

APPRENTISSAGE

de la

Radio

Superhétérodyne

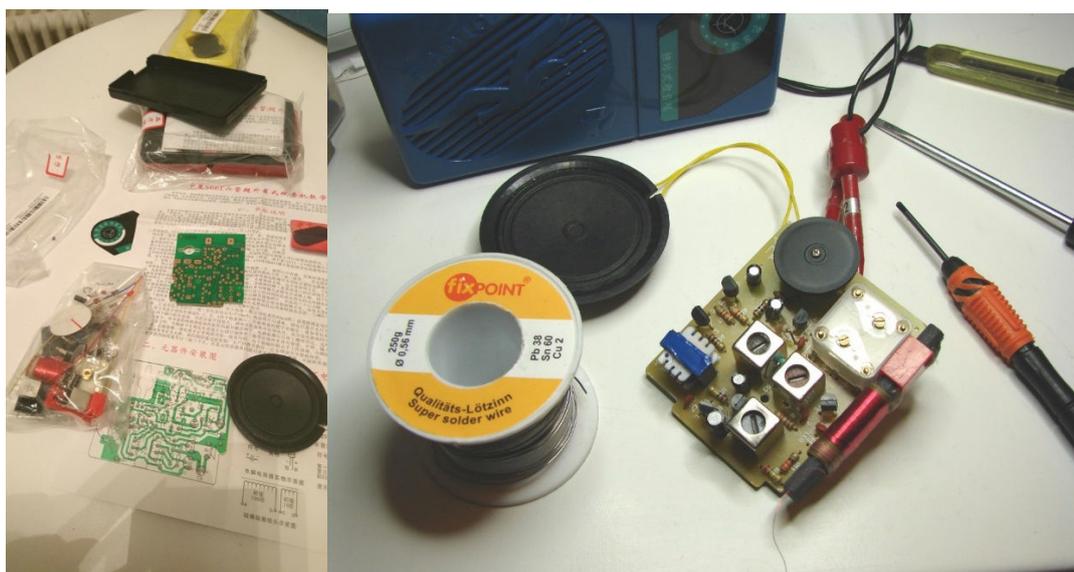
9018-2

9018-2 Six transistor superheterodyne radio teaching kit



1-Assembly Instructions

The circuit used in this educative 3V low voltage fully transistorized **super-heterodyne radio** is provided with installation and debugging instructions. It has the advantages of stable operation, loud sound, and low power consumption. It consists of an input stage with a high-level mixer, two-stages of Intermediate Frequency with detection level and AGC, low-level audio and power amplifier stage. The frequency ranges from **535 kHz to 1605kHz** in the **Medium Waves** band. The design of this circuit and the selection of the component was made by and approved by Radio professional engineers. In addition to further learning electronic technology during the assembly process, you can also master the electronic measurement and debugging technology, and you can do it in one fell swoop.



Part description:

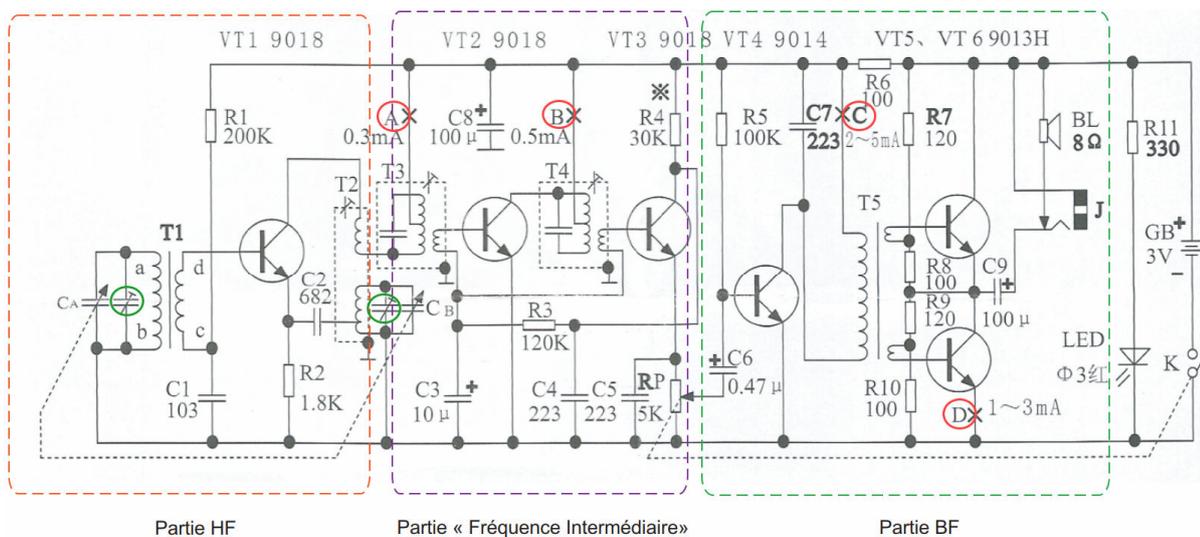
1 The **Intermediate Frequency** transformers (hereafter referred to as IF) are provided in one set. Please refer to the wiring diagram and the printed board diagram. T2 (Red) is the oscillating coil of the Mixer, T3 (White) is used in the first IF stage, and T4 (Black) is used in the second IF stage. These three IF transformers have been adjusted to the specified frequency before leaving the factory. They may only need a fine-tuning after installation, so please do not attempt to adjust too much. In addition to shielding, the metal IF transformers casing also act as ground return path, so the metal shielding must be reliably grounded.

2 T5 is the **audio transformer** driver, iron core. The bump mark on the frame is the primary, and the printed board also has the dot mark. The wiring diagram can be clearly seen on the printed board. Do not install it reversed (you can also check the orientation with a multimeter).

3 VT5, VT6 (marked 9013) are **medium power transistors**. Please do not confuse with VT1 - VT4 high frequency low power transistors because their shape and position are the same. VT1-VT3 are marked 9018, VT4 is marked 9014, please don't install them wrongly.

4 The component parameters and values are referenced in the electrical schematic.

2-Electrical Schematic



Notes:

1. Please make sure to re-connect the transistor jumps A, B, C, D after measuring the collector currents.
2. If the gain of the second IF stage is too low, the resistance of R4 can be changed and the sound will increase.

Installation process requirements:

Please start with low-profile and heat-resistant components first (such as resistors), then continue with larger components (such as IF transformers), and finally install components that are fragile (such as transistors).

- 1 Resistor installation: please read the resistor value. After verifying the distance between the two holes, bend the resistor after you decided to mount it horizontally or vertically on the circuit board.
- 2 The length of the ceramic capacitor and the transistor leg cutting should be moderate. They should not exceed the height of the middle circumference. The electrolytic capacitor should be placed vertically and very close to the surface of the circuit board.
- 3 The magnetic rod coil (T1) is made of insulated self-welding wire, can be scraped with a knife or sandpaper. The four rod coil leads can be directly plated with a soldering iron and rosin core soldering wire to the circuit board copper pads.
- 4 After the double variable tuning capacitor is installed close to the board, the upper part of the component in its circumference is cut with a diagonal pliers before soldering. In order to avoid obstacles during installation or tuning, please trim the components that may affect the dial tuning (cut T2 and T4 pins and grounding lugs, double connected three lead pins, potentiometer switch legs).
- 5 Installation of the LED: Please first install the LED on the circuit board, then mount it on the plastic casing, and align the LED body with the casing hole before soldering it.
- 6 After the speaker is placed in its recess, the soldering iron will be used to melt the plastic: First press the horn to prevent it from loosening later, then sink the surrounding three plastic pillars on the edge of the horn.

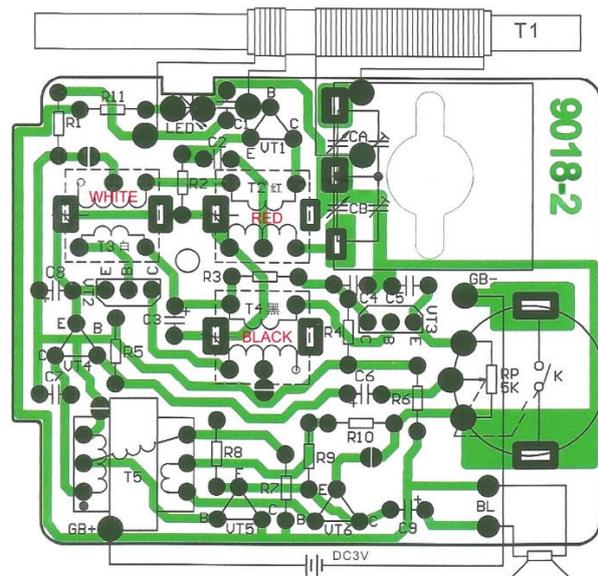
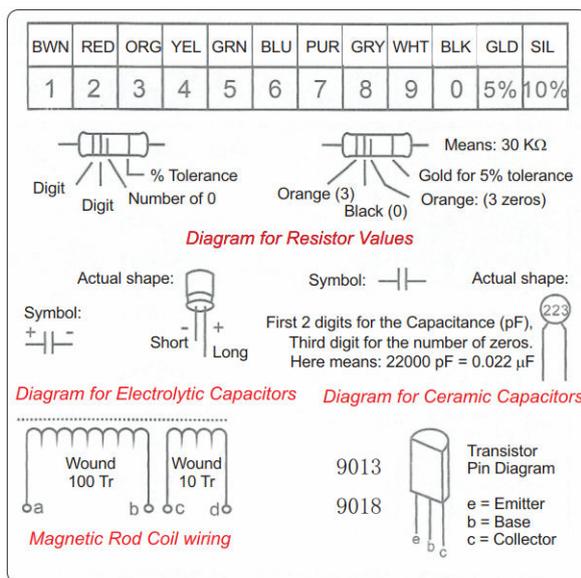
Option: Installation of an earphone socket:

The earphone socket and the electrical schematic could be changed to a stereo one to allow the universal use of any small earphones such as MP3 or similar.

3-Bill of Materials

Nr	Part	Description	Location	Qty	Nr	Part	Description	Location	Qty
1	Triode	9018	VT1, 2, 3	3	18	Ceramic Capacitor	682, 103	C2, C1	1, 1
2	Triode	9014	VT4	1	19	Ceramic Capacitor	223	C4, C5, C7	3
3	Triode	9013H	VT5, VT6	2	20	Double Variable Cap.		CA	1
4	LED		LED	1	21	Receiver Front casing			1
5	Ferrite Rod		T1	1	22	Receiver Back casing			1
6	IF Transf.	Red, White, Black	T2, T3, T4	1, 1, 1	23	Scale, Sound grid			1, 1
7	AF Transf.		T5	1	24	Tuning Dial			1
8	Speaker		BL	1	25	Potentiometer Dial		K	1
9	Resistor	100 Ω	R6, R8, R10	3	26	Ferrite Rod Bracket			1
10	Resistor	120 Ω	R7, R9	2	27	Printed Circuit Board			1
11	Resistor	330 Ω, 1.8 K	R11, R2	1, 1	28	Assembly Manual			1
12	Resistor	30 K, 100 K	R4, R5	1, 1	29	Battery Contacts	Set of 3		1
13	Resistor	120 K, 200 K	R3, R1	1, 1	30	Connecting wires			4
14	Resistor	5 K	RP	1	31	Earphones Jack		J	1
15	Electro Cap.	0.47μF	C6	1	32	V-Cap and Dial Screws			3
16	Electro Cap.	10μF	C3	1	33	Potent. Dial screw			1
17	Electro Cap.	100μF	C8, C9	2	34	Self tapping screw			1

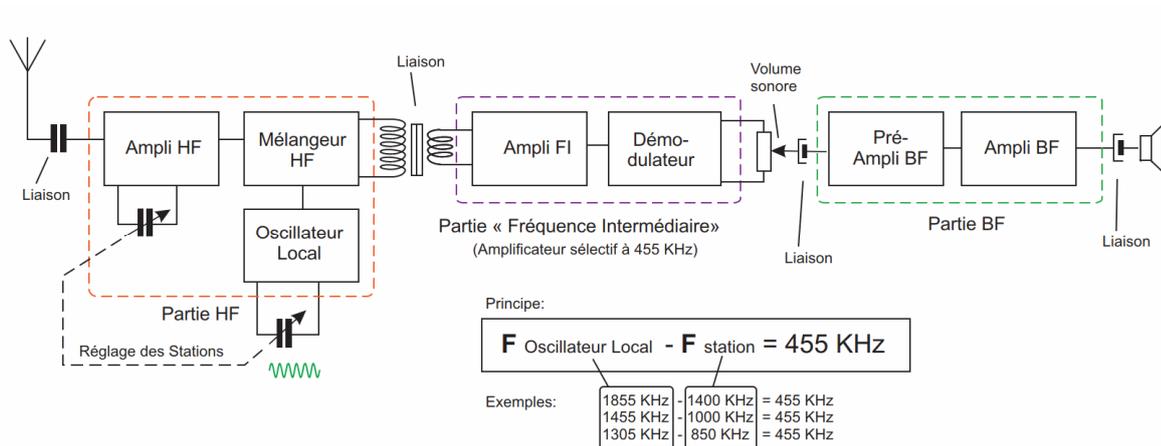
4-Color Code, Parts details and Component Placement (vers. S66E)



Debugging:

With the Potentiometer switch turned off, and the battery installed, connect the multi-meter (using the 50mA range) in parallel with the switch terminals (Amp-meter acting as a closed switch). Check that the drained current is less than 10 mA, so you could now turn on the potentiometer switch.

Continuous currents: use the multi-meter to check the 4 x Transistor currents through the gaps in order: **D,C,B,A**(please refer to the schematic). If the values are correct, you could now solder the 4 x gaps. Turn the volume to maximum and adjust the dual dial to receive the radio. After the circuit board is installed, screw it. The radio is now complete. Due to this user manual limitation, please refer to relevant literature for the working principle, adjustment of intermediate frequency, adjustment of frequency range. We believe that by assembling this teaching receiver, you will definitely acquire a lot of new knowledge!



Relation entre fréquence et longueur d'onde.

Exemple : sachant que la vitesse de la lumière Cest de $300 \cdot 10^6 \text{ m/s} \approx 300.000 \text{ km/s}$.
 si la fréquence $f = 3 \text{ MHz}$, la longueur d'onde $\lambda = 100 \text{ m}$ ($300 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ divisé par 3 MHz).

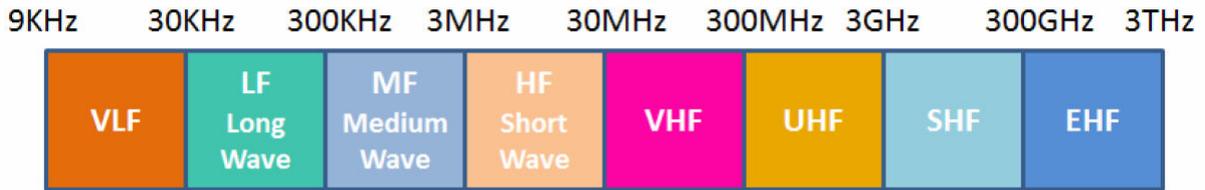
En radiodiffusion, on parle des bandes GO, PO, OC en modulation d'amplitude.

GO : 155 à 353 kHz // PO : 522 à 1 611 kHz // OC : 3 à 30 MHz
Respectivement : "Grandes Ondes" - "Petites Ondes" - "Ondes Courtes"
 (Ces qualificatifs se réfèrent à leurs longueurs d'onde).

Autre appellation :

MF Medium Waves - Ondes moyennes
Fréquences : de 300 kHz à 3000 kHz (3MHz).
Longueurs d'ondes : de 1000 m à 100 m (dites hectométriques).

Radio Frequency Spectrum

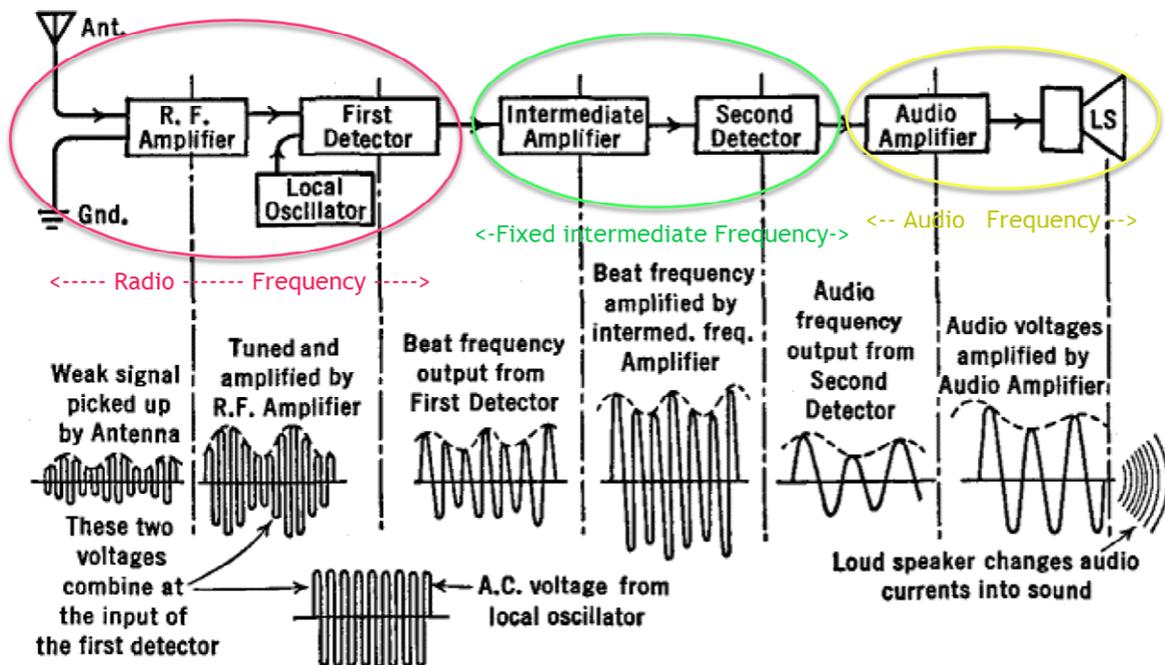


VLF = Very Low Frequency
 LF = Low Frequency
 MF = Medium Frequency
 HF = High Frequency

VHF = Very High Frequency
 UHF = Ultra High Frequency
 SHF = Super High Frequency
 EHF = Extremely High Frequency

Après la disparition des stations françaises émettant en ondes moyennes (PO), puis en grandes ondes (GO) avec l'arrêt de France Inter en 1996, de Europe 1 début 2020 puis de RMC en mars, il ne reste plus que RTL en GO, la BBC, radio Alger et des émetteurs espagnols en PO le soir accompagnés du « fading » ! Si nous utilisons notre récepteur 9018-2, qui pouvons-nous donc capter de **535 kHz à 1605 kHz** c'est-à-dire entre **560 m et 187 m** en Europe ? A cette fin, veuillez consulter l'annexe 1.

