

# L'ARCANA 2010

Par Jean-Louis AMIARD

*ARCANA : Appareil de Recherche de Cavité Artificielle ou Naturelle Accessible*

## SOMMAIRE

1.	L'EMETTEUR :.....	2
1.1	Etude du schéma : .....	2
1.2	Réalisation :.....	4
1.2.1	Circuits imprimés :.....	4
1.2.2	Mise au point :.....	5
1.2.3	Mise en boîtier :.....	6
1.2.4	Liste des composants.....	9
2.	LE COMPARTIMENT BATTERIES : .....	10
3.	LE RECEPTEUR SIMPLE :.....	12
3.1	Etude du schéma (voir figure 7) :.....	12
3.2	Réalisation :.....	12
3.3	Liste des composants:.....	14
3.4	L'antenne réceptrice :.....	14
3.5	Le dispositif de pointage d'antenne : .....	15
4.	LE RECEPTEUR AUTOMATIQUE.....	17
4.1	Etude du schéma ( voir figure 12) :.....	17
4.2	Réalisation :.....	18
4.3	Liste des composants :.....	21
4.4	Programmation du PIC :.....	21
5.	LE CHARGEUR DE BATTERIES .....	26
6.	BIBLIOGRAPHIE .....	27

## PREAMBULE

Ce document décrit la réalisation de la version 2010 de l'ARCANA, dont la description d'origine avait été publiée dans la revue SC INFO n° 12 du printemps 1988, elle-même tirée d'un article de Michel RAULET paru en 1975 dans les Annales de Spéléologie.

Pour la théorie de fonctionnement, se reporter au document d'origine, mis en ligne par le CDS 19 à l'adresse suivante : [http://speleo19.free.fr/arcana/article\\_arcana.htm](http://speleo19.free.fr/arcana/article_arcana.htm)

La nouvelle version permet de bénéficier des derniers progrès de l'électronique. On notera en particulier les améliorations suivantes par rapport à la version 88 :

- L'emploi d'accus Ni-MH pour l'alimentation.
- L'amplification de l'émetteur par circuit intégré.
- L'arrêt automatique de l'émetteur en fin de décharge des batteries.
- Le fonctionnement de l'émetteur en mode « clignotant » pendant une durée de 2 heures ou 4 heures (présélectionnable) avant la marche continue afin de faciliter la recherche préliminaire en environnement perturbé.
- Enfin, deux versions de récepteurs, dont l'une est automatisée, faisant appel à un microcontrôleur programmable « PIC ».

L'auteur, à l'emploi du temps chargé comme tous les jeunes retraités, répondra à toute demande de renseignement, à lui demander par l'intermédiaire du CDS 19 : [speleo19@free.fr](mailto:speleo19@free.fr) mais il ne fournira aucun sous-ensemble ou composant, sachant que la présente description a fait l'objet d'un prototype, reproductible grâce au présent document, et réalisable par tout amateur d'électronique possédant un minimum d'équipement : matériel de fabrication de circuits imprimés, alimentation double, multimètre numérique, oscilloscope, générateur BF, et éventuellement, programmeur de PIC (seulement pour le récepteur automatique). De plus, tous les composants électroniques ou mécaniques sont en vente chez les détaillants cités.

## 1. L'EMETTEUR :

### 1.1 Etude du schéma :

L'émetteur se compose de trois modules :

- Le circuit principal comportant l'oscillateur, l'ampli et le contrôle de tension batterie.
- Le module de « clignotement ».
- La platine de commande comportant les interrupteurs de marche-arrêt, le commutateur de durée de « clignotement » et le relais d'alimentation.

Le circuit principal et la platine de commande font l'objet de la figure 1. Toutes les figures sont regroupées à la fin du document.

Pour le circuit oscillateur, on retrouve pratiquement le même schéma que pour la version 88 : l'oscillateur en pont de Wien monté autour du premier amplificateur opérationnel du circuit intégré TL082. Le réglage de la fréquence est décrit plus loin (§ mise au point).

Pour l'amplificateur, les transistors de puissance ont été remplacés par un circuit intégré TDA2040, beaucoup plus compact malgré le radiateur de dissipation thermique, et qui permet aussi de s'affranchir de l'étage suiveur d'adaptation d'impédance. Le diviseur  $100\text{k}\Omega/12\text{k}\Omega$  permet de prélever la tension nécessaire au fonctionnement de l'ampli sans saturation, et il est suivi du contact repos du relais de clignotement avant le condensateur de liaison à l'ampli. A la sortie, l'ampli est relié directement au condensateur unique et à la bobine placés en série. Attention : le condensateur, de  $0,22\ \mu\text{F}$  doit supporter au minimum une tension de **630V**.

La partie inférieure de la figure 1 décrit le dispositif de contrôle de l'alimentation : à la mise en route, l'action sur le bouton poussoir bipolaire « Marche » colle le relais DIL 24V, qui reste auto-alimenté grâce au transistor 2N1711. L'arrêt peut être obtenu par l'action sur le poussoir unipolaire « Arrêt », fermé au repos. Une partie du courant d'alimentation du relais traverse une LED rouge servant de témoin de fonctionnement.

Le deuxième ampli-op du TL082 est monté en détecteur de baisse de tension batterie : son entrée inverseuse reçoit une tension fixée par la diode zener de 15V, par rapport à la polarité négative de la batterie. L'entrée non inverseuse reçoit une tension correspondant à près de la moitié de la tension batterie, par le diviseur  $100\ \text{k}\Omega / 120\ \text{k}\Omega$ . Donc, dès que la tension de cette entrée tombe au dessous du seuil prédéterminé par la diode zener, la sortie de l'ampli-op devient négative et bloque le transistor 2N1711. De ce fait, le relais retombe et la batterie est isolée. Notons la résistance de  $3,3\ \text{M}\Omega$  entre la sortie et l'entrée non inverseuse de l'ampli-op, destinée à donner un déclenchement plus franc en introduisant un certain hystérésis. La valeur de la résistance de  $120\ \text{k}\Omega$  est à affiner en fonction des caractéristiques réelles de la diode zener. On verra comment la déterminer au § mise au point.

Le module de « clignotement » fait l'objet de la figure 2.

Le relais de « clignotement » est actionné par un transistor 2N1711 dont la base reçoit le signal d'horloge d'un circuit CD4060, oscillateur et compteur binaire à 14 étages. Avec les valeurs retenues pour les résistances et condensateurs composant l'oscillateur, sa période est d'environ 1,8 seconde. La sortie  $Q_{13}$  bascule donc au bout de  $1,8 \times 2^{12} = 7373\ \text{s}$  soit environ 2 heures. De même, la sortie  $Q_{14}$  bascule au bout de  $1,8 \times 2^{13} = 14745\ \text{s}$  soit environ 4 heures. La sortie est sélectionnée par un inverseur situé sur la platine de commande.

A la partie inférieure de la figure 2, un circuit CD4011 à 4 portes NAND gère le RESET du CD4060 : à la mise sous tension, le condensateur de  $1\ \mu\text{F}$  force à 1 la sortie Q de la bascule RS. Le RESET du CD4060 est donc à 0 et l'oscillateur est débloquent. A la fin du comptage, suivant la sortie  $Q_{13}$  ou  $Q_{14}$  sélectionnée, la bascule RS est remise à 0, et le RESET du CD4060 remonte à 1, bloquant l'oscillateur. Le transistor 2N1711 se bloque et le relais de clignotement retombe. Le fonctionnement de l'émetteur est alors assuré en continu, ce qui facilite la mesure de l'orientation des lignes de champ, en supposant que le signal ait bien été détecté en surface de façon sûre pendant la période de marche « clignotante ».

Compte tenu des caractéristiques de la batterie, composée de  $2 \times 12$  éléments Ni-MH au format HR14 de 4000 mAh, l'autonomie de l'émetteur est d'au moins une vingtaine d'heures. De plus, le dispositif d'arrêt automatique permet d'éviter la décharge complète des accus, néfaste pour leur durée de vie, et autorise la récupération différée de la balise. Les accus Ni-MH, de marque TRONIC, sont distribués par LIDL à des prix imbattables.

## 1.2 Réalisation :

### 1.2.1 Circuits imprimés :

**Remarque importante :** Sur les figures jointes, les circuits imprimés sont représentés vus du côté composants. Pour graver chaque circuit sur plaque photosensible, la méthode par photocopie sur mylar est préférable. Penser à bien orienter la face du mylar imprimée contre la face cuivrée. Pour vérifier que l'orientation est correcte, il faut que l'inscription du nom du circuit soit lisible à l'endroit côté cuivre. Les schémas sont regroupés à la fin du document :

- Fig. 1 : circuit principal.
- Fig. 2 : module de « clignotement ».
- Fig. 3 : platine de commande.

Voir au § 3 la liste des composants, module par module. Tous sont très courants et disponibles chez les détaillants par correspondance et par internet (Sélectronic, St Quentin Radio) et KCE à Brive. Avant de souder les composants, ajuster à la lime le diamètre des circuits imprimés pour vérifier qu'ils entrent sans jeu dans le corps intérieur du boîtier, qui aura été confectionné au préalable : voir § 1.2.3 Mise en boîtier.

Au moment de l'implantation des composants, bien respecter la polarité des condensateurs chimiques et l'orientation des circuits intégrés (attention : sur le module de « clignotement », le CD4060 et le CD4011 sont tête-bêche. Sur le circuit principal de l'émetteur, il est préférable de monter le TL082 sur un support à 8 pattes à **contacts tulipe**. Le TL082 sera monté sur son support après la première phase de mise au point (recherche de la fréquence de résonance de la bobine). Bien entendu, ne pas oublier de souder les deux straps, un sur le module de « clignotement » et l'autre sur la platine de commande. Dans le but d'éviter tout risque de déplacement du circuit intégré amplificateur TDA2040 en cas de choc, il est fortement recommandé de fixer son radiateur sur le circuit imprimé par deux trous taraudés de 3 mm de diamètre, forés dans son épaisseur, recevant deux vis d'une dizaine de mm de longueur.

Rappelons que la bobine émettrice est constituée d'un bobinage de 1000 spires de fil émaillé de diamètre 0,8 mm, d'une longueur de 200 mm, en 4 couches de 250 spires, sur un noyau de 7 barreaux de ferrite de diamètre 10 mm (Sélectronic). Sur le prototype, ces barreaux ont simplement été assemblés et maintenus en étoile par un ruban adhésif, entre deux flasques de PVC de 5 mm d'épaisseur, reliés par six tiges filetées de 3 mm **en acier galvanisé** (donc magnétique). Sur l'un des deux flasques, ne pas oublier de placer une vis à tête fraisée de diamètre 8 mm et longueur 15 mm en laiton, pour la fixation au circuit imprimé. Les écrous doivent être freinés à la colle genre Loctite frein-filet pour résister aux vibrations. La fourniture du fil de cuivre et la réalisation du bobinage proprement dit peuvent être assurés par un artisan que l'on trouvera en toutes régions dans la rubrique « Bobinage, réparation de matériel électrique » des pages jaunes. Pour information, les bobinages de l'émetteur et du récepteur ont été réalisés par les Ets Fage Bobinage à Brive pour la modique somme de 50 € l'ensemble, sur les supports confectionnés par l'auteur.

## 1.2.2 Mise au point :

### Mesure de la fréquence de résonance du couple condensateur-bobine :

Sur une table à surface isolante, relier par des fils « volants » le circuit imprimé principal de l'émetteur à la bobine. Aux points de branchement de la bobine, connecter un oscilloscope par l'intermédiaire d'une sonde au rapport 1/10, et utiliser le calibre le moins sensible de l'oscillo (20V/cm). **Ne pas installer le TL082 sur son support.** Brancher un générateur BF entre la masse et le condensateur de liaison de 1µF, côté oscillateur. Régler la tension du générateur à moins de 2V crête à crête. Alimenter le circuit en reliant les points +15V, 0V et -15V à une alimentation double (préférable à l'alimentation par les accus Ni-MH, non protégée en cas de court-circuit). En surveillant à l'oscilloscope la tension aux bornes de la bobine, effectuer un balayage de fréquence entre 800 et 1200 Hz. De cette façon, on repère très vite la fréquence de résonance, pour laquelle la tension sinusoïdale crête à crête peut atteindre 750V ! (ne pas y mettre les doigts !) Bien noter la fréquence affichée sur le générateur, car c'est cette fréquence que devra délivrer avec précision l'oscillateur à pont de Wien. ( 950 Hz sur le prototype ). On notera que dès que cette fréquence s'éloigne, ne serait-ce que de quelques Hz, de la fréquence de résonance, la tension aux bornes de la bobine chute considérablement. On notera également que le courant consommé par l'ampli est le plus important à ce moment : environ 200 mA, correspondant au maximum de l'énergie électromagnétique dissipée par la bobine. Le sifflement audible atteint là aussi son maximum.

### Ajustage de la fréquence de l'oscillateur à pont de Wien :

Sur ce type d'oscillateur, la fréquence  $f$  est fixée par les couples de résistances  $R$  (de 1,5kΩ) et condensateurs  $C$  (0,1µF et 10nF en parallèle sur le prototype) suivant la formule :

$$f = 1 / (2 \pi RC)$$

Il est indispensable d'assurer l'égalité (à + ou - 5 Ω) des valeurs des deux résistances de 1,5 kΩ en les triant si nécessaire. De même pour les condensateurs de 0,1 µF. Pour le réglage fin de la fréquence, on procédera de la façon suivante :

- Souder sur le circuit les résistances de 1,5 kΩ et les condensateurs de 0,1 µF triés.
- Poser le TL082 sur son support en respectant la bonne orientation.
- Alimenter le montage par l'alimentation double comme précédemment.
- Mesurer au fréquencemètre la fréquence d'oscillation, aux bornes de la 12 kΩ.

En principe, avec les valeurs théoriques, la fréquence devrait être mesurée aux environs de 1060 Hz, donc trop élevée par rapport à la fréquence mesurée lors de la phase précédente. Puisque la fréquence est inversement proportionnelle à la valeur des condensateurs, il faut donc augmenter ceux-ci, en proportion du dépassement de fréquence. Par exemple, si la fréquence mesurée était bien de 1060 Hz, soit  $1060-950 / 950 = 11,5 \%$ , il faut augmenter la valeur des condensateurs de 0,1 µF (100 nF) de  $11,5 \% = 11,5 \text{ nF}$ , que l'on triera dans un lot de condos marqués 10 nF . C'est pourquoi le circuit imprimé a été prévu avec la possibilité d'implanter deux jeux de condensateurs en parallèle. Après soudure de ces derniers condensateurs, refaire une mesure de fréquence pour vérifier qu'elle est identique à la fréquence de résonance. A ce stade, on peut relier directement le point commun aux résistances de 100 kΩ et 12 kΩ au condensateur de 1 µF pour essayer l'ensemble oscillateur + ampli. Vérifier à l'écran de l'oscilloscope que la sinusoïde aux bornes de la bobine ne subit pas d'écrêtement. Si c'est le cas, la tension appliquée à l'entrée de l'ampli est trop forte ; il faut alors diminuer la 12 kΩ à 10 kΩ, et éventuellement porter la 100 kΩ à 120 kΩ.

### Ajustage du dispositif de détection de tension basse :

Tant que la tension des accus Ni-MH reste au-dessus de leur limite inférieure, le relais doit être collé, donc la sortie 7 du TL082 doit être positive. Procéder au réglage de la façon suivante :

- Connecter un voltmètre numérique entre la masse et la borne 7 du TL082.
- Alimenter le circuit avec l'alimentation réglée à +15V et -15V.
- Vérifier que la sortie 7 est positive. Si ce n'est pas le cas, vérifier la tension au point 5, qui devrait être supérieure à celle du point 6, et diminuer s'il y a lieu la résistance de 100 k $\Omega$ .
- Baisser progressivement la tension de l'alimentation et noter la valeur pour laquelle la tension au point 7 devient subitement négative. Augmenter ou diminuer la valeur de la résistance de 120 k $\Omega$  pour se rapprocher le plus possible de la limite inférieure de +/- 13,8 V, correspondant à une tension totale de (24-1) x 1,2V. Eviter une tension supérieure à 14 V car l'émetteur s'arrêterait prématurément, avant sa période d'autonomie complète.

