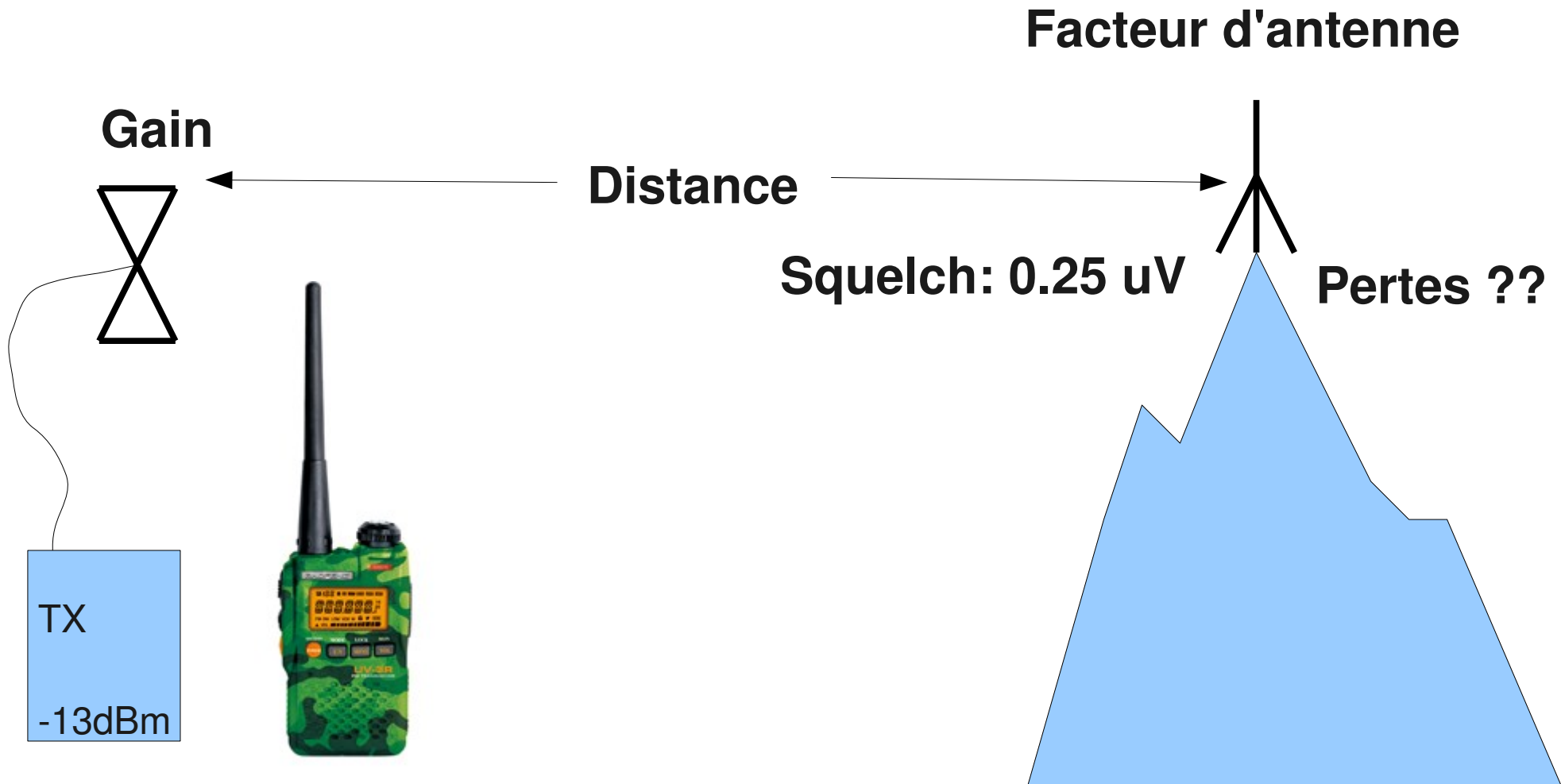


Difficultés liées au site du Gibloux

- **Accès difficile à organiser longtemps à l'avance**
- **Durée de travail parfois courte**
- **Accès à l'antenne acrobatique et uniquement par météo clémente.**
- **Accès au câble nécessite l'autorisation de 3 opérateurs de téléphonie.**
- **Solution: Mesure de sensibilité à distance**