Préambule :



Dans le chapitre 1, nous nous consacrerons à l'étude de la radio fréquence dite « haute fréquence », à l'amplification du signal reçu par l'antenne, à sa sélection et à sa transformation en une fréquence unique pour l'ensemble des stations reçues et appelée fréquence intermédiaire.

Dans le chapitre 2, nous étudierons l'amplification du signal intermédiaire ainsi que la détection du signal audio.

Enfin, le chapitre 3 aura pour objet la restitution du signal audio en sons audibles c'est-à-dire la transformation du signal électrique amplifié en des vibrations sonores.

Il est à remarquer que le montage et le test des différentes parties de cette radio super hétérodyne (nous verrons la signification de ce terme par la suite), doit commencer de préférence par l'ordre inverse des chapitres afin de faciliter la compréhension et la mise en route des différents étages.

Nous conseillons donc de suivre les 3 étapes suivantes :

- 1) Montage de la partie basse fréquence explicitée au chapitre 3.
- 2) Montage de la partie fréquence intermédiaire reprise au chapitre 2.
- 3) Montage de la partie haute fréquence faisant l'objet du chapitre 1.

Bonne chance et bon apprentissage !

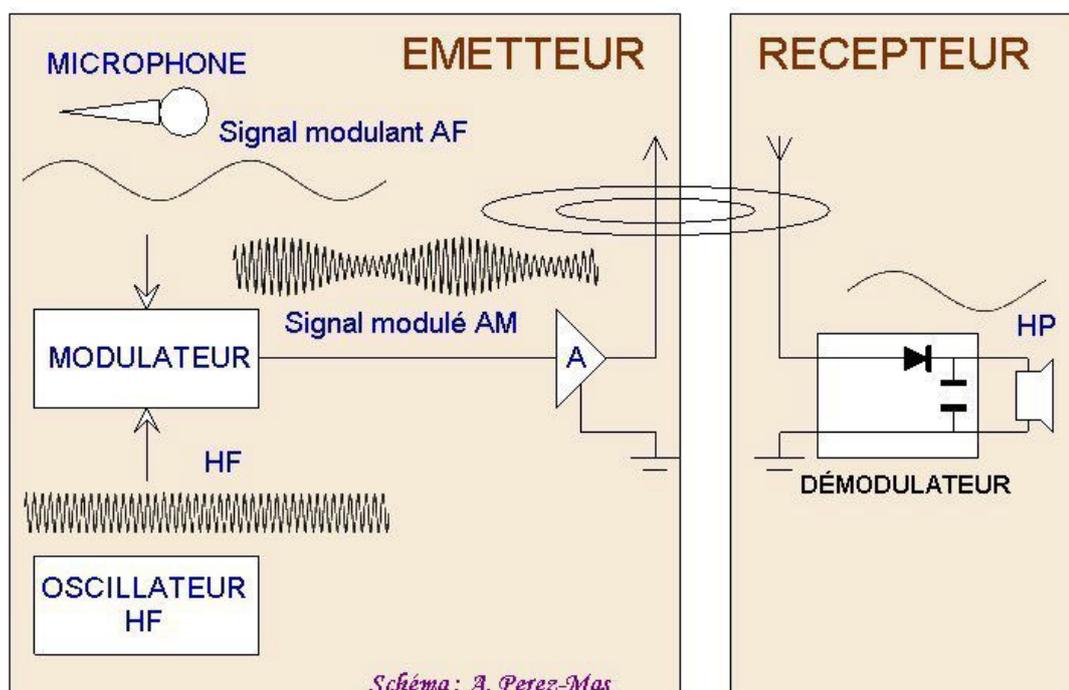
Chapitre 1 : Mise au point de l'étage Haute Fréquence

Comment transporter à distance, par exemple un son tel que celui capté par un microphone, vers le haut-parleur d'un récepteur distant ?

Observons d'abord que les fréquences des sons audibles (audiofréquences AF), même très fortement amplifiées, ne peuvent pas se propager à grande distance vu leur faible fréquence (100 Hz à quelques kHz). La HF (Haute Fréquence) si ! Mais transporter une sinusoïde HF d'amplitude et de fréquence constantes ne présente aucun intérêt car elle n'incorpore, telle quelle, aucun signal utile.

Comment alors incorporer notre signal AF à la sinusoïde HF ?

Réponse : grâce à un dispositif appelé *modulateur d'amplitude*.



Le signal qui en résulte (« Signal modulé AM » sur la fig.) n'est plus une sinusoïde pure (puisque modulée) mais sa fréquence est la même que celle de la sinusoïde HF. Après amplification et mise en antenne, ce signal se propagera dans l'espace sous forme **d'onde électromagnétique**.

L'antenne du récepteur le recueillera quoiqu'affaibli sous forme de courants induits HF.

Dans le récepteur, les courants HF de l'antenne, même fortement amplifiés, seraient incapables d'actionner directement le haut-parleur. Sa membrane est faite pour suivre les oscillations sonores à des fréquences audibles, pas aux fréquences HF.

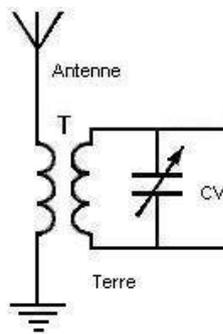
Il est donc nécessaire d'extraire la composante AF du signal d'antenne, c'est le rôle du démodulateur. C'est pour cette raison que la haute fréquence est aussi appelée « onde porteuse » (carrier en anglais).

Un grand nombre d'émetteurs existent de par le monde et tous induisent dans votre antenne de réception leurs propres HF modulées avec des AF diverses ...

Il s'agit maintenant de sélectionner seul l'émetteur désiré.

Cela s'appelle : SYNTONISER tel ou tel émetteur.

Voici le tout premier étage de tout récepteur de radiofréquences :

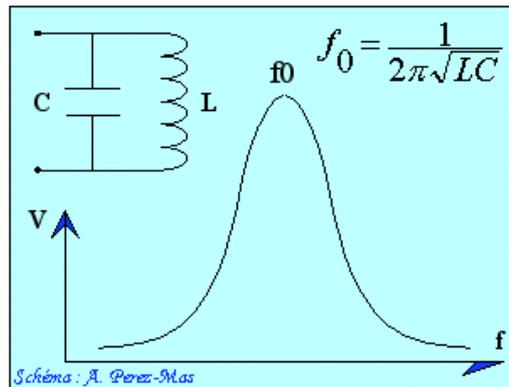


L'antenne de réception est toujours parcourue par l'ensemble des courants HF induits par tous les émetteurs de la planète suffisamment proches ou puissants.

T est un transformateur qui induit ces mêmes courants à une inductance L shuntée par un condensateur variable CV. La fonction de ce transformateur est principalement d'adapter l'impédance interne du générateur équivalent à l'antenne, à l'impédance de la partie réceptrice.

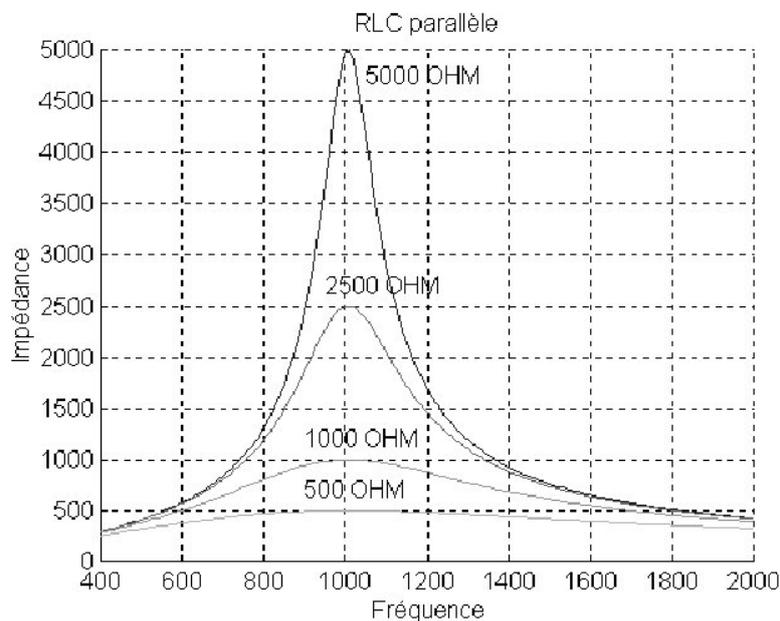
La pièce maîtresse est ici le circuit résonant parallèle appelé aussi « circuit-bouchon ».

Le circuit LC parallèle, présente une impédance maximale et résistive pour la fréquence f_0 donnée par la **formule de Thomson** apparaissant dans la figure ci-dessous.



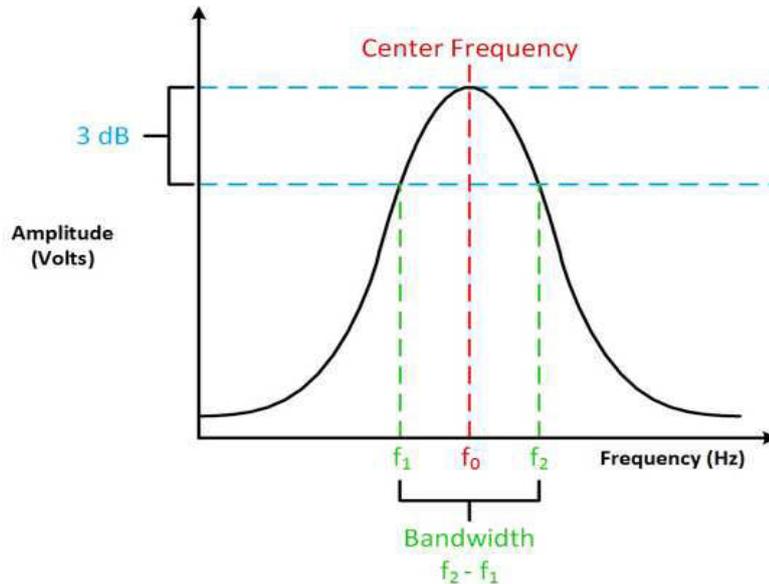
La courbe donnant la tension V aux bornes du circuit en fonction de la fréquence pour une intensité constante induite dans le circuit a la forme d'une cloche. Avec un maximum pour la fréquence f_0 .

Moyennant certaines conditions cette courbe peut être plus ou moins "pointue".
 Ci-dessous la réponse d'un circuit RLC parallèle. R étant la résistance parallèle inévitable due aux fuites du condensateur, aux pertes Joule de l'inductance et à l'impédance d'entrée de l'étage amplificateur suivant.



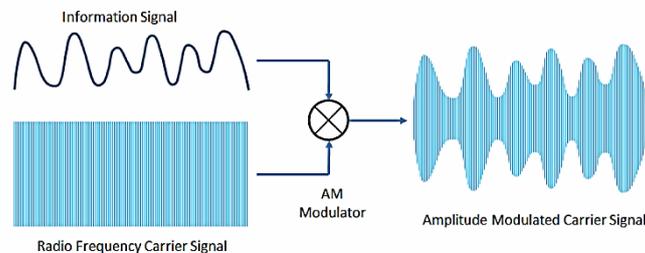
Résultat :

Seules les courants d'antenne correspondant aux fréquences HF proches de f_0 donneront des tensions V appréciables aux bornes du circuit LC. Il suffira que chaque émetteur ait une fréquence porteuse différente, assez éloignée de celles des voisins, pourqu'il soit possible, en variant les valeurs de L ou C du circuit du récepteur, de sélectionner la fréquence correspondant à l'émetteur que l'on souhaite recevoir. Généralement, c'est le condensateur que l'on fait varier dans les récepteurs pour rechercher les stations.



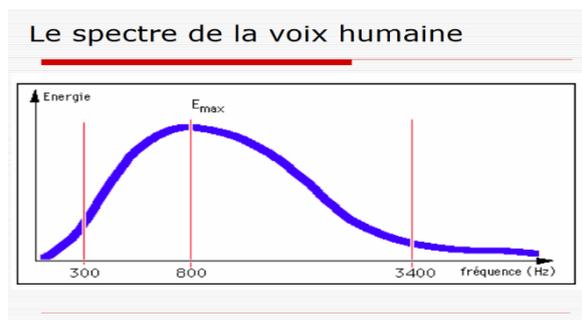
La largeur de bande se mesure à -3dB par rapport à V_{max} en prenant la tension maximale sur F_0 et en la divisant par $\sqrt{2}$ (ou en la multipliant par 0,707). On rappelle que le facteur de qualité du circuit $Q = F_0/\Delta F$.

Pour qu'un signal AF (audiofréquence) parvienne à se propager entre l'antenne émettrice et la réceptrice, il doit moduler une porteuse HF (Haute Fréquence). Le produit de cette modulation occupe une bande de fréquences.



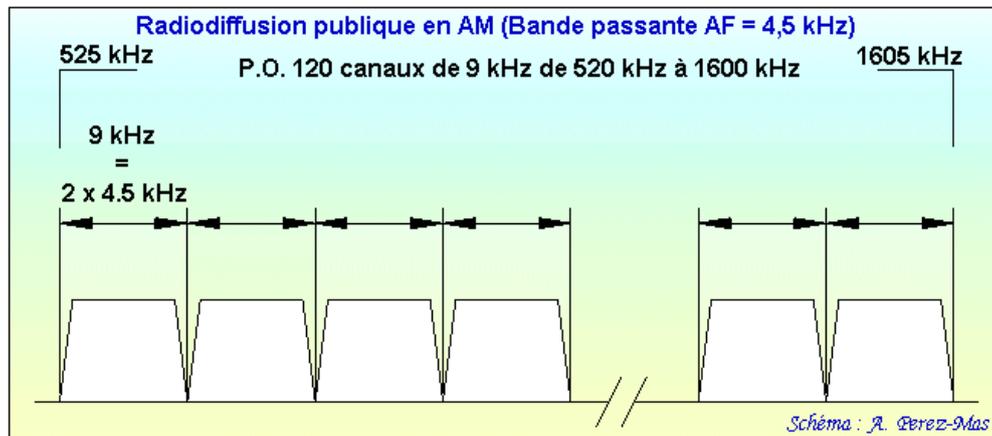
En modulation d'amplitude cette bande s'étend de $F-f$ à $F+f$
 F étant la fréquence de la porteuse, et f celle de la plus haute harmonique du signal à transporter

Si l'on veut transmettre une voix humaine, on voit sur la figure ci-dessous que l'énergie maximale se situe entre 300Hz et 3400 Hz.

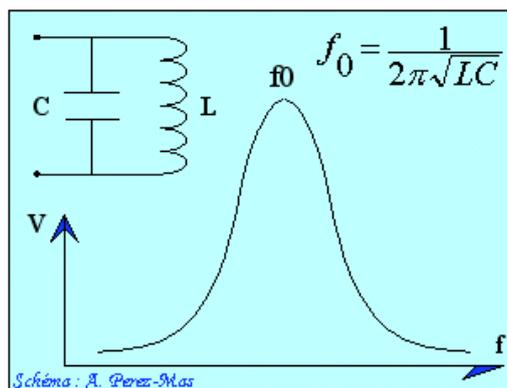


Ainsi, dans la bande de radiodiffusion publique dite "Petites Ondes - PO" on garantit le passage de sons de fréquence maximale 4500 Hz.

Cette bande PO ménage de l'espace pour 120 émetteurs donc 120 canaux d'une largeur de $4,5 \times 2 = 9\text{kHz}$ de 525 kHz à 1605 kHz pour 120 émetteurs.



Ceci nous ramène à la courbe de réponse amplitude/fréquence de notre CIRCUIT SELECTIF (ou « circuit-bouchon ») d'entrée du récepteur.

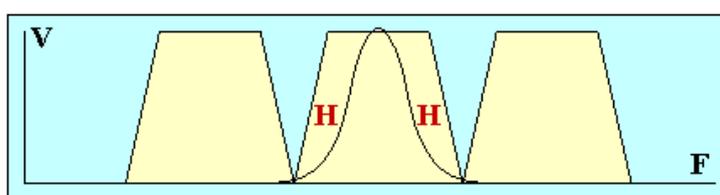


Elle devra être assez large pour recevoir toutes les composantes fréquentielles de l'émetteur. (d'autant plus élevées que le signal à transmettre comporte des fréquences élevées).

Mais dont ses flancs doivent être assez "verticaux" et s'atténuer "rapidement" dès que la fréquence s'éloigne de 4,5 kHz par rapport à la porteuse. Ceci pour éviter de recevoir les émetteurs voisins.

Mais l'utilisation du seul circuit sélectif précédent pose problème. Ci-dessous les canaux de radiodiffusion en jaune.

