

# Nouvelle vie pour un réveil radio-synchronisé sur HBG

Par Yves OESCH / HB9DTX

[www.yvesoesch.ch](http://www.yvesoesch.ch)

(parution originale dans HBradio 2012 nos 2 et no 3)



## Résumé de l'article

L'émetteur de signaux horaires suisse HBG situé à Prangins a été mis hors service fin 2011. Cet article propose une modification très simple effectuée sur un réveil radio-synchronisé pour qu'il puisse recevoir les signaux de l'émetteur allemand DCF-77 à la place de ceux de HBG. Dans ce cas précis il suffit d'enlever 8 tours sur le bobinage de l'antenne ferrite, et de changer un quartz. La méthode présentée est applicable à tous les récepteurs HBG désormais inutiles.

## L'émetteur HBG de Prangins<sup>1</sup>

L'émetteur HBG est un émetteur qui transmettait par radio un signal indiquant l'heure légale suisse, situé près de Prangins en Suisse et géré par l'Office fédéral de métrologie (METAS).

Il transmettait un signal horaire codé, modulé en amplitude (AM) sur une porteuse à 75 kHz avec une puissance de 25 kW. Le signal pouvait être capté jusqu'à une distance d'environ 1 500 kilomètres de Prangins.

HBG utilisait une antenne fixée à une hauteur de 125 mètres, entre deux tours en treillis d'acier. Ces tours ont été construites en 1931.

Le signal était utilisé entre autres pour la synchronisation des horloges de toutes les gares CFF de Suisse, pour de nombreux clochers d'églises et sonneries d'écoles.

Pour des raisons financières cet émetteur a été mis hors service fin 2011. Les utilisateurs ont dû trouver une autre référence de temps pour synchroniser leurs horloges. L'émetteur DCF-77 par exemple.



*Illustration 1: Antenne de l'émetteur horaire HBG<sup>1</sup>*

## L'émetteur DCF-77 <sup>2</sup>

DCF77 est un système allemand de transmission de l'heure légale par ondes radio, sur une large zone de couverture. Il a été créé par la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), sur une initiative du gouvernement allemand. Son émetteur est situé à Mainflingen, près de Francfort-sur-le-Main. Il possède une horloge atomique au césium et donne donc l'heure absolue, avec un écart théorique d'une seconde d'erreur pour un million d'années. Les deux antennes sont soutenues par des câbles horizontaux, eux-mêmes maintenus en hauteur par plusieurs pylônes, à environ 200 m de hauteur.

L'information est émise en grandes ondes par un émetteur de 30 kW dont la portée est de 1500 km, et donc largement recevable sur plusieurs pays ouest-européens, dont la France métropolitaine, l'Allemagne ou l'Italie par exemple. La fréquence porteuse est de 77.5 kHz.

## Comparaison des signaux horaires de HBG et DCF-77

Les signaux horaires des émetteurs HBG et DCF-77 sont tous deux transmis en onde longues. Le protocole de transmission est quasiment identique, et le codage de chacun des bits du message est également compatible entre les deux émetteurs (voir annexe).

Les signaux des ces deux émetteurs sont donc extrêmement similaires hormis deux petites différences :

- ⌚ La fréquence :  
HBG émettait sur 75 kHz, alors que DCF-77 se trouve sur 77.5 kHz
- ⌚ Le taux de modulation :  
HBG coupait complètement la porteuse au cours de l'émission de chacun des bits du message alors que DCF-77 commute entre 100% et 25% de la puissance d'émission pour coder les bits du message transmis.

## Le réveil synchronisé IROX

Ce réveil à bas prix était disponible il y a quelques années dans les magasins d'électronique grand public à bas prix.



*Illustration 2: Réveil radiocontrôlé sur HBG modifié pour DCF-77*

Il se compose d'un circuit imprimé bon marché classique (1 couche unique de cuivre, composants sur les deux faces) et d'un minimum de composants électroniques, dont un circuit intégré radio. Ce circuit est monté directement sur le PCB (technologie COB = Chip On Board) et est recouvert d'une résine noire (Glob Top) qui protège le circuit et ses fils de bonding. Il n'est donc pas possible de savoir exactement de quel type de circuit il s'agit. Qu'importe, ça n'est pas nécessaire pour la manipulation proposée ici.

