

# Détecteur de métal pour murs et cloisons



*Dans les habitations actuelles, les techniques de construction des cloisons et contre cloisons utilisent un mélange de rails métalliques verticaux et horizontaux sur lesquels sont vissées des plaques de plâtre pris en sandwich entre deux feuilles cartonnées plus connues sous le nom de BA13 (13 étant l'épaisseur en mm desdites plaques). La nature et le poids des objets (cadre, étagère ou autre) que l'on souhaite fixer sur ces cloisons requièrent un mode d'ancrage adapté.*

Il est donc intéressant de savoir si l'endroit choisi pour un perçage se trouve ou non en face d'un rail métallique. Le module que nous vous proposons de réaliser permet de détecter aussi bien les rails de fixations que les vis masquées par de l'enduit et, dans une certaine mesure, les lignes électriques, pour peu qu'elles soient assez proches de la surface à percer.

## Principe de fonctionnement

Le principe retenu pour ce détecteur repose sur l'absorption d'énergie qui résulte de l'introduction d'un morceau de métal dans le champ magnétique rayonné par un bobinage (appelé émetteur) soumis à une tension sinusoïdale. Ce phénomène produit une variation de la tension présente aux bornes d'un second bobinage (capteur) placé à proximité de l'émetteur (figure 1). Il suffit d'exploiter cette variation de tension pour bénéficier d'un détecteur de métal simple mais efficace.

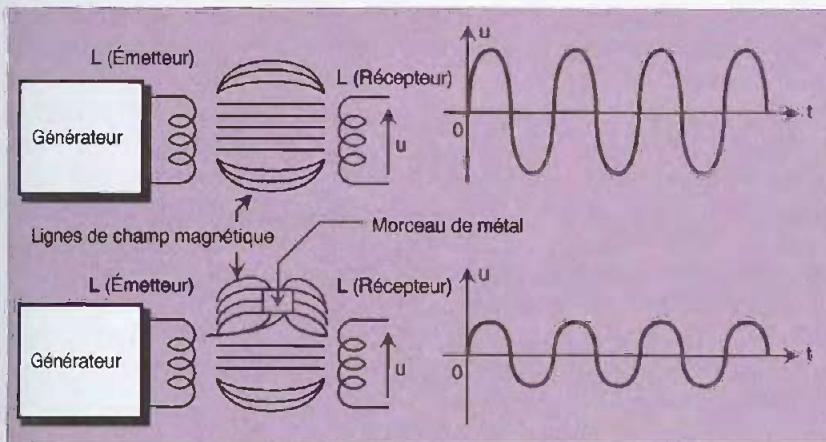
## Schéma structurel

Sur le schéma de la figure 2, le bobinage émetteur précédemment évoqué porte la référence L1, alors que le capteur est L2. La tension sinusoïdale qui alimente L1 est issue de l'oscillateur Colpitts bâti autour de T1.

L'inductance L1 associée aux condensateurs C3 et C4 fixe la fréquence de travail de cet oscillateur à environ 20 kHz. C'est en réglant l'ajustable AJ1 que l'on permet ou non l'entrée en oscillation de cet étage. Les signaux recueillis aux bornes du bobinage capteur L2 sont amplifiés par le transistor T2 qui fonctionne en émetteur commun afin de bénéficier d'une forte amplification. Le condensateur C6, en série avec L2, empêche celle-ci de court-circuiter la résistance R4 qui définit avec R3 le point de repos de T2. L'impédance de sortie de cet étage amplificateur étant assez élevée, il n'est pas possible de lui connecter directement un détecteur de crête sans que cela n'occasionne une forte réduction de son amplification. C'est pour cette raison que nous avons

intercalé l'étage suiveur réalisé avec l'amplificateur opérationnel U1. Le détecteur de crête que nous venons d'évoquer est constitué des éléments D1, D2, R7, P1 et C8. La tension quasi continue présente aux bornes de C8 est égale à l'amplitude du signal capté par L1 (amplifiée par T2). Cette tension dont la valeur est modifiée par l'introduction d'un morceau de métal dans l'environnement commun à L1 et L2 dépend aussi de l'amplitude rayonnée par L1 donc de la tension d'alimentation de l'oscillateur et de la température ambiante. Ces derniers paramètres variant lentement, nous ne pouvons détecter les variations d'amplitude du signal recueilli par L1 avec un comparateur dont le seuil de comparaison aurait été fixé une fois pour toute. C'est pour cette raison que nous avons utilisé le circuit « moyeneur » constitué de R8 et C9 afin de créer un seuil de comparaison dépendant des conditions ambiantes de fonctionnement.