Les zones marquées d'un H indiquent que la forme de la courbe de sélectivité interdit les harmoniques élevées (celles qui se trouvent aux limites des canaux). Le son reçu sera sourd, dépourvu d'aigus. **Mauvaise fidélité !**



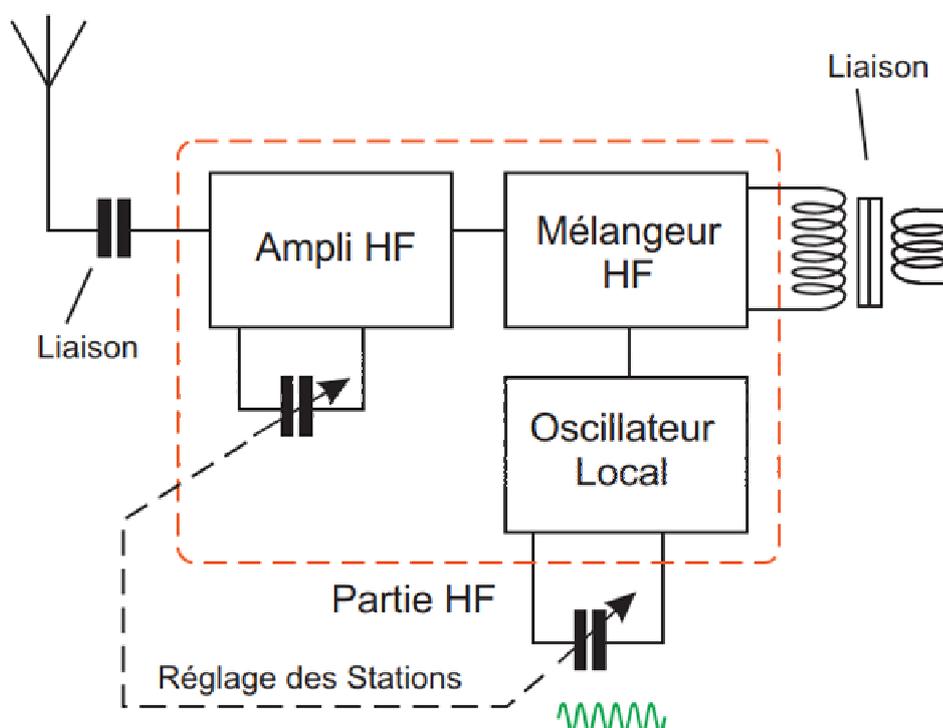
Les zones marquées E montrent qu'un circuit plus large laisserait malheureusement passer une partie des harmoniques des canaux adjacents. Comme ce sont des harmoniques élevées, on entend les aigus, sifflements du son de ces canaux. **Mauvaise sélectivité !**

Quoique nous disposons, aujourd'hui, de composants qui remplissent mieux ces fonctions, réaliser un juste compromis avec de tels circuits a toujours été "mission impossible". Paradoxalement, la sélectivité n'est pas la qualité majeure attendue de ce 1^o étage. Elle sera principalement assurée par l'étage suivant, l'amplificateur FI. C'est pourquoi, dans la réalité, la situation généralement adoptée pour cet étage s'apparente à celle de la figure du bas dans l'image ci-dessus.

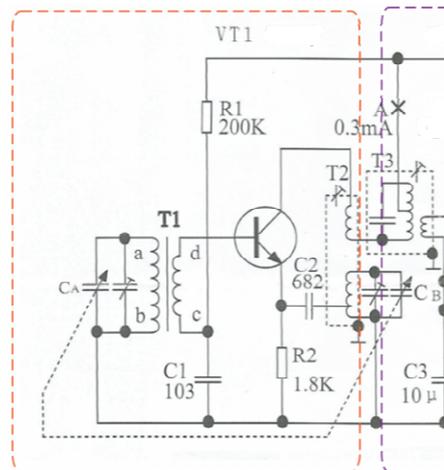
Les qualités recherchées pour ce premier étage d'amplification sont ;

- 1) la forte amplification du signal
- 2) la limitation du bruit de fond

Les harmoniques des canaux adjacents devront être éliminées par l'étage suivant : l'amplificateur FI.

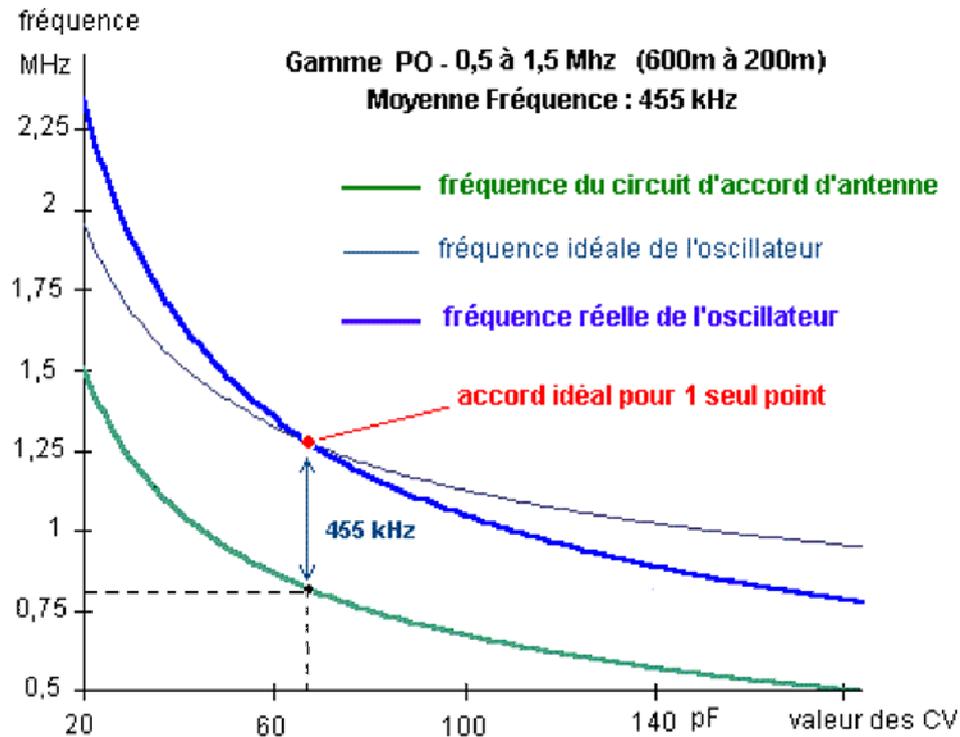


Difficulté de la commande unique des condensateurs variables du circuit d'antenne et du circuit de l'oscillateur local.



L'écart doit être constant et de 455 kHz. Vu la loi mathématique qui donne la relation entre f et C n'étant pas linéaire (formule de Thomson) et si on utilise 2 CV de valeurs identiques, on ne peut obtenir pour une gamme de fréquence donnée qu'un seul point où la relation

$$f_i = f_{osc} - f_{ant} = 455 \text{ KHz.}$$



Solution : utiliser 2 condensateurs de valeurs différentes pour que la différence fréquentielle entre la fréquence d'antenne (station captée) et la fréquence de l'oscillateur soit égale à 455 kHz sur toute la course des condensateurs variables couplés physiquement.

Jusque dans les années 30 la réception de la radio se faisait par l'intermédiaire de récepteurs à amplification directe. Ces derniers fonctionnent sur le principe de la figure1.

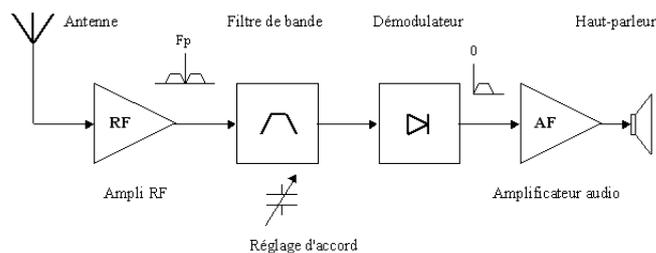


Figure1 : Schéma d'un récepteur à amplification directe

Dans un récepteur direct, chaque étage HF doit être accordé, ce qui constitue déjà un handicap au niveau de la manipulation. Il en résulte aussi que la caractéristique globale du récepteur est fonction de la fréquence reçue (début, milieu ou fin de bande de réception). Le problème devient encore plus marqué lorsqu'on veut utiliser plusieurs bandes de fréquence (les GO, PO et OC). De plus la bande passante (donc la sélectivité) varie d'un bout à l'autre de la bande à recevoir.

Il est alors venu l'idée de construire une chaîne d'amplification à fréquence unique et à convertir le signal d'entrée vers cette fréquence unique. C'est ainsi qu'est apparu le récepteur **superhétérodyne** représenté par le schéma est celui de la figure2.

On effectue une détection hétérodyne en mélangeant deux signaux de fréquences différentes.

Définition : Hétérodyne vient du grec ; hétéro signifiant **différent** et dyne **force\puissance**. (super vient de la contraction de « supersonique » ; ce que nous appellerions aujourd'hui « ultrasonique » : hors du domaine audible).

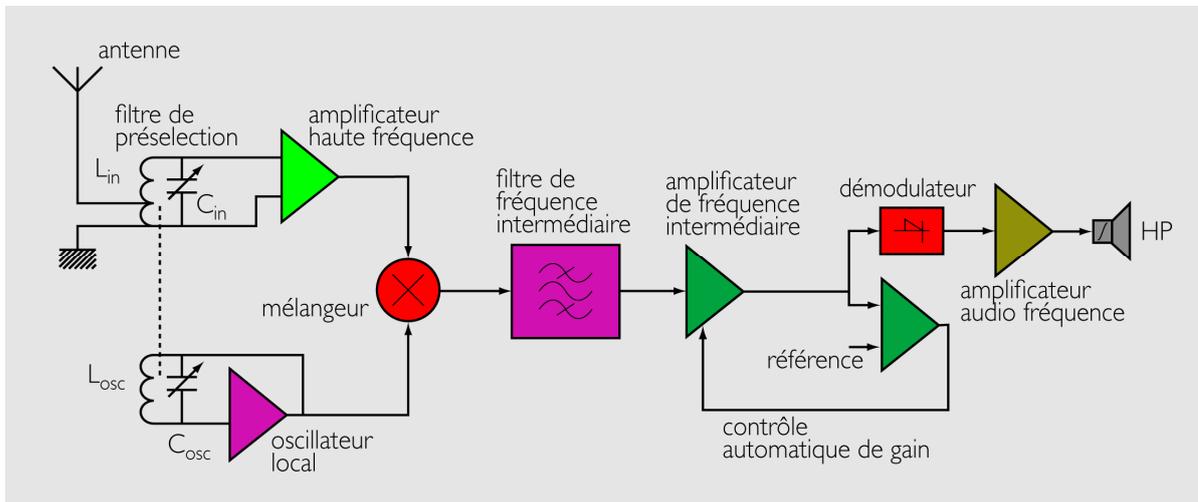
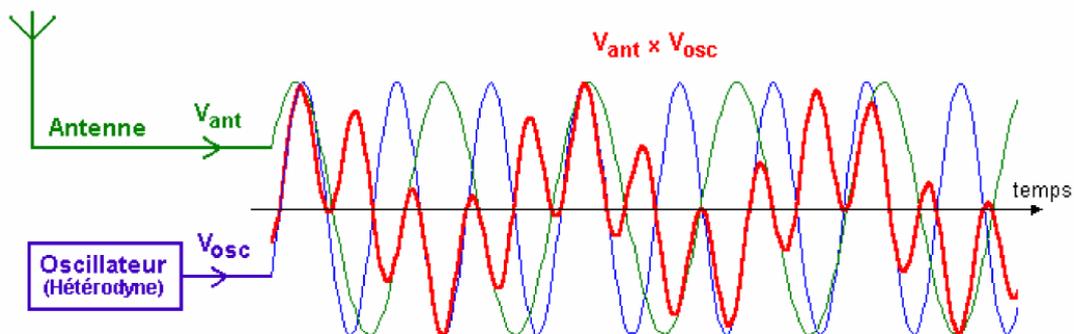


Figure 2 : Schéma d'un récepteur superhétérodyne

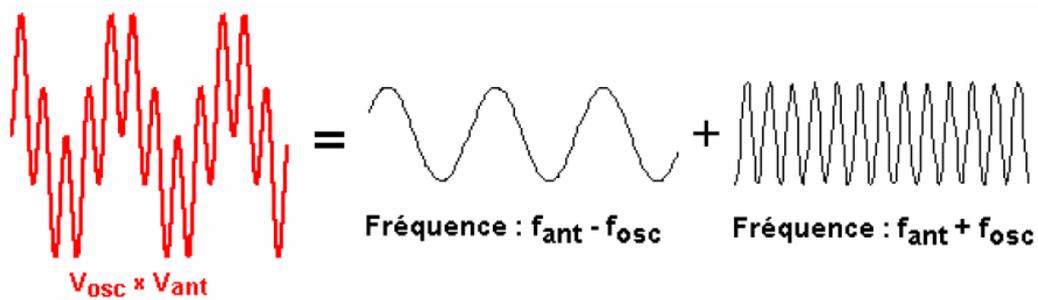
Deux nouvelles fonctions apparaissent dans le schéma bloc : le changement de fréquence qui aura pour but de transformer le signal reçu à une fréquence **ant** en une autre fréquence appelée fréquence intermédiaire et notée **FI**, et, l'amplification à fréquence intermédiaire. La valeur de cette fréquence intermédiaire pour les récepteurs de radiodiffusion AM (Amplitude Modulation) ont souvent une fréquence intermédiaire de 455 kHz.

Le changement de fréquence lui-même nécessite deux fonctions distinctes : le mélangeur et l'oscillateur local.

L'amplificateur à fréquence intermédiaire va fournir la plus grosse partie du gain de la chaîne de réception, c'est lui aussi qui va limiter le spectre de fréquences de sorte que le détecteur ne voie que le signal à recevoir. Il est suivi d'un détecteur, puis d'un amplificateur audio qui donne au signal le niveau et la puissance nécessaire pour attaquer le haut-parleur.



En effet, il y a multiplication des fréquences d'antenne et de l'oscillateur (battement) qui donne 2 fréquences nouvelles.



Cette multiplication suit la loi mathématique de la multiplication des fonctions SINUS et COSINUS :

$$\begin{aligned} \sin a \times \sin b &= 1/2 (\cos (a - b) - \cos (a + b)) \\ \text{ou} \\ \cos a \times \cos b &= 1/2 (\cos (a - b) + \cos (a + b)) \end{aligned}$$

Rappelons qu'un signal sinusoïdal est caractérisé par son amplitude maximale et sa fréquence.
Il peut s'écrire sous la forme : $U(t) = U \cdot \sin (\omega \cdot t)$

Soit l'amplitude du signal d'antenne (station) : $V_{ant}(t) = A \cdot \sin (\omega \cdot t) = A \cdot \sin (2\pi f_{ant} \cdot t)$
Soit l'amplitude du signal de l'oscillateur : $V_{osc}(t) = B \cdot \sin (\omega \cdot t) = B \cdot \sin (2\pi f_{osc} \cdot t)$

La multiplication des signaux donne :

$$\begin{aligned} V_{ant}(t) \times V_{osc}(t) &= A \cdot \sin (2\pi f_{ant} \cdot t) \times B \cdot \sin (2\pi f_{osc} \cdot t) \\ &= A \cdot B \sin (2\pi f_{ant} \cdot t) \times \sin (2\pi f_{osc} \cdot t) \\ &= 1/2 A \cdot B [\cos (2\pi f_{ant} - 2\pi f_{osc}) \cdot t - \cos (2\pi f_{ant} + 2\pi f_{osc}) \cdot t] \\ &= 1/2 A \cdot B [\cos 2\pi (f_{ant} - f_{osc}) \cdot t - \cos 2\pi (f_{ant} + f_{osc}) \cdot t] \end{aligned}$$

Parmi les deux composantes, seule la fréquence $f_{ant} - f_{osc}$ nous intéresse car elle permet de créer la FI !
Pour rappel $\cos (-x) = \cos x$, donc nous récupérons donc indifféremment $FI = f_{ant} - f_{osc}$ ou $FI = f_{osc} - f_{ant}$

Particularités des récepteurs superhétérodynes

L'oscillateur local pourra donc osciller à une fréquence égale à :

Si $FI = f_{ant} - f_{osc}$ donc $f_{osc} = f_{ant} - FI$; On parle d'oscillateur **infradyne**.

Si $FI = f_{osc} - f_{ant}$ donc $f_{osc} = f_{ant} + FI$; On parle d'oscillateur **supradyne**.

Fréquence image et choix de la fréquence de l'oscillateur local

Soit f_{ant} la fréquence à recevoir et FI la valeur de la fréquence intermédiaire,
l'oscillateur local supradyne devra donc osciller sur une fréquence : $f_{osc} = f_{ant} + FI$

Si un émetteur émet un signal à une fréquence $f_{\text{ant}} = f_{\text{ant}} + 2 \text{ FI}$, le récepteur donnera par battement :

$$f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}} = (f_{\text{ant}} + 2 \text{ FI}) - (f_{\text{ant}} + \text{FI}) = \text{FI} !!!$$

Le fréquence f_{ant} est appelé "**fréquence image**" et produira aussi un signal à la fréquence intermédiaire du récepteur. Nous avons donc une superposition de deux signaux de fréquences (f_{ant} et f_{ant}) à la fréquence FI. La fréquence image est donc un signal perturbateur et c'est probablement l'inconvénient majeur du récepteur **superhétérodyne**.
Il conviendra de l'éliminer avant qu'il n'atteigne le mélangeur !!!

