

Le plus gros problème auquel se trouvent confrontés les chasseurs de trésors, est que les détecteurs de métaux abordables, (sur le plan financier s'entend), se caractérisent par leur instabilité et leur manque de sensibilité, tandis qu'au contraire les meilleurs se font remarquer par leur prix exorbitant.

Le modèle qui va faire l'objet de cet article se montre très stable et très sensible, tout en ne posant pas de problèmes de montage. Son aspect et son utilisation sont aux normes professionnelles, quant à ses performances, elles sont supérieures à celles de nombreux détecteurs de métaux nettement plus onéreux.

allier la simplicité aux hautes performances

# détecteur de métaux



L'un des projets les plus demandés dans le courrier que nous recevons, est depuis un moment, un projet de détecteur de métaux. Nous avons mis un certain temps avant de nous lancer dans la publication d'un article relatif à ce sujet brûlant d'actualité, car concevoir et mettre au point un bon détecteur (qui fasse autre chose que de détecter n'importe quoi), n'est pas aussi simple que l'on croit. Le premier problème important qui pointe son nez, est celui de la stabilité, car cette dernière dépend d'un certain nombre d'aspects. Si l'on se place du point de vue prix de revient, concevoir un schéma de circuit stable n'est pas de tout repos. La conception

et la construction de la bobine d'exploration est l'un des obstacles majeurs lorsque l'on tient à obtenir des performances d'exception et à rester dans l'enveloppe du budget d'un amateur enthousiaste.

Il faut une bobine d'exploration qui soit robuste et capable de rester stable à l'état obtenu par une procédure de réglage extrêmement critique. Il ne faut pas, en d'autres termes, que cette bobine d'exploration soit sujette à des "maux de tête", après un choc de sa partie "pensante". Les problèmes d'étanchéité et d'immunité aux variations de température se suffisent à eux-mêmes, si les premiers ne semblent pas insurmontables.

Que peut-on dire du circuit lui-même? Il existe un certain nombre de techniques permettant de détecter des métaux au moyen de montages électroniques, mais les performances sont principalement fonction de la stabilité. On pourrait imaginer un système au goût du jour, à base de microprocesseur qui pourrait accomplir des merveilles, mais qui coûterait les yeux de la tête, au point qu'il vous faudrait trouver un certain nombre de marmites de napoléons (qui comme tout le monde le sait, est l'ancienne pièce de 20 francs — or), avant de rentrer dans vos frais.

Tout compte fait, les difficultés vont vous paraître insurmontables et vous vous demandez certainement comment nous sommes arrivés à nous en dépêtrer. Cela a pris un certain temps, mais soyez rassurés, nous y sommes arrivés, et le résultat est à la mesure de l'attente. Le détecteur de métaux en question fonctionne très bien tout en restant facile à construire, car nous vous épargnons la construction de la partie la plus délicate: la bobine de détection. Il sera possible de se procurer un ensemble complet, bobine de détection comprise, si la demande est suffisamment importante pour inciter un importateur à tenter l'aventure, (l'affaire est réglée!).

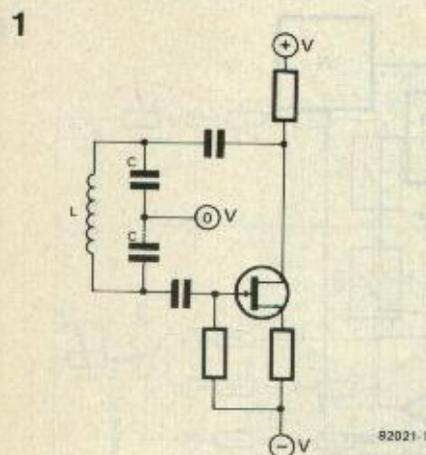


Figure 1. Schéma simplifié d'un circuit d'oscillateur conventionnel. Il ne comprend pas de compensation qui permette de modifier la valeur du condensateur C, lorsque change la température.

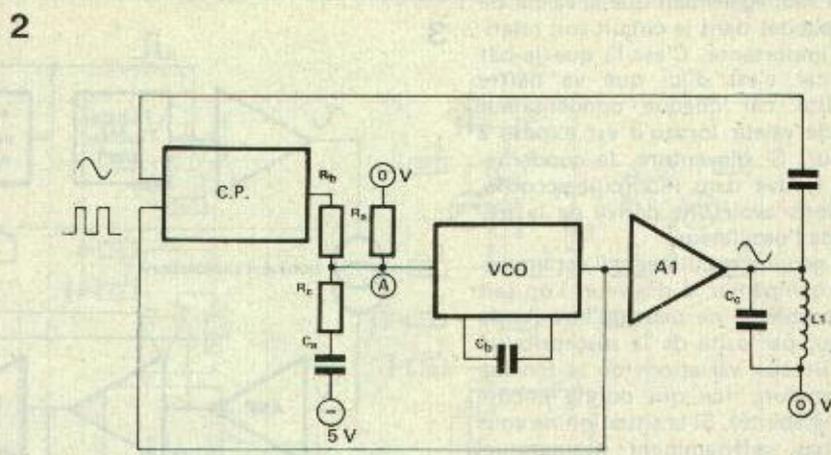


Figure 2. Le détecteur de métaux d'Elektor utilise un circuit de boucle à asservissement de phase de manière à poser les jalons d'un oscillateur très stable à dérive très faible.

Comment y sommes-nous arrivés? Avant de partir à la découverte du chemin que nous avons pris pour résoudre cette énigme, nous tenons à attirer votre attention. Il va falloir commencer par lire attentivement le texte de l'article, puis consacrer toute son attention aux détails lors de la construction, si l'on veut obtenir un détecteur de métaux performant. Secondement, mais moins évident, partir à la chasse au trésor avec n'importe lequel des détecteurs de métaux, ressemble à l'apprentissage de l'équitation: il faut du temps et de l'entraînement, avant d'y exceller. Ne pensez donc pas, pouvoir effectuer votre "instruction" en un "jour".

### Survолons le champ de manoeuvre

Il existe différentes manières de concevoir et de mettre au point un détecteur de métaux: chacune d'elle s'auréole de ses avantages et traîne le boulet de ses inconvénients.

#### Le BFO

L'oscillateur de fréquence de battement (Beat frequency oscillator), permet de concevoir un système bon marché, facile à construire, mais pose quelques problèmes dus aux fréquences élevées qui entrent en jeu, (pour des raisons d'économie). Ils ne sont que peu sensibles aux métaux, très instables et affectés par l'effet de sol, ne sachant pas faire la différence entre les divers matériaux. Ils fonctionnent suivant le principe hétérodyne qui est le mélange de deux fréquences, de manière à obtenir un son audible qui soit fonction de la différence entre les deux signaux. L'astuce de fonctionnement de ce principe est que la fréquence de l'oscillateur est déterminée par la bobine d'exploration et que le fait d'approcher un objet en métal de la tête de détection, va faire augmenter ou

diminuer la fréquence d'exploration, ce qui va changer la hauteur du son audio.