Le comparateur (U2) utilisé est un LM311 dont on stabilise les basculements erratiques grâce au condensateur C10 placé en parallèle sur les entrées. La sortie du comparateur s'effectue sur l'émetteur du transistor de sortie (patte 1 de U2). Au repos, la tension sur cette sortie est formée d'impulsions (de même fréquence que celle de l'oscillateur) d'amplitude dépendant du réglage de P1, donc en fait de la constante de temps du détecteur de crête. En augmentant P1, on rapproche les niveaux de tensions appliquées aux 2 entrées du comparateur ce qui a pour conséquence d'augmenter la sensibilité du détecteur. En cas de détection de métal, l'amplitude des impulsions présentes sur la patte 12 de U3 (point test PT2) passe brusquement de quelques centaines de



## 1 La présence de métal dans le champ des deux bobines modifie l'amplitude de la tension captée par le récepteur

millivolts (pour  $P1 = 0$ ) à un niveau voisin de la tension d'alimentation ce qui déclenche le monostable réalisé avec les portes C et D du quadruple NOR à 2 entrées (U3). La durée de l'état instable T est égale à  $0,69 \cdot R10 \cdot C11$  soit environ 0,9 seconde.

Pendant cette durée, le niveau bas présent sur la sortie de U3D autorise le fonctionnement de l'astable réalisé avec les portes U3 A et B. Cet astable active le buzzer avertissant de la présence d'un morceau de métal dans le champ du capteur. La fréquence des

signaux qu'il délivre ( $f=1/(2.2 R12.C12)$ ) doit être adaptée au buzzer.

La grande sensibilité de ce détecteur impose un découplage de l'alimentation du circuit intégré U3 vis à vis du reste du montage. Ce rôle est assuré par les filtres passe-bas R13, C1 d'une part et R14, C13 d'autre part. L'alimentation du module est confiée à une pile 9 V de type 6F22 (un peu plus grosse qu'un morceau de sucre) ce qui permet d'envisager l'insertion du module accompagné de sa pile dans un coffret de taille réduite.

## Réalisation pratique

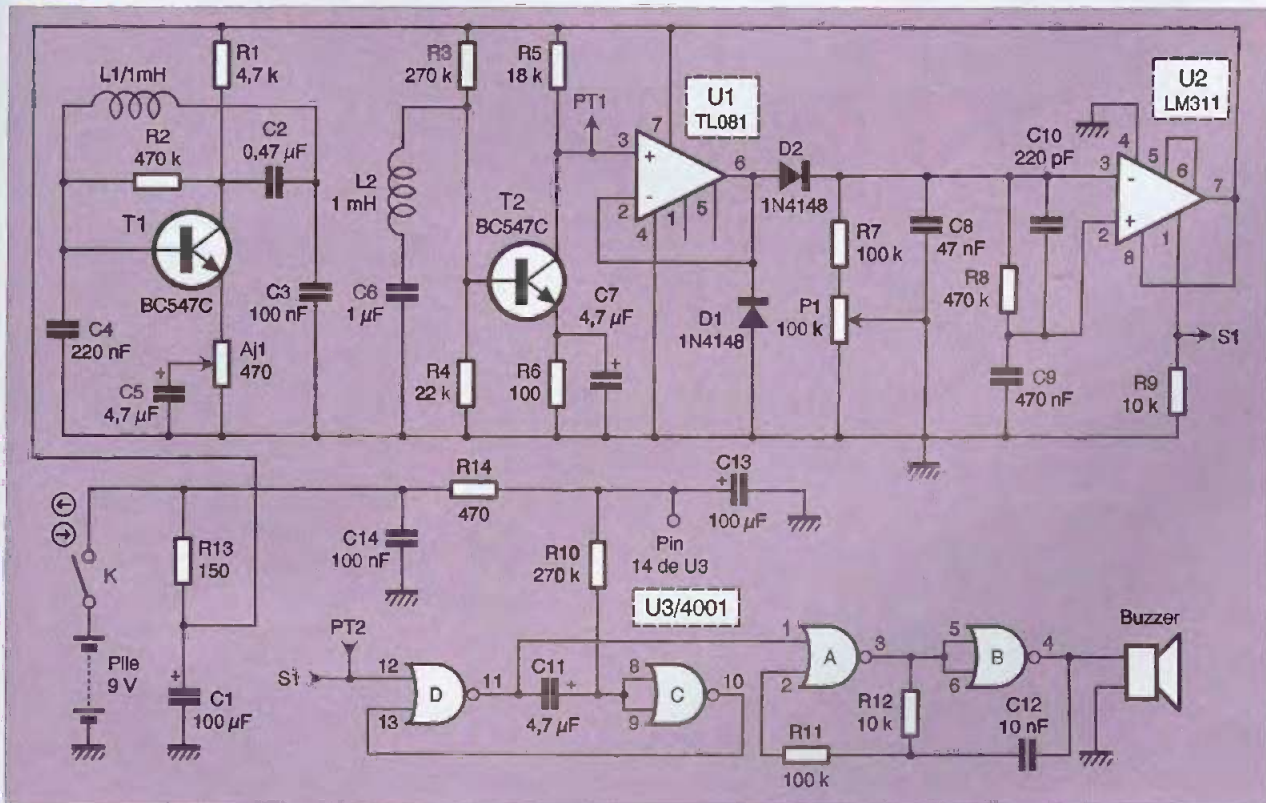
Le dessin du circuit imprimé et l'implantation des composants sont représentés respectivement figures 3 et 4. Le câblage ne présente aucune difficulté particulière. Il suffit, comme pour tout montage électronique, de faire attention à l'orientation des composants actifs et des condensateurs polarisés. La panne du fer à souder devra être suffisamment fine pour éviter de créer des courts-circuits entre pistes ou soudures voisines.