Mesure de sensibilité





Détermination de la sensibilité à distance



- 1) Détermination de la puissance nécessaire pour ouvrir le relais**
- 2) Calcul du champ reçu par l'antenne du relais**
 - 1) Gain de l'antenne du TX**
 - 2) La puissance est diluée à la surface d'une sphère**
 - 3) Le champ est proportionnel à la racine de la puissance**
- 3) Estimation des pertes de la ligne entre antenne et RX.**
 - 1) Réglage du squelch**
 - 2) Facteur d'antenne**
 - 3) Pertes du câble.**



Mesure de sensibilité





Echelle des dB

- Echelle **logarithmique** de puissance qui exprime un **rapport**

$$X_{dB} = 10 * \log_{[10]}(P_1 / P_0)$$

- Si on travaille en tension:

$$Y_{dB} = 20 * \log_{[10]}(U_1 / U_0)$$

mW	0.01	0.1	0.5	1	2	4	10	20	100	200	1000
dBm	-20	-10	-3	0	3	6	10	13	20	23	30
μV	0.01	0.1	0.5	1	2	4	10	20	100	200	1000
dBμV	-40	-20	-6	0	6	12	20	26	40	46	60



Diminution du signal lors de la propagation



- **Dilution du signal à la surface d'une sphère dont le rayon est la distance TX – RX**
- **Pas d'absorption: $F < 500$ MHz, $d < 100$ km**

- $$P_s = G_{TX} \frac{P}{4\pi d^2}$$

- **Relation entre puissance et champ:**

$$P_s = \frac{|E|^2}{Z} \quad E = \sqrt{P_s Z} = \frac{\sqrt{G_{TX} P Z}}{2\sqrt{\pi} d}$$

$$Z = 120\pi = 377 \Omega$$



Gain d'antenne

Gain antenne isotrope

Rapport entre la **puissance rayonnée** par l'antenne et la puissance rayonnée par une **antenne isotrope**.

Gain antenne dipole :

Rapport entre la **puissance rayonnée** par l'antenne et la puissance rayonnée par une **antenne dipole**.

$$G=2.14 \text{ dBi} = 0 \text{ dBd}$$

Facteur d'antenne

Rapport entre le **champ** et la **tension** sur une charge (de 50 ohms)

Attention piège ! $G : [W/W] \Leftrightarrow FA : [(V/m)/V]$



Puissance reçue par une antenne

La puissance reçue par une antenne est donnée par le gain, la puissance incidente et la longueur d'onde.

$$P_r = \frac{P_s G_{RX} \lambda^2}{4\pi} \quad \text{Facteur qui tue!}$$

Le bilan de la transmission s'écrit (Equation de **Friis**):

$$P_r = P G_{TX} G_{RX} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

La tension reçue pour 50 Ohms vaut alors:

$$U_r = \sqrt{50 P G_{TX} G_{RX}} \frac{\lambda}{4\pi d}$$



Puissance reçue par une antenne

Petit exemple : puissance et tension reçue en fonction de la fréquence pour **100 km** de distance **1mW** émis et des antennes de **3 dBi** de gain

Frequence	Puiss. TX	Puiss. RX	U_RX
50 MHz	1 mW	9.11E-14	15.1 μ V
145 MHz	1 mW	1.08E-14	5.20 μ V
435 MHz	1 mW	1.20E-15	1.73 μ V