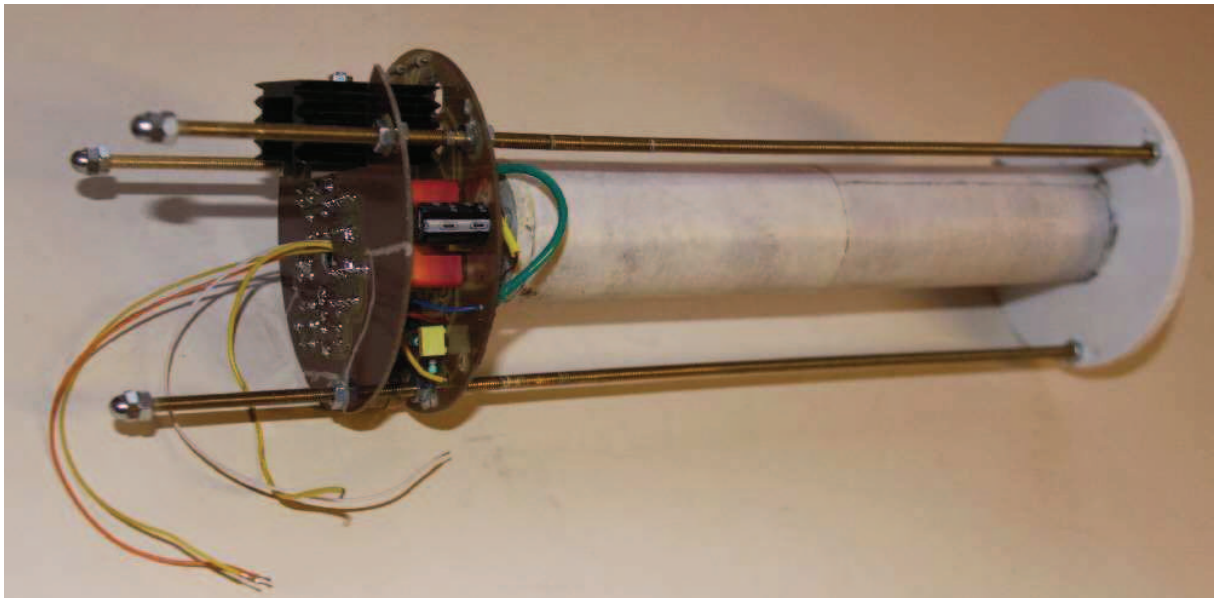
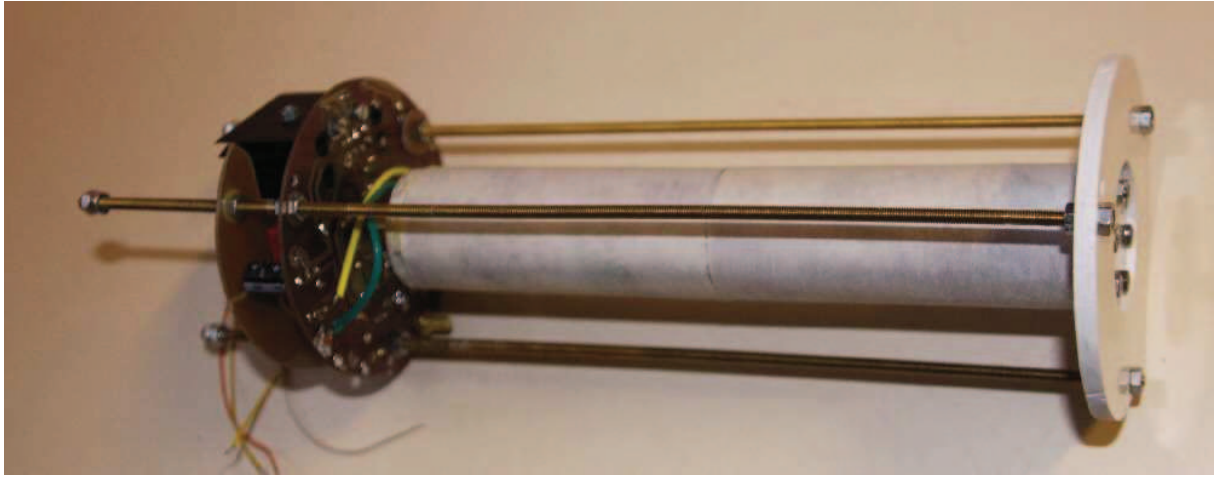
Le module de « clignotement » ne fait l'objet d'aucun réglage particulier. Avant le montage définitif, vérifier son fonctionnement en l'alimentant entre 0V et +15V, et chronométrer les battements du relais sur 10 alternances pour contrôler que la période de l'horloge est bien voisine de 1,8 seconde.

### **1.2.3 Mise en boîtier :**

Le boîtier de l'émetteur est constitué d'un tube PVC de diamètre 100 mm, renforcé de deux coulisses FF NICOLL réf. KT, et terminé d'un côté par un tampon de visite à bouchon vissant réf. FT du même fabricant. L'autre côté est équipé d'un tampon de diamètre 110 mm réf. FV, dont le diamètre du bouchon permet de laisser entrer dans le tube l'ensemble des circuits et de la bobine assemblés. Pour coller le tampon de 110 mm sur le tube de 100 mm, il est conseillé d'interposer une section de tube de 100 coupée selon une génératrice. Le tube et les raccords NICOLL sont disponibles dans tous les magasins de bricolage, sauf le tampon de 110 mm, réf. FV, moins courant, qu'il a fallu commander chez un grossiste (Téréva). Le tube, les coulisses et les parties fixes des tampons sont immobilisés à la colle spéciale PVC. La longueur totale de l'ensemble monté est de 335 mm environ.

Au centre du bouchon FT doit être percé le trou d'arrivée du câble d'alimentation venant du boîtier d'accus. Choisir un câble souple à trois conducteurs de 0,8 mm<sup>2</sup>, à gaine PVC, d'une longueur de 4 m. Dénuder une longueur suffisante pour traverser toute la longueur du tube, plus une quinzaine de cm pour permettre le montage de la platine de commande. Côté intérieur du bouchon, la gaine sera découpée en trèfle et coincée entre deux rondelles réunies par trois vis. Elle sera soigneusement collée intérieurement et extérieurement au bouchon avec de la colle spéciale PVC car c'est le câble d'alimentation qui servira de système de suspension, par l'intermédiaire d'une cosse cœur et d'un mousqueton, et qui devra supporter le poids de l'ensemble (voir photo 9 plus loin). Les 3 fils d'alimentation traversent le flasque support du bobinage côté bouchon et le circuit imprimé principal par des trous de 3 mm à percer dans les zones de masse au voisinage des 3 tiges filetées de 4 mm en laiton, mais pas trop près pour laisser la place des écrous.

Voir sur les photos 1 et 2 ci-après le mode d'assemblage des circuits de l'émetteur.

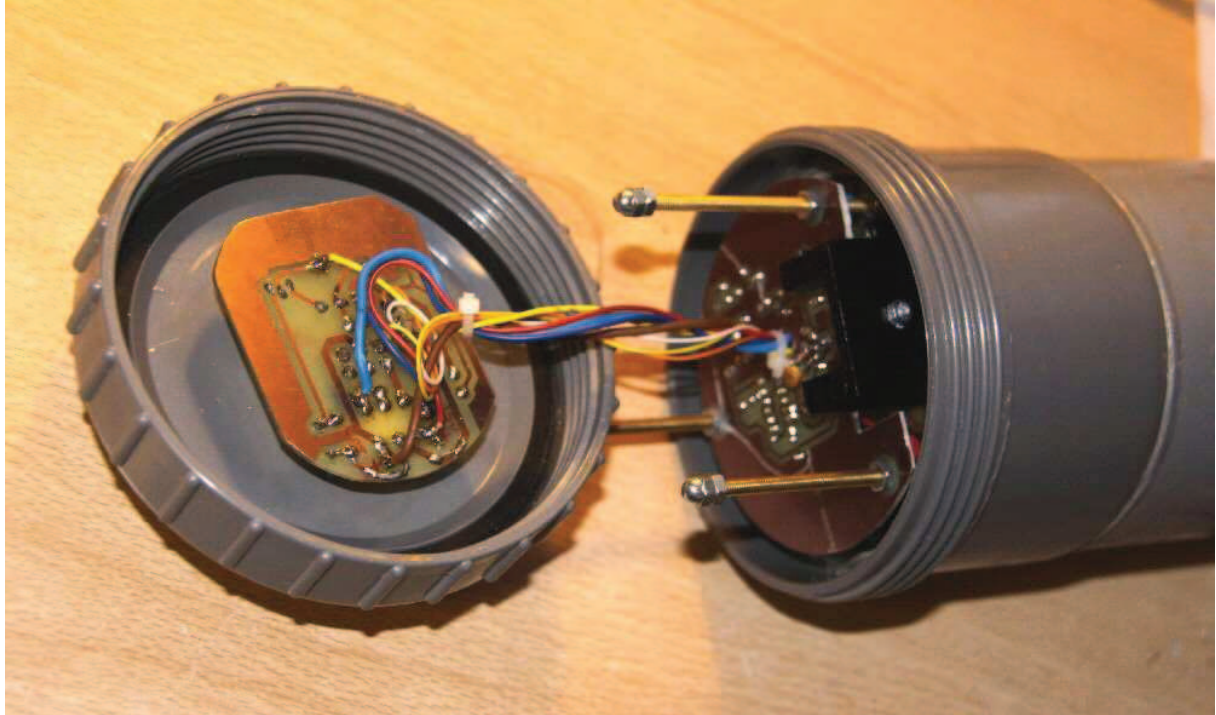


*Photos 1 et 2 : circuits imprimés et bobine assemblés*

Les deux circuits, principal et « clignotement » sont conçus pour être placés face à face, avec un écartement entre les deux plaques d'environ 20 mm. L'échancrure du circuit « clignotement » permet de laisser la place au radiateur du circuit intégré de l'ampli. La fixation des circuits est assurée d'une part par trois tiges filetées de diamètre 4 mm, **en laiton** (amagnétique), et d'autre part, par une vis à tête fraisée de 8mm centrale, dont la tête est noyée dans un des flasques de la bobine émettrice. Sur le circuit « clignotement », le trou de 8mm au voisinage du centre sert à laisser passer les fils reliés à la platine de commande, y compris les fils d'alimentation. Les écrous de 4mm seront de préférence en laiton, mais l'acier galvanisé est tolérable. Les tiges filetées, terminées par des écrous borgnes, seront juste assez longues pour empêcher le déplacement de l'ensemble monté à l'intérieur du tube quand le bouchon sera refermé. Attention toutefois qu'elles laissent la place à la compression du joint.

La platine de commande supporte les deux boutons-poussoirs marche et arrêt, l'inverseur de durée 2h/4h, le relais 2RT et son transistor de commande, deux résistances, la diode de « roue-libre » du relais et la LED témoin. Ne pas oublier le strap. Souder les poussoirs et l'inverseur par l'intermédiaire de fils rigides de 2 mm de longueur environ pour

ménager l'encombrement en hauteur du relais. La fixation de la platine sur le bouchon fileté est assurée simplement par les trois boutons de commande précités. Voir les photo 3 et 4 ci-dessous montrant les deux faces du bouchon fileté. Côté extérieur, le bouchon reçoit un tampon de visite de 40 mm de diamètre, collé, avec un bouchon vissant, assurant l'étanchéité pendant le transport. Pour éviter de les perdre, il est prudent de coller le joint au bouchon par quelques gouttes de colle néoprène, et de relier le bouchon à la partie fixe par un fil nylon d'une quinzaine de cm.



*Photo 3 : platine de commande montée à l'intérieur du bouchon*



*Photo 4 : Boutons de commande et LED témoin vus de l'extérieur*



## 1.2.4 Liste des composants

Circuit principal :

- 1 circuit intégré TL082 (double ampli-op) avec support 8 pattes
  - 1 circuit intégré TDA2040 (ampli de puissance) avec radiateur
  - 1 diode zener 15V
  - 2 diodes 1N4148
  - 2 condensateurs chimiques 220  $\mu$ F 25V à montage vertical
  - 1 condensateur chimique 22  $\mu$ F 25V à montage vertical
  - 1 condensateur 1  $\mu$ F 63V Polyester MKT
  - 1 condensateur 0,22  $\mu$ F **630V**
  - 4 condensateurs 0,1  $\mu$ F (100 nF) 63V Polyester MKT dont 2 appairés
  - 2 condensateurs 10 nF (voir texte)
- Résistances (toutes à couche métallique, 1/4W, à 5%) :
- 1 x 3,3 M $\Omega$
  - 1 x 120 k $\Omega$
  - 5 x 100 k $\Omega$
  - 2 x 22 k $\Omega$
  - 1 x 15 k $\Omega$
  - 2 x 12 k $\Omega$
  - 1 x 10 k $\Omega$
  - 2 x 1,5 k $\Omega$  appairées (voir texte)
  - 1 x 680  $\Omega$

Platine de commande :

- 1 transistor 2N1711
- 1 LED rouge diamètre 3 mm
- 1 diode 1N4004 ou 4007
- 1 résistance de 330  $\Omega$  1/4W 5%
- 1 résistance de 180  $\Omega$  1/4W 5%
- 1 relais DIL pour circuit imprimé, 2 contacts RT, à bobine 24V (1000  $\Omega$ )
- 1 inverseur miniature bipolaire à levier à 1 seule position stable (marche)
- 1 inverseur miniature unipolaire à levier à 1 seule position stable (arrêt)
- 1 inverseur miniature unipolaire à levier à 2 positions stables (2h / 4h)

Module de « clignotement » :

- 1 circuit intégré CD4060 oscillateur et compteur binaire à 14 étages
  - 1 circuit intégré CD4011 quadruple portes NAND à deux entrées
  - 1 transistor 2N1711
  - 1 condensateur chimique 4,7  $\mu$ F 25V à montage vertical
  - 1 condensateur chimique 2,2  $\mu$ F 25V à montage vertical
  - 1 condensateur chimique 1  $\mu$ F 25V à montage vertical
  - 1 condensateur 100 pF
- Résistances (toutes à couche métallique, 1/4W, à 5%) :
- 1 x 220 k $\Omega$
  - 2 x 100 k $\Omega$
  - 2 x 15 k $\Omega$
  - 1 x 180  $\Omega$

1 relais DIL pour circuit imprimé, 2 RT (1 seul utilisé), à bobine 12V (900  $\Omega$ )

## 2. LE COMPARTIMENT BATTERIES :

Initialement, il avait été prévu de placer les éléments Ni-MH autour de la bobine de l'émetteur, ce qui aurait permis de renfermer dans un seul boîtier tous les éléments, comme cela avait été fait pour la version 88, alimentée par des piles alcalines. Malheureusement, il s'est avéré que les accus Ni-MH se comportaient comme un véritable blindage magnétique, en absorbant la quasi totalité du champ émis par la bobine. Il a donc fallu se résoudre à confectionner un boîtier séparé, relié à l'émetteur par un câble souple (photo 5).

Comme pour l'émetteur, le boîtier est composé d'un tube PVC de 100, renforcé par deux coulisses FF NICOLL réf. KT. L'une des extrémités est fermée par une plaque ronde de PVC de 5 mm d'épaisseur collée, sur laquelle est fixée une embase DIN 3 broches (photo 6), protégée pour le transport par un tampon de visite de 40 mm de diamètre assurant l'étanchéité. A l'autre extrémité, un tampon de visite à bouchon vissant réf. FT donne accès aux accus, pour leur mise en place ou leur remplacement.

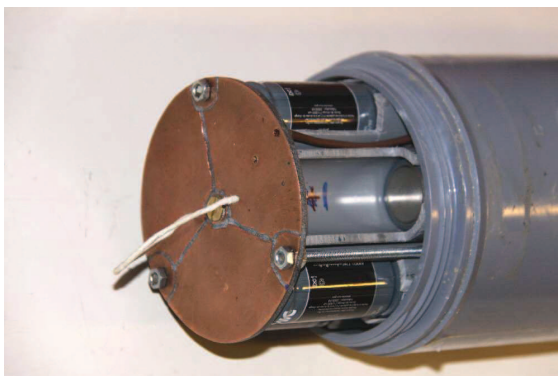


*Photo 5 : Compartiment batteries*



*Photo 6 : Embase DIN 3 broches*

A l'intérieur, les 24 éléments d'accus sont regroupés en 6 colonnes de 4, entre deux plaques de circuit imprimé double face, pour plus de rigidité. Ces deux plaques sont reliées par trois tiges filetées de 4. Pour éviter tout déplacement, les accus sont renfermés dans 6 tubes de 32, disposés en étoile autour d'un tube central du même diamètre. Côté bouchon, ces tubes sont échancrés jusqu'à la moitié de leur diamètre pour permettre d'introduire les éléments un par un. Du côté des bornes +, les plaques de C.I. sont étamées, et du côté - sont soudés des ressorts récupérés sur des coupleurs de piles (voir photos 7 et 8 où un élément a été enlevé).