Au niveau radio on remarque tout de suite l'antenne ferrite. En observant son câblage, on voit qu'elle constitue un circuit résonnant parallèle avec un condensateur. Ce circuit oscillant définit la fréquence de réception du signal. La relation entre fréquence, capacité et inductance est simplement la formule de Thomson bien connue. (Formule 1). Les unités sont celles du système SI (Hertz, Henry et Farad)

## Détermination de la valeur des composants du circuit LC

Avant de modifier l'un ou l'autre des composants il est nécessaire de connaître les valeurs des composants dans le circuit résonnant. Il existe plusieurs manières pour le faire.

Pour le condensateur (en bleu sur l'illustration 4) c'est facile. Soit on lit la valeur indiquée sur le boîtier, soit on le mesure au capacimètre.

Dans notre cas l'inscription est 2A182J. On peut en déduire qu'il s'agit de  $18 \times 10^2$  picofarad, soit  $18 \times 100 = 1800$  pF = 1.8 nF. Une mesure au capacimètre a d'ailleurs confirmé cette valeur.

Pour connaître la valeur de l'inductance, il n'y a pas beaucoup d'autres moyens que de la mesurer à l'inductancemètre. En effet les formules de calcul des inductances nécessitent de connaître la perméabilité relative du matériau utilisé (ferrite, poudre de fer), de compter le nombre de tours de la bobine (ce qui est loin d'être évident quand il y en a beaucoup et qu'ils sont enduits de cire). En plus les formules sont valables si la bobine est constituée d'enroulements sur une seule couche. S'il y a plusieurs tours de fil les uns sur les autres les formules sont moins précises. De toute façon un réglage fin de l'inductance est souvent fait par le fabricant en déplaçant les enroulements le long du noyau magnétique avant fixation à la cire.

(Maximum d'inductance avec les enroulements au centre du barreau, diminution si la bobine est décentrée par rapport au noyau).

Tout ceci pour dire que la détermination de la valeur d'inductance d'une bobine inconnue sans la mesurer est difficile.

Par contre comme on sait que la fréquence de résonance originale du circuit résonnant est de 75 kHz (porteuse HBG) et que la valeur du condensateur est maintenant connue (1.8 nF) on trouve facilement la valeur de l'inductance en utilisant l'une des variations de la formule de Thomson (Formule 2).

$$L = \frac{1}{(4\pi^2 f^2 C)}$$

Formule 2: Extraction de L

Dans notre cas,  $L = 2.5$  mH (millihenry!) Eh oui, on est en très basse fréquence, la valeur de l'inductance est très grande.

Maintenant que le circuit oscillant est complètement déterminé, il est temps de procéder à une petite expérience de vérification de nos calculs et mesures.

$$f = \frac{1}{(2\pi\sqrt{LC})}$$

Formule 1: Formule de Thomson classique



Illustration 3: Mesure de l'antenne à l'inductancemètre

Pour ce faire il faut disposer du matériel suivant :

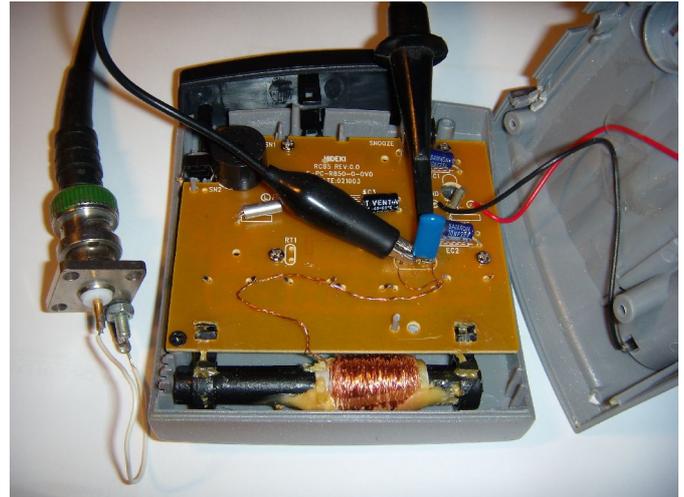
- ⌚ Le circuit oscillant à mesurer
- ⌚ Un générateur RF couvrant la bande de fréquence qui nous intéresse, ici au minimum 50-100 kHz
- ⌚ Un oscilloscope avec une sonde de mesure n'ayant pas trop de capacité. Il est recommandé d'utiliser l'atténuation 1 : 10 pour diminuer la capacité propre de la sonde.
- ⌚ Une petite boucle de fil de quelques cm à brancher au générateur pour injecter le signal dans le circuit oscillant par couplage magnétique.
- ⌚ Si le générateur n'est pas très précis, on branchera encore un fréquencemètre en parallèle pour lever le doute.