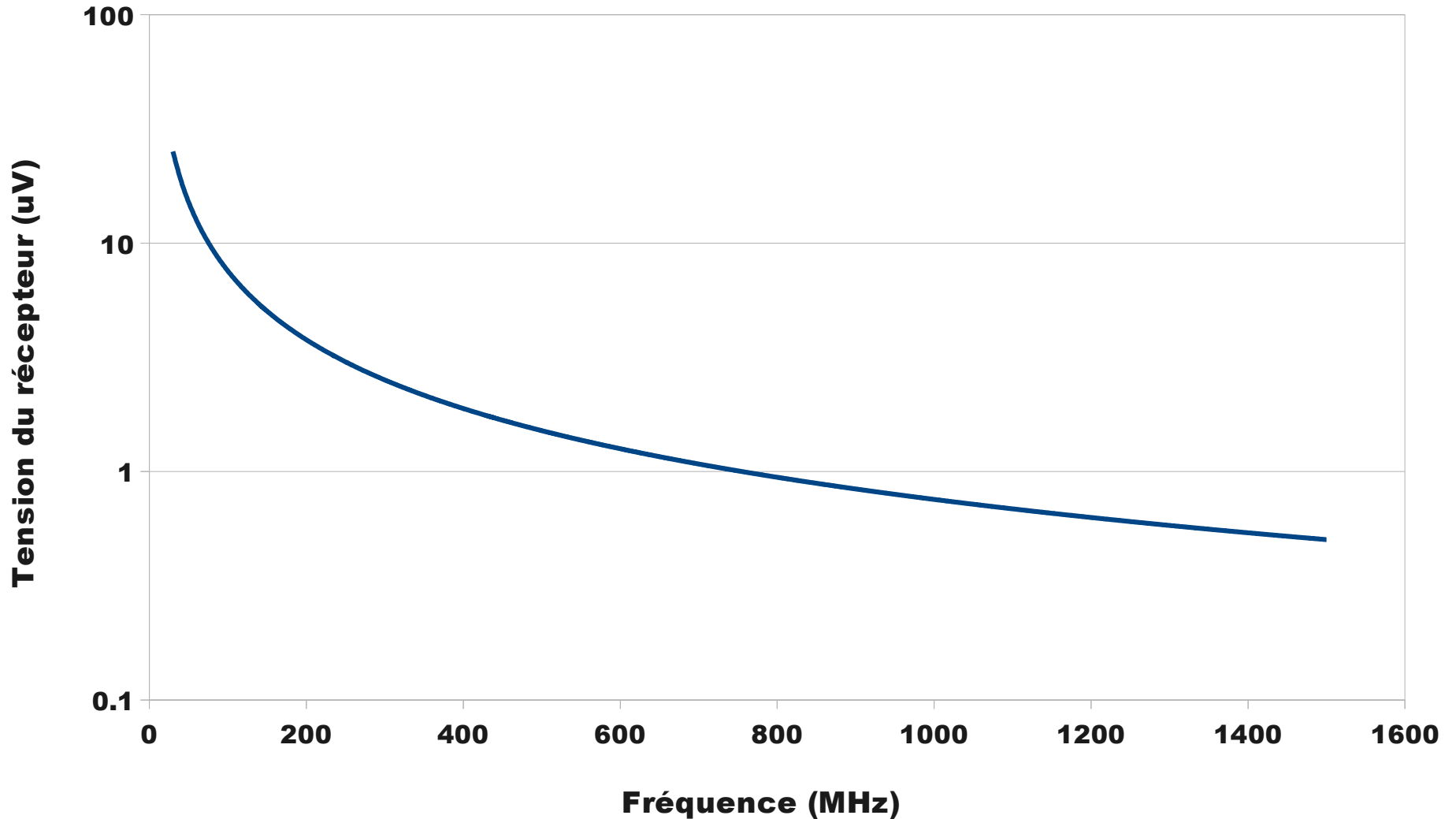
section Fribourg

RAF

Tension RX en fonction de la fréquence



Tension de réception en fonction de la fréquence





Facteur d'antenne

- Le **facteur d'antenne** est utilisé en **réception** pour convertir le **champ électrique** en **tension** d'entrée.
- Le **facteur d'antenne** est obtenu à partir du **gain**, en tenant compte de l'**effet de la fréquence sur la réception**
- Le **facteur d'antenne** est déduit de l'équation de **réception de l'antenne**.