*Photo 7*



*Photo 8*

Afin que les six tubes de 32 contenant les colonnes d'accus, et le tube central, entrent dans le tuyau de 100 (de diamètre intérieur de 95 mm environ), il est nécessaire de pratiquer des méplats à la lime le long de leurs génératrices de contact. Attention : au niveau du filetage recevant le bouchon, le diamètre est un peu plus petit que celui du tube intérieur ; il faudra donc limer un peu plus les tubes dans cette zone, et introduire l'ensemble des tubes monté par l'autre extrémité, avant de coller la plaque du fond sur laquelle est montée l'embase DIN. La figure 6 présente les circuits imprimés des plaques situées de part et d'autre des colonnes d'accus. Là encore, pour faciliter la gravure, elles sont vues par transparence, et elles devront être positionnées face à face. Leur diamètre sera ajusté à la lime pour entrer sans jeu dans le corps du boîtier ainsi que dans la partie fixe du bouchon vissant. La plage « 0V » est à raccorder à l'embase DIN par un fil traversant toute la longueur du tube. Les fils de câblage de l'embase DIN seront assez longs pour permettre de tirer l'ensemble, de la longueur d'un élément, afin de permettre leur accessibilité, comme on le voit sur les photos 7 et 8 (on installera à demeure un anneau de ficelle, visible sur la photo 7, pour faciliter cette manipulation). Les tiges filetées devront être assez longues pour que les éléments soient maintenus au contact les uns avec les autres grâce à la compression des ressorts côté négatif. Bien entendu, contrôler le sens correct de tous les éléments avant de refermer, et bien noter le câblage de l'embase DIN à 3 broches pour éviter tout risque d'inversion de polarité au moment du montage de la prise mâle au bout du câble de l'émetteur. Les embases DIN femelles à 3 broches se faisant rares, on pourra utiliser une embase à **5 broches à 45°**, en câblant les broches correspondant à celles de la prise mâle. Pour faciliter la mise en œuvre sur site de l'émetteur, en cas d'accrochage en plafond de grotte, on pourra munir le bouchon vissant du compartiment batteries d'un anneau de suspension, soigneusement fixé avec interposition de rondelles et de colle PVC pour assurer son étanchéité. Dans tous les cas, pour éviter toute perturbation du champ magnétique par les accus Ni-MH, il est recommandé de prévoir un éloignement d'au moins 1,50 m entre l'émetteur et le compartiment batteries. En accrochant l'émetteur, vérifier que rien ne perturbe sa verticalité. La *photo 9* ci-dessous montre l'ensemble, avec l'émetteur accroché à un trépied bricolé avec des manches à balai.



### 3. LE RECEPTEUR SIMPLE :

#### 3.1 Etude du schéma (voir figure 7) :

Très peu de différences sont à noter par rapport à la version 88. L'entrée du premier ampli-op est shuntée par un condo de 1nF (1000 pF) pour éliminer les hautes fréquences indésirables. Le potentiomètre de gain ne fait plus que 470 k $\Omega$ , largement suffisant. Le deuxième étage, filtre passe-bande à structure de Rauch, est inchangé, avec sa résistance ajustable de 470  $\Omega$  pour le réglage de la fréquence d'accord, mais la valeur des condensateurs a été portée à 10 nF. L'étage ampli de visualisation du signal a été muni d'un potentiomètre de 220 k $\Omega$  servant à recentrer l'aiguille du galvanomètre sans être obligé de réduire le gain d'amplification. Le casque est d'un modèle bon marché car la fréquence du signal à repérer n'est que de l'ordre de 1000 Hz. La résistance série, de 270  $\Omega$ , peut être augmentée ou diminuée suivant la sensibilité du casque...et celle des oreilles de l'opérateur ! L'alimentation a recours à deux accus Ni-MH, type 6HR61 200 mAh de TRONIC, au format des piles de 9V, d'une autonomie largement suffisante, de plus d'une dizaine d'heures. L'interrupteur de mise en route est un fait un inverseur, dont le contact repos est connecté à la prise de charge. Le chargeur est décrit plus loin. Une diode de sécurité est insérée dans le circuit de charge afin d'éviter les risques de court-circuit, au moment de l'introduction du jack.

#### 3.2 Réalisation :

La figure 8 présente le circuit imprimé, de 66 x 49 mm. On remarquera qu'il porte le millésime 2009, année de la conception de la version précédente de l'Arcana 2010, avant l'ajout du module de « clignotement » sur l'émetteur. L'implantation et le soudage des composants ne posent pas de problème particulier, il suffit de bien respecter l'orientation du circuit intégré TL084, ainsi que les polarités des diodes et des condensateurs chimiques.

Les dimensions réduites du circuit permettent son montage dans un coffret plastique VELLEMAN réf. WCAH2853, de 130 x 70 x 45 mm. La figure 9 présente le dessin de la face avant du boîtier, que l'on pourra photocopier sur un papier adhésif ou sur un support spécial « faces avant », au catalogue des grands détaillants d'électronique. Les potentiomètres de gain et de recentrage sont munis de boutons de commande de 10 mm, la bobine réceptrice et le casque sont raccordés par l'intermédiaire d'embases pour jacks 3,5 tandis que le jack de charge est au diamètre 2,5 pour éviter tout risque d'erreur. Après fixation des potentiomètres et jacks et leur câblage, le circuit est fixé sur le couvercle par l'intermédiaire d'entretoises six pans taraudées et filetées au diamètre 3 mm.

Les accus Ni-MH sont fixés par des colliers de serrage passant autour de deux languettes de chutes de circuit imprimé vissées au couvercle du boîtier avec interposition de rondelles. Toutes les vis de fixation des différents éléments sur le couvercle sont à têtes fraisées, et elles sont dissimulées sous l'adhésif de la face avant.

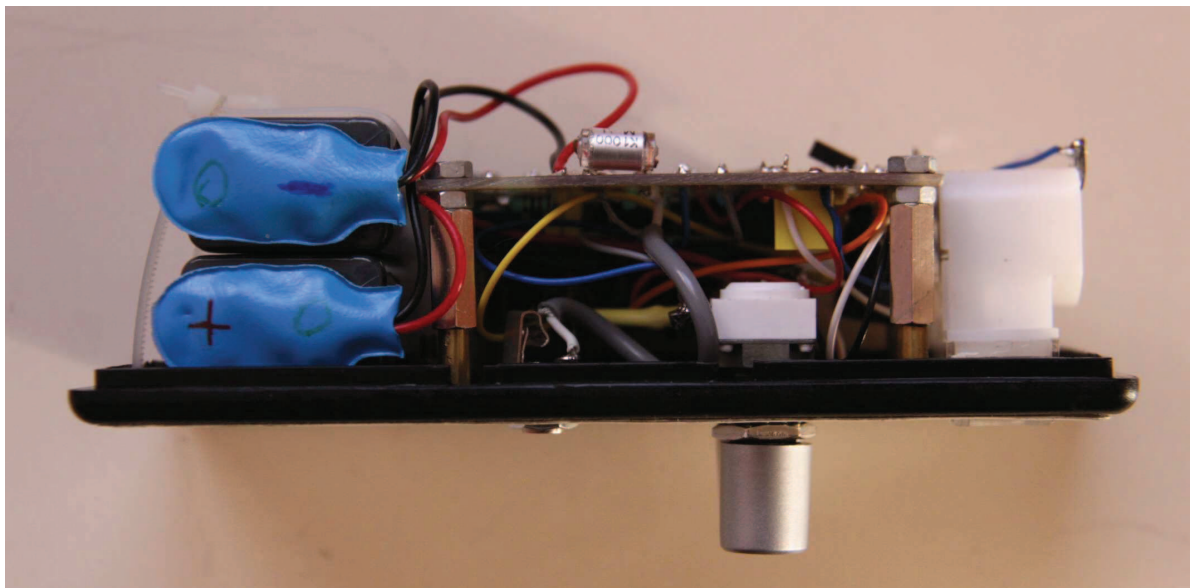
La seule mise au point à effectuer sur le récepteur est l'accord du filtre passe-bande par la résistance ajustable de 470  $\Omega$ . A ce propos, ne pas oublier de percer un trou de 4 mm sur le C.I. pour pouvoir laisser le passage au tournevis de réglage.



*Photo 10 : face avant du récepteur*



*Photo 11 : intérieur du récepteur*



*Photo 12 : récepteur vu de profil*

Pour la recherche du meilleur accord du filtre, placer l'émetteur en marche en position horizontale, éloigné d'une dizaine de mètres, et mettre en route le récepteur avec l'antenne orientée vers l'émetteur, avec le gain réglé au minimum. Augmenter progressivement le gain jusqu'à l'obtention d'un signal audible et visible sur le galvanomètre, mais sans saturation. Rechercher la déviation maximale du galvanomètre en agissant sur la résistance ajustable.

Ne pas s'inquiéter pour les composants soudés côté cuivre visibles sur les photos : sur la version définitive faisant l'objet de la figure 8, tous les composants sont prévus du bon côté !

### 3.3 Liste des composants :

- 1 circuit intégré TL084 quadruple amplificateur opérationnel
- 2 diodes 1N4148
- 1 diode 1N4002
- 2 condensateurs chimiques 100  $\mu$ F 25V à montage vertical
- 1 condensateur 0,47  $\mu$ F 63V Polyester MKT
- 4 condensateurs 10 nF 63V Polyester MKT
- 2 condensateurs 4,7 nF 63V Polyester MKT
- 1 condensateur 1000 pF (1 nF) 63V Polyester MKT

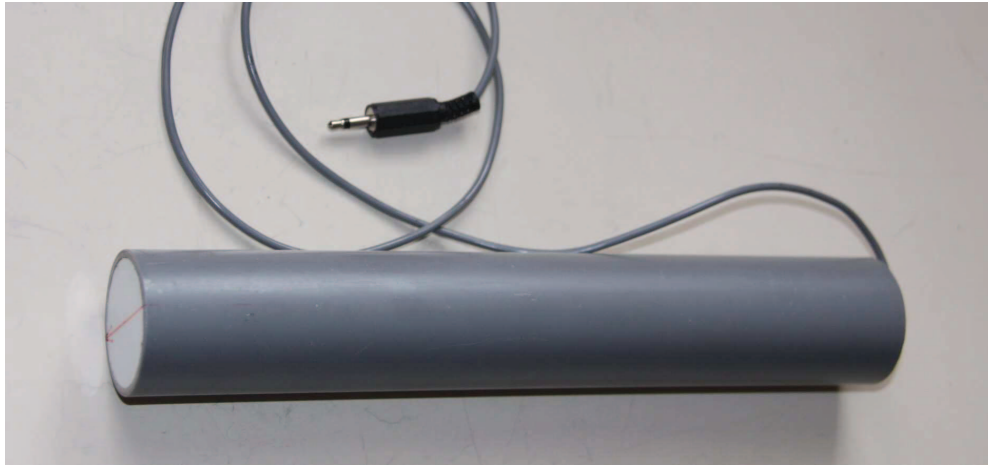
Résistances (toutes à couche métallique, 1/4W, à 5%) :

- 2 x 1 M $\Omega$
- 1 x 100 k $\Omega$
- 4 x 47 k $\Omega$
- 1 x 2,7 k $\Omega$
- 1 x 1 k $\Omega$
- 1 x 270  $\Omega$
- 1 x 220  $\Omega$
- 1 x 100  $\Omega$
- 1 ajustable de 470  $\Omega$  à montage horizontal, piste CERMET
- 1 potentiomètre 470 k $\Omega$  linéaire, piste CERMET
- 1 potentiomètre 220 k $\Omega$  linéaire, piste CERMET
- 1 galvanomètre miniature à cadre mobile (modèle E11-A Selectronic)
- 2 embases femelles mono pour jack 3,5
- 1 embase femelle mono pour jack 2,5
- 1 inverseur bipolaire miniature
- 2 accus Ni-MH type 6HR61 200 mAh de TRONIC (LIDL)

### 3.4 L'antenne réceptrice :

Deux types d'antennes peuvent être utilisées :

- La bobine sur noyau ferrite identique à celui de l'émetteur, mais de 10 000 spires de fil de cuivre émaillé de 0,2 mm de diamètre, en 10 couches de 1000 spires. Cette bobine, dont le diamètre « nu » est d'environ 35 mm, est protégée par un tube PVC de 40, de 240 mm de longueur, dont on aura agrandi le diamètre intérieur à la râpe à bois. Les extrémités du tube sont fermées par des plaques de PVC collées, dont l'une est traversée par le câble blindé de raccordement au récepteur, d'environ 80 cm. L'ensemble est parfaitement étanche. Cette bobine est compacte et très sensible, mais elle est également sensible à tous les champs parasites, ce qui peut se révéler un handicap dans les environnements perturbés, au voisinage de lignes SNCF électrifiées, des lignes EDF HTD, et même des lignes téléphoniques véhiculant l'ADSL, comme à la grotte du tunnel de Fontilles, où ces trois perturbations sont présentes en même temps ! C'est toutefois le seul type de bobine utilisable pour le récepteur automatisé décrit plus loin.

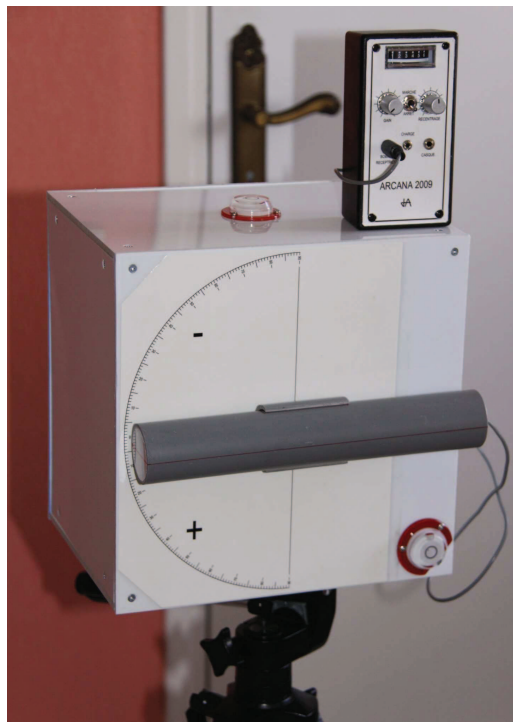


*Photo 13 : antenne à bobine sur noyau ferrite*

- L'autre antenne utilisable est le cadre composé de 270 spires de fil de cuivre émaillé diamètre 0,3 mm, sur un support carré de 570 mm de côté, décrit au chapitre « Photos de l'ARCANA » de l'article mis en ligne par le CDS Corrèze, cité au début. Cette antenne est moins sensible aux parasites et présente une bonne directivité en raison de ses grandes dimensions. Elle a toutefois l'inconvénient d'un encombrement important, et elle n'est utilisable avec le récepteur automatisé que pour la recherche de la position de la verticale de l'émetteur dans le plan horizontal.

### 3.5 Le dispositif de pointage d'antenne :

Pour faciliter la recherche de l'orientation des lignes de champ dans le plan horizontal, afin de rechercher la verticale de l'émetteur, et dans le plan vertical, afin de déterminer sa profondeur, il était facile d'imaginer un support de forme parallélépipédique, à monter sur un trépied photographique et muni d'un secteur gradué en degrés. Voir *photo 14* ci-dessous :



Le boîtier est réalisé en plaques PVC de 5 mm, vissées sur des tasseaux bois à chaque angle. Les faces côté antenne et côté fond sont carrées, de 250 mm. Les autres faces ont une largeur de 190 mm. Deux niveaux à bulle de surface KAPRO (Leroy-Merlin) sont fixés sur le plateau de l'antenne et sur un côté adjacent. Sur les faces opposées aux niveaux à bulle ont été fixés des écrous de fixation pour pied photo HAMA (réf. 05120 : écrous transformateurs pour passer un filetage A 3/8 en A 1/4) disponibles chez les détaillants de matériel photo. Ces écrous sont soudés sur des plaques d'époxy cuivré pour circuit imprimé double face, elle-mêmes vissées à l'intérieur des plaques PVC. La fixation de l'antenne est assurée par une section de tube de 40, découpé suivant deux génératrices à quelques mm au-dessus de la moitié, de façon à retenir l'antenne lorsqu'elle est introduite latéralement en forçant un peu. L'axe de rotation est constitué d'une vis à tête fraisée de 4 dont la tête est noyée dans l'épaisseur de la section de tube précitée, et qui traverse la plaque de PVC avec interposition d'un tube de laiton de 4/5 tourillonnant dans une douille de 5/7 faisant office de palier, emmanchée à force dans le PVC. L'antenne doit pouvoir tourner à la main à frottement doux. La figure 10 présente le dessin du secteur gradué en degrés, de + ou - 90° par rapport à l'horizontale réelle (d'où la nécessité du niveau à bulle). Le secteur gradué est à imprimer sur papier adhésif, qui sera protégé après collage par une feuille transparente adhésive ou un vernis en bombe. Comme il reste beaucoup de place disponible sur les côtés de la boîte, on pourra coller la table des coefficients permettant le calcul de la profondeur en fonction de l'inclinaison des lignes de champ par rapport à l'horizontale, et de la distance à la verticale de l'émetteur (figure 11). Revoir si nécessaire la théorie de fonctionnement dans le document déjà cité. Le tableau a été réalisé à partir d'une feuille de calcul EXCEL, et un œil attentif remarquera quelques différences minimales dans les dernières décimales, donc sans conséquences, avec le tableau de 1988 !