Les deux inductances radiales L1 et L2 seront soudées verticalement en laissant subsister 5 ou 6 mm de fil pour que l'on puisse coucher celles-ci comme le montre les photos du prototype. L'interrupteur K et le potentiomètre seront placés eux aussi du côté composants. Nous conseillons vivement l'utilisation de supports pour les circuits intégrés. Cette solution peu coûteuse évite au débutant des déboires si les « mille pattes » que sont les circuits intégrés sont malmenés au point de dépasser pendant leur soudage.

## Mise au point

Cette étape se résume en fait au réglage de AJ1 et ne doit débiter qu'après un contrôle

## 2 Schéma de principe retenu



minutieux du câblage en s'appuyant sur le schéma d'implantation de la **figure 4**. Côté cuivre, il est recommandé d'utiliser une loupe pour contrôler d'éventuels ponts de soudure reliant deux pistes voisines ainsi que l'existence de soudures sèches ou oubliées.

Après avoir réglé P1 au minimum et alimenté le montage avec une pile 9 V, on pourra s'assurer du bon fonctionnement de l'oscillateur et de l'amplificateur du capteur en disposant un oscilloscope entre le point test PT1 et la masse. L'ajustable AJ1 étant positionné à mi-course, nous avons pu y observer un signal sinusoïdal de valeur moyenne 4,5 V, de fréquence légèrement supérieure à 20 kHz et d'amplitude voisine de 1 V. En jouant sur AJ1, on cherchera un mode de fonctionnement similaire. À défaut d'oscilloscope, on peut utiliser un fréquencemètre pour contrôler l'existence d'un signal périodique de fréquence voisine de 20 kHz prouvant que l'oscillateur fonctionne. On pourra aussi contrôler avec un voltmètre continu que le potentiel continu de PT1 est proche de 4,5 V mais on n'aura

aucun autre renseignement, en particulier concernant l'amplitude et la forme du signal amplifié, sans oscilloscope.

Si vous constatez un fonctionnement ayant les caractéristiques décrites ci-dessus, il y a fort à parier que le buzzer se sera déjà manifesté à plusieurs reprises, même avec P1 au minimum, puisque le simple fait de passer une lame de tournevis devant l'une ou l'autre des bobines suffit à créer une absorption d'énergie. En laissant P1 réglé au minimum, on dispose déjà d'un appareil assez sensible. On peut encore augmenter cette sensibilité en tournant P1 dans le sens horaire. Il faudra cependant éviter de dépasser le point d'accrochage (auto oscillation du montage) que l'on reconnaît à la succession permanente de BIPs qui en découlent.