Comme $\cos(-x) = \cos x$, nous récupérons donc indifféremment $\text{FI} = f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}}$ ou $\text{FI} = f_{\text{osc}} - f_{\text{ant}}$

Si un émetteur émet un signal à une fréquence $f_{\text{ant}} = f_{\text{ant}} - 2 \text{ FI}$, le récepteur donnera par battement :

$$f_{\text{osc}} - f_{\text{ant}} = (f_{\text{ant}} + \text{FI}) - (f_{\text{ant}} - 2 \text{ FI}) = - \text{FI} !!! \text{ déphasé de } 180^\circ$$

La relation générale de la fréquence image est donc : $f_{\text{image}} = f_{\text{ant}} \pm 2 \text{ FI}$

Notre récepteur reçoit les fréquences entre **535 kHz (f_{min})** et **1605 kHz (f_{max})** avec une FI réglée sur 455 kHz. Pour que la fréquence image ne nous gêne pas, il faut qu'elle soit plus haute que f_{max} et plus basse que f_{min} .

Donc $f_{\text{image}} > f_{\text{min}} + 2 \text{ FI}$ soit encore $f_{\text{image}} > 535 \text{ kHz} + 2 \times 455 \text{ kHz} = 1445 \text{ kHz}$

$f_{\text{image}} < f_{\text{max}} - 2 \text{ FI}$ soit encore $f_{\text{image}} < 1605 \text{ kHz} - 2 \times 455 \text{ kHz} = 695 \text{ kHz}$

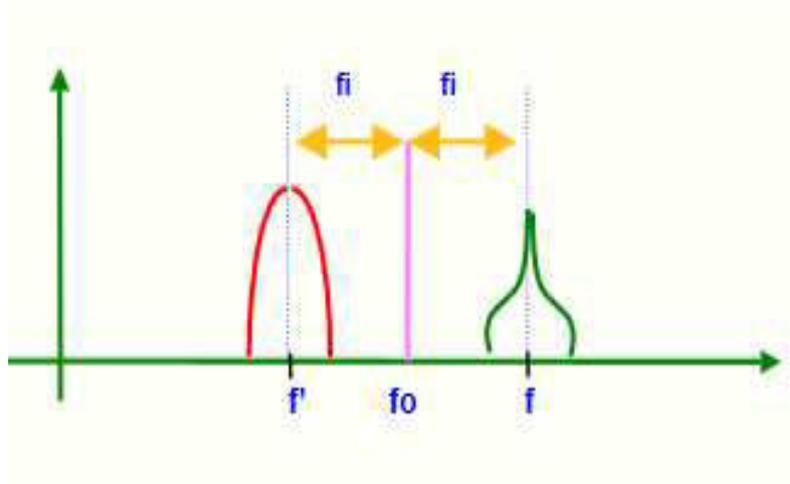
Risques de problèmes de réception au-dessus de 1,445 MHz et en-dessous de 695 kHz !

Ceci pousse à choisir une fréquence FI élevée. Malheureusement, plus la FI est élevée moins bonne est la sélectivité. Cela tient au comportement des composants (bobinages surtout) dont la dissipation de puissance, qui augmente avec la fréquence, amortit les circuits.

Pour couvrir la gamme complète de notre radio, il faudrait avoir que :

$$\begin{aligned} \text{FI} &> (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) / 2 \\ \text{FI} &> (1605 - 535) / 2 > \underline{\underline{535 \text{ kHz}}} \end{aligned}$$

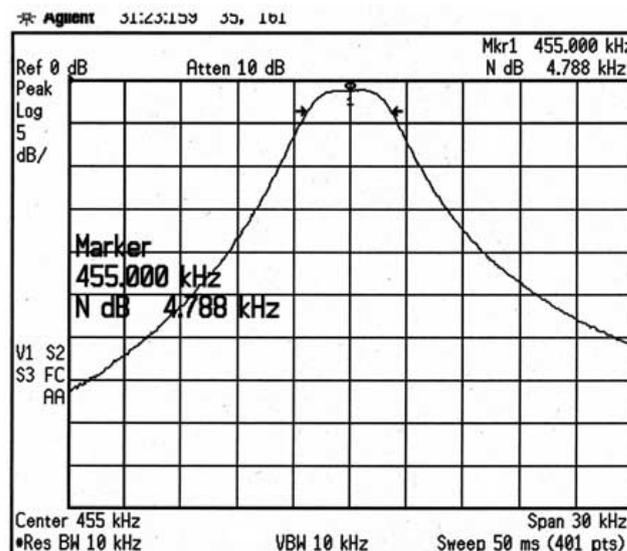
En radiodiffusion PO : **522 à 611 kHz**, il faudrait $\text{FI} > (1611 - 522) / 2 > \underline{\underline{545 \text{ kHz}}}$



La fréquence image: un défaut du récepteur à changement de fréquence.

Critères de choix

1. **Sensibilité** : Par convention, pour les récepteurs radio, la sensibilité est caractérisée par la tension qu'il faut appliquer en entrée pour avoir 50mW dans le haut-parleur. La structure du récepteur superhétérodyne permet grâce à l'amplificateur de fréquence intermédiaire d'avoir une amplification plus linéaire que dans le cas du récepteur à amplification directe qui se doit d'être de plus large bande.
2. **Sélectivité** : C'est un gros avantage du récepteur superhétérodyne grâce à la fréquence intermédiaire identique pour toutes les stations reçues. On peut donc utiliser une technologie présentant des pentes très raides (la réponse fréquentielle est illustrée ci-dessous). La mesure de cette sélectivité se fait selon une norme qui consiste à régler le récepteur sur une fréquence F_p et à faire le bilan des puissances mesurées au haut-parleur lorsque l'antenne reçoit les fréquences F_p et $F_p + L_c$ où L_c vaut la largeur de canal (9 kHz en AM)

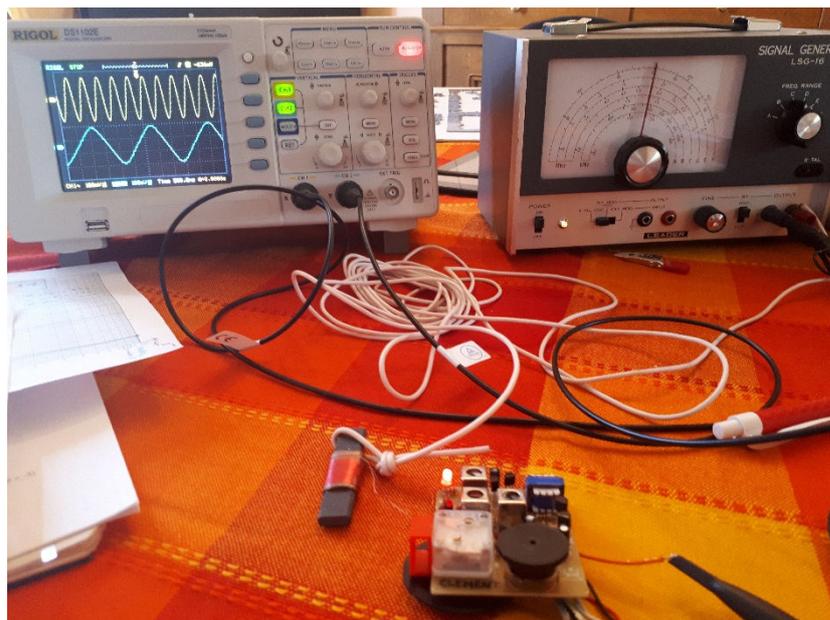


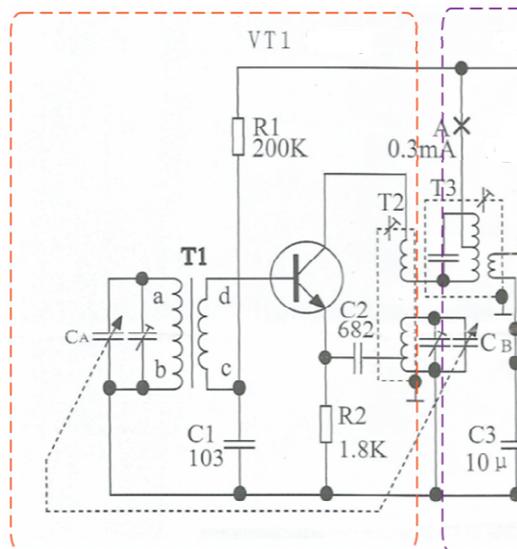
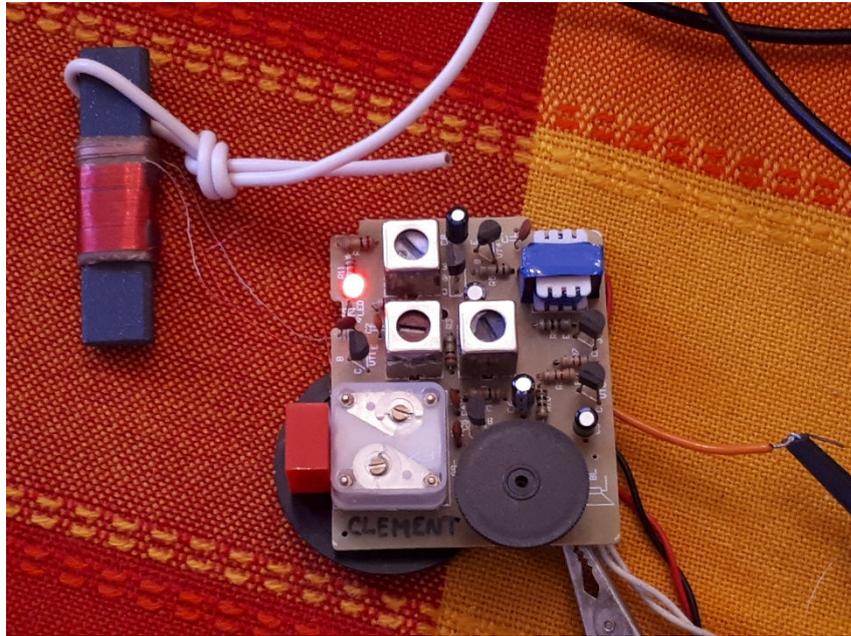
Réponse fréquentielle du filtre FI

3. Stabilité : Cette propriété est donnée par la stabilité de l'oscillateur local, plus il est stable en température plus le récepteur est stable. Cette valeur est donnée dans la datasheet de l'oscillateur local, la grandeur s'exprime en $\text{Hz}/^\circ\text{C}$.
4. Rapport signal/bruit : La partie déterminante pour le rapport signal sur bruit est l'amplificateur haute fréquence qui détermine grandement celui du récepteur. En effet le bruit qu'il introduit se répercute sur tous les autres étages d'amplification. Cela est d'autant plus vrai pour les fréquences supérieures à 30MHz, car le bruit ambiant à cette fréquence est faible, il est donc nécessaire que cet amplificateur n'introduise pas de bruit lui-même.
5. Fidélité : capacité à retranscrire le message dans son intégralité, sans distorsion.
6. Dynamique : rapport du plus grand signal d'entrée sans distorsion au plus faible signal en entrée.

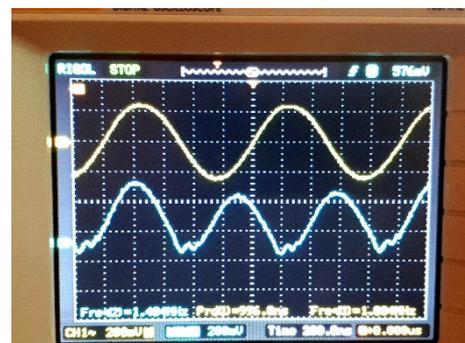
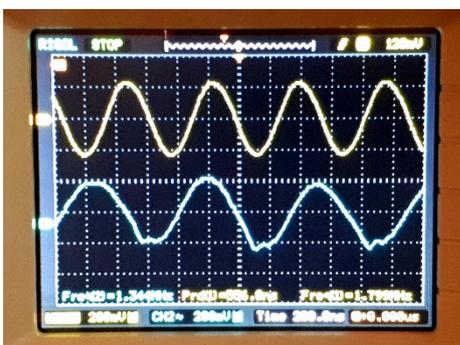
Mise en place des mesures à l'oscilloscope.

L'objectif est de simuler un émetteur dans la bande des petites ondes (PO) de 522 kHz à 1 611 kHz. Le générateur simulera l'émetteur modulant en amplitude à 1 kHz. Un fil (blanc) relié à la sortie du générateur fera office d'antenne placée à côté de l'antenne ferrite du récepteur.

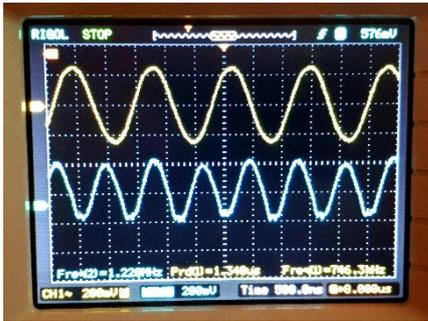




L'onde modulée se mesure directement en sortie de générateur et la fréquence de l'oscillateur sur le collecteur du transistor VT1. A l'erreur de mesure près, nous voyons que la fréquence intermédiaire FI est toujours égale à 455 kHz à +/-10%.

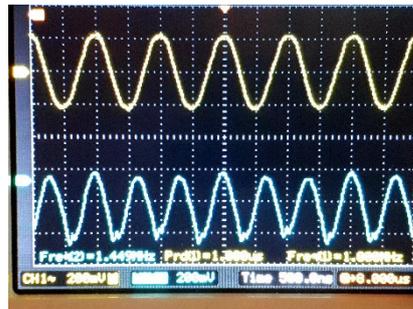


$f_{\text{ant}} = 1,799 \text{ MHz modulé } 1 \text{ kHz}$
 $f_{\text{osc}} = 1,344 \text{ MHz}$
 $FI = f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}} = 455 \text{ kHz}$



$f_{\text{ant}} = 746,3 \text{ kHz modulé } 1 \text{ kHz}$
 $f_{\text{osc}} = 1,22 \text{ MHz}$
 $FI = f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}} = 473 \text{ kHz}$

$f_{\text{ant}} = 1,004 \text{ MHz modulé } 1 \text{ kHz}$
 $f_{\text{osc}} = 1,404 \text{ MHz}$
 $FI = f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}} = 400 \text{ kHz}$

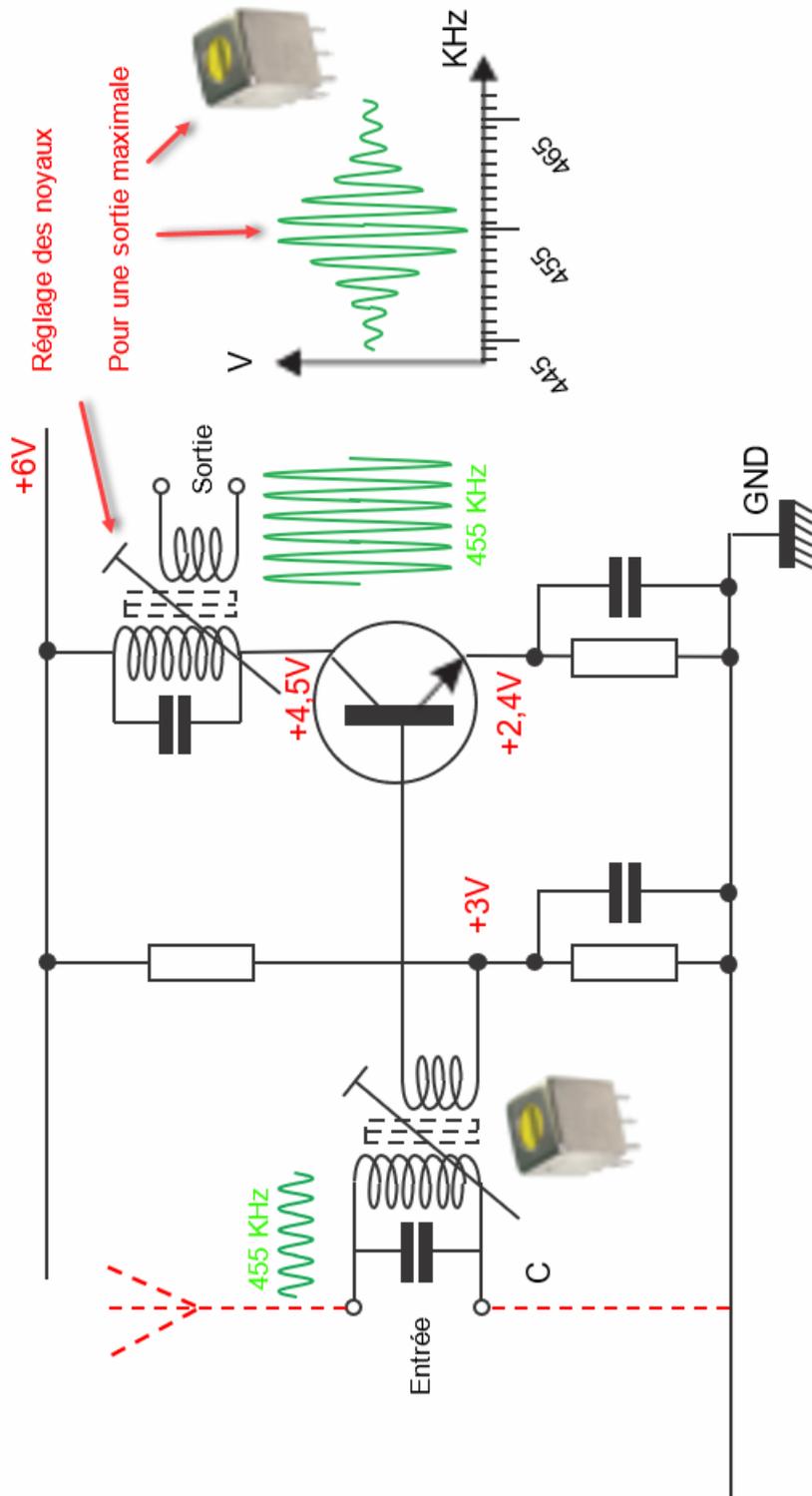


$f_{\text{ant}} = 1 \text{ MHz modulé } 1 \text{ kHz}$
 $f_{\text{osc}} = 1,449 \text{ MHz}$
 $FI = f_{\text{ant}} - f_{\text{osc}} = 449 \text{ kHz}$

Chapitre 2 : Mise au point de l'étage Fréquence Intermédiaire

Emission à la Fréquence Intermédiaire.