Facteur d'antenne

➤ Nous avons la puissance reçue

$$P_r = \frac{P_s G_{RX} \lambda^2}{4\pi}$$

$$E = AF * U$$

$$\frac{U_r^2}{Z_0} = \frac{E^2}{Z} \frac{G_{RX} \lambda^2}{4\pi}$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{\frac{Z\pi}{Z_0 G_{RX}}} \frac{2}{\lambda} U_r$$

$$Z_0 = 50 \Omega$$

$$AF = \frac{2\pi f_{[MHz]}}{300} \sqrt{\frac{120}{G * Z_0}}$$

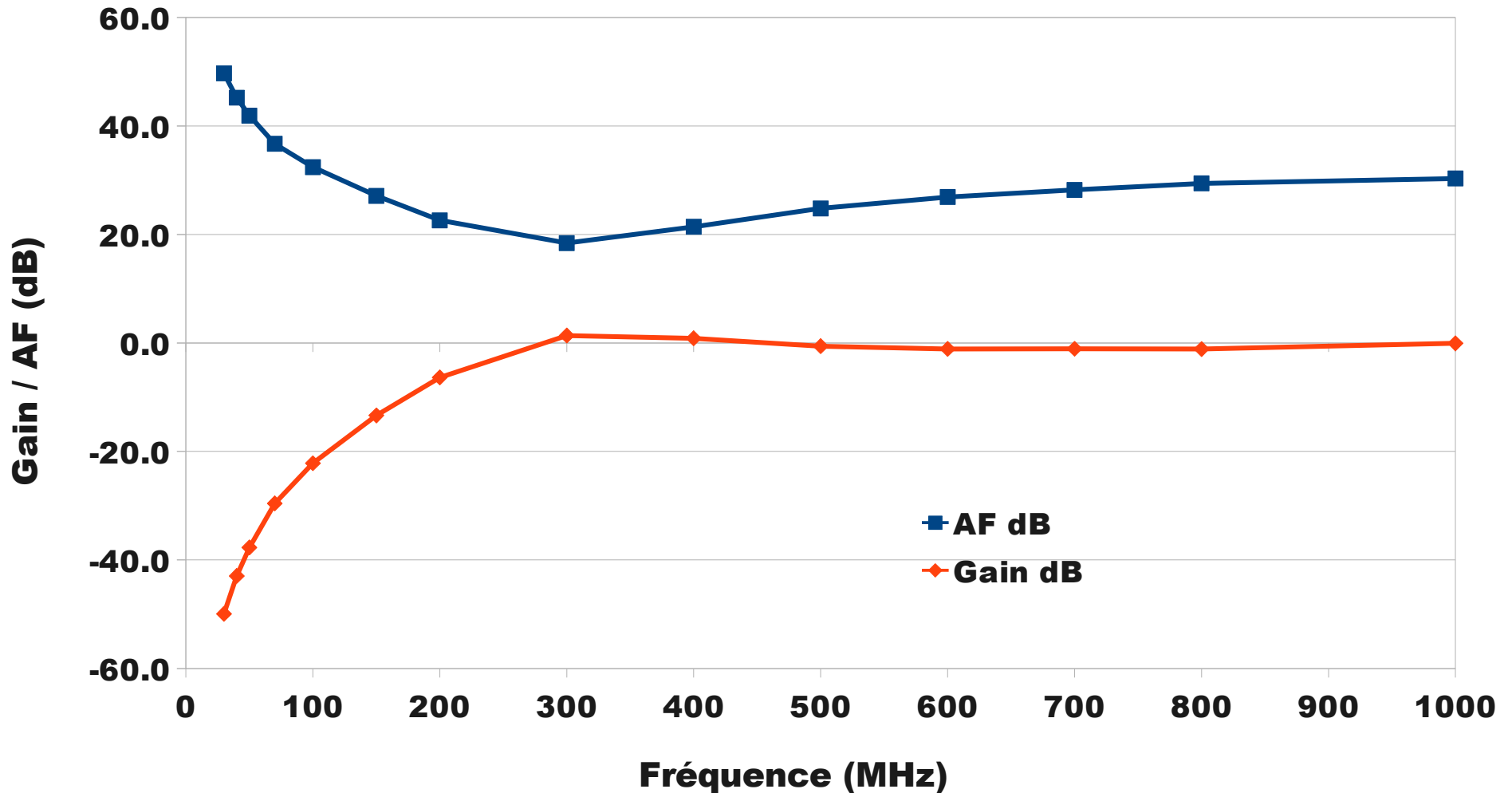
$$Z = 120\pi = 377 \Omega$$

$$AF_{[dB]} = 20 \log_{[10]}(f_{[MHz]}) - G_{[dB]} - 29.78$$



Gain / FA de l'antenne TX

Gain / AF en fonction de la fréquence





Bruit de Johnson-Nyquist

➤ Bruit thermique dans une résistance.

$$P_{JN} = k_b T \Delta f$$

$$u_{JN} = \sqrt{\frac{k_b T \Delta f}{R}}$$

$$R = 50 \Omega$$

Signal	Larg. bande	P_noise (Watt)	P_noise (dBm)	U_noise (μ V)
balise	1 Hz	4.14E-21	-173.8	0.003
CW	10 Hz	4.14E-20	-163.8	0.010
PSK RTTY	100 Hz	4.14E-19	-153.8	0.032
voix	1 kHz	4.14E-18	-143.8	0.102
FM	10 kHz	4.14E-17	-133.8	0.322
FM broad	100 kHz	4.14E-16	-123.8	1.017
	1 MHz	4.14E-15	-113.8	3.217
Télévision	10 MHz	4.14E-14	-93.8	10.17