En opération, l'ensemble est certes un peu encombrant, surtout en terrain accidenté, mais la précision des mesures est grandement favorisée par la lecture du secteur gradué, donnant l'angle au degré près. Même dans le plan horizontal, la recherche de l'orientation des lignes de champ est facilitée, par la visée sur la génératrice supérieure du tube d'antenne.

L'antenne cadre a même fait l'objet d'une adaptation pour pouvoir être montée sur ce boîtier, pour les recherches dans le plan horizontal uniquement, voir *photo 15* ci-dessous :





## 4. LE RECEPTEUR AUTOMATIQUE :

Grâce aux progrès effectués ces vingt dernières années par les techniques électroniques accessibles à l'amateur, et en particulier, les microcontrôleurs programmables dont le coût n'a jamais cessé de chuter, il était tentant d'automatiser le dispositif, d'autant que la place ne manquait pas à l'intérieur du boîtier PVC.

Avec ce système, la rotation de l'antenne est assurée par un petit moteur à courant continu et un réducteur à engrenages. Le déplacement de l'antenne s'effectue par pas successifs, d'une durée réglable entre 0,2 et 2,2 s. Entre chaque pas, une mesure est effectuée, et si la mesure est supérieure à la précédente, le pas suivant est effectué dans le même sens, alors que si la nouvelle mesure est inférieure à la précédente, la rotation s'effectue en sens inverse. En diminuant progressivement la durée du pas de manœuvre, on finit (en théorie) par trouver une position d'équilibre précise, où le sens s'inverse après chaque manœuvre, correspondant au signal maximal, donc à la direction des lignes de champ. Pour éliminer l'influence des parasites générées par le moteur, la mesure est effectuée après une temporisation de 5 dixièmes de secondes suivant son arrêt, et ce sont en fait 16 mesures successives qui sont effectuées, dont la valeur moyenne est calculée. Ces mesures et leur traitement sont très rapides et transparents pour l'utilisateur.

### 4.1 Etude du schéma ( voir figure 12) :

On retrouve sur ce schéma le récepteur simple de la figure 7, mais avec les différences suivantes :

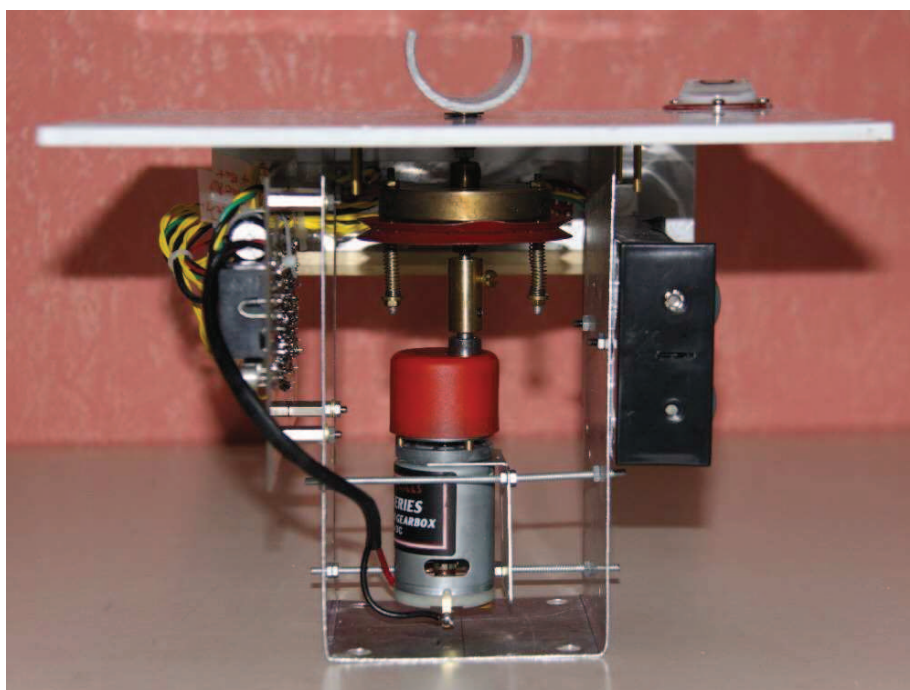
- L'alimentation est assurée par 4 éléments Ni-MH HR20 de grande capacité (4500 mAh), nécessaires pour répondre aux forts appels de courant du moteur.
- La régulation de tension est confiée à un LT1300 (St Quentin Radio), un circuit intégré utilisé en robotique, et qui est capable de fournir en sortie une tension de 5V, même si sa tension d'entrée tombe à 3V. En fait, avec le montage utilisé ici, la tension de sortie n'est pas régulée au-dessus de 5V, mais du fait des batteries employées, elle ne montera pas au-dessus de 5,6V ou 5,7V, sans danger pour les composants alimentés.
- Pour alimenter le TL084 sous une tension symétrique, il a été fait appel à un convertisseur de tension positive en tension négative SI7660, que l'on trouve sous d'autres références avec le même numéro, comme le ICL7660 (Sélectronic).
- Une LED rouge, de consommation négligeable, permet d'éviter d'oublier d'éteindre le récepteur.
- Le galvanomètre de mesure est remplacé par le cœur du dispositif : un microcontrôleur PIC 18F1320, qui reçoit la tension redressée sur une entrée analogique, broche 1. L'entrée analogique de la broche 2 reçoit une tension variable venant du curseur du potentiomètre de 1 k $\Omega$ , servant au réglage de durée du pas de manœuvre. Les deux sorties logiques des broches 17 et 18 servent à commander le moteur de manœuvre en marche avant ou arrière, par l'intermédiaire de relais de puissance. On notera que, à chaque fois qu'un des deux relais retombe, les bornes du moteur sont mises en court-circuit par l'intermédiaire de diodes 1N4007 pour accélérer sa mise à l'arrêt. Les diodes présentes en parallèle avec les bobines des relais sont aussi des 1N4007.
- Le moto-réducteur de manœuvre est de la marque MFA, série 919D, rapport 3000/1, moteur RE-540/1 (Sélectronic).

## 4.2 Réalisation :

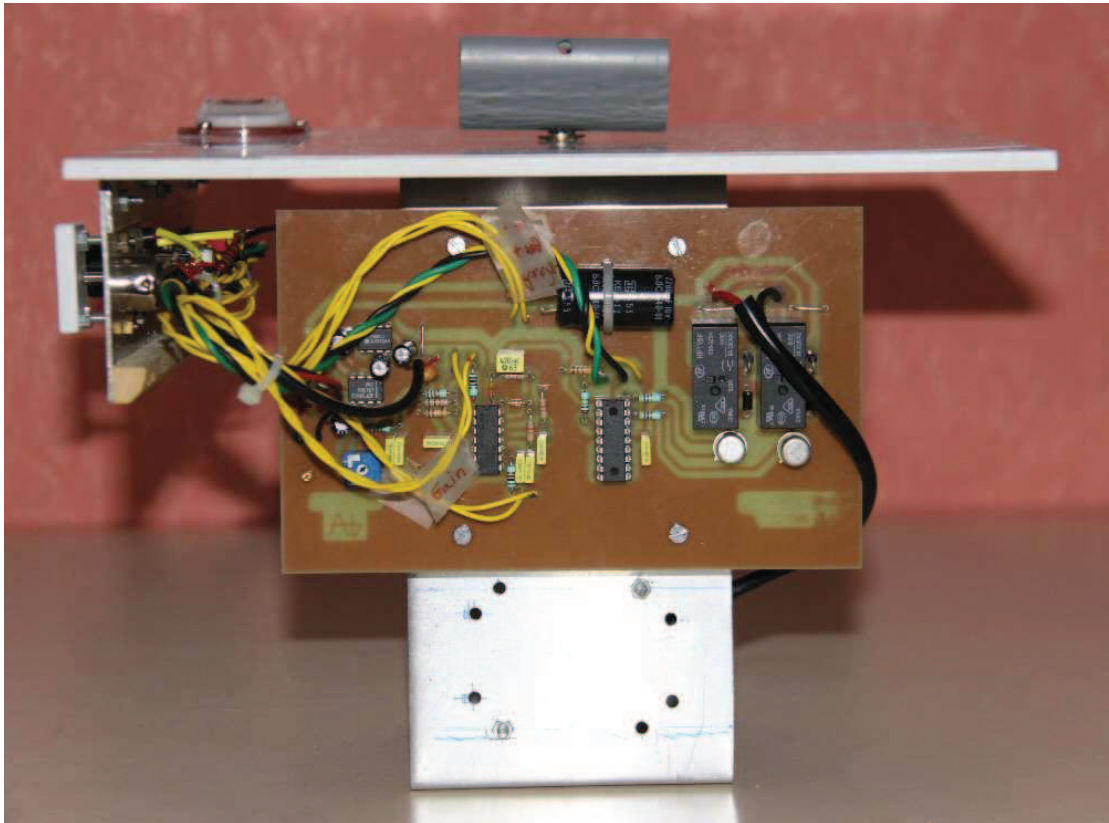
Le circuit imprimé fait l'objet des figures 13 (cuivre vu en transparence) et 14 (implantation des composants). Il est réalisé sur une plaque d'époxy cuivré de 100 x 160 mm, qu'il n'est donc pas nécessaire de recouper compte tenu de la place disponible dans le boîtier.

Comme d'habitude, bien respecter les polarités des condensateurs chimiques et des diodes, ainsi que l'orientation des circuits intégrés. A ce propos, bien observer que les LT1300 et 7660 sont en sens opposés. Prévoir un support à contacts tulipe pour le PIC 18F1320, qui devra être programmé extérieurement au circuit. Il est plus prudent de commencer le soudage par les circuits d'alimentation, et de vérifier que l'on dispose bien des tensions + et - 5V avant de souder les autres composants. Le gros condensateur de filtrage de 2200 $\mu$ F 10V, à montage en principe vertical, sera en fait couché sur le circuit et maintenu par un collier de serrage passant dans les trous prévus dans la plaque. Avant de mettre en place le micro-contrôleur programmé sur son support, on effectuera un essai en mettant l'émetteur en marche et en vérifiant à l'oscilloscope la tension entre la borne 1 du support et la masse. Voir si elle varie bien en faisant tourner la bobine de réception et en agissant sur le potentiomètre de gain. Vérifier aussi le bon fonctionnement du moto-réducteur en mettant au + successivement les bornes 17 et 18. Ensuite, procéder aux câblages extérieurs, puis placer en dernier le 18F1320 programmé sur son support.

L'assemblage mécanique de l'ensemble est la partie la plus délicate : une tôle d'aluminium d'épaisseur 1 mm repliée en U permet de fixer le moto-réducteur, qui doit être relié au support de bobine par un embrayage à friction, indispensable si l'on veut pouvoir tourner l'antenne à la main sans mettre le moteur sous tension. L'embrayage du prototype a été réalisé avec un plateau cylindrique en bronze dont le moyeu est vissé sur la queue de la vis reliée au support d'antenne. Une roue à pneu MECCANO, de 37 mm de diamètre, est appliquée au contact sur ce plateau, pincée entre ce dernier et une roue de plus grand diamètre, par deux vis équipées de ressorts. La roue à pneu est fixée sur l'axe raccordé directement au moto-réducteur par un manchon d'accouplement. Voir la *photo 16* ci-dessous :



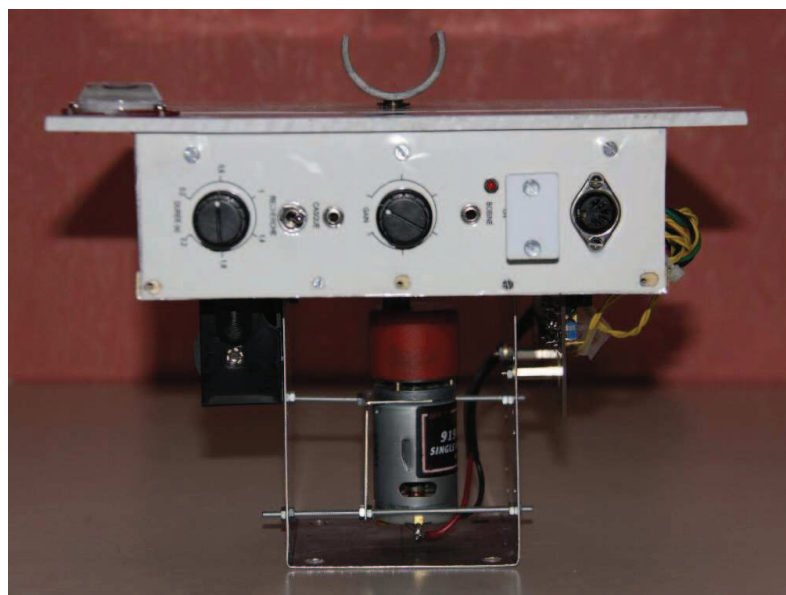
La plaque de circuit imprimé est fixée sur l'une des faces du support en U, avec interposition d'entretoises hexagonales. La batterie de 4 éléments Ni-MH, montés dans un coupleur de piles standard, est fixée sur la face opposée (voir photos 17 et 19).

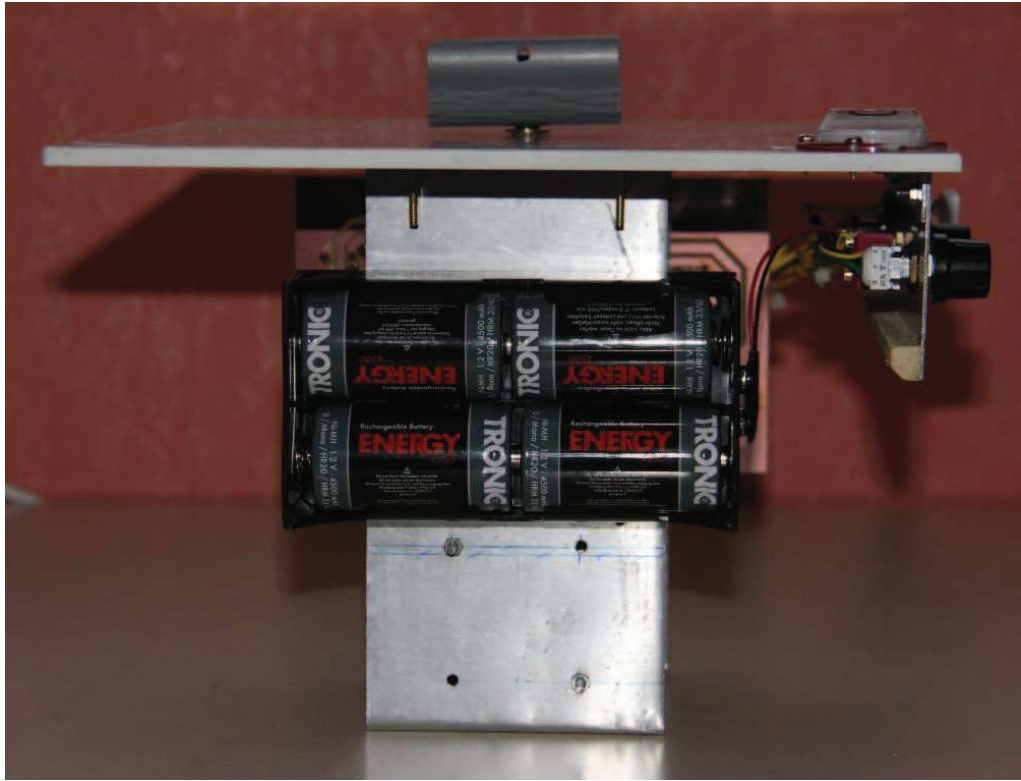


*Photo 17 : montage du circuit imprimé*

La photo précédente et la photo 18 suivante montrent la platine de commande où sont rassemblés les deux potentiomètres de gain et de durée de pas de manœuvre, les embases des jacks de la bobine et du casque, la prise DIN de charge des batteries, l'interrupteur général, celui qui commande la recherche automatique, et la diode témoin. Cette platine est fixée au couvercle par une équerre alu, et elle porte en partie inférieure un tasseau de bois destiné à recevoir les trois vis de fixation sur le côté du boîtier. La photo 20 montre l'ensemble monté.