Amplificateur FI sélectif (réglé pour 455 KHz)



La partie FI et BT est câblée mais pas la partie HF.

T3 et T4 sont en place mais pas le transistor VT1 ni le transformateur T2.

Le pont A n'est utile que si VT1 est soudé. Le primaire de T3 est donc « en l'air ».

Pour tester le circuit intermédiaire, nous avons 2 solutions:

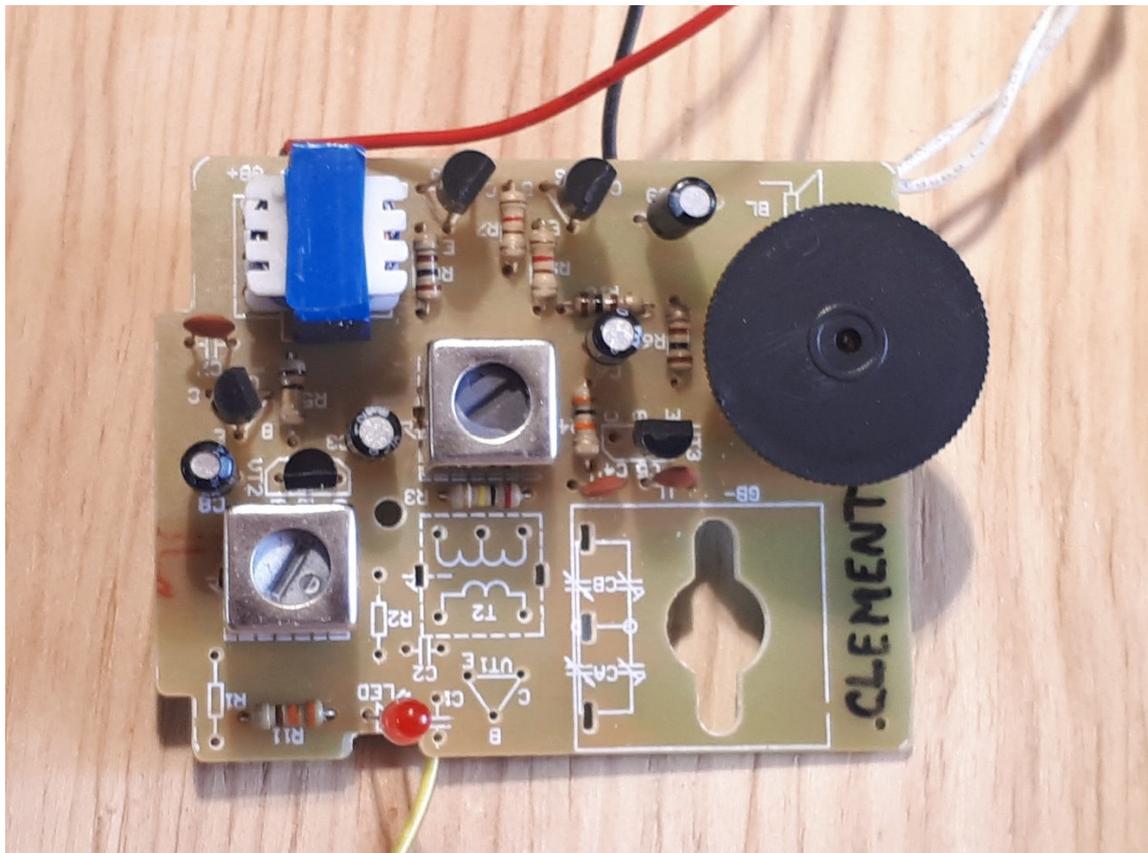
1- Attaquer le primaire directement avec le générateur réglé sur 455 kHz (avec un signal très faible !) en utilisant les 2 extrémités du primaire (l'une à l'âme, l'autre à la tresse du coaxial du générateur), et ne pas fermer le pont A.

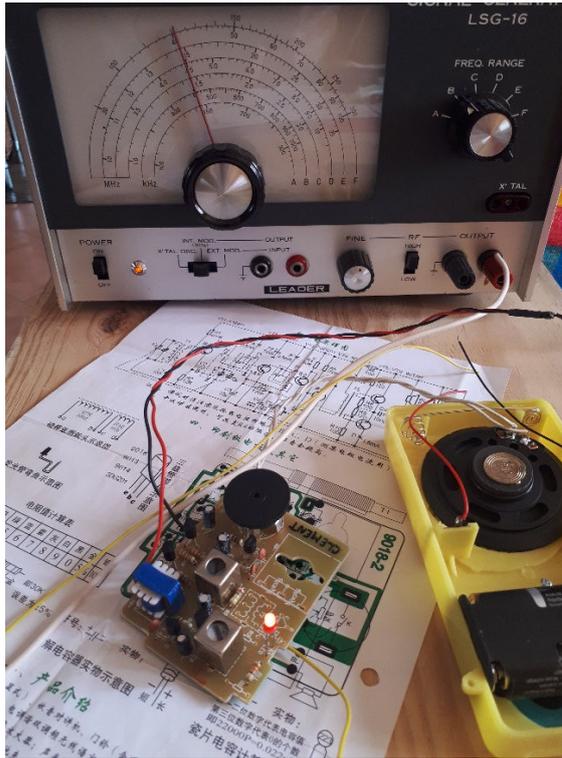
2- Mettre un brin d'antenne sur une extrémité du bobinage, et relier l'autre extrémité à un potentiel continu stable (découplé, pour que le signal HF "s'appuie dessus").

Cette extrémité peut être soit le +3V, soit GND, tous deux des références continues stables.

Donc on peut fermer le pont A, pour une référence au +3V, et le brin d'antenne (point chaud) sur l'extrémité qui ira plus tard vers T2.

En résumé (ce n'est pas naturel au début), le +3V est vu comme une masse pour un signal HF, car il y a un gros condensateur de découplage entre +3V et GND (vu autrement, ce condensateur est un court-circuit en HF, et relie le +3V à GND, du point de vue HF uniquement, pas en continu).





Modulation 1kHz



Modulation musicale

et

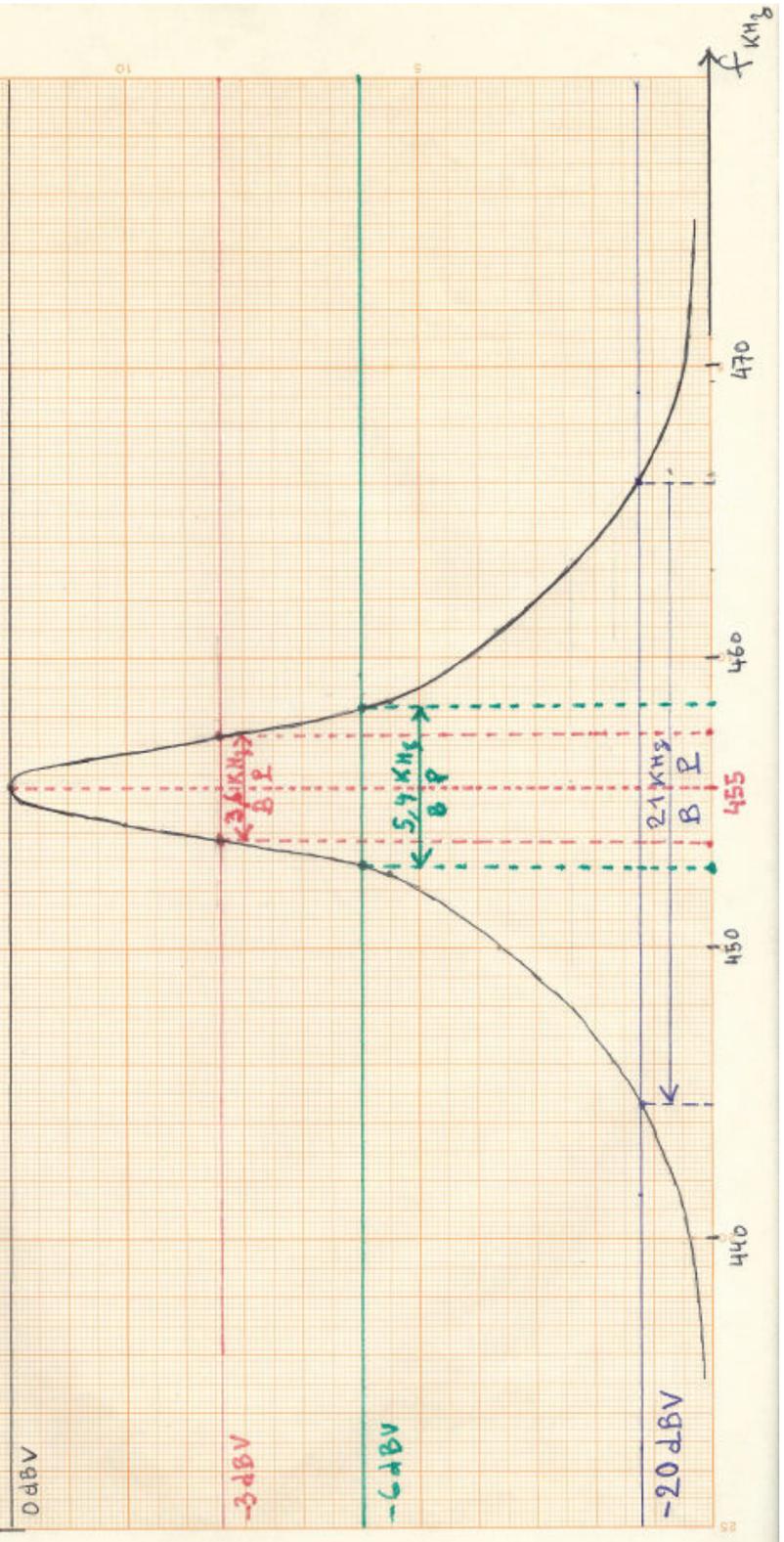
Emission en 455KHz réussie avec la modulation à 1Kz mais aussi avec de la musique (chanson de Sheena Easton : « For YourEyesOnly » du film James Bond en 1981) !

BANDE PASSANTE AMPLIFICATEUR FI RADIO 90A8-2

$$G_{VT2} = 98$$

$$G_{VT3} = 94$$

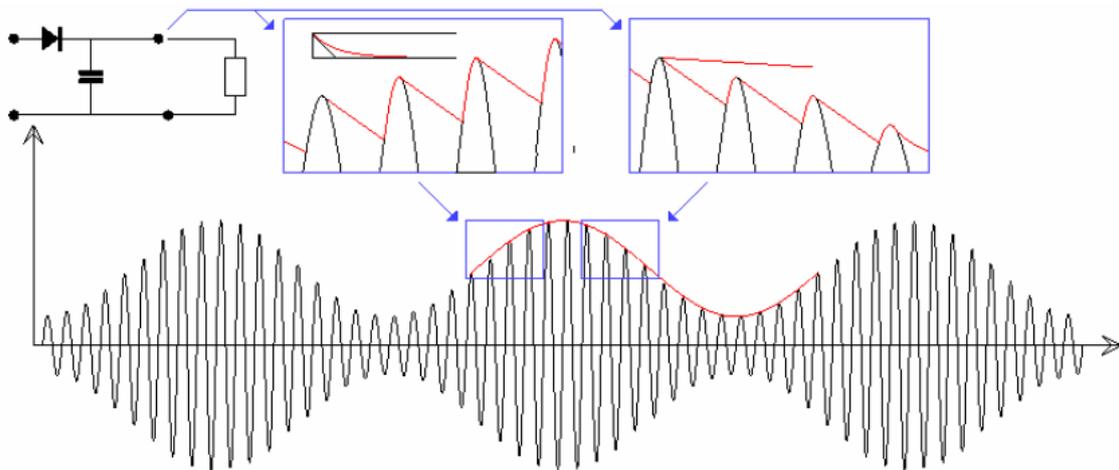
$\uparrow V_{CT2}$



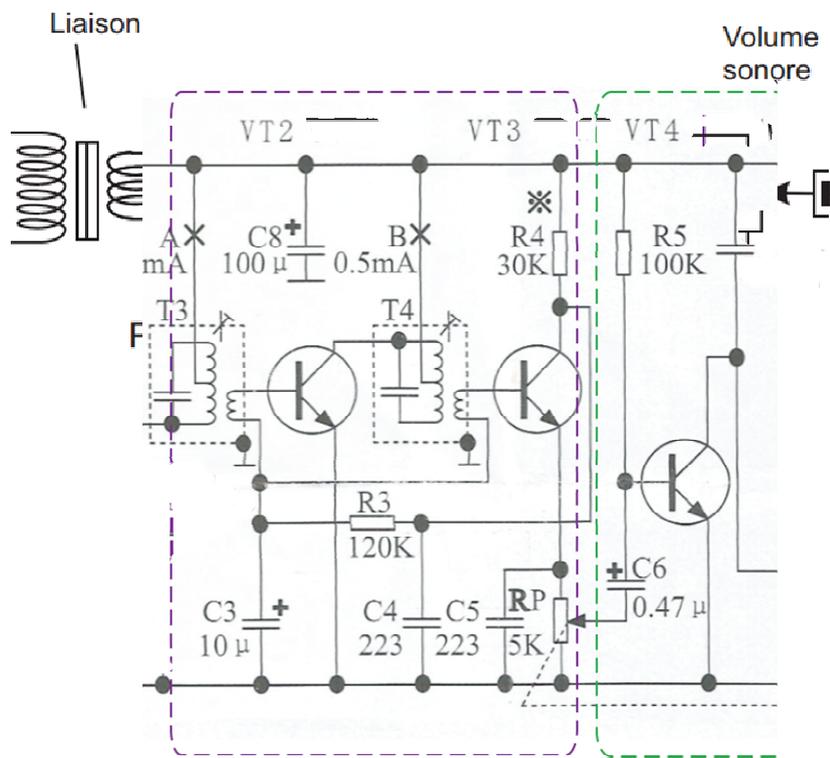
Démodulation d'amplitude

En sortie de l'amplificateur FI nous avons toujours un signal HF (=FI) modulé en amplitude. En modulation de fréquence, la solution la plus simple est un simple redressement mono alternance à l'aide d'une diode et d'un condensateur.

La résistance du schéma, simule la résistance d'entrée de l'étage suivant : l'amplificateur BF (Basse Fréquence - AF Audiofréquence). Elle a une importance non négligeable du fait que, trop faible, elle pourrait décharger trop vite le condensateur. Trop élevée, elle pourrait ne pas le décharger suffisamment entre deux crêtes du signal modulant. L'équilibre est à trouver à la mise au point du montage.



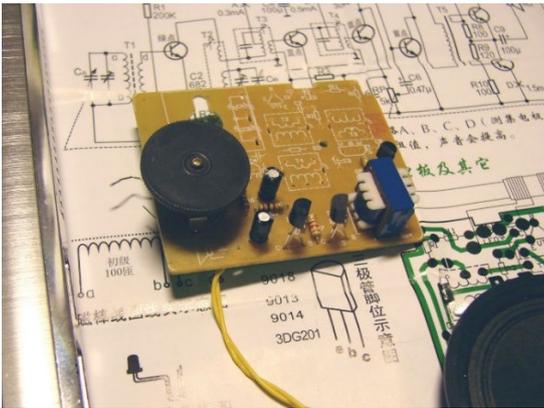
La méthode utilisée dans la radio **9018-2** est d'utiliser le dernier transistor VT3 du montage FI en détection AM avant d'attaquer l'amplificateur BF.



La FI modulée est appliquée sur la base de VT3 et seulement la demi-alternance positive est appliquée sur le potentiomètre qui par l'intermédiaire du condensateur C6 est alimente l'amplificateur BF.

Chapitre 3: Mise au point de l'étage Basse Fréquence

Le matériel nécessaire au relevé :



Montage comprenant uniquement la partie BF.

- 1) Un générateur BF,
- 2) Un voltmètre alternatif qui puisse mesurer de 20Hz à 20kHz (ou un oscilloscope),
- 3) Une charge résistive pure (non inductive) à connecter à la sortie de l'amplificateur en lieu et place du haut-parleur de 8 ohms.

Le principe est de faire une mesure de la perte de niveau de sortie aux extrémités de la courbe (20 et 20KHz) à -3dB (soit une **puissance** divisé par 2) avec une référence à 1KHz (0dB).

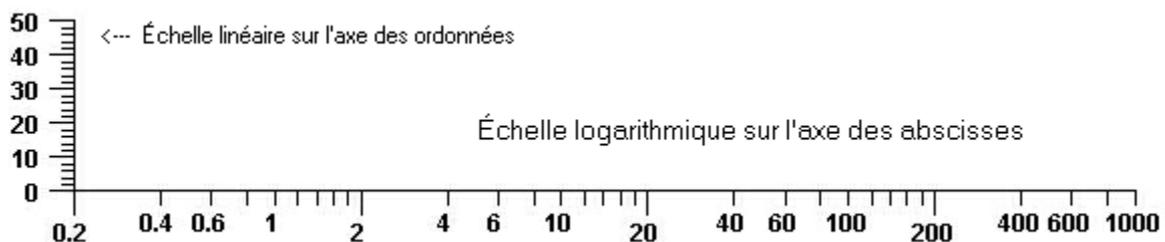
Le rapport en **tension** correspondant à -3 dB d'atténuation est racine de 2 soit 1,414. Par exemple, si la tension relevée est de 1 Volt (efficace, crête ou crête à crête) à 1 KHz, à la fréquence de coupure (haute ou basse) à -3 dB, elle sera de : $1/1,414=0,707$ Volt (efficace, crête ou crête à crête respectivement).

On injecte un signal sinusoïdal de fréquence donnée et d'amplitude fixe à l'entrée de l'ampli et on mesure la tension aux bornes de la résistance de charge.