#### B.I.E/R

Non nous n'allons pas parler de liquide. Il s'agit de la balance (équilibre) d'induction émission/réception (transmit - receive/induction balance). Les détecteurs de métaux conçus suivant ce principe sont nettement meilleurs que ceux basés sur un BFO, du moins en ce qui concerne la sensibilité générale, mais ils souffrent également de problèmes de stabilité, et sont incapables de discriminer deux métaux. Cette catégorie de détecteurs exige un positionnement des bobines extrêmement précis, et peut se révéler incroyablement difficile à mettre au point. Autre inconvénient à signaler, un petit choc de la tête de détection peut produire des signaux erronés.

#### T.B.F. (très basse fréquence)

Les détecteurs de métaux les plus onéreux sont dans la plupart des cas de ce type. Un ensemble de circuits vont être chargés de différentes missions.

- rendre le montage sensible aux métaux,
- le rendre capable de faire la différence entre les divers métaux,
- et permettre la commande de l'effet de sol, ce qui permet de surmonter les quelques déficiences inhérentes à la conception des détecteurs de bas de gamme. Ils souffrent cependant d'instabilité, étant données les basses fréquences utilisées. Les inconvénients qu'ils présentent, sont leur prix élevé, et la difficulté de mise au point de l'ensemble de détection.

#### Induction d'impulsion

L'induction d'impulsion (pulse induction), est la technique utilisée par les détecteurs de métaux industriels et

professionnels. Lorsque l'on désire obtenir une bonne conception, celle-ci peut se révéler extrêmement onéreuse et la procédure de calibration et d'étalonnage dépasse les compétences de l'électronicien amateur moyen, aussi enthousiaste soit-il.

Le détecteur de métaux d'Elektor, dont il est question dans cet article, est un modèle à hautes performances basé sur le principe de T.B.F., équipé de techniques de PLL (boucle à asservissement de phase), de manière à obtenir une bonne stabilité, ainsi qu'une discrimination correcte des divers métaux, et une élimination de l'effet de sol. Il possède un rayon de détection meilleur que celui qu'ont des appareils basés sur les principes T.B.F. et B.I.E/R, tout en n'ayant pas de penchant pour l'instabilité. Ayant lu cette énumération d'avantages, vous ne serez pas étonnés outre mesure de la nécessité d'un circuit légèrement compliqué. Mais si vous jetez un coup d'oeil furtif au schéma donné en figure 4, vous vous apercevrez que cela est moins complexe que ce à quoi certains lecteurs ont dû s'attendre, sans oublier de mentionner un étalonnage est extrêmement simple.

#### Instabilité et PLL

Comme nous l'avons déjà souligné, l'inconvénient majeur dont souffrent les détecteurs bon-marché, est l'instabilité. Dans les cas d'instabilité aiguë, il peut arriver que l'on soit incapable de faire la différence entre un détecteur sur arrêt, et une "trouaille".

Qu'est-ce qui rend le circuit T.B.F. d'Elektor meilleur que les autres en ce qui concerne la stabilité? Le schéma du circuit simplifié que l'on trouve en figure 1 est celui d'un circuit T.B.F. plus conventionnel. Le hic, dans ce cas-là, est que la "tête chercheuse" exige une bobine faite d'un nombre important de

spires. Il faut également que la valeur de C (la capacité) dans le circuit soit relativement importante. C'est là que le bât blesse, car c'est d'ici que va naître l'instabilité car chaque condensateur change de valeur lorsqu'il est exposé à la chaleur. Si d'aventure, le condensateur se trouve dans le circuit accordé, nous allons avoir une dérive de la fréquence de l'oscillateur.

Pour ce genre d'oscillateur, il est impossible de compenser la dérive et l'on sait que le problème ne peut qu'être rendu plus aigu, par suite de la susceptibilité du circuit aux variations de la tension d'alimentation, (ce qui donne encore plus d'instabilité). Si la situation ne vous paraît pas suffisamment dramatique, l'oscillateur étant un gros consommateur de courant, ceci réduit assez fortement la durée de vie des piles.

C'est pour faire face à tous ces inconvénients, qu'a été conçu et développé une boucle à asservissement de phase, mouture Elektor. Cette dernière compense toute dérive de la fréquence de l'oscillateur, due à un changement de valeur du condensateur. Le schéma en est un peu plus complexe, mais il reste relativement facile à comprendre à l'aide de la figure 2. Ce sont les composants  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$ , et  $C_a$ ,  $C_b$ , qui déterminent la fréquence centrale du VCO (Voltage Controlled Oscillator = oscillateur commandé en tension). Ceci nous donne un signal rectangulaire qui sera transformé en onde sinusoïdale par l'amplificateur A1, avant d'être envoyé à la bobine de détection L1. Un certain pourcentage de ce signal est renvoyé capacitivement à l'entrée du comparateur de phase (PC), dont le produit de sortie est transmis à l'entrée de commande du VCO, après avoir traversé un filtre passe-bas. Ce filtre comprend  $R_c$  et  $C_a$ . La sortie du VCO est également renvoyée à l'autre entrée du comparateur de phase. Ces deux boucles de réinjection (feedback en anglais), permettent d'obtenir un oscillateur extrêmement stable très peu enclin à dériver.

### Le détecteur de métaux d'Elektor

Comme nous l'avons souligné précédemment, le circuit du détecteur de métaux est relativement complexe. La figure 3 vous présente l'ensemble sous la forme d'un schéma synoptique; nous allons de ce fait nous simplifier l'existence en étudiant chaque bloc séparément, considérant que chacun d'eux représente un morceau du circuit principal tel qu'il apparaît en figure 4.

Le premier bloc, l'oscillateur à PLL ayant été présenté il y a quelques instants, nous ne nous y attarderons pas et allons nous occuper du discriminateur de PLL. Le but d'un discriminateur est de permettre à l'utilisateur de rejeter les matériaux indésirables telle cette feuille d'aluminium, par exemple. Il a fallu garder à l'esprit la nécessité d'une