En téléphonie, $R=50$ Ohms, $\Delta f=3$ kHz, Squelch $\sim 0.3 \mu$ V



Calcul de la distance: réseau kilométrique CH1903

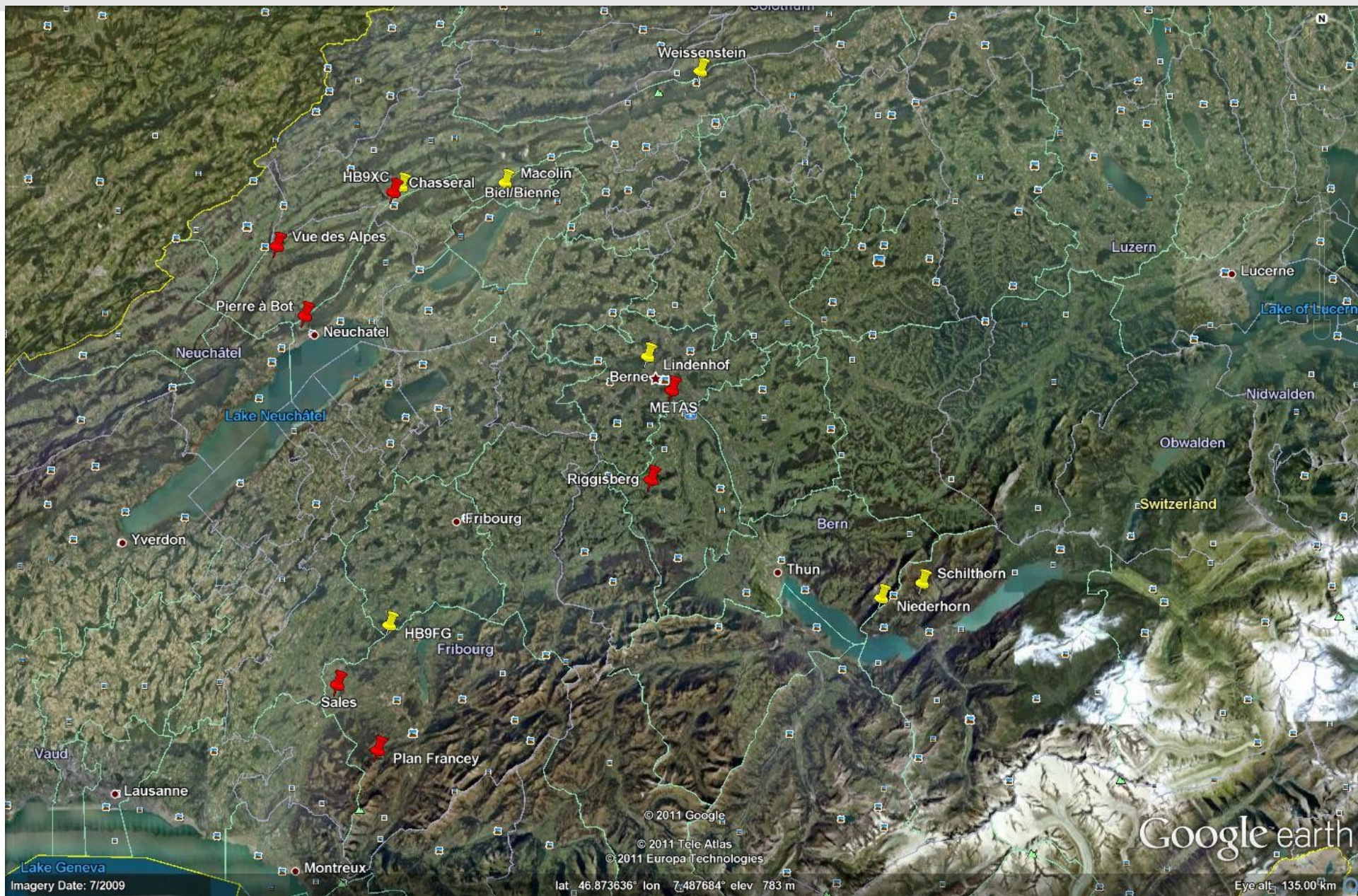
- **Coordonnées sphériques du GPS => Coordonnées cartésiennes de Swisstopo**
- **WGS84 <=> CH1903**
- **Pytagore => distance**

$$d = \sqrt{x^2 + y^2}$$

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/fr/home/products/software/products/skripts.parsysrelated1.45237.downloadList.79047.DownloadFile.tmp/ch1903wgs84fr.pdf>



Points de mesure





Puissances et champs minimaux nécessaires



P(dBm)	HB9FG	HB9XC	Weiss.	Nieder.	Linden	Schilthor	Macolin
Freq (MHz)	431.4	431.25	431.1	431.7	431.325	145.1	145.05
METAS		-9	-6	6	-17	10	1
Riggisberg	5	-8					
Pierre à bot	0						
Vue des Alpes	3						
Chasseral Hotel	2						
P. Francey	-3	2					
Sales	-13						
E (V/m)	HB9FG	HB9XC	Weiss.	Nieder.	Linden	Schilthor	Macolin
METAS		1.68E-06	2.50E-06	1.08E-05	5.45E-06	1.87E-06	7.86E-07
Riggisberg	9.49E-06	1.66E-06					
Pierre à bot	4.99E-06						
Vue des Alpes	5.72E-06						
Chasseral Hotel	4.66E-06						
P. Francey	9.09E-06	3.58E-06					
Sales	4.53E-06						