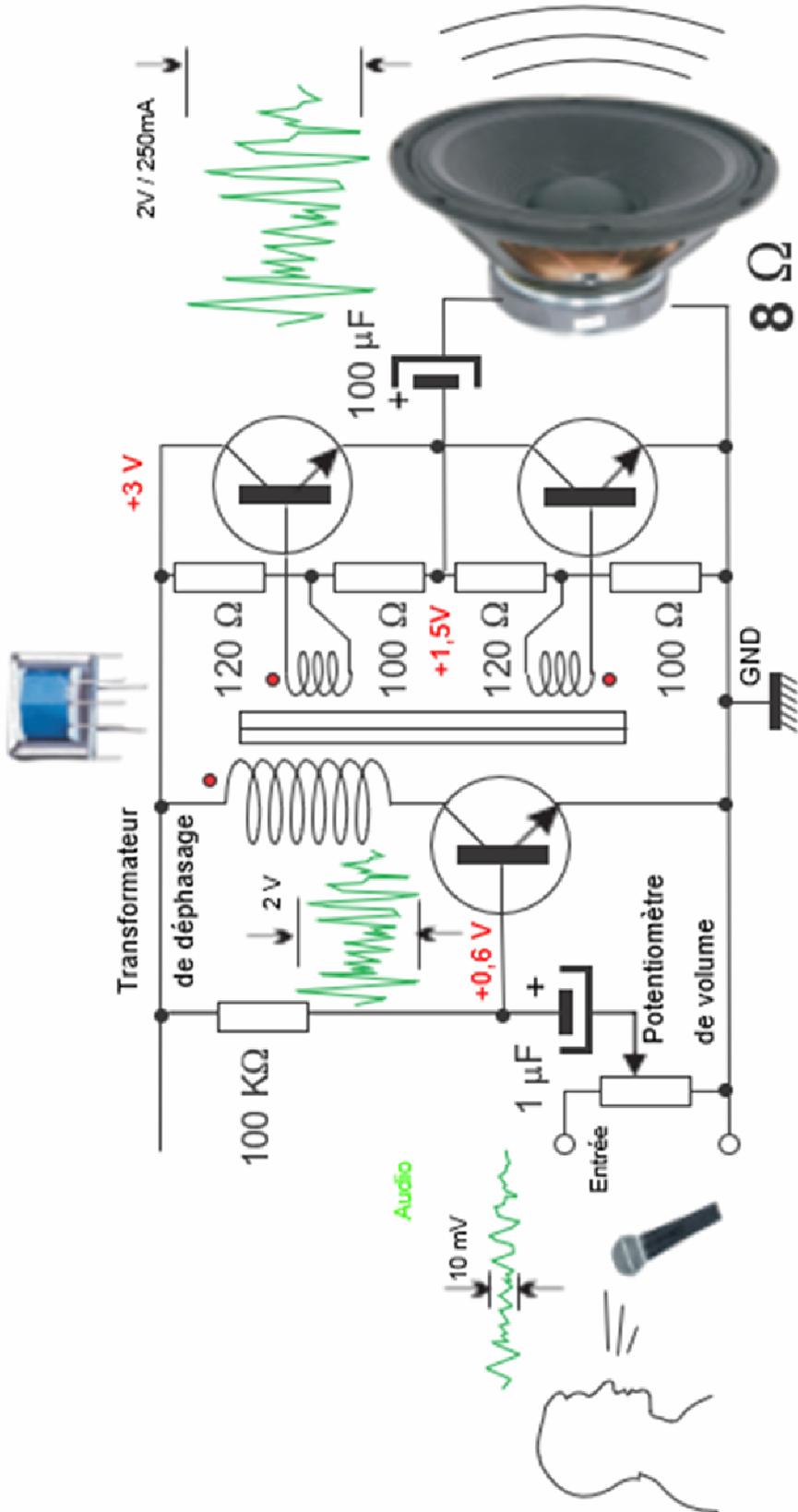
On fait de même pour différentes fréquences qui progressent de façon logarithmique : 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1kHz, 2kHz, ..., 20kHz.

On porte les résultats dans un diagramme sur papier semi-logarithmique qui comporte :

- un axe avec une graduation à échelle linéaire dont, à distance constante, la **différence** vaut 10.
- un axe avec une graduation à échelle logarithmique, dont à distance constante, le **rapport** vaut 10.



Amplificateur Basse fréquence 0,5 W

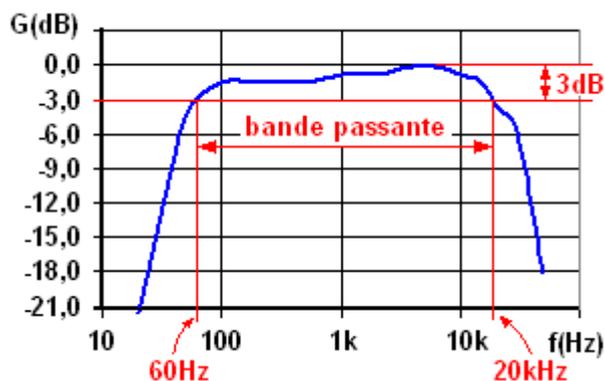


Relevé de la bande passante d'un amplificateur basse fréquence.

La bande passante d'un amplificateur de signal est la plage de fréquences sur laquelle l'atténuation relative de ce signal reste inférieure à une valeur convenue.

Une bande passante s'exprime donc à l'aide de 3 valeurs, les fréquences basse et haute de la plage de fréquences exprimées en Hz (hertz - ou l'un de ses multiples kHz, MHz, etc.) et l'atténuation (gain négatif G ou perte) tolérée exprimée en **dB (décibel)**.

Le **décibel** permet d'exprimer facilement des rapports de puissances ou de tensions (amplification ou atténuation) très importants.



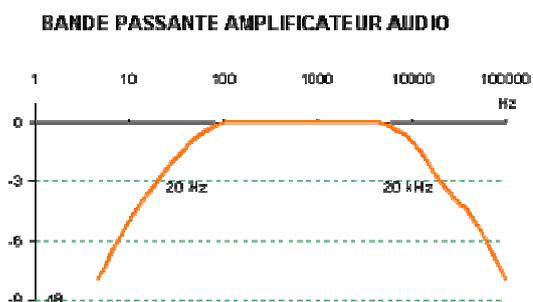
NB : La bande passante à -3dB représentée ci-dessus s'étale de 60 Hz à 20kHz.

Un exemple pour mieux comprendre :

L'atténuation relative en dB est donnée par la formule : $10 \lg(P/P_0)$

P_0 est la puissance maximum relevée et P est celle mesurée à une fréquence donnée.

Le graphique ci-dessous représente la bande passante d'un amplificateur



audio.

Pour toute fréquence où la puissance est égale à P_0 l'atténuation relative est nulle ($10 \lg 1 = 0$).

En général, on mesure quand P vaut la moitié de P_0 et l'atténuation est alors de **-3 dB** ($10 \lg 0,5 = -3$).

À 0 dB, la bande passante va de 100 à 3 000 Hz ; à **-3 dB, elle s'étale de 20 Hz à 20 kHz** ; ce qui correspond à un amplificateur audio de **bonne qualité**.

RAPPORTS EN PUISSANCE en dB.

Rapport (dB) = 10×LOG(P2/P1)

P1 et P2 étant des puissances exprimées dans la même unité.

Si $P2 > P1$, la valeur est positive (Gain) et si $P2 < P1$, la valeur est négative (Perte).

Il suffit de connaître quelques logarithmes particuliers pour pouvoir convertir rapidement tout rapport numérique en rapport logarithmique, et inversement.

Nous avons dans le tableau 1 quelques rapports remarquables.

Rapports remarquables (puissances)

décibels	Rapport	décibels	Rapport
1	1,25	-1	0,8
2	1,6	-2	0,63
3	2	-3	0,5
4	2,5	-4	0,4
5	3,16	-5	0,316
6	4	-6	0,25
7	5	-7	0,2
8	6,3	-8	0,16
9	8	-9	0,125
10	10	-10	0,1
20	100	-20	0,01
30	1000	-30	0,001
40	10 000	-40	0,0001

Tableau 1

Exemples numériques :

Si $P2 = 100 \times P1$, le rapport entre les deux puissances est de $100 = 10^2$

Rapport (dB) = $10 \times \text{Log } 100 = 10 \times \text{Log } 10^2 = 10 \times 2 \log 10 = 20 \text{ Log } 10 = 20 \text{ dB}$;

Si $P2 = 2 \times P1$, leur rapport est de 2

Rapport (dB) = $10 \times \text{Log } 2 \approx 10 \times 0,30103 \approx 3 \text{ dB}$.

Ainsi, multiplier par 2 une puissance correspond à ajouter 3 dB

RAPPORTS EN TENSION (ou courant) en dB.

Si dans le rapport des puissances, celles-ci sont mesurées sur des **impédances identiques**, alors

le rapport des tensions sera égal à la racine carrée du rapport des puissances car $U = \sqrt{P/R}$.

(ex : -3dB ; rapport de puissance = 0,5 → rapport de tension = $\sqrt{0,5} \approx 0,707$).

Voir ceux-ci consignés dans le tableau 2

A l'inverse, pour avoir le rapport en décibels {puissance} à partir des tensions U2 et U1, il faudra prendre le carré du rapport entre ces tensions, ce qui, converti en logarithme représente une multiplication par deux.

Nous obtenons alors la formule :

Rapport en tension (dB) = 20 × LOG(U2/U1).

Rapports remarquables (tensions)

décibels	Rapport	décibels	Rapport
1	1,12	-1	0,89
2	1,25	-2	0,8
3	1,414	-3	0,707
4	1,6	-4	0,63
5	1,78	-5	0,56
6	2	-6	0,5
7	2,24	-7	0,45
8	2,5	-8	0,4
9	2,82	-9	0,35
10	3,16	-10	0,316
20	10	-20	0,1
30	31,6	-30	0,0316
40	100	-40	0,01

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)$$

Because $P = \frac{V^2}{R}$

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V_{ref}^2}{R_{ref}}} \right)$$

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \left(\left(\frac{V}{V_{ref}} \right)^2 \left(\frac{R_{ref}}{R} \right) \right)$$

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \left(\left(\frac{V}{V_{ref}} \right)^2 \right)$$

$$P_{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{V}{V_{ref}} \right)$$

Tableau 2

L'utilisation des logarithmes permet de transformer des **multiplications en additions** et des **divisions en soustractions**, et cela facilite le calcul mental. Par ailleurs, le décibel exprimant un rapport, celui-ci ne change pas quelles que soient les valeurs absolues des variables (une bande passante à -3dB ne change pas en fonction du niveau du signal).

VALEURS ABSOLUES en dB.

Si nous référençons la valeur 0dB à une **grandeur physique**, nous pourrions exprimer la valeur absolue de cette grandeur sur une échelle logarithmique.

Exemples pour les unités de puissance :

Le **dBW**(débéwatt), la référence **0dBW** étant égale à **1 watt**.

Ainsi, +20dBW = 100W et -30dBW = 0,001W = 1 milliwatt.

(Le dBW n'est guère utilisé que pour les émissions en fortes puissances).

Le **dBm** (débéhem), la référence **0dBm** étant égale à **1mW**.

Ainsi +30dBm = 1 W = 0dBW et -30dBm = 0,001 mW = 1 μ W.

(Le dBm est universellement utilisé en électronique).

Pour les radioamateurs, pour les liaisons terrestres, l'échelle en dBm varie de +60dBm

(1 kW) à -174dBm (puissance du bruit d'une résistance à +27°C dans une bande de 1 Hz).

Pour des liaisons satellites ou spatiales, l'échelle peut descendre d'une vingtaine de décibels.

dBm	Watts	dBm	Watts	dBm	Watts
0	1.0 mW	16	40 mW	32	1.6 W
1	1.3 mW	17	50 mW	33	2.0 W
2	1.6 mW	18	63 mW	34	2.5 W
3	2.0 mW	19	79 mW	35	3.2 W
4	2.5 mW	20	100 mW	36	4.0 W
5	3.2 mW	21	126 mW	37	5.0 W
6	4 mW	22	158 mW	38	6.3 W
7	5 mW	23	200 mW	39	8.0 W
8	6 mW	24	250 mW	40	10 W
9	8 mW	25	316 mW	41	13 W
10	10 mW	26	398 mW	42	16 W
11	13 mW	27	500 mW	43	20 W
12	16 mW	28	630 mW	44	25 W
13	20 mW	29	800 mW	45	32 W
14	25 mW	30	1.0 W	46	40 W
15	32 mW	31	1.3 W	47	50 W

Exemples pour les unités de tension :

Le **dBV**(débévolt), la référence **0dBV** étant égale à **1 volt**.

Donc +20dBV = 10 volts et -30dBV = 0,0316 volts = 31,6 mV.

(Les dBV sont surtout utilisés en Audiofréquence).

Le **dB μ V**(débémicrovolt), la référence **0dB μ V** étant égale à **1 microvolt**.
Ainsi, +34dB μ V = 50 μ V.
(Les dB μ V ne sont guère utilisés qu'en réception de radio et télédiffusion).

Rapport en tension (dB) = 20 × LOG(U2/U1).

Cette formule de calcul à partir des tensions n'est valable en puissance que si les tensions sont mesurées aux bornes de sources et de charges de mêmes impédances.

Si ce n'est pas le cas, il faut faire une conversion entre les dB {tension} et les dB {puissance} en tenant compte des impédances différentes. Mais comme souvent en électronique, on ne s'intéresse qu'aux gains et pertes en tension et on peut négliger les impédances. C'est le contexte qui nous indique si l'utilisation des dB {tension} ou des dB {puissance}.

Remarque :

- Les dB {puissance} sont aussi des dB {tension}, mais l'inverse n'est pas toujours vrai.
- Dans le cas d'une chaîne, si le gain (ou la perte) de chaque élément est mesuré en dB {tension}, il suffit que les impédances d'entrée et de sortie de la chaîne soient identiques pour que le gain total en dB {puissance} soit égal au gain en dB {tension} quelles que soient les impédances intermédiaires.

Correspondance entre les unités de puissance et de tension.

Les correspondances se feront en référence à des **impédances normalisées**.

Ainsi en Audio, **Z = 600 Ω** . Nous avons alors pour 0dBm (donc un rapport de 1mW) :
 $P = U \cdot I \rightarrow U = P/I = P \cdot R/U \rightarrow U^2 = P \cdot R = 0,001 \times 600 \rightarrow U = 0,775 V_{eff}$
et 0 dBV correspond à +2,22 dBm.

$$\text{car } 20 \log (1/0,775) = 20 \log 1,2903... \approx 20 \times 0,1106... \approx +2,22 \text{ dBm}$$

En électronique, **Z = 50 Ω** . Nous avons alors pour 0dBm (donc un rapport de 1mW) :
 $P = U \cdot I \rightarrow U = P/I = P/(U/R) = P \cdot R/U \rightarrow U^2 = P \cdot R = 0,001 \times 50 \rightarrow U \approx 0,224 V_{eff}$
et 0 dB μ V correspond à -107 dBm.

$$\text{car } 20 \log (0,224 \cdot 10^{-6}) = -20 \log (2,24 \times 10^5) = -20 \times 5,35... \approx -107 \text{ dBm}$$

(Rappel : $\log (1/x) = -\log x$).

BANDE PASSANTE AMPLIFICATEUR BF RADIO 9018-2

CHARGE $R = 8 \Omega$; POTENTIOMETRE = 100%

$f_{(kHz)}$	U_{c5mV}	U_{cVT4mV}	U_{c9+1mV}	G
1	8 mV	1,5V	1,5V	188
1,5	8 mV	2,24V	2,20V	275

G_{VTC} = 274
 G_{VTS} = 276
 G_{VT4} = 293

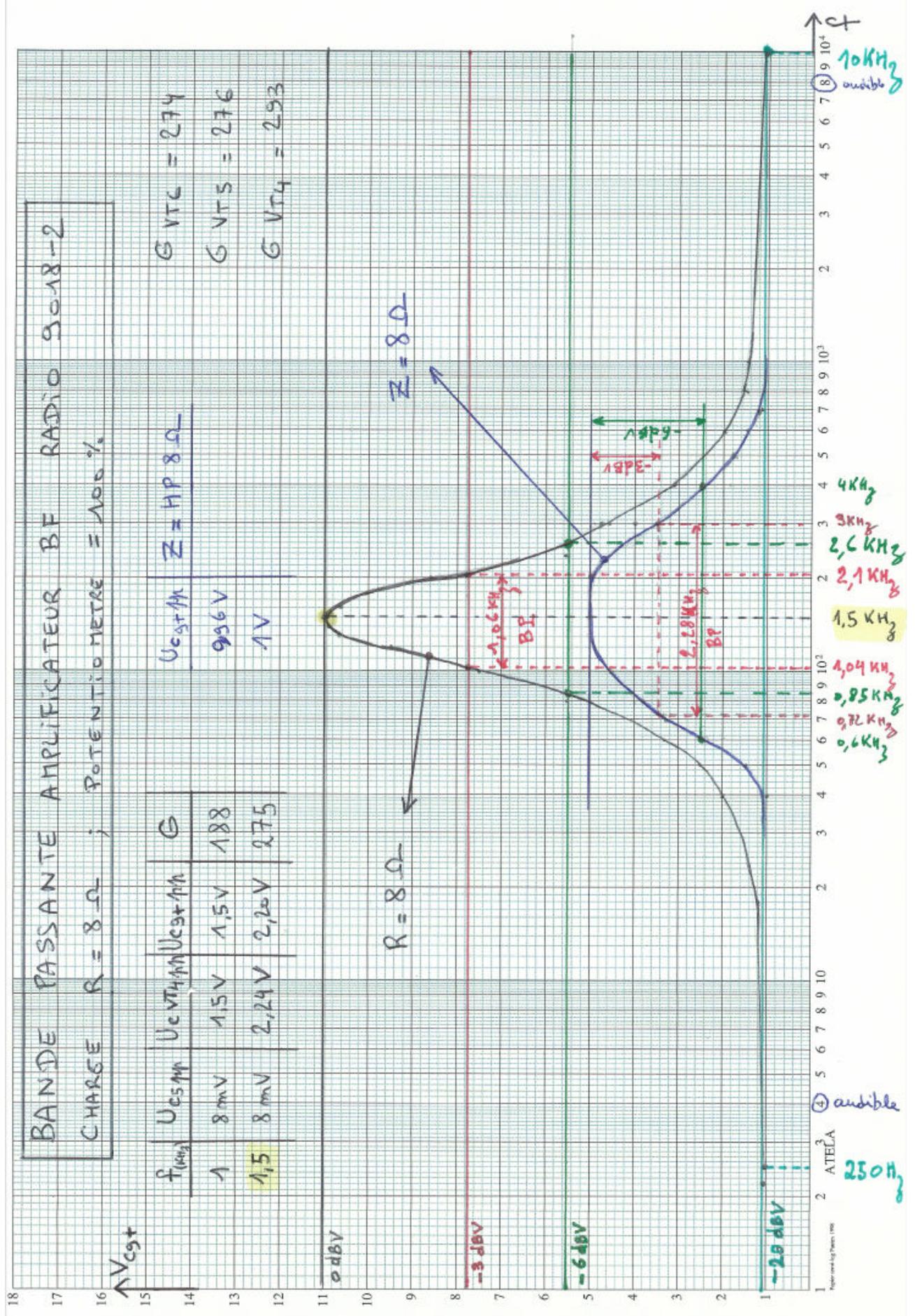
U_{c9+1mV}
 996V
 1V

U_{c5mV}
 8 mV
 8 mV

U_{cVT4mV}
 1,5V
 2,24V

U_{c9+1mV}
 1,5V
 2,20V

G
 188
 275



Formule applicable seulement lorsque les tensions s'appliquent à la même impédance !