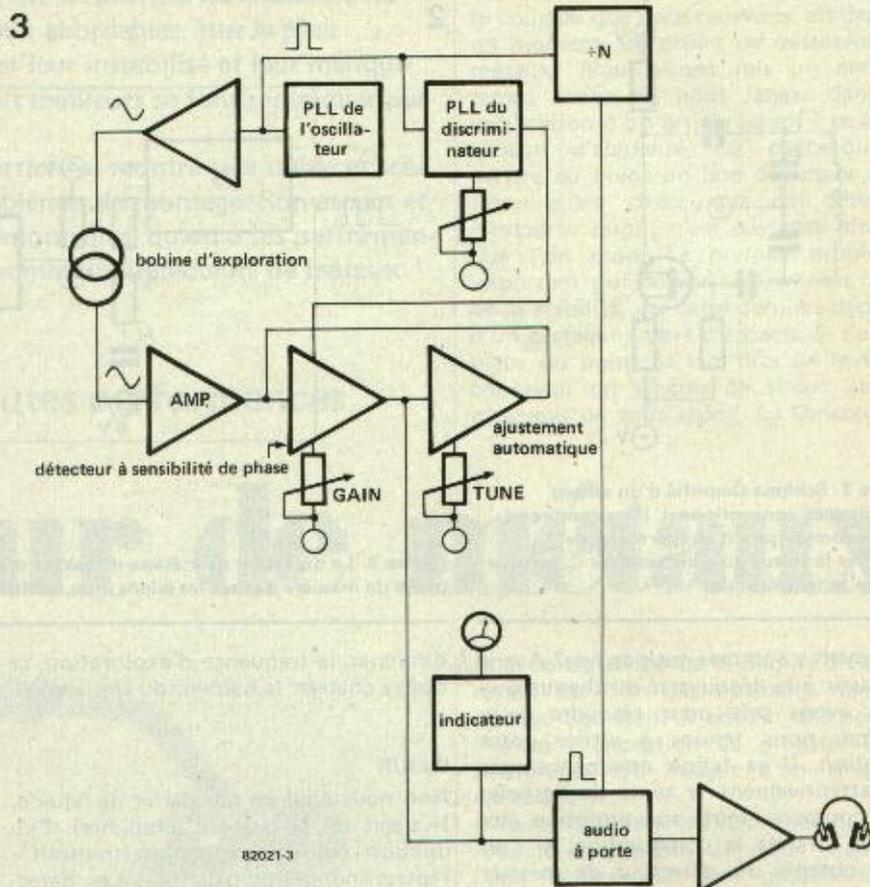


Figure 3. Schéma synoptique du détecteur de métaux d'Elektor. A chaque bloc correspond une partie du circuit illustré en figure 4.



Photo 1. Le boîtier et le manche du détecteur de métaux démontrent l'aspect professionnel de l'ensemble du montage.

grande stabilité, c'est la raison pour laquelle on trouve une seconde boucle à asservissement de phase.

Ajuster la relation de phase existant entre l'oscillateur d'émission et le signal recueilli, permet d'échantillonner un pourcentage du signal reçu. C'est cela que l'on transmet à la porte d'entrée du détecteur à sensibilité de phase.

Le détecteur de phase "découpe en tranches" le signal fourni par la bobine d'exploration, puis, après filtrage, le courant continu produit est destiné aux circuits audio et à l'indicateur.

Le détecteur de métaux d'Elektor possède une autre caractéristique qui lui est propre: l'ajustement automatique. Donnons-en le principe en deux mots: on produit une tension d'offset en la mettant en mémoire dans un condensateur par l'intermédiaire d'un FET qui est utilisé en intégrateur lent/rapide. Il est possible de réinitialiser la tension de sortie du détecteur de phase en renvoyant cette tension d'offset à ce détecteur, ce qui permettra de ramener à zéro l'indicateur par simple pression sur un bouton-poussoir. Ceci a un avantage appréciable: il est inutile d'effectuer un nouvel accord lorsque l'on change de mode, ou que l'on modifie la sensibilité du détecteur.

Le circuit de l'indicateur est fort simple; il comprend une partie vérification de l'état des piles, ainsi qu'une indication



des trouvailles acceptables ou à rejeter.

Le dernier bloc du schéma synoptique représente l'étage audio, mais ce dernier comprend un peu plus qu'un simple amplificateur tout ordinaire. On y trouve en effet un circuit de découpage à porte, dont le travail est de prendre la fréquence de la bobine d'exploration et de la diviser pour l'amener à 270 Hz environ. Cette dernière fréquence va servir à découper la tension continue du détecteur de phase, avant que cette tension ne soit envoyée à l'amplificateur de sortie audio, ce qui permet d'obtenir un son lorsque du métal est détecté.

Voici un aperçu général des différents sous-ensembles constituant le détecteur de métaux; nous allons pouvoir nous consacrer à une étude plus approfondie de certains points du circuit.

### Le schéma du circuit

Comme le montre le schéma du circuit de la figure 4, l'oscillateur à boucle à asservissement de phase, se regroupe autour de IC1. Les composants C3, R12, L1 (la bobine d'exploration), C2 et R10 déterminent la fréquence. La valeur de R10 a été prise de manière à commencer par mettre le VCO à une fréquence moyenne. Le signal rectangulaire de sortie du VCO (broche 4), est couplé par l'intermédiaire de R7, à l'amplificateur d'exploration constitué par les transistors T1... T4. Un certain pourcentage du signal sinusoïdal est renvoyé à l'entrée du signal du comparateur de phase (broche 14), au travers de C1 et de R11, endroit où il est comparé au signal se trouvant aux broches 3 et 4. Le produit résultant disponible à la broche 2 sert à ajuster le VCO à sa fréquence de résonance, ce qui nous donne un oscillateur très stable.

Le produit de la sortie du VCO à la broche 14 de IC1 est également envoyé à l'entrée du discriminateur à boucle à asservissement de phase IC2. La configuration de ce circuit intégré fournit une méthode d'ajustement du rapport de la phase fort pratique, puisqu'il suffit de changer la valeur d'une résistance. La valeur de la "résistance" en service est sélectionnée par l'intermédiaire de S1, P4 et P5, et des réseaux de résistances reliés aux broches 11 de ES5 et 8 de ES6. Le niveau présent à la broche 11 de IC2 sélectionne soit l'effet de sol, soit la discrimination grâce aux interrupteurs CMOS ES5 et ES6.

Le signal rectangulaire déphasé disponible aux bornes du discriminateur IC2, sert de signal de commande de porte pour le détecteur de phase composé par IC4 et A2. Le signal recueilli par la bobine d'exploration commence par traverser un adaptateur d'impédance, avant d'être amplifié (à un gain 50), par l'amplificateur opérationnel A1 et d'être transmis au détecteur de phase.

C'est ce signal-là, qui est découpé "en rondelles" et échantillonné par IC4, puis converti à un niveau de tension continue par l'ampli op A2. On peut faire varier