Pertes de quelques relais

Loss (dB)	HB9FG	HB9XC	Weiss.	Nieder.	Linden	Schilt	Maco
Freq (MHz)	431.4	431.25	431.1	431.7	431.325	145.1	145.05
Gain antenne	2	8	5	3	3	3	3
Facteur antenne	20.92	14.92	17.92	19.92	19.92	10.45	10.45
METAS		0.05	0.51	11.23	5.27	5.46	-2.09
Riggisberg	9.09	-0.07					
Pierre à bot	3.49						
Vue des Alpes	4.69						
Chasseral Hotel	2.91						
P. Francey	8.71	6.63					
Sales	2.66						

- Hautes pertes parfois liées à visibilité
- Pertes négative => gain d'antenne
- Répétabilité si bonne visibilité



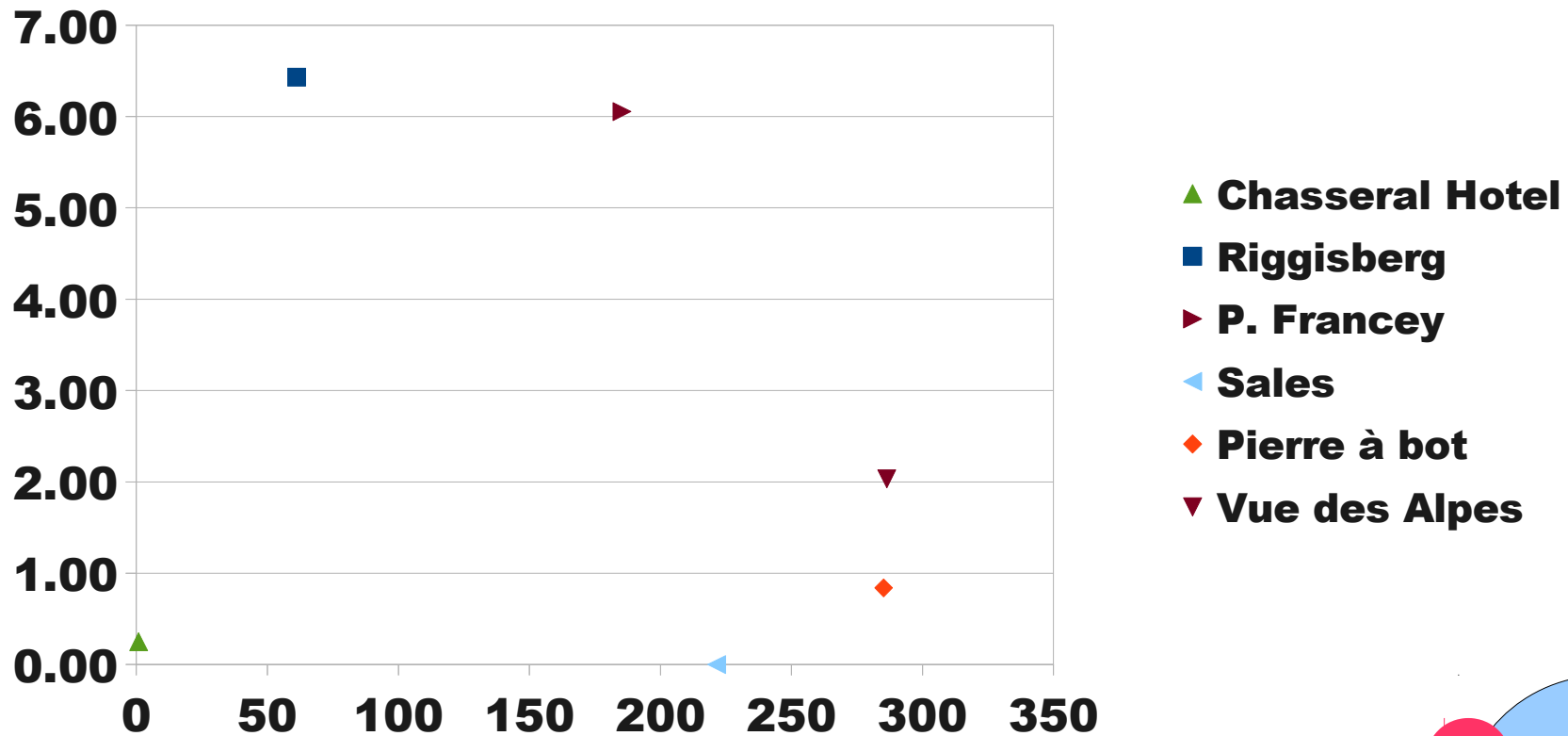
Bilan détaillé HB9FG

HB9FG	Puis. TX	Distance	Azimut	P. Surf	Champ	Pertes
Unit	dBm	km	°	w/m ²	μV/m	dB
Riggisberg	5	34.2	61.2	2.39E-13	9.49	9.09
Pierre à bot	0	36.6	285.2	6.59E-14	4.99	3.49
Vue des Alpes	3	45.0	286.4	8.68E-14	5.72	4.69
Chasseral Hotel	2	49.3	0.8	5.76E-14	4.66	2.91
P. Francey	-3	14.2	185.3	2.19E-13	9.09	8.71
Sales	-13	9.0	221.5	5.44E-14	4.53	2.66

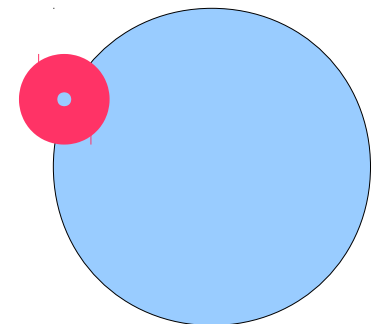
- **Antenne Procom CXL 2/70C G=2dBi**
- **Pertes de 30 m de aircell: 4 dB @ 435 MHz**
- **Peu de pertes dans duplexeur et diplexeur**



Pertes supplémentaires en fonction de l'azimut



Ombrage de l'antenne par la tour !





Position de l'antenne





Situation actuelle HB9FG

- Mesures équivalentes à différents emplacements
- Pertes du câble d'antenne, diplexeur, duplexeur inférieures à 3 dB
- Gain d'antenne limité à 2 dBi