On connecte l'oscilloscope aux bornes du circuit oscillant parallèle, et on place la boucle d'injection de signal à proximité de l'antenne ferrite. (voir Illustration 4)

Attention à ne pas injecter un signal trop fort qui pourrait éventuellement détruire le circuit récepteur. Conseil : mettre l'oscilloscope sur l'échelle de sensibilité maximale et un niveau d'amplitude faible au générateur. Progressivement augmenter le niveau du générateur ou rapprocher la boucle de couplage du circuit à mesurer, jusqu'à ce que le signal soit suffisamment visible à l'oscilloscope.

En jouant avec la fréquence du générateur on devrait observer que l'amplitude du signal mesuré sur l'oscilloscope est maximale pour la fréquence de 75 kHz. Si ça n'est pas le cas, alors la sonde de l'oscilloscope charge trop le circuit oscillant, ou la bobine est défectueuse.

Pour information on pourrait aussi mesurer la fréquence de résonance au Grid-Dip mètre, mais le mien ne descend malheureusement pas en dessous de 1.5 MHz.



*Illustration 4: Mesure de la fréquence de résonance à l'aide d'un générateur et un oscilloscope*

## 1ère modification : adaptation de l'antenne

Arrivé à ce stade, on a une bonne confiance dans les valeurs des composants et sur la technique de mesure. L'idée est de faire réduire l'inductance de la bobine pour obtenir une résonance à 77.5 kHz. En utilisant la formule indiquée plus haut, on doit donc réduire l'inductance à 2.34 mH. **En enlevant 8 tours de la bobine d'antenne je suis tombé sur une valeur proche de la valeur voulue** par mesure à l'inductancemètre. On peut dé-bobiner l'une ou l'autre des extrémités de la bobine, c'est égal. Choisir la plus facile d'accès. Attention à ne pas casser le fil car il est collé à la cire. Tirer doucement et lentement. Le fil coupe la cire et se laisse dé-bobiner. Vérifier la nouvelle valeur de la bobine à l'inductancemètre. Si vous ne disposez pas d'un tel appareil rebranchez provisoirement la bobine au condensateur et refaites la manipulation proposée au paragraphe précédent. Cette fois que la fréquence de résonance doit être proche de 77.5 kHz et non plus 75 kHz comme auparavant. J'ai modifié 3 exemplaires du même réveil, et à chaque fois le nombre de tour à débobiner était de 8.

Si le circuit n'est pas complètement enduit de cire, on peut encore éventuellement affiner le réglage en déplaçant le bobinage par rapport au noyau. Pour ce faire décoller délicatement la cire collant le bobinage à la ferrite et déplacer le bobinage sur le noyau. Par approximations successives il est possible de trouver la résonance à 77.5 kHz. Dans mon cas j'ai fait cet ajustement uniquement sur l'un des 3 réveils modifié. Pour les 2 autres, j'ai seulement réduit le nombre de tour, sans déplacer la bobine sur le noyau et ils fonctionnent également.

## Essai de réception

Avant de refermer le réveil, il faut prendre garde de bien re-torsader les deux fils de connexion de la bobine ensemble. Cette précaution limite les perturbations en mode commun qui pourraient être injectées dans le récepteur. Il ne reste plus ensuite qu'à remettre le réveil sous tension en y insérant une pile AA (1.5V) et de le laisser se synchroniser pendant quelques minutes. Si tout se passe bien il devrait arriver à décoder le signal DCF-77 et se mettre à l'heure automatiquement.

On remarque sur l'illustration 2 que la modification fonctionne car le symbole de réception du signal (tout en bas à gauche de l'écran) est allumé, alors que la date indique le 1 février (2012) soit après la mise hors service de HBG !

En cas de problèmes de synchronisation, veiller à poser le réveil loin des sources de perturbations électromagnétiques, si possible proche d'une fenêtre, et en l'orientant de manière à ce que le barreau de ferrite soit perpendiculaire à la direction de provenance du signal. Pour la Suisse, l'émetteur DCF-77 étant grosso- modo au nord, il faut donc orienter la ferrite sur un axe est-ouest.

Ces réveils radio-synchronisés cherchent à se resynchroniser périodiquement, typiquement toutes les heures, ou au moins une fois par jour.