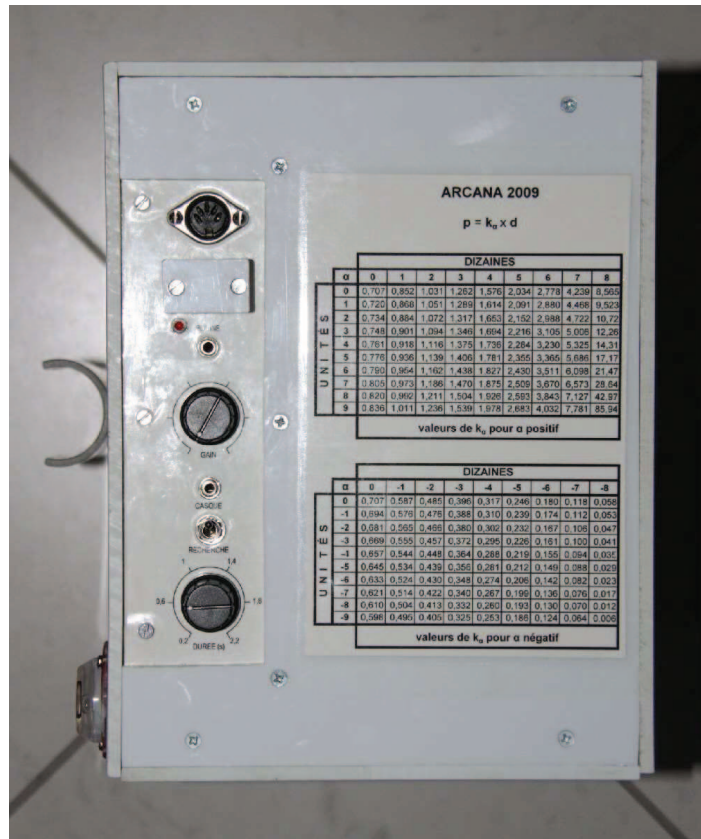
*Photo 18 :  
Platine de  
commande*





*Photo 19 : support d'accus*

On pourra remarquer sur les photos le dispositif de protection monté devant l'interrupteur général, servant à éviter la mise sous tension intempestive pendant le transport.



*Photo 20 : ensemble monté*

### 4.3 Liste des composants :

Ne sont détaillés ci-dessous que les composants supplémentaires par rapport à la version simple du récepteur décrite au § 3 :

- 1 circuit intégré LT1300
- 1 c.i. SI7660 ou ICL 7660
- 1 microcontrôleur PIC 18F1320
- 1 support tulipe 18 broches pour d°
- 2 transistors 2N1711
- 4 diodes 1N4007
- 1 diode Schottky 1N 5819 (St Quentin Radio)
- 1 LED rouge 3 mm
- 1 inductance miniature de 10 $\mu$ H
- 1 condensateur chimiques 2200  $\mu$ F 10V
- 2 condensateurs chimiques 100  $\mu$ F 25V
- 2 condensateurs chimiques 10  $\mu$ F 25V
- 1 condensateur 0,1  $\mu$ F (100 nF) 63V Polyester MKT
- 1 potentiomètre de 1 k $\Omega$  linéaire à piste CERMET

Résistances (toutes à couche métallique, 1/4W, à 5%) :

- 1 x 10 k $\Omega$
- 2 x 4,7 k $\Omega$
- 1 x 560  $\Omega$
- 1 x 47  $\Omega$
  
- 2 relais DIL 2RT 8A 6V à contacts argentés (Sélectronic)
  
- 1 interrupteur miniature bipolaire.

### 4.4 Programmation du PIC :

Le programme source est reproduit in extenso ci-après. Pour le compiler, on fera appel à l'environnement de développement « MPLAB » disponible sur le site internet du fabricant : MICROCHIP :

[http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469)

Pour la programmation, utiliser un programmeur universel de PIC tel que celui qui est décrit à partir de la page 145 de l'ouvrage de Gérard Samblancat : « Progressez avec les microcontrôleurs PIC » (éditions ETSF), qui vous apprendra également comment télécharger et utiliser le logiciel de programmation « ICPROG ».

Attention, le programme présenté ci-après, « Arcana.asm » et qui porte le millésime 2009, est la première application développée par l'auteur, qui a passé quelques semaines à s'initier aux PIC avec les excellents cours de Bigonoff : [www.bigonoff.org](http://www.bigonoff.org), et les spécialistes trouveront certainement des améliorations à y apporter, voire des erreurs à corriger. Les propositions de correction seront donc les bienvenues, et l'auteur n'en sera pas vexé, bien au contraire !

```

*****
; PROGRAMME DE FONCTIONNEMENT DU RECEPTEUR ARCANA 2009 *
; Copyright (C) 2009 Jean-Louis AMIARD *
; *
*****
;
; NOM: Arcana *
; Date: 03/08/2009 *
; Version: 1.0 *
; Circuit: Récepteur Arcana 2009 *
; Auteur: JLA *
; *
*****
;
; Fichier requis: P18F1320.inc *
; *
*****
; Notes: Ce programme permet d'orienter automatiquement l'antenne *
; de réception de l'ARCANA afin de déterminer le maximum de *
; réception. Le signal est reçu sur l'entrée analogique A0. *
; Sur l'entrée analogique A1 est connecté un potentiomètre *
; permettant de faire varier l'impulsion moteur de 0,2 à 2,2 s *
; Sur les sorties B2 et B3 sont connectés les relais de marche *
; avant et arrière. *
; *
*****

```

```

LIST P=18F1320
#include <p18F1320.inc>

```

```

CONFIG CP0=OFF          ; Code protection OFF
CONFIG CP1=OFF
CONFIG WDT=OFF          ; Watch-dog hors service
CONFIG PWRT=ON          ; Timer reset sur power on en service
CONFIG OSC = INTIO2     ; Oscillateur interne

```

```

; DEMARRAGE SUR RESET
; -----

```

```

org 0                   ; Adresse de départ après reset

```

```

; DECLARATION VARIABLES
; -----

```

```

CBLOCK 0x20             ; début zone de variables
Delai : 1               ; réserve 1 octet pour la variable Delai
cpt : 1                 ; compteur de boucles
flag : 1                ; bit 7 : 1 = marche avant, 0 : marche AR
                        ; bit 0 : 1 = 1er passage
cptmes : 1              ; compteur de mesures pour rech. mini
mesprec : 1             ; mesure précédente

```

```

mesact : 1          ; mesure actuelle
result : 2          ; somme des valeurs mesurées (2 octets)

```

ENDC

Start

```

; Registre de config Timer0 (T0CON)
; Timer ON, 8 bits, Prédiv. à 1/256
; -----

MOVLW    B'11000111' ; charger masque
MOVWF    T0CON        ; initialiser registre de config

CLRF     PORTA        ; RAZ PORT A
CLRF     PORTB        ; RAZ port B
MOVLW    B'01110000' ; met à 1 les bits IRCF 0 à 2 du
IORWF    OSCCON       ; registre de config. oscillateur
; pour fréquence de 8 MHz
CLRF     OSCTUNE      ; pas de rég. fin fréquence
BSF     TRISA, 0      ; bit 0 du port A en entrée
BSF     TRISA, 1      ; bit 1 du port A en entrée
BCF     TRISB, 2      ; bit 2 du Port B en sortie
BCF     TRISB, 3      ; bit 3 du Port B en sortie

CLRF     Delai        ; vide la tempo

CLRF     ADCON0       ; VSS,VDD ref, channel 0, conv. disabled

MOVLW    B'01111100'
MOVWF    ADCON1       ; Bits 0 et 1 en analogique
MOVLW    B'10001000' ; config: just. à droite, Tacq=2Tad,
MOVWF    ADCON2       ; Tad=2*Tosc (ou Fosc/2)

; Exécution d'une première mesure pour initialisation
; de la variable "mesure précédente"
; -----

BSF     flag, 0        ; mise à 1 du flag de 1er passage

```

Depart

```

BTFSS   flag, 0       ; 1er passage en cours ?
GOTO    Moteur        ; non, saut de la 1ère mesure
BSF     ADCON2, ADFM  ; justification à droite
BCF     ADCON0, CHS0  ; désactive canal 1 -> active canal 0
CALL    Mesure        ; appel de la routine de mesure
MOVFF   ADRESL, mesprec ; 1ère mesure -> mesure précédente
BCF     flag, 0       ; 1ère mesure faite -> RAZ flag
BSF     flag, 7       ; passe à 1 le flag de sens -> marche AV

```

Moteur

```

BTFSC   flag, 7       ; flag de sens à 0 ?

```

```

BSF PORTB, 2          ; non, met le moteur en marche AV
BTFSS flag,7         ; flag de sens à 1 ?
BSF PORTB, 3         ; non, met le moteur en marche AR

```

```

; conversion A/D potar et attente tempo
; -----

```

```

BCF ADCON2, ADFM    ; justification à gauche
BSF ADCON0, CHS0    ; active canal 1 -> désactive canal 0
CALL Mesure         ; appel de la routine de mesure
CALL DelaiPot       ; appelle tempo fonction position potar

```

```

; on effectue 16 mesures sur 1 s ( 16 x 65,536 ms )
; -----

```

```

BSF ADCON2, ADFM    ; justification à droite
BCF ADCON0, CHS0    ; désactive canal 1 -> active canal 0
MOVLW    0x10       ; on place 16
MOVWF    cptmes     ; dans le compteur de mesures
CLRF result         ; efface poids fort résultat
CLRF result+1       ; idem pour poids faible

```

Moyenne

```

MOVLW    0x02       ; pour 2 x 32,768 ms = 65,536 ms
MOVWF    cmpt       ; dans compteur de tempo
CALL Repos         ; appel de la routine de temporisation
CALL Mesure        ; appelle la routine de mesure
MOVF ADRESL, W     ; charge poids faible de la mesure
ADDWF result+1     ; ajoute au poids faible résultat
MOVF ADRESH, W     ; charge poids fort de la mesure
ADDWFC result      ; ajoute au poids fort rés. avec carry
CLRF WREG         ; RAZ registre de travail
DECFSZ cptmes     ; décrémente cptmes et test si 0
GOTO Moyenne      ; non, on refait une mesure

```

```

; calcul de la moyenne sur 8 bits
; -----

```

```

RLCF result+1      ; décale poids faible vers la gauche
RLCF result        ; idem poids fort avec b7 poids faible
RLCF result+1     ; décale poids faible vers la gauche
RLCF result        ; idem poids fort avec b7 poids faible
; on avait 6+8 bits, on a 8+6 bits, on garde le poids fort
MOVFF result, mesact ; résultat -> mesure actuelle
MOVF result, W     ; charge résultat

```

```

; comparaison de la nouvelle mesure avec la précédente
; inversion du sens de marche si diminution
; -----

```

```

CPFSLT mesprec    ; mesprec < mesact ?
BTG flag, 7       ; non, changement de sens de marche
MOVFF mesact, mesprec ; remplacement de mesprec par mesact

```



```

GOTO Depart          ; Reboucle

Mesure               ; routine de mesure
BSF ADCON0,ADON     ; active le convertisseur
BSF ADCON0,GO_DONE ; lance conversion A/D
BTFSC ADCON0,GO_DONE; test si conversion terminée
GOTO $-2            ; retour de 2 lignes si conv. inachevée
RETURN

DelaiPot             ; tempo fonction du résultat
RRNCF ADRESH        ; décale d'1 bit vers la droite
RRNCF ADRESH        ; encore pour div. par 4, soit 64 pas maxi
BCF ADRESH,7        ; remet à 0 le bit 7
BCF ADRESH,6        ; remet à 0 le bit 6
MOVFF ADRESH,Delai ; déplace le resultat dans var. Delai

Impuls
CLRf TMR0L          ; efface timer0
BCF INTCON,TMR0IF  ; efface flag débordement

wait                ; base de tps : 0,5x256x256 = 32,768 ms
; CLRWDt            ; effacer watchdog
BTFSS INTCON,TMR0IF; tester si timer a débordé
GOTO wait           ; non, attendre
DECFSZ Delai        ; décrémente Delai et test si 0
GOTO Impuls         ; non, on refait une rotation de timer0
BCF PORTB, 2        ; arrêt moteur (marche AV)
BCF PORTB, 3        ; arrêt moteur (marche AR)

                    ; attente de 0,5 s pour extinction parasites moteur
                    ; -----

MOVLW 0x0F          ; pour 15 x 32,768 ms = 0,5 s
MOVWF cmpt          ; dans compteur de tempo
CALL Repos          ; appel de la routine de temporisation
RETURN              ; retour à la boucle principale

                    ; routine de temporisation
                    ; -----

Repos
CLRf TMR0L          ; effacer timer0
BCF INTCON,TMR0IF  ; effacer flag débordement
wait1               ; base de tps : 0,5x256x256 = 32,768 ms
; CLRWT            ; effacer watchdog
BTFSS INTCON,TMR0IF; tester si timer a débordé
GOTO wait1         ; non, attendre
DECFSZ cmpt        ; décrémente cmpt et test si 0
GOTO Repos         ; non, on refait une rotation de timer0
RETURN

end                 ; fin de programme

```

## 5. LE CHARGEUR DE BATTERIES

Pour finir, voici la description d'un appareil indispensable, évoqué à plusieurs reprises, et dont la réalisation est cette fois très simple (voir figure 15).

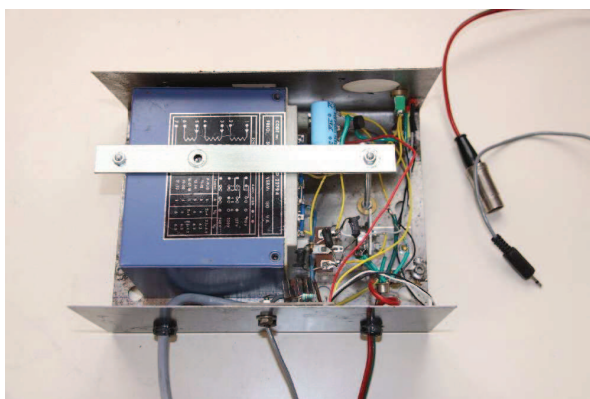
Le schéma est basé sur le principe du générateur de courant constant. En haut, le chargeur des batteries de l'émetteur et du récepteur automatique délivre un courant voisin de 700 mA. Un commutateur sélectionne la tension de sortie du transfo d'alimentation à choisir en fonction de l'appareil à charger : 30V pour l'émetteur, 12V pour le récepteur automatique. En bas, le chargeur pour les batteries du récepteur simple délivre seulement 22 mA. On pourra charger en même temps l'émetteur et le récepteur simple. Deux LED servent de témoins de charge.

Le transfo d'alimentation 240V AC / 30V AC, avec une prise à 12V (ou un bobinage séparé) doit être d'une puissance d'au moins 30VA.

Les 3 résistances 3,3  $\Omega$  sont des modèles de 1 W minimum.

Le transistor de puissance BDX18 est à monter sur une plaque d'aluminium faisant office de dissipateur thermique. Le 2N2905 peut aussi recevoir un petit radiateur.

L'ensemble peut prendre place dans un boîtier de chargeur de batterie de voiture récupéré, et le câblage peut s'effectuer sur des barrettes à cosses, voir photos 21 et 22 :



*Photo 21 : intérieur chargeur*



*Photo 22 : face avant chargeur*

Pas de mise au point particulière pour cet appareil. Vérifier avant la mise en service que l'on dispose bien aux bornes du condensateur de 1000 $\mu$ F d'une tension à vide d'environ 40V, et mesurer ensuite le courant de charge des batteries de l'émetteur. La valeur de ce courant doit être comprise entre 600 et 700 mA. De même pour le chargeur de batteries du récepteur simple, l'intensité doit être comprise entre 20 et 25 mA.