5

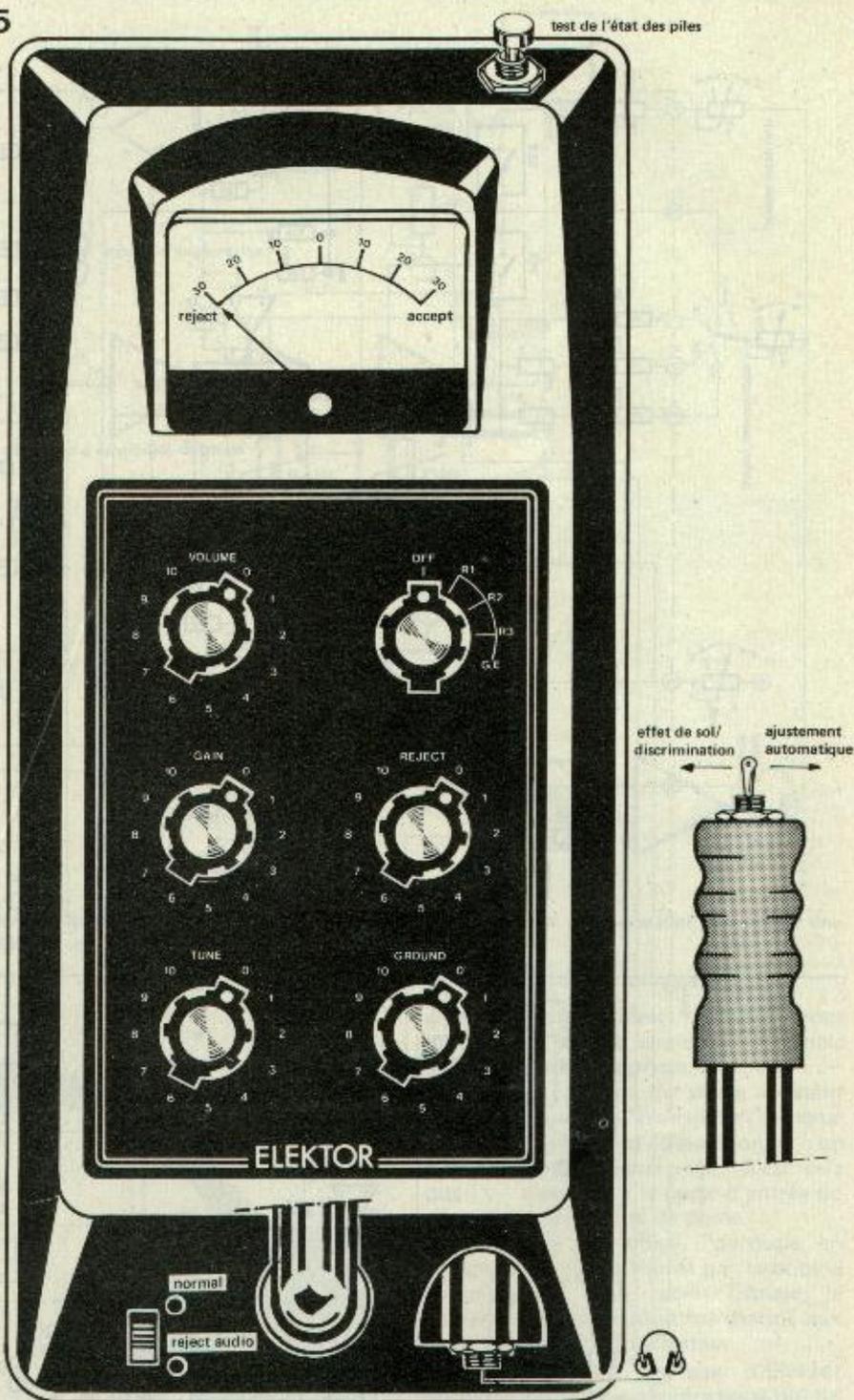


Figure 5. Voici à quoi ressemble la face avant du détecteur, commandes comprises. Pensez à effectuer le câblage des éléments de commande de façon correcte. Lisez éventuellement le mode d'emploi.

le gain de cet étage, par action sur un potentiomètre, (P6).

Le produit de sortie de A2 est un niveau de tension qui varie en fonction de la taille et du contenu de n'importe quel objet en métal se trouvant à proximité de la bobine d'exploration, (que l'on pourrait appeler la "tête chercheuse"). On fournit à ce signal un offset variable par l'intermédiaire du bouton de commande d'ajustage P7, ce qui permet d'amener l'indicateur à zéro.

Effectuer tous les ajustages à la main, dès que l'on change de mode, devient

rapidement lassant, c'est la raison pour laquelle nous avons pensé ajouter un circuit qui se chargerait d'effectuer cela de façon automatique. On obtient cette fonction en mettant en mémoire un niveau de tension dans le condensateur C18. Cette tension est, soit la somme, soit la différence, entre le produit de sortie de A2 et la position de la commande d'ajustage. A4 et A5 forment la base du circuit d'ajustement automatique. Lorsque les deux interrupteurs CMOS S3 et S4 se ferment, le produit de sortie de A4, un amplificateur

opérationnel de gain 4, est envoyé directement dans l'entrée de A5 ce qui fait fonctionner cet amplificateur opérationnel en intégrateur rapide. Ce produit de sortie étant renvoyé à l'entrée non-inverseuse de A2, on retrouve à la sortie de cet ampli op le niveau de tension d'origine. L'ajustement automatique est mis en fonction par action momentanée sur l'inverseur S3 qui se trouve sur le manche. Cette action va mettre en fonction les interrupteurs CMOS ES4 et ES3, ce qui fait augmenter le niveau de tension à la broche 2 de A5, suivant un facteur 4. S3 sert également à changer de mode, lorsqu'il est activé dans le sens opposé, passant de la position effet de sol à celle de discrimination, ou vice-versa. C'est maintenant que l'on se rend compte que S3 est en fait un inverseur à trois positions. Le changement de mode est obtenu par l'intermédiaire des portes N1...N4 qui sont montées en flip-flop, (bien que cela ne saute pas immédiatement à l'œil, lorsque l'on regarde le schéma du circuit) Les sorties supplémentaires du flip-flop commandent les deux interrupteurs CMOS ES5 et ES6.

Il y aura sans aucun doute un certain nombre de nos lecteurs qui vont se dire que cela commence à être un peu longuet! Gardez courage, nous approchons de la Terre Promise, il ne nous reste plus qu'à jeter un coup d'œil à l'indicateur et à la partie audio du circuit. L'interrupteur CMOS ES1 sélectionne l'une des deux fonctions de l'indicateur. Sa position "normale" est fermé, ce qui mettra l'indicateur dans le circuit du détecteur. Le fait d'appuyer sur le bouton de test des piles, va ouvrir ES1 et simultanément, faire passer T5 et T6 en conduction. L'indicateur est alors branché aux piles par l'intermédiaire de R19/D1 et R26/D2.

Il nous reste un dernier morceau: l'étage audio. Il n'est pas très commun, mais va droit au fait. Le signal en provenance de l'oscillateur PLL (IC1), est envoyé à IC3 qui le divise par 32 de manière à produire du 300 Hz. Ce signal est intégré par C7 et R27, de façon à obtenir une impulsion de commande pour l'interrupteur CMOS ES2. Lorsque l'on se trouve en mode normal, il n'y aura production d'un signal audio qu'en cas de déviation de l'aiguille de l'indicateur vers la droite, ce qui voudra dire que l'on est en présence d'une trouvaille attendue. C'est ce qui se passe lorsqu'une tension positive en augmentation apparaît à la sortie de A2 et qu'elle est transmise à l'étage de sortie par l'intermédiaire de R25 et de D4, au travers de l'interrupteur CMOS, via T8.