## Conclusion de la 1ère partie

Par la petite manipulation simple présentée ici (suppression de 8 tours de fil sur une bobine) on peut modifier la fréquence de réception d'un module récepteur HBG, pour pouvoir continuer à l'utiliser tel quel sur DCF-77. On insuffle ainsi une seconde vie à un équipement qui sinon aurait été bon pour le débarras, tout en révisant les bases de l'électronique des circuits oscillants. La modification a été réalisée sur 3 exemplaires différent du même appareil. Elle est donc bien reproductible.



*Illustration 5: Deux réveils modifiés et synchronisés après la mise hors service de HBG*

# Nouvelle vie pour un réveil radio-synchronisé sur HBG

## (2ème partie)

Par Yves OESCH / HB9DTX  
hb9dtx.yvesoesch.ch

### Résumé

Dans un premier article <sup>3</sup> il a été proposé de modifier un réveil synchronisé sur HBG pour qu'il se synchronise sur DCF-77. La méthode proposée était d'ajuster l'antenne ferrite sur la nouvelle fréquence en supprimant 8 tours de fil. Une autre méthode a été proposée par HB9DUL. Il s'agit de changer le quartz du récepteur. On en trouve facilement dans le commerce.

### 2ème modification possible : changer un quartz

Suite à l'article paru précédemment<sup>3</sup> Iacopo, HB9DUL m'a contacté pour me signaler qu'il avait lui aussi fait une modification à un réveil radio-synchronisé HBG pour le faire passer sur DCF-77. Il a un modèle d'horloge légèrement différent de ceux que j'ai modifiés, qui sert aussi de station météo.

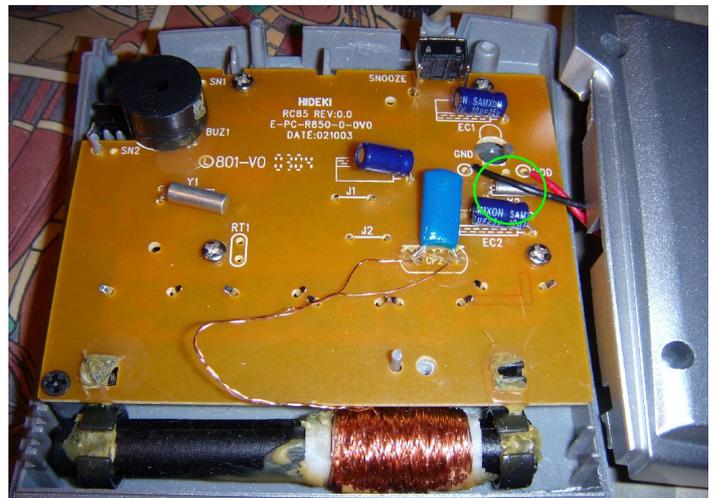
Contrairement à moi, il a **changé un quartz** sur dans le circuit du récepteur de synchronisation. Comme le signal DCF était reçu à fond d'échelle sur son récepteur, il n'avait pas cherché à régler l'antenne comme je l'avais fait.

Pour ma part, je n'avais pas prêté garde au fait qu'il y avait deux quartz sur les platines. J'en avais bien vu un, que j'avais supposé être un 32'768 Hz standard pour la base de temps. L'autre était légèrement masqué par les fils de connexion aux supports des piles. Comme le circuit radio est protégé sous une résine noire, on ne peut pas connaître son type exact. Je n'ai donc pas cherché à savoir comment il fonctionnait réellement. Je me suis contenté du fait qu'en ajustant l'antenne le réveil recevait les signaux DCF-77.

Piqué par la curiosité, j'ai donc commandé des quartz 77.5 kHz chez Conrad (no d'article 168432, prix 5.45 CHF/pièce) et j'ai fait la modification sur les réveils que j'avais à disposition.

### Le résultat

**La réception des signaux est nettement meilleure en changeant le quartz**, qu'en modifiant l'antenne seulement. Les réveils se synchronisent maintenant à chaque fois que la pile est insérée, et ceci dans n'importe quelle orientation de l'antenne ferrite. C'est logique en fait, car la sélectivité du récepteur est principalement déterminée par le filtre à quartz. Il est même étonnant que la première modification seule (ajustement de l'antenne) ait suffi à recevoir les signaux de DCF-77.