Le temps de charge à ne pas dépasser pour des batteries complètement déchargées se calcule en divisant la capacité de l'accu (mAh) par le courant de charge (mA), et le résultat multiplié par 1,4. Donc, pour les accus de 4000 mAh chargées à 700 mA, le temps de charge maxi est de :  $(4000 / 700) \times 1,4 = 8$  heures. Pour les batteries du récepteur simple chargées à 25 mA :  $(200 / 25) \times 1,4 = 11,2$  heures. Ces résultats ne sont que des exemples, les durées réelles à respecter seront fonction des mesures de courant effectuées.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

Les esprits curieux désireux d'approfondir certains aspects de cette description, pourront consulter les liens ci-dessous :

Oscillateur à pont de Wien :

[http://www.silicium628.fr/electron/cours/pont\\_wien/page2.html](http://www.silicium628.fr/electron/cours/pont_wien/page2.html)

<http://z.oumnad.123.fr/Electronique/LesOscillateurs.pdf>

Amplificateur TDA2040 : datasheet du fabricant :

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/1460.pdf>

Circuit série LC à résonance :

<http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23I/RM23i03.html>

<http://exam2ham.free.fr/donnees/RLC.html>

C.I. 4060 oscillateur et compteur binaire à 14 étages (datasheet du fabricant) :

[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/109006\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/109006_DS.pdf)

Accumulateurs rechargeables :

<http://www.ni-cd.net/accusphp/index.php>

Filtre à structure de Rauch :

[http://www.silicium628.fr/electron/cours/filtre\\_rauch/page1.html](http://www.silicium628.fr/electron/cours/filtre_rauch/page1.html)

[http://hdehaan.free.fr/electricite/e\\_6/e\\_6\\_3/e\\_6\\_3\\_enon.htm](http://hdehaan.free.fr/electricite/e_6/e_6_3/e_6_3_enon.htm)

Circuit LT1300 (datasheet du fabricant) :

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/lineartechnology/lt1300.pdf>

Circuit ICL7660 (datasheet du fabricant) :

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/intersil/fn3072.pdf>

PIC 18F1320 (datasheet du fabricant) : 306 pages en anglais !

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39605F.pdf>

Générateur de courant constant (chargeur de batteries) :

<http://louispayen.apinc.org/cours/generateur-courant-tension.htm>

<http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/genecour.html>

En conclusion, nous vous souhaitons une bonne réussite si vous vous lancez dans cette réalisation, et nous aimerions en avoir des nouvelles.

Brive, février 2010

Jean-Louis AMIARD  
Ing. Arts et Métiers (An. 67)

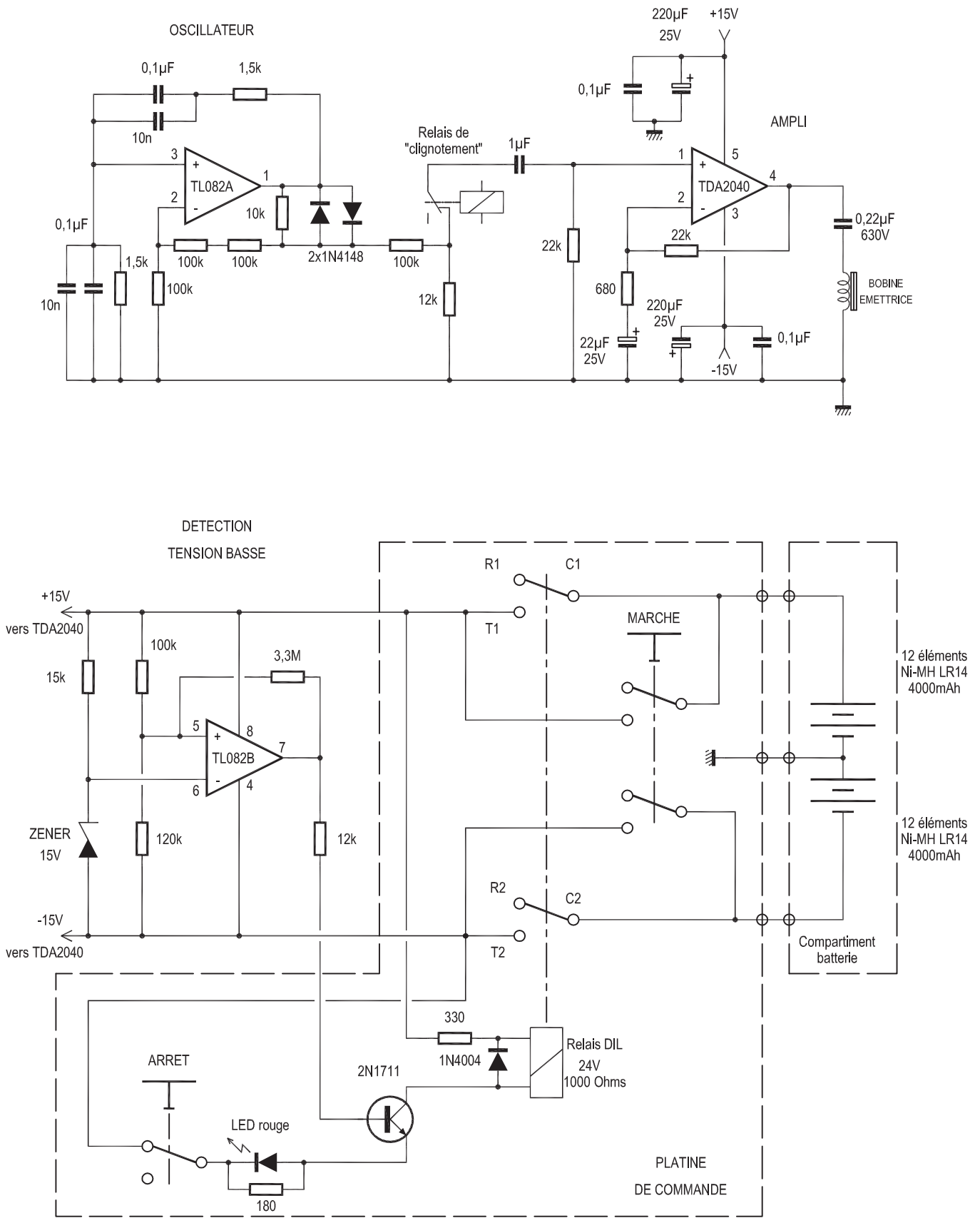


Figure 1: Circuit principal et platine de commande

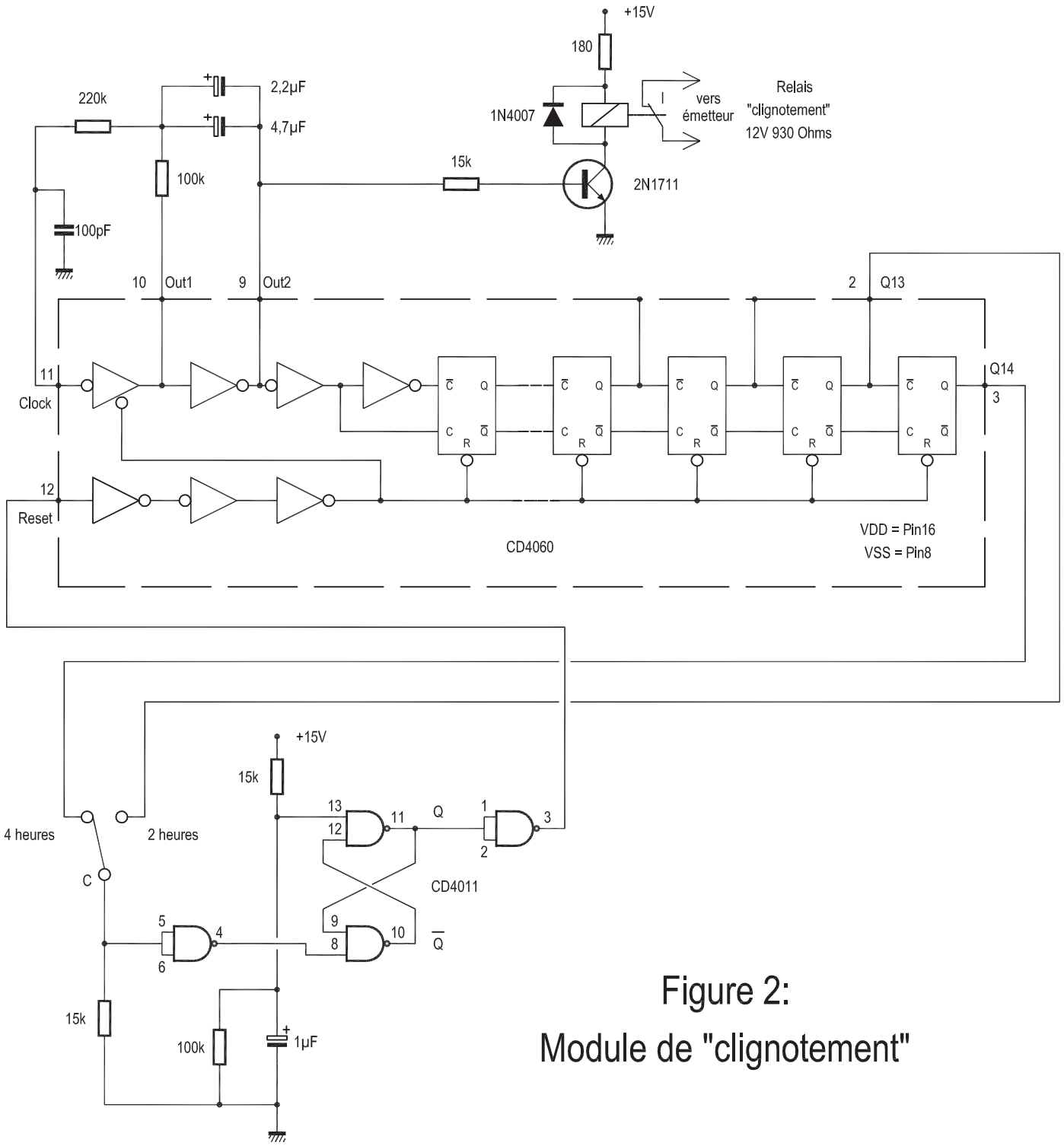


Figure 2:  
Module de "clignotement"

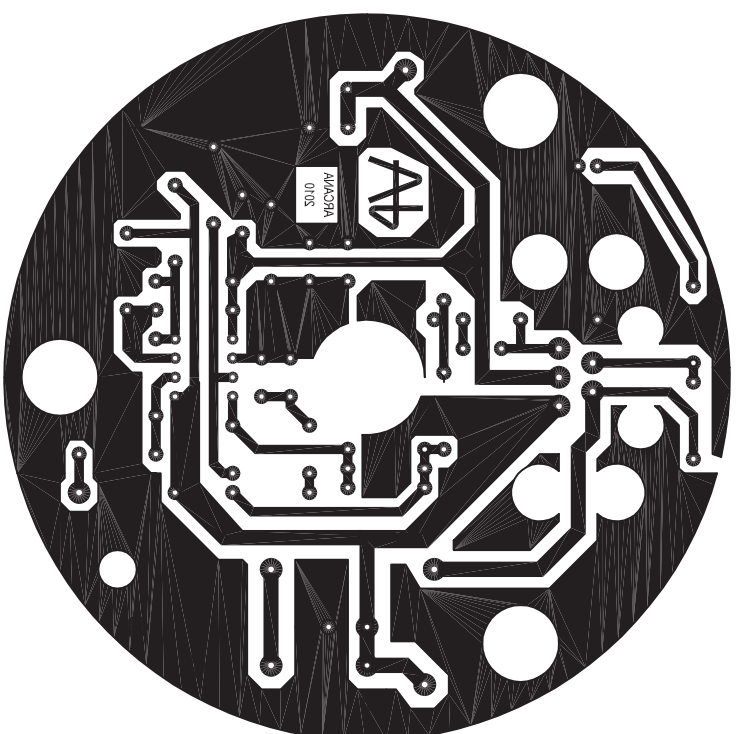
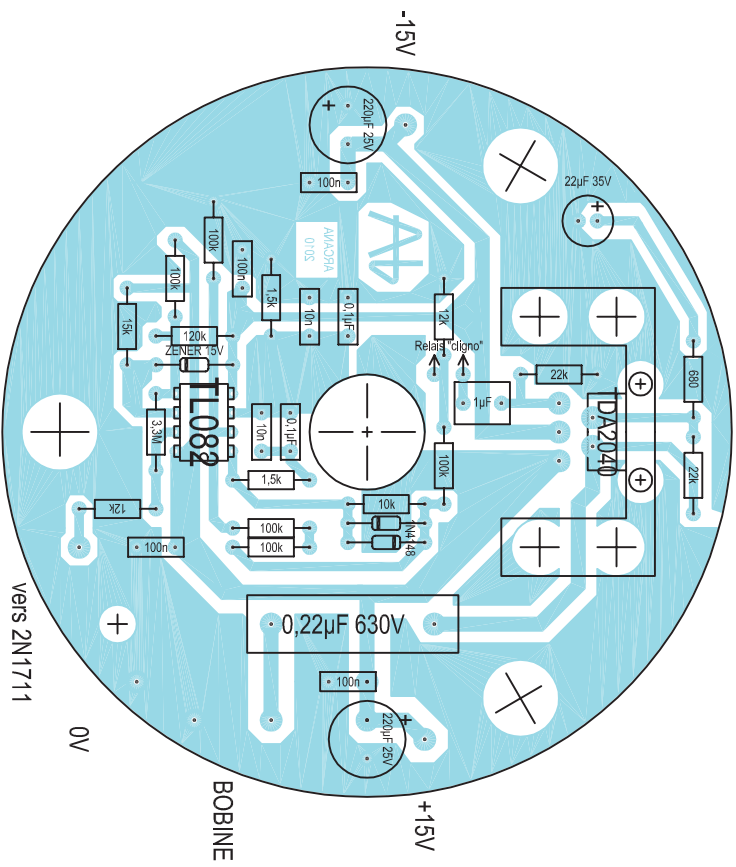


Figure 3: Circuit principal

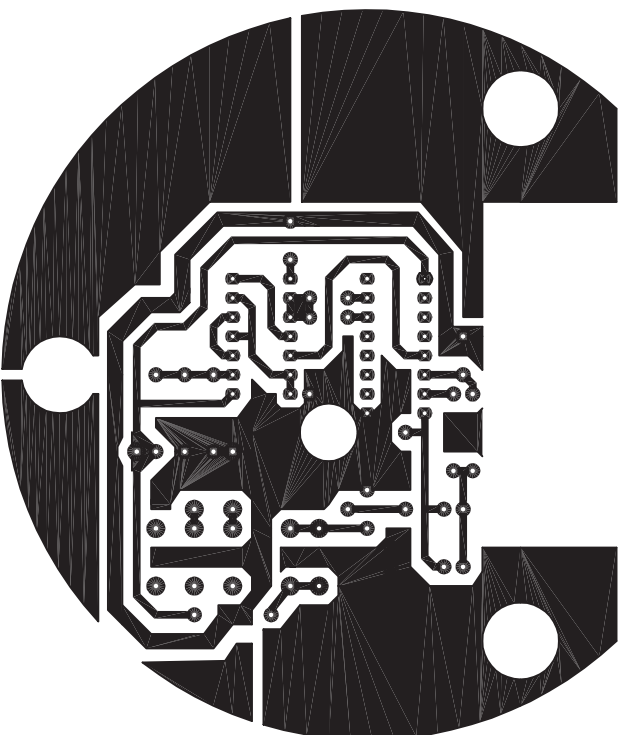
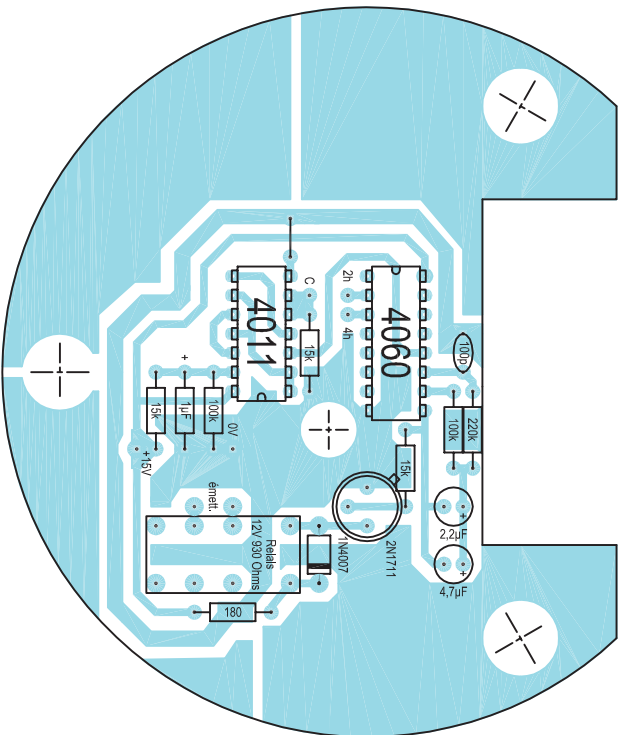