Il pourrait être possible de se servir d'un signal audio pour signaler les trouvailles délaissées. A première vue, cela ne paraît pas évident, mais après avoir acquis une certaine expérience du détecteur de métaux, on se rendra compte que l'on se trouve en présence d'une fonction supplémentaire fort utile. Lorsque S2 est coupé, le signal en provenance de A3 arrive à l'étage de sortie après avoir

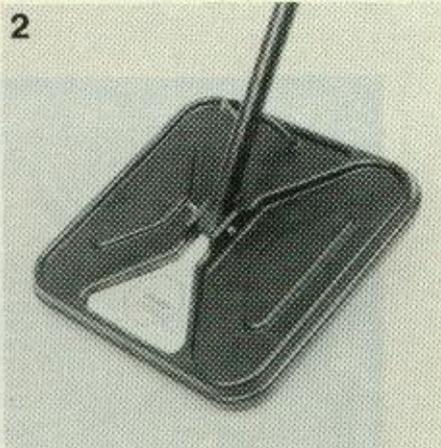


Photo 2. Voici sans doute aucun, la partie la plus importante du détecteur de métaux: la bobine d'exploration.

passé par R55/D5 et à nouveau par ES2. L'amplificateur audio comprend les transistors T8, T10 et T11, sachant que T10 fonctionne en convertisseur de niveau.

### Construction

Nos lecteurs admettrons sans aucun doute que l'aspect du détecteur de métaux d'Elektor a un air professionnel, et que de ce fait, il ne souffre pas des verrues qui décorent très souvent les constructions de ce genre faites par un amateur. La question que se posent nombre de constructeurs potentiels du détecteur de métaux n'est-elle pas celle-ci? Notre détecteur à nous, pourrait-il avoir le même aspect que celui de l'appareil se trouvant sur les photos de cet article? Notre réponse est OUI. Le plus gros problème est celui du bobinage et de la mise au point des enroulements de la tête d'exploration. Certains bons revendeurs spécialisés pourront vous les proposer tout faits.

Il sera possible d'obtenir le boîtier, la tête d'exploration réglée et imperméabilisée, ainsi que, si vous le souhaitez,

l'électronique correspondante. Vous aurez ainsi, en fin de construction, un appareil qui dépassera nombre de systèmes que l'on peut trouver dans le commerce, tant au point de vue aspect, qu'au point de vue performances.

Si l'un de nos lecteurs voulait se lancer dans la construction de la bobine d'exploration, (ce que nous déconseillons), nous tenons à lui dire que cela est possible mais très peu pratique, car c'est justement la mise au point délicate qui fait la différence entre un détecteur excellent et pas de détecteur du tout. Nous allons cependant en donner les caractéristiques: la bobine d'exploration comprend deux enroulements de 10 pouces (25 cm) de diamètre comportant chacun 80 spires de fil de cuivre émaillé de 0,35 mm d'épaisseur; ces enroulements ont été légèrement déformés pour prendre l'aspect d'un "D" au dos un peu rond. Ces deux enroulements se chevauchent sur 2 cm environ. Il faudra trouver la bonne position par expérimentation.

La partie électronique du détecteur de métaux est elle, très facile à construire. Si vous vous servez du circuit imprimé, elle ne présentera pas la moindre difficulté. Il suffira de procéder comme vous le faites d'habitude, pour terminer par les liaisons point à point pour lesquelles la figure 4 vous servira de guide.

Il faudra faire particulièrement attention à la manière de relier les potentiomètres, car le sens de rotation doit être correct par rapport à ce que nous préconisons. Si tel n'était pas le cas, il suffit d'effectuer l'inversion des deux fils connectés à chaque extrémité de la piste du potentiomètre, (les oeillets extérieurs), pour remettre tout en ordre.

Le bouton poussoir S3, (effet de sol/discrimination et ajustage auto), que l'on trouve sur le manche est un inverseur à trois positions momentanées dont la position repos est hors circuit. Il faudra veiller à un câblage correct de façon à ne pas tout mélanger, lors de son utilisation. Le câblage sera correct, lorsque l'ajustage automatique est mis en fonction par une pression à droite.

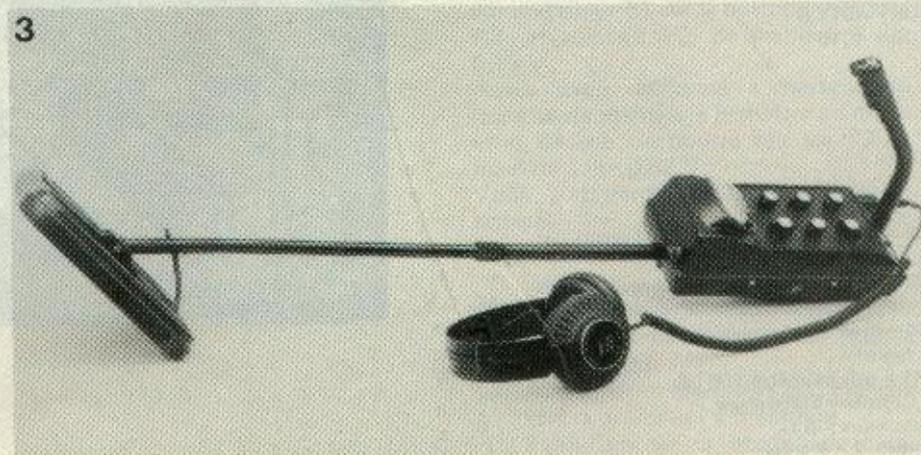


Photo 3. Il est possible d'ajuster à "sa main", la distance entre la bobine et le manche.

## Liste des composants

## Résistances:

R1, R2, R35 = 100  $\Omega$   
 R3, R6 = 8k2  
 R4, R5, R12, R27 = 16 k  
 R7, R11 = 2k7  
 R8, R9, R13 ... R15, R18, R21, R36, R47,  
 R48, R50 ... R52, R67 = 11 k  
 R10, R26, R38, R40 ... R42 = 22 k  
 R16, R17 = 2 k  
 R19, R49 = 27 k  
 R20 = 330 k  
 R22 = 390  $\Omega$   
 R23 = 3k3  
 R24, R37 = 2k2  
 R25, R39, R45, R56, R58 = 100 k  
 R28, R29, R33, R46, R63, R66 = 1 k  
 R30, R59, R61, R65 = 1 M  
 R31, R60 = 6k8  
 R32 = 470  $\Omega$   
 R34 = 5k6  
 R43, R44, R53 ... R55, R57, R69 = 47 k  
 R62 = 10 k  
 R64, R70 = 10 M  
 R68 = 15 k  
 P1 ... P3 = 10 k potentiomètre ajust.  
 P4 ... P7 = 25 k potentiomètre lin.  
 P8 = 1 k potentiomètre lin.