Retenir

Avec la puissance : $\text{dB} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1}$

Avec la tension : $\text{dB} = 20 \cdot \log \frac{V_2}{V_1}$

ou l'intensité : $\text{dB} = 20 \cdot \log \frac{I_2}{I_1}$



semilog.pdf

Connexion d'un portable sur la BF

Couper le câble à la longueur souhaitée, ensuite dégager la tresse cuivrée (c'est la masse) qui entoure les 3 autres fils (L, R, Mic).

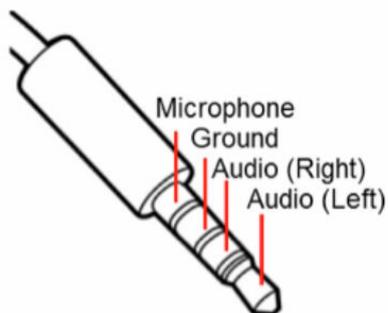
Vérifier à l'ohmmètre quelle est la bague de masse, et les bagues L, R.

Pour le test de l'ampli, on peut relier les voies L, R entre elles, c'est le point chaud à connecter en haut du potentiomètre de volume de l'amplificateur BF.

La masse se relie sur le (-) du montage.

(S'il y a un doute sur les bagues de masse / Micro, relier la tresse de masse sur le fil Micro).

CTIA Standard



Iphone

OMTP Standard



Nokia / Samsung.

Fonction logarithme (en base 10).

En mathématiques, le **logarithme** de base b d'un nombre réel strictement positif est la puissance à laquelle il faut élever la base b pour obtenir ce nombre. Par exemple, le **logarithme** de 1000 en base 10 est 3, car $1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$. Ainsi $\log_{10}(1000) = 3$.

L'avantage de prendre des **logarithmes décimaux** réside dans la facilité de calcul pour les grandes valeurs décimales, le logarithme prenant une unité à chaque puissance de dix. Exemples pour certains rapports de puissances :

$$\log A^b = B \times \log A$$

$$\log 10 = 1$$

$$\log 100 = \log 10^2 = 2 \log 10 = 2$$

$$\log 1000 = \log 10^3 = 3 \log 10 = 3$$

Tout logarithme transforme :

un produit en somme : $\log_b (x \cdot y) = \log_b x + \log_b y$

un quotient en différence : $\log_b (x/y) = \log_b x - \log_b y$; $\log (1/x) = -\log x$

une puissance en produit : $\log_b (x^p) = p \log_b x$

Fonction antilogarithme en base 10 (réciproque).

Il précise à quelle puissance il faut élever 10 pour retrouver le nombre de départ : l'image d'un nombre par log est l'entier relatif auquel il faut élever 10 pour obtenir l'antécédent.

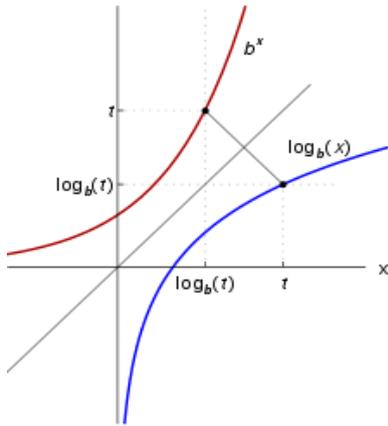
Par exemple : en base 10

$$\log 10 = 1 \text{ car } 10^1 = 10$$

$$\log 100 = 2 \text{ car } 10^2 = 100 \quad x = 10^{\log(x)}$$

$$\log 1000 = 3 \text{ car } 10^3 = 1000$$

$$\log 0,01 = -2 \text{ car } 10^{-2} = 0,01$$



Le graphe de la fonction logarithmique $\log_b(x)$ (bleu) est la fonction miroir de la fonction b^x (rouge) par rapport à la diagonale $x = y$.

Exemples d'applications pratiques des logarithmes en radioélectricité

Exemple 1 :

Quel est l'amplification de puissance exprimée en dB d'un amplificateur qui sort 20 W pour 1 W à l'entrée ?

$$A = 10 \text{ Log } \frac{20}{1} = \mathbf{13 \text{ dB}}$$

Exemple 2 :

Quel est l'atténuation de puissance exprimée en dB d'un atténuateur auquel on applique une puissance de 100 W et qui restitue 15W

$$A = 10 \text{ Log } \frac{15}{100} = \mathbf{8,2 \text{ dB}}$$

Exemple 3 :

Quel est l'amplification de tension exprimée en dB d'un transistor monté en amplificateur sur lequel on mesure 3 V de tension de sortie pour 10 mV de tension d'entrée ?

$$A = 20 \text{ Log } \frac{3}{0.01} = \mathbf{49,5 \text{ dB}}$$

Exemple 4 :

Connaissant la valeur en dB comment déterminer le rapport de puissance ?

A (db) sera la valeur en dB et R sera le rapport $P1/P2$

Calculons à quel rapport de puissance correspondent **23 dB** = $10 \text{ Log } R$?

$$\text{Log } R = 23/10 \quad \text{et} \quad R = 10^{\text{log}(R)}$$

$$\text{Donc : } R = 10^{23/10} = 10^{2,3} = 199,53 \approx \mathbf{200} = P1/P2$$

Exemple 5 :

Soit un rapport en puissance de 340 ; quel est le gain en dB ?

$340 = 3,4 \times 100$

→ 100 = 20dB (10 fois le Nb de zéros)

→ 3,4 = environ 5,3dB (entre 5 et 6, mais 3,4 est plus proche de 3,16 que de 4)

Donc le gain est égal à : $20 + 5,3 = 25,3 \text{ dB}$.

Exemple 6 :

Soit un rapport en puissance de 0,0028 ; quel est le gain en dB ?

$0,0028 = 2,8 \times 0,001$

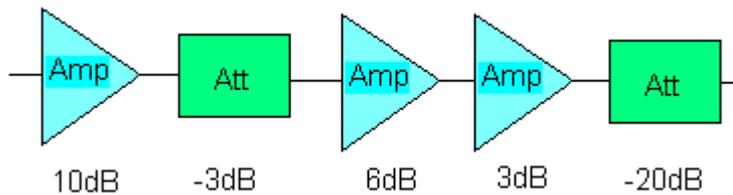
→ 0,001 = -30dB (10 fois le Nb de décimales)

→ 2,8 = 4,5dB environ

Donc la perte est égale à $-30 + 4,5 = -25,5 \text{ dB}$.

(exemple : pour un rapport 0,8 = 0,1 x 8 -> -10dB+9 dB = -1dB ; par calcul : $\log 0,8 = -0,097\text{dB}$).

Exemple 7 :



Vous avez ci-dessus une chaîne d'amplificateurs et d'atténuateurs. Connaissant l'atténuation ou le gain de chaque élément, comment calculer le gain/atténuation total ?

1er cas en **dB**: $+10 - 3 + 6 + 3 - 20 = -4\text{dB}$

Globalement cette chaîne atténue le signal appliqué en entrée

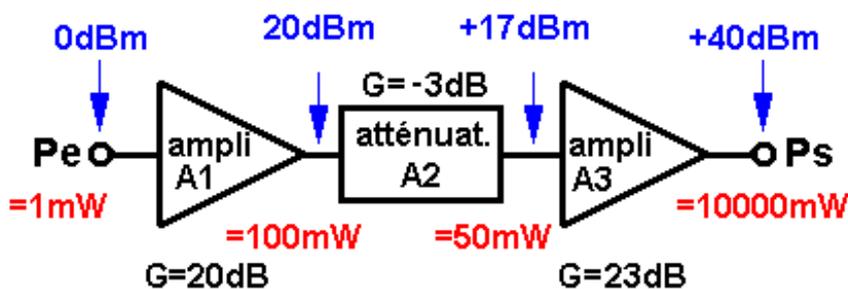
2ème cas avec les **rapports de puissance** : $10 \times 0,5 \times 4 \times 2 \times 0,01 = 0,4$

Vérifions simplement en calculant : $10 \text{ Log } 0,4 = 10 \times 0,3979 \approx 4 \text{ dB}$

Exemple 8 :

Dans une chaîne d'amplification comme celle de la figure ci-dessous, le gain de chaque étage est de :

- A1 : 20 dB (préamplificateur)
- A2 : -3dB (atténuateur)
- A3 : 40dB (amplificateur)



le dBm (décibel-par-rapport-au-milliwatt) permet d'exprimer un niveau par rapport à un niveau de puissance de référence qui est le milliwatt.

Pour indiquer la variation de la puissance à chaque étage de la chaîne on peut préciser le niveau de la puissance du signal par rapport à la puissance à l'entrée P_e .

Pour faciliter les calculs on va choisir $P_e = 1 \text{ mW}$.

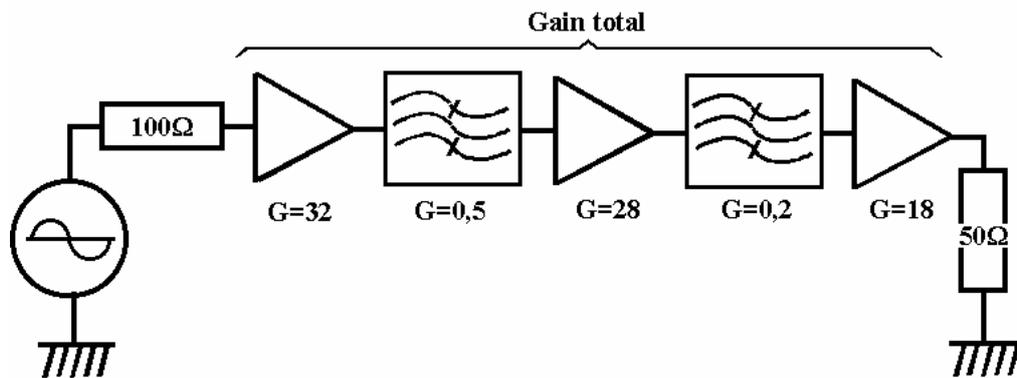
Tous les niveaux dans l'appareil seront basés sur cette référence de 0dBm.

A la sortie de l'étage A1 le signal a une puissance de 100mW, son niveau sera de 20dB donc de +20dBm par rapport au niveau 0dBm de l'entrée.

A la sortie de A2, le signal aura perdu 3dB donc son niveau sera de +17dBm.

Le gain de l'ampli A3 étant de 23dB, le niveau du signal en sortie sera de +40 dBm.

Exemple 9 :



On demande :

- Gain total en tension, exprimé en décibels
- Gain total en puissance, exprimé en décibels sachant que l'impédance d'entrée est de 100Ω et l'impédance de sortie de 50Ω .

Méthode 1 : $\text{Gain} = G_1 \times G_2 \times G_3 \times G_4 \times G_5 = 32 \times 0,5 \times 28 \times 0,2 \times 18 = 1613$

$\text{Gain} = 20 \log(1613) = 64,15 \text{ dB}$.

Méthode 2 : $\text{Gain} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 \text{ (en dB)} = +30 - 6 + 29 - 14 + 25 = 64 \text{ dB}$.

Pour V constant, P est 2 fois plus important avec 50Ω qu'avec 100Ω ($P = U^2/R$), soit un rapport de +3dB (positif car $Z_s < Z_e$) Donc $G(\text{puiss}) = 64 + 3 = 67 \text{ dB}$.

Exemple 10 :

Quelles sont les valeurs en mV, en dBm et en dB μ V du signal à l'entrée d'un récepteur dont le S-mètre indique $S_9 + 30\text{dB}$ ($Z_e = 50\Omega$ et $S_9 = 50\mu\text{V}$) ?

En mV : $U = 0,05\text{mV} \times 10_{30/20} = 0,05 \times 31,6 = 1,58 \text{ mV}_{\text{eff}}$

rappel mathématique : $X = 10^{\text{LOG}(X)}$.

On peut aussi utiliser les rapports remarquables 10dB + 20 dB, (3,16x10).

En dBm : $S_9 = -107\text{dBm} + 20 \times \text{LOG}(50) = -107 + 34 = -73 \text{ dBm}$ (constante)

donc $S_9+30 = -73 + 30 = -43 \text{ dBm}$

En dB μ V : $U = 20 \times \text{LOG}(1580/1) = 64 \text{ dB}\mu\text{V}$ (1^{ère} méthode).

$U = -43\text{dBm} - (-107\text{dBm}) \rightarrow 64 \text{ dB}\mu\text{V}$ (2^{ème} méthode).

$U = 34\text{dB}\mu\text{V}(S_9) + 30 \text{ dB} = 64 \text{ dB}\mu\text{V}$ (3^{ème} méthode)

(Tout ceci n'est exact que si $Z_e = 50 \ \Omega$).

ANNEXE 1

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
531	 Akraberg	25/100		Kringvarp Føroya	
	 Pontevedra	25		RNE Radio 5	
	 Oviedo	25		RNE Radio 5	
	 Pamplona	10		RNE Radio 5	
	 Córdoba	10		RNE Radio 5	
	 Urziceni	14		Radio Antena Satelor	
	 Petroșani	14		Radio România Actualităţi	
	 Żywiec	0.8		Twoje Radio Żywiec	
	 Włodawa	0.8		Twoje Radio Włodawa	
540	 Solt	2000	Guyed steel framework mast, height 298 metres, insulated against ground	Kossuth Rádió	
	 Barcelona	50		Onda Cero	
549	 Beli Križ	15		Radio Koper/Radio Slovenija 1	
	 Carrickroe	25		Spirit Radio	
558	 Murska Sobota	20		Muravidéki Magyar Radio	
	 Crystal Palace	1		Spectrum Radio International	
	 London	1		Love Sport	
	 Valencia	50		RNE Radio 5	
	 San Sebastián	50		RNE Radio 5	
	 La Coruña	25		RNE Radio 5	
	 Târgu Jiu	400		Radio România Actualităţi	
	 Crystal Palace	1		Irish Spectrum	
567	 Villa Estense	0,5		Challenger Radio	
	 Braşov	50		Radio România Actualităţi	
	 Satu Mare	50		Radio România Actualităţi	
	 Murcia	50		RNE Radio 5	
	 Marbella	5		RNE Radio 5	
576	 Vidin/Vodna	200	Guyed steel framework mast, height 259 metres, non-directional	BNR Horizont/BNR Türkçe Yayınlar	
	 Palau-solità i Plegamans	100		RNE Radio 5	
	 Mesas de Galaz	25		RNE Radio Nacional	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

585	 Madrid	600	Guyed steel lattice mast, height 264 m	RNE Radio Nacional	
603	 Dumfries	2		BBC Radio Scotland	
	 Nicosia	10		RIK Trito Programma	
	 Bucharest	25		Radio Antena Satelor/Bukaresti Radio Romania/Radio Romanien Bukarest	
	 Botoşani	50		Radio Romania Actualitati	
	 Turnu Severin	14		Radio Craiova	
	 Oradea	14		Radio Romania Actualitati	
	 Sevilla	50		RNE Radio 5	
	 Palencia	5		RNE Radio 5	
	 Newcastle upon Tyne	0.5		BBC Radio 4	
612	 Littlebourne	0.4		Smooth Radio	
	 Moscow	20		Radio Radonezh (Local time 19:00 - 23:00)	
	 Vitoria	10		RNE Radio Nacional	
621	 Lleida	10		RNE Radio Nacional	
	 Las Mesas	300		RNE Radio Nacional	
	 Palma	10		RNE Radio Nacional	
	 Jaen	10		RNE Radio Nacional	
	 Avilla	10		RNE Radio Nacional	
630	 Grigoriopol	160		PGTRK Radio 1 plus	
	 Timișoara	400		Radio Romania Timișoara	
	 Voinești	50		Radio Antena Satelor	
	 Miranda do Douro	10		RDP Antena 1	
	 Carapinheira	10		RDP Antena 1	
	 Redruth	2		BBC Radio Cornwall	
639	 Luton	0.2		BBC Three Counties Radio	
	 RKS Libice 2	750	Cage antennas on two guyed mast of lattice steel, height: 355 metres	Český Rozhlas Dvojka	
	 Ostrava	30		Český Rozhlas Dvojka	
	 Limassol	500		BBC World Service	
	 La Coruna	300		RNE Radio Nacional	
	 Zaragoza	50		RNE Radio Nacional	
	 Bilbao	50		RNE Radio Nacional	
	 Albacete	12		RNE Radio Nacional	
 Almeria	25		RNE Radio Nacional		