Figure 4: Module de "clignotement"

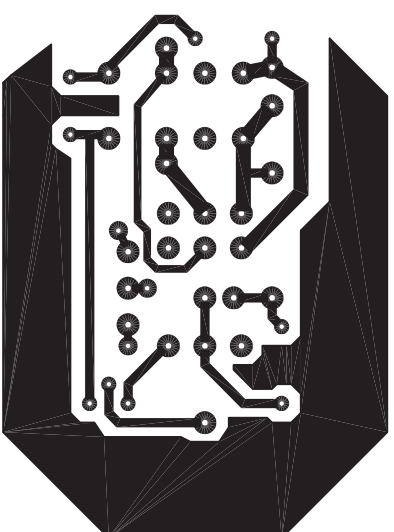
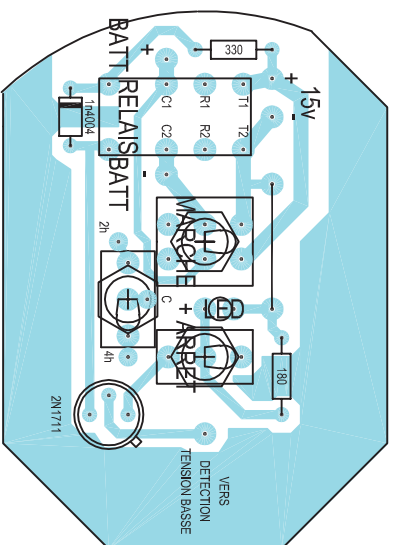
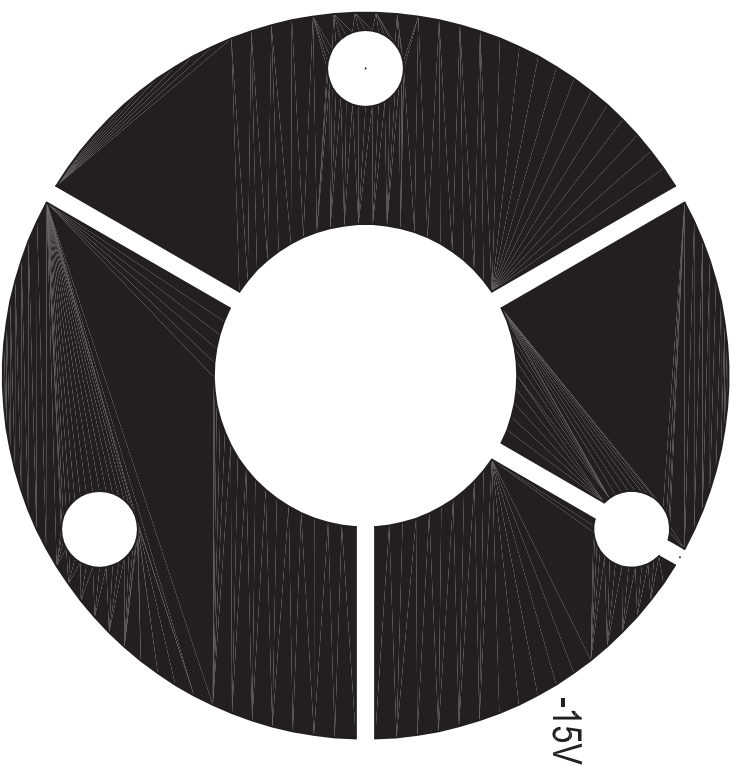


Figure 5: Platine de commande



Plaque côté fond

+15V



Plaque côté bouchon

0V

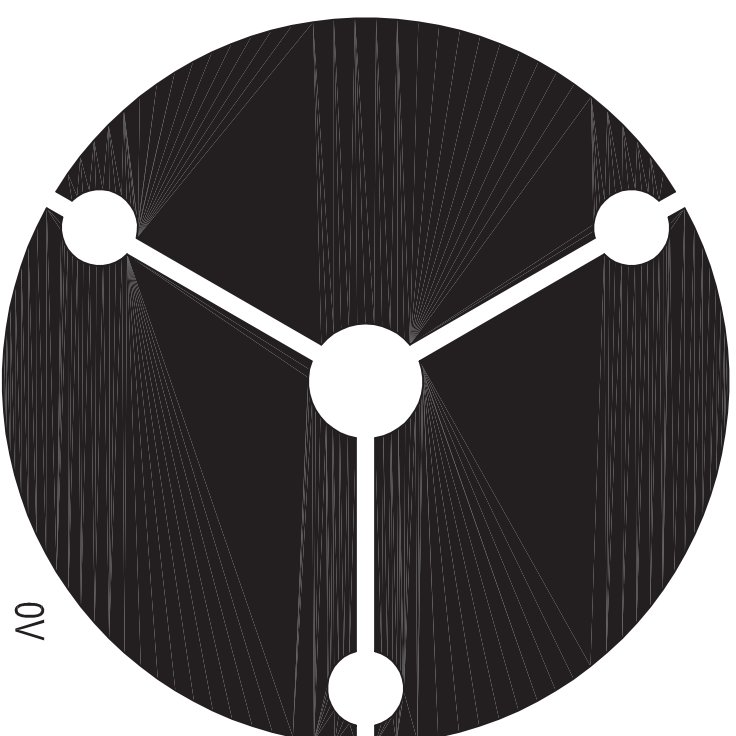


Figure 6: Supports des accus

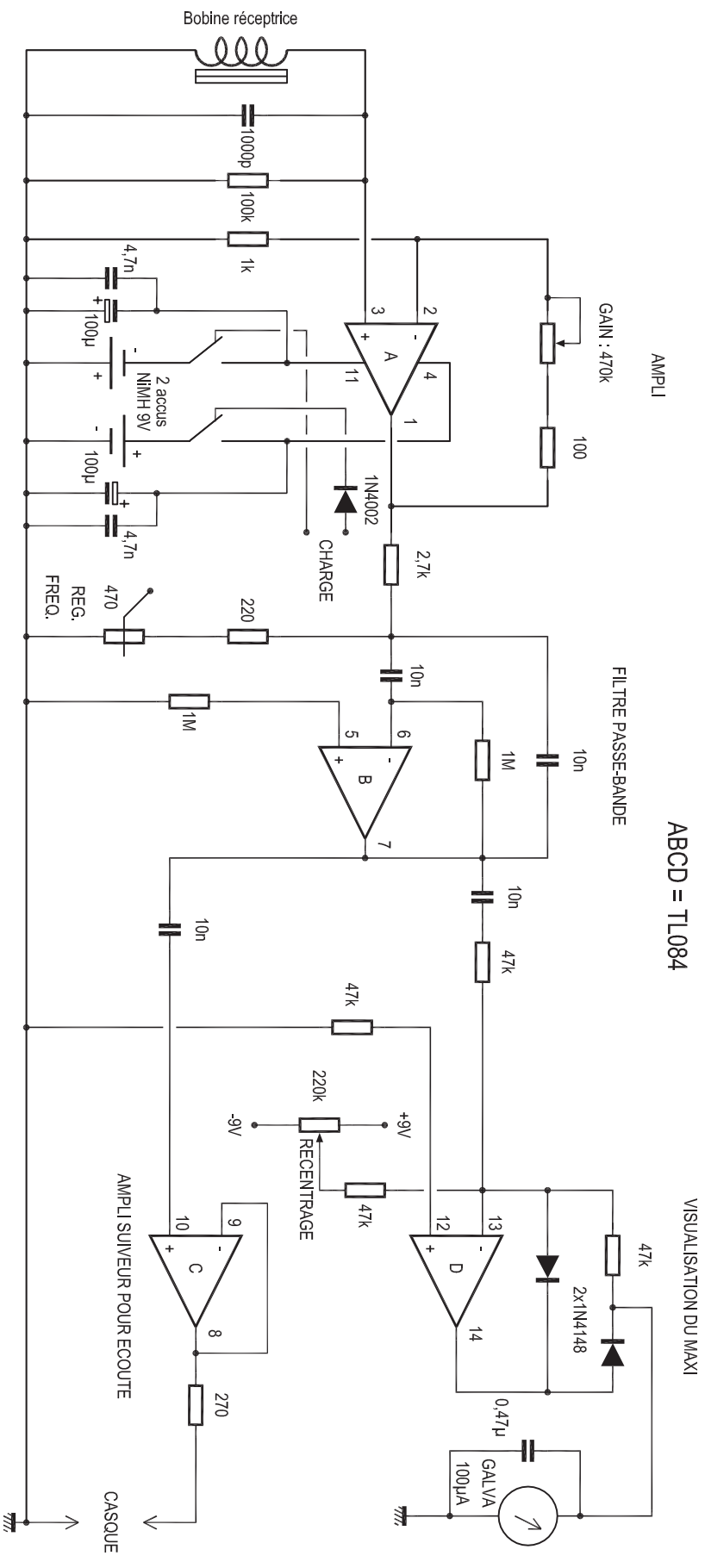


Figure 7: Schéma du récepteur simple

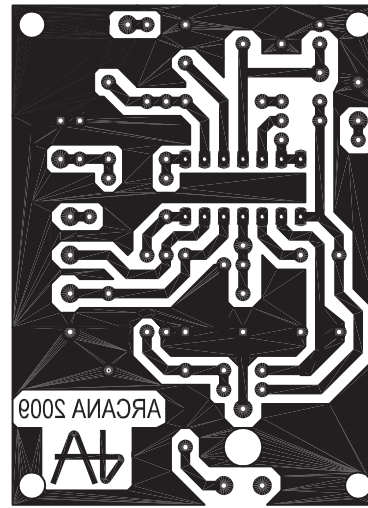
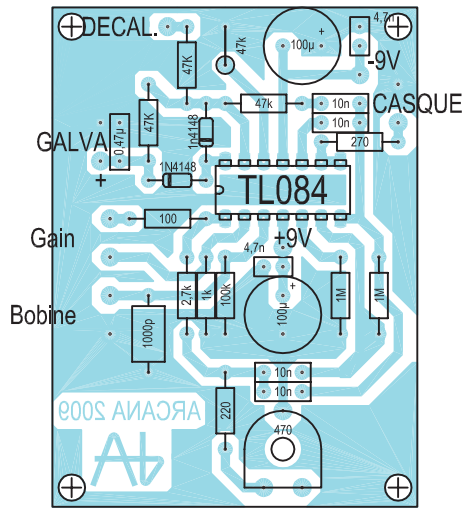


Figure 8: Récepteur simple

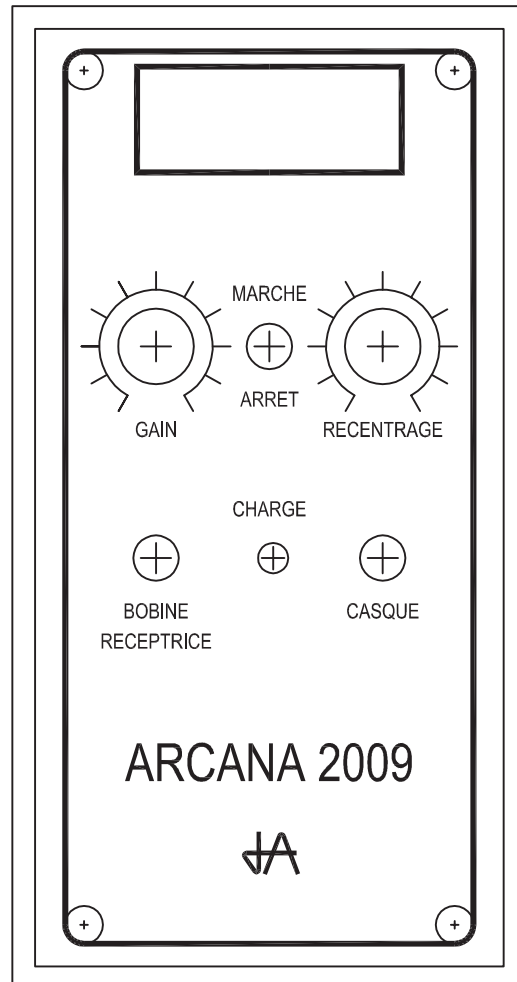


Figure 9: Face avant boîtier récepteur

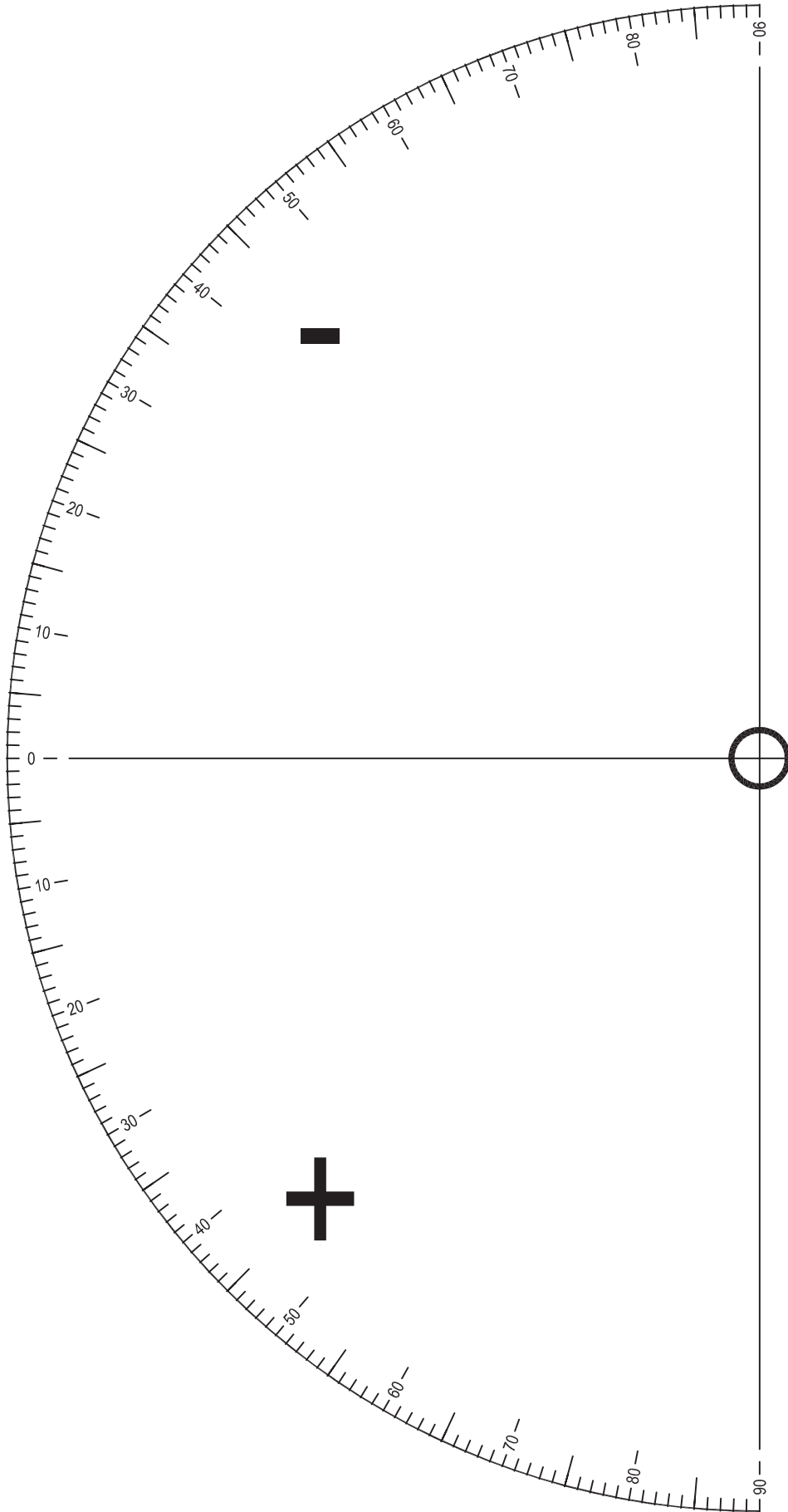


Figure 10:  
secteur gradué

## ARCANA 2009

$$p = k_{\alpha} \times d$$

DIZAINES										
α	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
UNITÉS	0	0,707	0,852	1,031	1,262	1,576	2,034	2,778	4,239	8,565
	1	0,720	0,868	1,051	1,289	1,614	2,091	2,880	4,468	9,523
	2	0,734	0,884	1,072	1,317	1,653	2,152	2,988	4,722	10,72
	3	0,748	0,901	1,094	1,346	1,694	2,216	3,105	5,006	12,26
	4	0,761	0,918	1,116	1,375	1,736	2,284	3,230	5,325	14,31
	5	0,776	0,936	1,139	1,406	1,781	2,355	3,365	5,686	17,17
	6	0,790	0,954	1,162	1,438	1,827	2,430	3,511	6,098	21,47
	7	0,805	0,973	1,186	1,470	1,875	2,509	3,670	6,573	28,64
	8	0,820	0,992	1,211	1,504	1,926	2,593	3,843	7,127	42,97
	9	0,836	1,011	1,236	1,539	1,978	2,683	4,032	7,781	85,94