## Condensateurs:

C1, C7, C11, C19 = 10 n MKM  
 C2, C13, C17 = 220 n MKM  
 C3, C5 = 4n7 céramique  
 C4 = 4  $\mu$ 7 10 V  
 C6 = 1  $\mu$  MKM  
 C8, C12 = 220  $\mu$ /10 V  
 C9, C10 = 100  $\mu$ /10 V  
 C14 ... C16, C20 = 100 n MKM  
 C18 = 470 n MKM

## Semiconducteurs:

D1 ... D5 = 1N4148, 1N914  
 D6, D7 = diode zener 5V6 400 mW  
 T1, T3, T5, T9, T11 = 2N4126, BC 560  
 T2, T4, T6, T7, T8, T10, T12 = 2N4124, BC 550  
 IC1, IC2 = 4046  
 IC3 = 4024  
 IC4 = 4007  
 IC5 = LM 324  
 IC6 = LF 351, 3140, ou équivalent  
 IC7 = 4066  
 IC8 = 4011 B  
 IC9 = 4016

## Divers:

L1, L2 = bobine d'exploration,  
 Crestway Electronics  
 S1 = commutateur 3 circuits, 4 positions  
 S2 = commutateur à glissière  
 S3 = inverseur unipolaire à contact fugitif  
 travail, position centrale repos  
 S4 = inverseur unipolaire à contact travail  
 fugitif  
 M1 = galvanomètre 100  $\mu$ A,  
 Crestway Electronics  
 écouteurs = 8  $\Omega$   
 piles = 2 x 9 volts

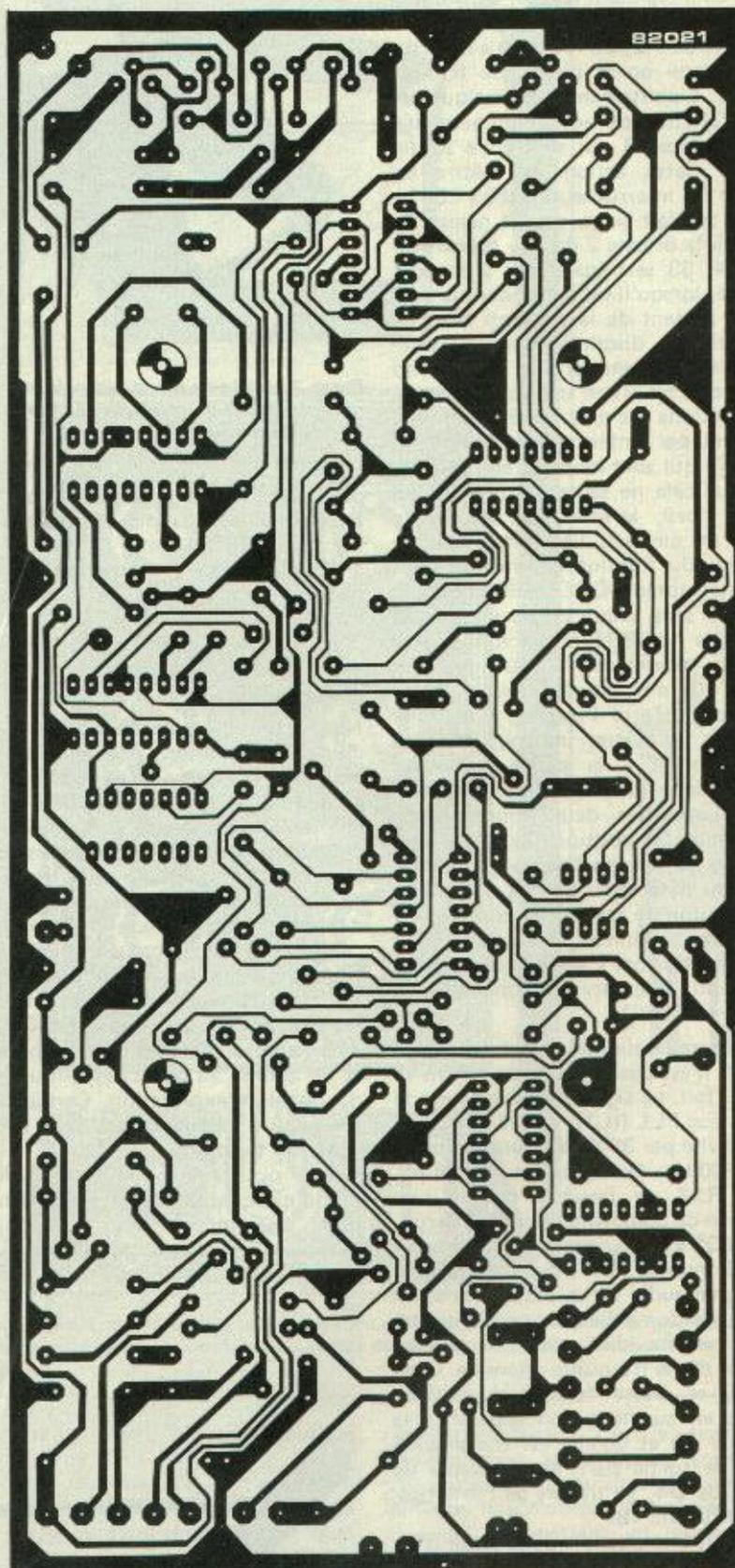
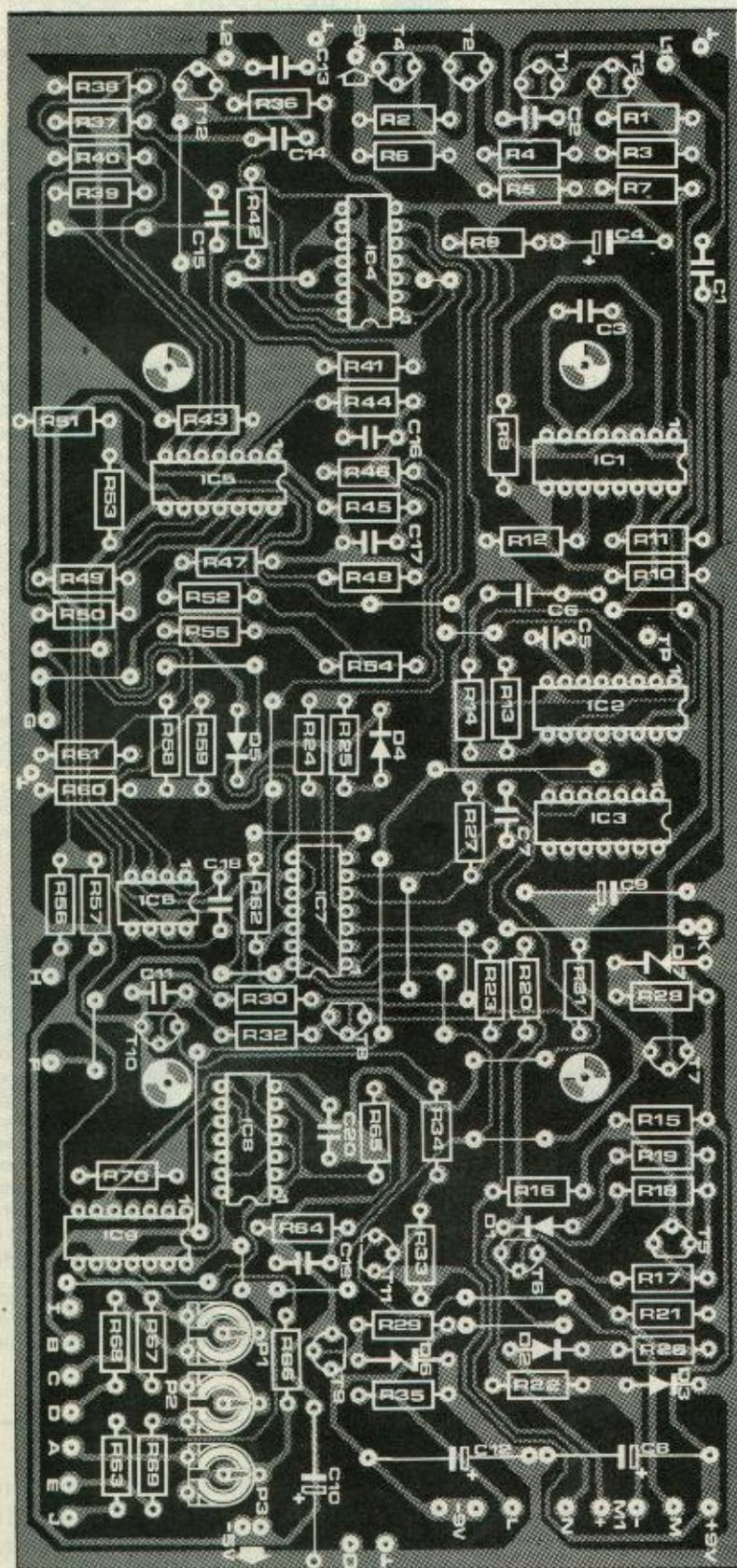