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
648	 Murska Sobota	10		Murski val	
	 Badajoz	10		RNE Radio Nacional	
	 Chongar	10		Krym.Realii	
648	 Orfordness	1	Local Radio AM Pop Music station operating from ship <i>Ross Revenge</i> or on land Essex studios	Radio Caroline (http://www.radiocaroline.co.uk/#home.html) also some times as Caroline North 648 & 1368	
657	 Pisa	50	Guyed steel lattice mast	Rai Radio 1	
	 Madrid	100		RNE Radio Nacional	
	 Grozny	50		Radiokanal Kavkaz (OFF AIR)	
	 Wrexham	2		BBC Radio Wales +local radio/BBC World Service	
	 Bodmin	1		BBC Radio Cornwall	
666	 Barcelona	50		SER	
	 Viseu	10		RDP Antena 1	
	 Covilha	10		RDP Antena 1	
	 Valenca	10		RDP Antena 1	
	 Vila Real	10		RDP Antena 1	
	 Castanheira do Ribatejo	10		RDP Antena 1	
	 Braganca	2		RDP Antena 1	
	 Fulford	0.5		BBC Radio York	
684	 Sankt-Peterburg	10		Radio Radonezh	
	 Sevilla	600		RNE Radio Nacional	
693	 Burghead	25	Guyed, self-radiant steel truss mast	BBC Radio 5 Live	
	 Droitwich	150	Against ground insulated guyed lattice steel mast	BBC Radio 5 Live	
	 Serra de Santa Barbara	3		RDP Antena 1	
702	 Čižatice	5		RTVS Radio Patria	
711	 Vadu Izei	50		Radio Romania Actualitati	
	 Dokuchajevsk	40		Ukrainian Radio Donetsk (OFF AIR)	
	 Murcia	10		COPE	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

720	 Sinaia	14		Radio Romania Actualitati	
	 Baia Mare	7		Radio Romania Actualitati	
	 Nufaru	14		Radio Romania Actualitati	
	 Limassol	500		BBC World Service	
	 Las Mesas	25		RNE Radio 5	
	 Castelo Branco	10		RDP Antena 1	
	 Elvas	10		RDP Antena 1	

	 Guarda	10		RDP Antena 1	
	 Mirandela	10		RDP Antena 1	
	 Faro	10		RDP Antena 1	
729	 Athens	150	Guyed steel lattice mast, height 270 m	ERA Proto Programma BBC Eesex - UK Manningtree 0,2	
	 Tampere	0.1		Pispalan Radio 24/7	
738	 Palau-solità i Plegamans	300	Self radiant guyed lattice steel mast, height 217 m	RNE Radio Nacional	
	 Moscow	5		WRN (OFF AIR)	
747	 Cadiz	10		RNE Radio 5	
	 Mesas de Galaz	25		RNE Radio 5	
756	 Lugoj	400		Radio Romania Actualitati	
	 Lamego	2		RDP Antena 1	
765	 Chelmsford	0.5		BBC Radio Essex	
	 Petrivka	40		Radio Akademiya-Radio Mayak	
774	 Valencia	100		RNE Radio Nacional	
	 Tuzla ⁽¹⁾	2.5		Radio Tuzla/Radio Free Europe	
	 Littlebourne	0.7		BBC Radio Kent (South East) OFF AIR	
	 Enniskillen	0.5		BBC Radio 4	
783	 Barcelona	50		COPE	
810	 Ovče Pole	1200	Free-standing steel lattice tower	Makedonsko Radio 1	
	 Westerglen	100	Against ground insulated guyed lattice steel mast	BBC Radio Scotland	
	 Burghead	100	Against ground insulated self-radiating mast	BBC Radio Scotland	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

828	 Monte das Cruzes	1		RDP Antena 1	
	 Barcelona	20		Hit FM	
	 Saint-Petersburg	10		Radiogazeta Slovo/Pravoslavnoe Radio	
837	 Taranivka	150		Ukrainian Radio 1 (OFF AIR)	
	 Chernivtsi	30		Ukrainian Radio Bukovyna (OFF AIR)	
	 Santa Brigida	10		COPE	
846	 Southwick Hospital	0.001		Seaside Hospital Radio	
	 Redcastle	1		Radio North/AWR/Gospel 846	

	 Villa Estense	0,5		Challenger Radio	
855	 Murcia	300		RNE Radio Nacional	
	 Tâncăbesti	400		Radio România Actualităţi	
873	 Dnipro	2.5		Ukrainian Radio Dnipropetrovsk (OFF AIR)	
	 Chişinău	75		Radio Moldova	
	 Chasov Yar	25		Ukrainske radio/Krym.Realii	
	 Lakihegy Tower	20		Magyar Rádió Nemzetiségi Adások	
	 Pécs	20		Magyar Rádió Nemzetiségi Adások	
882	 Gornja Plavnica	5		Radio Crne Gore 1	
	 La Laguna	25		COPE	
	 Washford	100		BBC Radio Wales	
891	 Vilamoura	2.5		Radio Sim	
900	 Milano (Siziano)	50	Guyed steel lattice mast, height 148 m	Rai Radio 1 - Lombardia	AM ⁽²⁾⁽³⁾
	 Bilbao	25		Herri Irratia - Radio Popular Bilbao	
909	 Cluj	200		Radio România Actualităţi	
	 Moorside Edge	200	Guyed steel lattice mast, height 158 m	BBC Radio 5 Live	
	 London	150	T-aerial on two 61 m tall, against ground insulated suspended steel lattice towers; guyed steel lattice mast, height 152,4 m	BBC Radio 5 Live	
	 Valu lui Traian	14		Radio Romania Constanta	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

936	 Campalto	5	Steel lattice tower, demolished in 2019 for security reasons.	Rai Radio 1	
	 Lviv	600		Ukrainian Radio 1 (OFF AIR)	
945	 Miercurea Ciuc	14		Radio Romania Actualitati	
954	 Dobrochov	200	Free-standing steel lattice tower, height 152 m	Český rozhlas 2	
	 České Budejovice	30		Český rozhlas 2	
	 Karlovy Vary	20		Český rozhlas 2	
963	 Psimolofou	50		RIK Proto Programma	
	 Brzesko	0.5		Radio AM	
	 Lubaczow	0.8		Radio AM	
	 Lubliniec	0.8		Radio AM Lubliniec	
	 Lipsko	0.1		Radio AM Lipsko	
	 Seixal	1		Radio Sim	

972	 London also on 963	1		Sunrise Radio	
981	 Libeznice	10		Radio Český Impuls	
	 Moravske Budejovice	5		Radio Český Impuls	
	 Trieste	10		Rai Radio Trst A	
	 Coimbra	10		Radio Sim	
990	 Bilbao	25		SER	
	 Cape Greco	600		Radio Sawa (Go off air 02-07-2019 shame)	
999	 Madrid	50		COPE	
	 Grigoriopol	500		Transworld Radio	
	 Bizbizja	1/5		Radju Malta	
	 Volpiano	50		Rai Radio 1/Rai Piemonte	
1008	 Flevoland	200	Cage antenna on guyed grounded mast of lattice steel, height 195 metres, double feedable	Groot Nieuws Radio (Go off air 31-12-2018 - shame)	
	 Arucas	10		esRadio	
1017	 Glyfada	0.05		Radio Galaxias	
	 Piove di Sacco	1		Media Veneta Radio	
1026	 Salamanca	10		SER	
1035	 Sheffield	1		BBC Radio Sheffield	
	 London	1		Dilse Radio	
	 Tartu	200		Radio Eli	
	 Vigonza	1		Media Veneta Radio	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

1044	 Gora Synycya	1		Ukrainian Radio 1 (OFF AIR)	
	 Valladolid	10		SER	
1053	 Droitwich	500	Against ground insulated steel truss mast with triangular section	Talksport	
	 Iași	400		Radio Iași	
	 Saint-Petersburg	10		Radio Maria Russia	
1062	 Skarzysko	0.8		Radio AM	
	 Pulawy	0.8		Radio AM	
	 Jarosław	0.5		Radio AM	
	 Cmolas	0.8		Radio AM Cmolas	
	 Cagliari	60		Rai Radio 1	
	 Ancona	6		Rai Radio 1	
	 Catania	20		Rai Radio 1	
	 Zbraslav	20		Country Radio	

1071	 Clipstone	1		Talksport	
	 Ostrava	5		Cesky Rozhlas Plus	
	 Vigonovo	0.15		Radio Marina	
1080	 Granada	10		SER	
1089	 Moorside Edge	400	Guyed steel lattice mast, height 158 m	Talksport	
	 Brookmans Park	400	T-aerial on two 61 m tall earthed, suspended steel truss mast; guyed steel lattice mast, height 152,4 m	Talksport	
	 Washford	80		Talksport	
1098	 Gazimağusa	100		Bayrak Radyo 1	
	 Nitra	10		RTVS Radio Patria	
1107	 Monte Ciocchi (Rome)	2	Guyed steel tubular mast, earthed	Rai Radio 1/Rai Lazio	
1116	 Bloemendaal	0.5		Radio Bloemendaal	
	 Miskolc	15		Dankó Rádió	
	 Mosonmagyaróvár	5		Dankó Rádió	
	 Palermo	10		Rai Radio 1	
1152	 Cluj-Napoca	400		Radio Romania Actualitati	
	 London	23.5		LBC London News	
	 Cartagena	12		RNE Radio 5	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

1161	 Kempston	0.16		BBC Three Counties Radio	
1170	 Beli Križ	15	Guyed steel lattice mast, height 123,6 m	Radio Capodistria	
1179	 Santa Cruz de Tenerife	25		SER	
	 Galbeni	200		Radio Romania Actualitati	
1188	 Marcali	300	Guyed steel lattice mast, height 126 m	Magyar Rádió Nemzetiségi Adások	
	 Szolnok	100	Guyed steel lattice mast with triangular section, height 119 m	Magyar Rádió Nemzetiségi Adások	
	 Athens	0.5		Nikolas apo Elata	
1197	 Brasov	14		Targu Mures/ Antena Brasovului/Marosvasarhelyi Radio Romania	
1215	 Droitwich	105	Two self-radiating guyed steel lattice masts	Absolute Radio	
	 Brookmans Park	125	Earthed self-radiating guyed steel lattice mast, height 152,4 m; two free-standing guyed steel lattice masts with T-aerial, height 60,9 m	Absolute Radio	
	 Moorside Edge	200		Absolute Radio	
	 Westerglen	100	Against ground insulated guyed steel truss mast	Absolute Radio	
	 Washford	100		Absolute Radio	
1224	 Huelva	10		COPE	
	 Utrecht	0.02		Radio Paradijs	
1233	 Northampton	0.5	Guyed steel framework mast insulated against ground	Absolute Radio	
	 Libeznice	10		Radio Dechovka	
	 Dobrochov	5		Radio Dechovka	
	 Ostrava	2		Radio Dechovka	
	 Brno	0.5		Radio Dechovka	
	 České Budejovice	2		Radio Dechovka	
	 Cape Greco	600		Monte Carlo Doualiya/Transworld Radio	
1251	 Szombathely	25		Dankó Rádió	
	 Nyíregyháza	25		Dankó Rádió	
	 Castelo Branco	1		Radio Sim	
	 Chaves	1		Radio Sim	
1260	 Murcia	25		SER Murcia	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
-----------------	------------------	------------	---------------------	---------	----------------------

1278	 Petrivka	100		Ukrainian Radio 1 (OFF AIR)	
	 Florina	10		ERA Net/ERA Sport/ERA 2	
1287	 Portalegre	2		RDP Antena 1	
1296	 Orfordness	200	6 freestanding steel lattice towers, two rows	BBC World Service	DRM
1305	 Ourense	25		RNE Radio 5	
	 London	0.5/1	(Also on 1332 and 1413)	Premier Christian Radio	
1314	 Tripolis	10		ERA Proto Programma	
	 Timisoara	30		Radio Antena Satelor	
	 Oltenia	1		Radio Romania Oltenia-Craiova	
1323	 Vigonza	0.6		Radio Base 101	
	 Ernei	14		Marosvasarhelyi Radio Romania	
	 Targu Mures	7		Radio Targu Mures	
1332	 Moravské Budějovice	50	Guyed steel truss mast	Český rozhlas Dvojka	
	 Barbosi	50		Radio Romania Actualitati	
	 Pinczow	0.5		Radio AM	
	 Haaksbergen	0.05	Coil loaded vertical	Alfa Radio	
1341	 Lisnagarvey	100	Blaw-Knox tower	BBC Radio Ulster/BBC Radio 5 Live	
1350	 Győr	5		Magyar Rádió Nemzetiségi Ádások	
	 West Milan	1		EuropaRadioJazz	
	 West Milan	1.2	Free-standing steel lattice tower, height 45 m	I AM Radio	
1359	 Bournemouth	0.85		BBC Radio Solent	
	 Villa Estense	1		Radio Time	
1368	 Foxdale	20		Manx Radio	
	 Villa Estense	0,5		Challenger Radio	
1377	 Vinnytsia	7		Ukrainian Radio Khvylya (OFF AIR)	
	 Mykolaiv	3.5		Ukrainian Radio Mykolaiv (OFF AIR)	
1386	 Viešintos	75/500		Radio Baltic Waves International - Radio Polonia/NHK World/Radio Liberty	
	 Veria	2		Radio Makedonia	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
1395	 Filakë	500		Transworld Radio/Radio Tirana 3	
1404	 Dinazzano di Casalgrande	0.15		Radio Luna 106	
	 Sibiu	7		Radio Romania Actualitati	
	 Sighet	50		Radio Romania Sighet	
	 Izmail	10		Ukrainian Radio 1 (OFF AIR)	
	 Komotini	50		ERA Open	
	 Chojnice	0.8		Radio AM	
1413	 Grigoriopol	500		Vesti FM	
	 Bourton-on-the-Water	0.5		<u>BBC Radio Gloucestershire</u>	AM chained with Berkley Heath
	 Berkley Heath	0.2		BBC Radio Gloucestershire	AM chained with Bourton on-the-Water
	 Manchester	0.001		Manchester United Radio	
1422	 Poenari	14		Radio Romania Actualitati	
1431	 Thessaloniki	0.008		1431AM	
	 Foggia	5		Rai Radio 1	
	 Mykolaiv Luch	1600		Radio Ukraine International (OFF AIR)	
1449	 Belluno	2.5		Rai Radio 1	
1458	 Brookmans Park	125	Against ground insulated self-radiating steel lattice mast, height 152,4 m; two free-standing steel truss masts with T-aerial, height 60,9 m	Sunrise Radio	
	 Agigea	50		Radio Romania Actualitati	
	 Maida Vale	4		Radio Gibraltar	
	 Filakë	500		<u>Radio Tirana 3</u>	
1467	 Col de la Madone	50		Radio Maria	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
1485	 Zakopane	0.8		Radio AM	
	 Oradea	1		Radio Vocea Sperantei	
	 London	125		Lyca Radio	
	 Longyearbyen	1		NRK P1/NRK P2	
	 Rome	0.5		Broadcastitalia	
	 Orestiada	1		ERA Net	
	 Sarego	1		Golden Radio	
	 Ågenskalns	1.25		Radio Merkurs	
1494	 Edinet	20		Radio Moldova	
	 Cahul	30		Radio Moldova	
1503	 Zavidovići	1		Radio Zavidovići	
	 London	0.1		Betar Bangla	
	 Base Aerea das Lajes	0.1		AFN Island FM	
1512	 Khandia	50		ERA Proto Programma	
1521	 Castellon	5		SER	
1530	 Tulca-Nufaru	14		Radio Romania Constanta	
	 Poiso	3		Posto Emissor do Funchal	
1539	 Elche	6		SER	
1548	 Bologna	0.4		Ondamedia Broadcast	
	 London	100		Gold	
	 Grigoriopol	500		Transworld Radio	
				Radio Sawa	
1557	 Northampton	0.76	Guyed steel framework mast insulated against ground	Smooth Radio	
1566	 Hague	0.4		Vahon Hindustani Radio	
1575	 Gorizia	2		Rai Radio 1	
	 Genova	30		Rai Radio 1	

Frequency (kHz)	Transmitter site	Power (kW)	Transmission aerial	Program	Mode of transmission
1584	 Pistoia	10		Radio Studio X	AM stereo
	 London	0.2		Panjab Radio	
	 Mulhouse	1		Radio Montecarlo	
	 Targu-Mures	1		Radio Popular	
	 Kastro	1		RSA 92,7	
	 Utrecht	0.1		Radio Paradijs	
	 Andrychow	0.8		Radio AM Andrychow	
	 Busko-Zdroj	0.5		Radio AM	
	 Slupsk	0.1		Radio AM	
	 Belorechensk	30 W		Chistaya Volna	
1593	 Miercurea Ciuc	14		Radio Targu Mures	
	 Ion Corvin	14		Radio Romania Actualitati	
	 Sibiu	7		Antena Sibiului	
	 Oradea	7		Radio Cluj/Kolozsvari Radio Romania	
	 Saint-Gueno	10		Bretagne 5	
1602	 Riga	3		Radio Centr	
	 Pietersbierum	0.5		Radio Seagull/Radio Waddenzee	
	 Krakow	0.8		Radio AM Krakow	
	 London	0.07		Desi Radio	
	 Samos	1		ERA Net	
	 Virrat	0.4	Quarter wave vertical	Scandinavian Weekend Radio	
1621	 Dnipro	50 W		Radio Shanson	



Electroniciens de toutes les galaxies, unissez- vous !

Marc D.V., Oct 2020