- Bilan global 9 dB inférieur à HB9XC
- Ombre de la tour ajoute 10dB de pertes
- Amélioration du bilan => gain > 6 dBi



Comment exploiter HB9FG

- **Au moins une des conditions suivantes doit être remplie**
- **Antenne UHF avec gain**
- **Puissance de 20 W**
- **Travailler en vue du relais**



Conclusion: Vrai ou Faux

- **Le Chasseral marche mieux que le Gibloux.**
 - **Vrai**, à conditions équivalentes le Chasseral a besoin de **10 fois moins de puissance**.
- **Le câble est endommagé ou un raccord...**
 - **Faux**, la ligne a **moins de 3 dB de perte** ce qui est **excellent vu la longueur** et le nombre d'éléments
- **Il marchait mieux avant l'APRS.**
 - **Vrai**, l'ancienne antenne avait plus de gain.



Conclusion: Vrai ou Faux

- **Le VHF marche mieux que l'UHF.**
 - **Vrai** si l'on se contente d'antennes à faible gain.
 - **Faux** si l'on profite de la faible longueur d'onde en UHF pour utiliser des antennes à gain élevé.
 - Si on **double la fréquence**, il faut **3dB** de plus sur l'antenne du **TX et du RX**



Conclusion: Vrai ou Faux

- Le **6 mètres** est une bande **magique**.
 - **Vrai**, en **6 mètres** il me faut **9 fois moins** de puissance que en **2 mètres** et **80 fois moins** que en **70 cm** pour être au dessus du bruit, avec des antennes GP.
- Le **10 mètres** est la bande préférée de **HB9DLZ**.
 - **Vrai**, **HB9DLZ** avait **tout compris** sans faire les calculs.



Vos questions ?