valeurs de  $k_{\alpha}$  pour  $\alpha$  positif

DIZAINES										
α	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	
UNITÉS	0	0,707	0,587	0,485	0,396	0,317	0,246	0,180	0,118	0,058
	-1	0,694	0,576	0,476	0,388	0,310	0,239	0,174	0,112	0,053
	-2	0,681	0,565	0,466	0,380	0,302	0,232	0,167	0,106	0,047
	-3	0,669	0,555	0,457	0,372	0,295	0,226	0,161	0,100	0,041
	-4	0,657	0,544	0,448	0,364	0,288	0,219	0,155	0,094	0,035
	-5	0,645	0,534	0,439	0,356	0,281	0,212	0,149	0,088	0,029
	-6	0,633	0,524	0,430	0,348	0,274	0,206	0,142	0,082	0,023
	-7	0,621	0,514	0,422	0,340	0,267	0,199	0,136	0,076	0,017
	-8	0,610	0,504	0,413	0,332	0,260	0,193	0,130	0,070	0,012
	-9	0,598	0,495	0,405	0,325	0,253	0,186	0,124	0,064	0,006

valeurs de  $k_{\alpha}$  pour  $\alpha$  négatif

Figure 11: Table de calcul de la profondeur

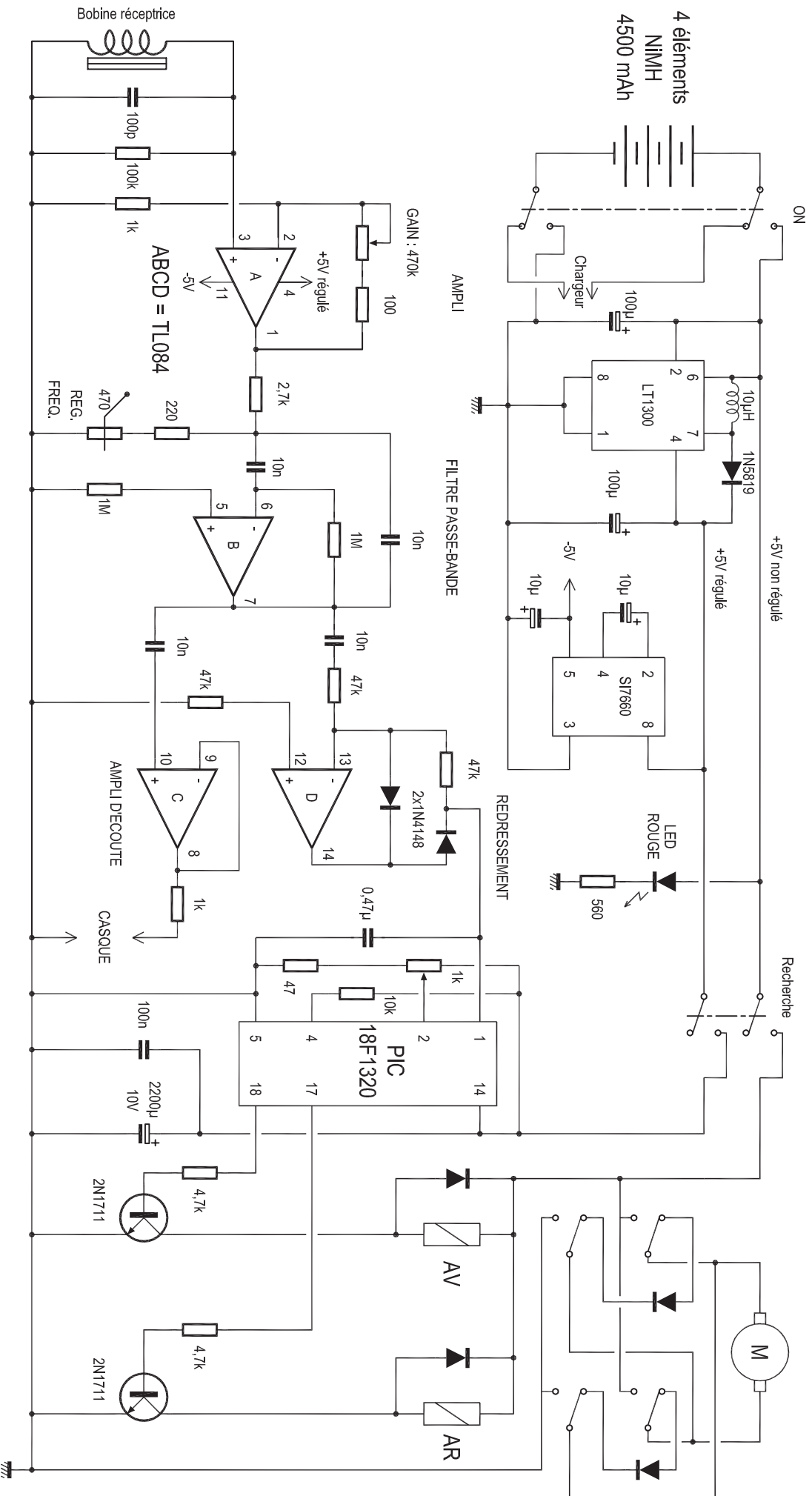


Figure 12: schéma du récepteur automatique

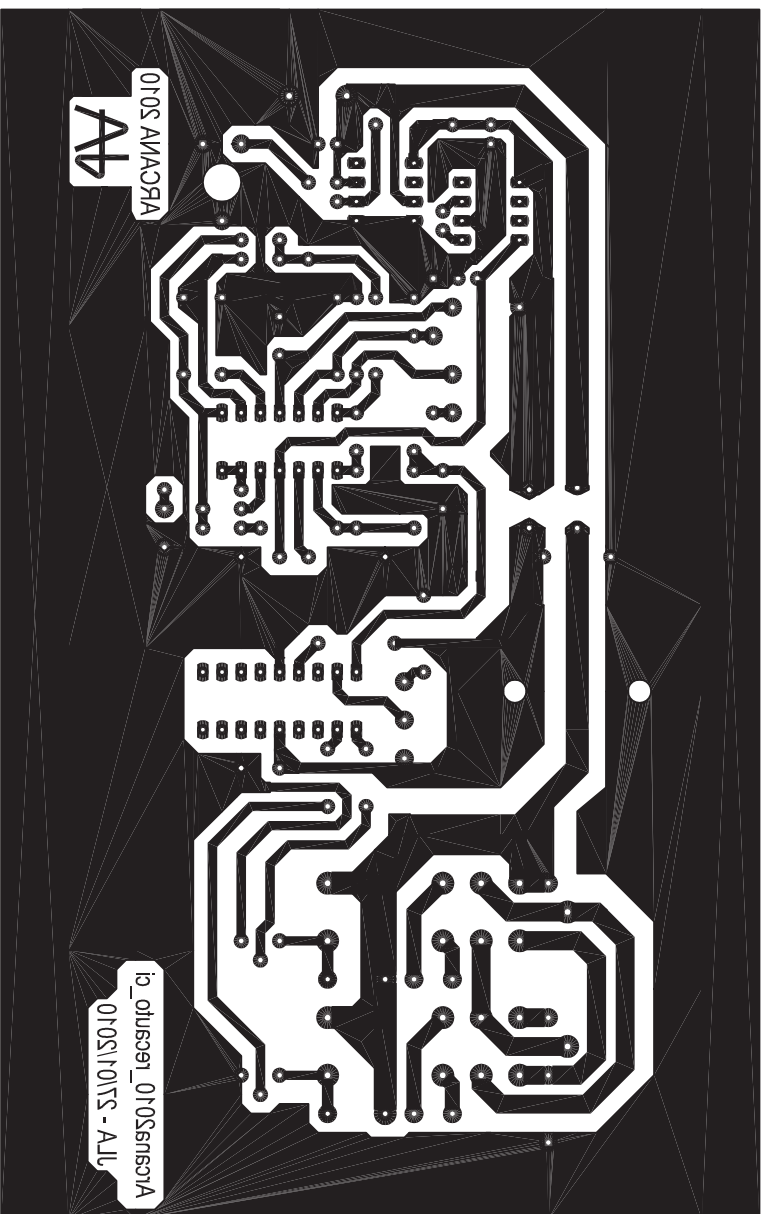


Figure 13: C.I. récepteur auto

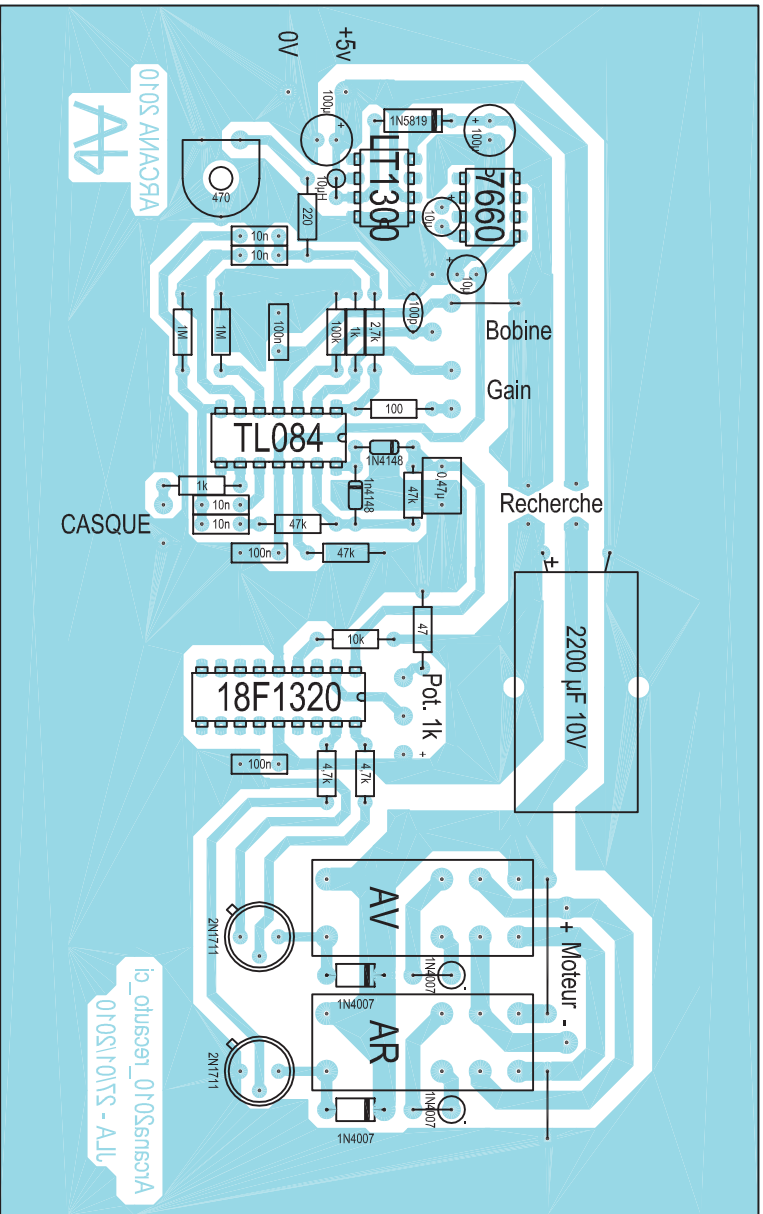


Figure 14: récep. auto. Implantation composants



La charge s'effectue à courant constant

Ne pas dépasser un temps de charge de 10 heures

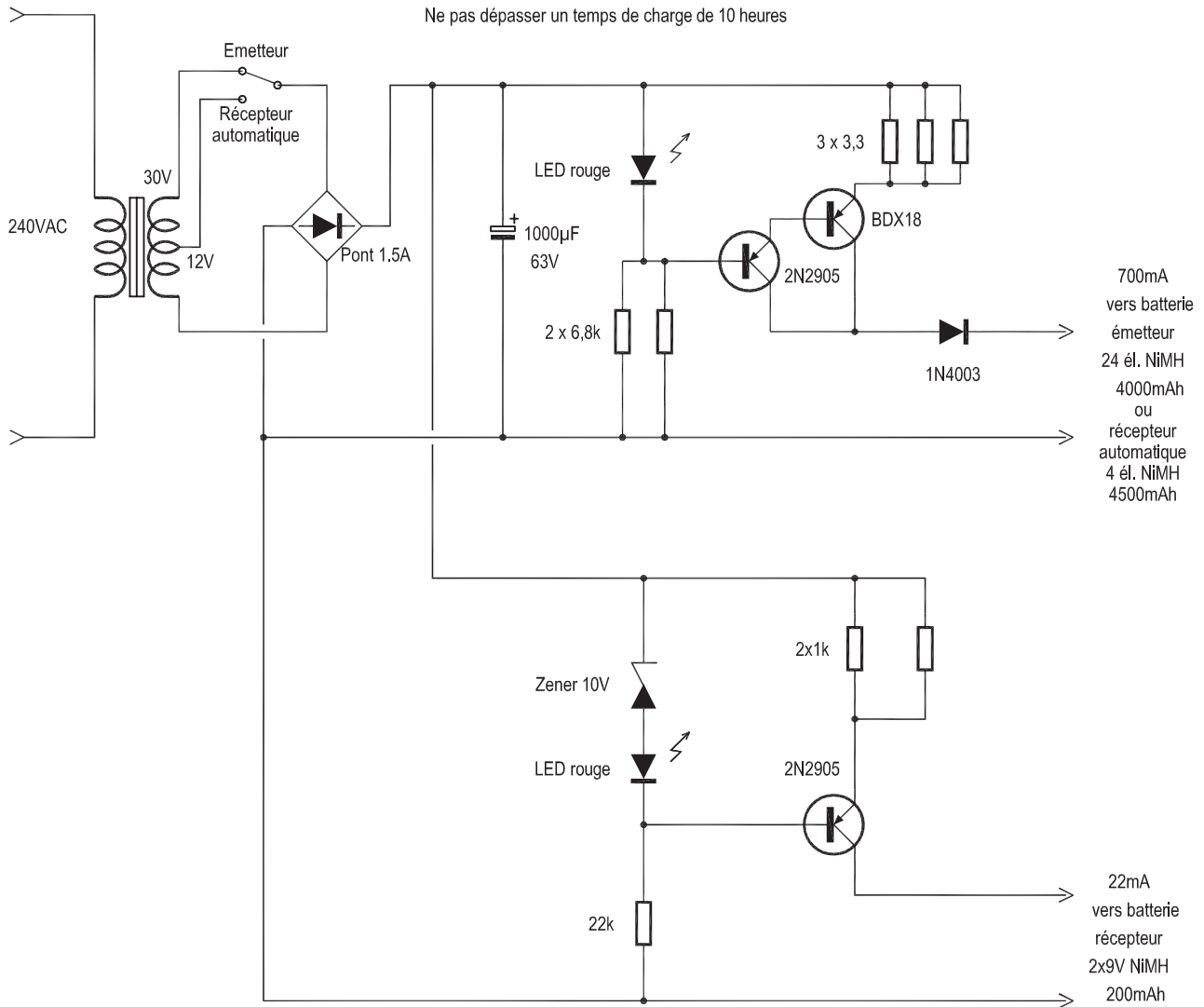


Figure 15: chargeur de batteries