*Illustration 11: Position du quartz radio à changer dans les réveils présentés dans la première partie de l'article*

## Passage à l'heure d'été

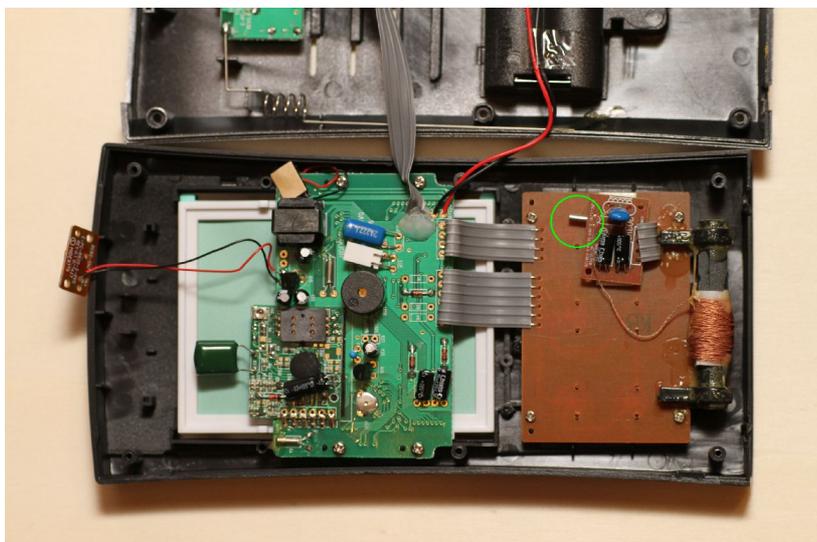
Les réveil du type présenté dans la première partie de l'article<sup>3</sup> (voir illustration 2) ont passé sans encombre de l'heure d'hiver à l'heure d'été. Dans le cas du réveil / station météo de HB9DUL (Illustration 12) l'heure est restée à l'heure d'hiver et l'indication de réception du signal s'était éteinte. Il a fallu ôter les piles puis les ré-insérer pour que le réveil se synchronise correctement à l'heure d'été. Visiblement les récepteurs et surtout leur logiciel sont légèrement différents.

## Mesures de signal DCF-77

HB9DUL a procédé à des mesure du signal DCF-77 à son domicile. Sur une antenne ferrite de 10mm de diamètre et de 50mm de long, il obtient des valeurs entre -90 et -92 dBm la journée et dans la plage -85..-87 dBm la nuit lorsque l'antenne est orientée de manière optimale. En tournant l'antenne de 90°, le signal chute de 12 dB.



*Illustration 12: Autre réveil modifiable de type station météo*



*Illustration 13: Quartz à changer dans la station météo*

## Conclusion

**En plus d'ajuster le nombre de tours de l'antenne des horloges radiocontrôlées, il est recommandé de changer un quartz, qu'on peut acheter dans le commerce. Les horloges ainsi modifiées sont à nouveau utilisables, bien que l'émetteur HBG soit hors service.**

## **Annexe : Format des données transmises par DCF-77 (et HBG)<sup>2</sup>**

Des informations sont transmises sous forme binaire à raison d'un bit à chaque seconde exactement. Les informations sont codées en BCD (décimal codé en binaire), leur décodage fournit au récepteur les autres éléments comme la date et l'heure.

L'impulsion émise au début de chaque seconde dure 100ms pour un '0' logique et 200ms pour un '1', il s'agit d'une modulation d'amplitude (abaissement de l'amplitude à 25% du maximum lors des impulsions ; en phase avec la porteuse). Seule la 59e seconde n'est pas modulée et permet d'annoncer le début d'une nouvelle trame (voir ci-dessous). On remarque que c'est la durée de l'impulsion qui transporte l'information, et non l'amplitude (il serait sinon à ces basses fréquences quasi-impossible d'espérer une certaine fiabilité).

La synchronisation des récepteurs se fait sur le premier bit (bit no 0). L'apparition de la première modulation marque alors le début d'une nouvelle minute. Les informations transmises pendant une minute correspondent à l'heure qu'il sera au moment du prochain 'top départ' ( "... au prochain top il sera ..." ).

Les bits transmettant l'heure et la date sont émis pendant les secondes 20 à 58 de chaque trame. Le détail de chacun des 59 bits se trouve sur wikipedia<sup>2</sup>.

## **Références et sources**

- 
- 1 [http://fr.wikipedia.org/wiki/Émetteur\\_HBG\\_de\\_Prangins](http://fr.wikipedia.org/wiki/Émetteur_HBG_de_Prangins)
  - 2 <http://fr.wikipedia.org/wiki/DCF77>
  - 3 voir HB-Radio 2/2012 pages 21-23 (<http://uska.ch/mitgliederservice/hbradio/>)