Figure 6. Circuit imprimé et implantation des composants du détecteur de métaux. Les deux points marqués --9 sont reliés extérieurement.



Le contact "effectué" dans cette position, (c'est généralement celui de gauche), doit être relié au point K du circuit imprimé.

Pour ceux qui utilisent des écouteurs stéréophoniques, il va falloir jouer au chirurgien et les transformer en écouteurs mono, en mettant en contact les fils gauche et droit, (pas le fil de masse cependant). L'expérience nous a appris qu'il était extrêmement sage de vérifier l'exactitude de toutes les connexions, avant de mettre les piles en circuit.

Sur le circuit imprimé se trouvent deux points marqués -9, il faudra les relier l'un à l'autre de manière externe.

### Etalonnage

Tout système électronique ne vaut que ce que l'étalonnage en a fait. Nous insistons pour cette raison, sur le fait que le positionnement des trois potentiomètres ajustables (P1, P2 et P3) doit être fait avec un soin extrême. Ce n'est pas une raison de s'inquiéter outre mesure. Il vous suffira d'utiliser un multimètre ayant des gammes de 1 V et de 10 V raisonnablement précises, pour effectuer la calibration.

Pour commencer, on tournera toutes les commandes à fond dans le sens horaire. On met l'appareil en route en passant S1 sur la position R2. La première vérification consiste à brancher le multimètre, (positionné sur la gamme 10 V), aux bornes de C9, en faisant attention à la polarité, pour tester la partie positive de l'alimentation. Vous devriez lire entre 4,7 V et 5,3 V. En faisant une nouvelle fois attention à la polarité, il est possible maintenant de vérifier l'alimentation négative aux bornes de C10; on devrait avoir entre -4,7 V et -5,3 V. C'est parfait. Si l'une de ces tensions est hors-limites, il va falloir jeter un coup d'oeil à l'alimentation et à ses régulateurs, avant de poursuivre.

Si les tensions mesurées sont correctes, on va pouvoir brancher le multimètre entre le point de test (TP, broche 10 de IC2) et le 0 V (masse). Le multimètre se trouvant en gamme 1 V, on va agir sur P1 de manière à lire 0,55 V. Passer le commutateur S1 sur la position marquée R3, et agir sur P2, de manière à lire 0,15 V.

Après avoir actionné l'inverseur du manche de manière à le mettre en mode effet de sol, on pourra agir sur P3 de manière à lire 0,82 V.

Voilà, c'est terminé!!! L'étalonnage est achevé!

### Mode d'emploi

1. Mettre le commutateur S1 sur la position R3.
2. Actionner l'inverseur du manche vers la droite et l'y maintenir.
3. Faire tourner le bouton de commande "TUNE" jusqu'à ce que l'indicateur indique zéro.
4. Mettre la commande de "GAIN"

sur la graduation 8.

5. Relâcher l'inverseur du manche.
6. Mettre la commande du volume en position médiane.
7. Survolez doucement le sol en faisant cela d'un mouvement légèrement balancé de gauche à droite et inversement, tout en marchant lentement. Le balancement ne doit pas dépasser une trentaine de centimètres.
8. Entraînez-vous un certain temps, en essayant de recueillir des informations en provenance de toutes sortes de métaux. Lorsque vous vous sentez à l'aise dans le maniement des procédures de base, passez au niveau suivant. Mettez en route l'appareil en effectuant les manoeuvres 1 à 6 données ci-dessus, et poursuivez par les pas décrits ci-dessous.
9. Actionner l'inverseur du manche vers la gauche et le relâcher.
10. Tourner le bouton de commande de mode "REJECT"ion et vérifiez que ce mode est bien mis en fonction (par un écart de l'aiguille de l'indicateur). Si tel n'est pas le cas, revenez au pas 9) et recommencez.
11. Mettre le commutateur S1 sur la position R2 et amener la commande du discriminateur (REJECT) en position médiane.
12. Actionnez momentanément l'inverseur du manche vers la droite (ajustement automatique) et relâchez-le.
13. Vous en êtes maintenant au point où vous devriez pouvoir rejeter les feuilles d'aluminium et autres détritiques, et "accepter" les pièces, en cupro-nikkel, bronze, laiton, argent, et qui sait, en or.
14. Faire tourner le bouton de la commande "REJECT" vers zéro, va diminuer le taux de rejet, sachant que le taux augmente si on effectue une rotation du bouton vers 10.
15. Continuez à vous exercer, jusqu'à ce que vous ayez l'appareil bien en main et que vous soyez bien familiarisé avec ses réactions, puis passez à l'étape suivante.
16. Les positions de R1, R2 et R3 du commutateur S1 ont les effets suivants:
  - R1 fournit le taux maximal de rejet des métaux.
  - R2 donne un taux de rejet moyen, et est de ce fait la position la plus utilisée.
  - R3 fournit un taux de rejet minimal, ce qui signifie qu'elle permet la détection de la plupart des métaux.
17. **Commande de l'effet de sol.**

Lorsque l'on prospecte certains sols, on peut rencontrer ce que l'on appelle un effet de sol; il est dû à la minéralisation du sol. Vous retrouvez le même effet lors de recherches sur une plage. Ce phénomène se caractérise par une série presque continue de détections apparemment aléatoires. On peut se convaincre que l'on se trouve en effet de sol, si l'on perçoit une chute du niveau audio lorsque l'on écarte la bobine d'exploration du sol. Notons au passage que tous les détecteurs de métaux doivent surmonter, comme ils le peuvent, cet effet de sol. Notre détec-

teur de métaux est capable de surmonter cet effet, si on suit la procédure décrite ci-dessous:

18. Actionner momentanément l'inverseur du manche vers la gauche puis le relâcher.
19. Faire tourner la commande d'effet de sol (GROUND) jusqu'à ce que l'indicateur fasse un écart.
20. Modifier la position de ce bouton de commande de zéro à 10, va augmenter ou diminuer la compensation de l'effet de sol, sachant que vous aurez trouvé le positionnement le meilleur de cette commande, lorsque le fait de soulever exploratrice, ne produit pas de modification du signal audio.
21. **Commande de gain (GAIN).**

La position de cette commande détermine la sensibilité de l'appareil, sa position standard étant aux environs du 10, pour un gain maximal, dans la plupart des cas. Mais si votre terrain de prédilection est une plage et que votre butin doit se composer de pièces de monnaies qui d'habitude se trouvent juste sous la surface, le fait de diminuer le gain, va faire trouver au détecteur les objets se trouvant juste sous la surface du sol, sans être dérangé par des objets se trouvant enfouis nettement plus profondément.

#### 22. Ajustement automatique.

Chaque fois que vous changez de mode, ou que vous modifiez soit le gain, soit la commande de rejet, soit celle d'effet de sol, actionner momentanément l'inverseur vers la droite, va réinitialiser la position d'ajustement au zéro de l'indicateur. Remarque importante: ne pas maintenir cet inverseur en fonction au cours de vos recherches, de métaux, car dans ce cas, l'intégrateur rapide resterait continuellement en fonction.

23. Le commutateur à glissière S2 se trouvant sur l'arrière gauche du boîtier doit se trouver normalement positionné vers l'indicateur. Dans cette position, on obtient un signal audio lorsque l'indicateur bouge vers la droite. Si le commutateur se trouve dans l'autre position, on aura un signal audio chaque fois que l'indicateur bougera, quel que soit le sens du mouvement, mais on aura un changement de tonalité, lorsque du métal sera détecté.

Ce mode de fonctionnement est parfait pour une recherche exploratoire, car il est inutile de regarder l'indicateur sans arrêt.

#### 24. Bouton de test de l'état des piles.

Une pression sur ce bouton-poussoir nous indiquera l'état des piles. Il faudra penser à changer les piles, lorsque l'indication lue au cours de ce test ne dépasse plus le 10 de la partie droite de l'échelle.

Petite remarque au sujet des piles. Le type de pile préconisé est référencé PP6, mais est assez difficile à obtenir. Il est possible d'utiliser une solution de rechange en prenant deux supports de piles pour 6 piles mignon 1,5 V; ils trouveront place dans le boîtier sans le moindre problème. ■

## NOTES POUR LES CHASSEURS DE TRESORS

*Trouver des trésors avec un détecteur de métaux exige énormément de chance et d'expérience. Dame Fortune souriant à qui plaît, nous ne pourrions agir que sur la seconde composante du succès, en conseillant un entraînement conséquent. Il vous faudra une certaine période d'adaptation avant d'avoir le détecteur de métaux réellement en "mains". Vous découvrirez ensuite les astuces qui vous permettront de faire la différence entre un métal ferreux ou non-ferreux, grâce aux seules indications du détecteur.*

*Un mouvement rapide de l'aiguille indique de l'acier. Nous ne savons pas pourquoi, mais le bronze a tendance à produire un son légèrement "gargouillé" dans les écouteurs. Les petites pièces ou anneaux, se trouvant tout près de la surface, vont fournir un signal très net produisant une coupure franche tout/rien. A noter: également, que pour les objets de taille plus grande, le son sera présent sur une superficie plus large.*

*D'après des informations de source sûre, la détection d'or produit une impulsion double avec effet d'écho.*

*Si l'on veut parvenir à des résultats, il ne faut ni marcher trop vite, ni balancer trop violemment la tête chercheuse, qu'il faudra maintenir à 1,5 cm ou 2 du sol environ. Un peu d'entraînement facilitera tout ceci. Penser à nettoyer la tête (l'extérieur bien sûr) lorsque l'on range son appareil.*

*Pensez avant tout à respecter la propriété d'autrui, et à demander la permission d'explorer un bout de terrain; elle est rarement refusée. Le détecteur de métaux dont nous avons parlé, est parfaitement étanche, il est de ce fait possible de s'en servir dans une rivière, ce qui s'avère souvent extrêmement fructueux.*

*Il nous a été dit que se laisser pousser la barbe et se lever à des heures indues ne font qu'augmenter les chances de succès, mais nous ne possédons pas de documents étayant cette thèse. Le vrai chasseur de trésor, tel que vous le voyez sur la couverture du magazine, se reconnaît à son expression figée, à ses marmottements continus. Si vous rencontrez quelqu'un qui ne peut lâcher sa pelle, ou qui dort les écouteurs sur les oreilles, vous pouvez en être certain, c'est un chasseur de trésors!*

*Avertissement: la chasse au trésor peut être rentable, frustrante ou nocive pour votre vie sociale, mais elle ne sera jamais ennuyeuse.*

## détecteur de métaux

Elektor n° 41, novembre 1981,  
page 11-64 et suivantes

Plusieurs petits points ont été modifiés sur le détecteur de métaux pour obtenir un fonctionnement plus sûr et un réglage encore plus simple.

1. La bobine de détection doit être alimentée en +5 et -5 volts, (et non pas en +9 et -9 volts). Pour ce faire, effectuer les modifications suivantes sur le circuit imprimé: couper la piste reliant les résistances R1 - R3 à R28 aux environs de IC3, et faire la liaison entre le morceau de piste R1 - R3 et la broche 16 de IC2. Voilà pour le +5 V. Connecter l'îlot recevant R2 et R6 à la piste qui va à la broche 7 de IC4, voilà pour le -5 V. Il est évident qu'il n'est plus question de mettre ces points au +9 et -9 V.
2. Le sens de rotation du discriminateur P5 est inversé en figure 4. Le "0" se trouve près du -5 V. Il est impossible de régler le montage, si cela n'est pas modifié.
3. Si toutes les gammes fonctionnent correctement, à l'exception de la gamme R1, il faut inverser l'une des bobines.
4. Remplacer IC8 par un 4093, et R64 par un pont de fil de câblage. Une petite pression sur S3 fera basculer les flip-flop N3, N4.
5. Faire passer la valeur des résistances R59 et R61 à 2M2, permet de ralentir quelque peu la vitesse d'intégration.
6. Modifier la valeur de R12 et prendre une 27 k. L'amplitude du signal sur la bobine d'émission est de l'ordre de 8 V crête à crête environ.
7. Remplacer éventuellement IC6 par un CA 3140.