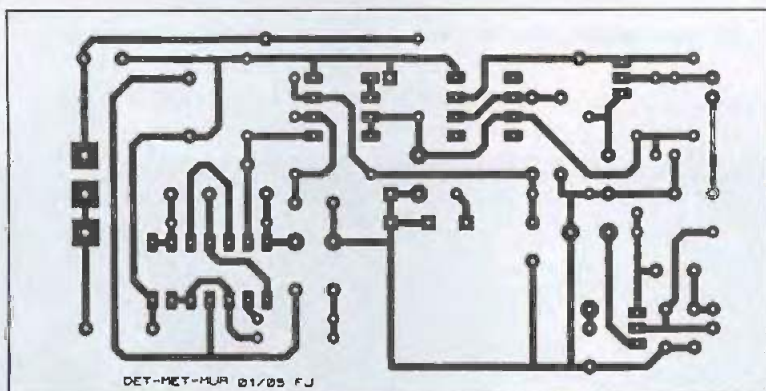
L'utilisation du détecteur consiste à le déplacer au niveau de la surface des cloisons ou des murs, dans la zone où l'on a décidé de placer une fixation. Les deux bobinages seront maintenus aussi près que possible (5 à 10 mm) de la surface à l'étude. Attention, le

détecteur restera sans réaction si vous le maintenez sans le déplacer puisqu'il ne réagit qu'aux variations de champ magnétique. Si le détecteur émet un bip au niveau du point d'ancrage envisagé, vous devrez tenir compte de son indication pour adapter la technique de perçage et le mode de fixation (choix des chevilles de fixation différent suivant la nature du matériau) et faire très attention à ne pas endommager un câble d'alimentation qui peut aussi être à l'origine de la détection. Pour éviter tout désagrément, il peut être judicieux de déplacer le point d'ancrage prévu si cela est possible.

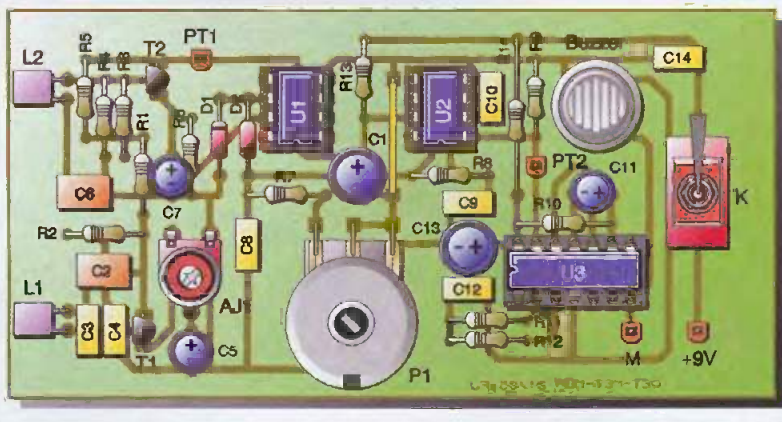
Dans tous les cas, il est recommandé de faire preuve de la plus extrême prudence avant de percer un mur car tout détecteur, quel qu'il soit, n'est pas infaillible et on n'est jamais certain de ne pas rencontrer, à quelques centimètres de profondeur, une canalisation électrique que la sensibilité du détecteur n'aurait pas permis de déceler.

F. JONGBLOËT

### 3 Tracé du circuit imprimé



### 4 Implantation des éléments



## Nomenclature

Résistances 1/4 W 5% :

- R1 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- R2, R8 : 470 k $\Omega$  (jaune, violet, jaune)
- R3, R10 : 270 k $\Omega$  (rouge, violet, jaune)
- R4 : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)
- R5 : 18 k $\Omega$  (marron, gris, orange)
- R6 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)
- R7, R11 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- R9, R12 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)

AJ1 : 470  $\Omega$  ajustable horizontal

P1 : 100 k $\Omega$  potentiomètre

C1, C13 : 100  $\mu$ F/16 V chimique radial

C2, C9 : 470 nF/63 V milfeuillet

C3, C14 : 100 nF/63 V milfeuillet

C4 : 220 nF/63 V milfeuillet

C5, C7, C11 : 4,7  $\mu$ F/25 V tantale goutte

C6 : 1  $\mu$ F/63 V milfeuillet

C8 : 47 nF/63 V milfeuillet

C10 : 220 pF céramique

C12 : 10 nF/63 V milfeuillet

L1, L2 : 1 mH inductances radiales

T1, T2 : BC547C transistor NPN

D1, D2 : 1N4148 diode de signal

U1 : TL081 Amplificateur opérationnel

U2 : LM311 comparateur

U3 : MC14001 BCP quadruple NOR à 2 entrées

K : inverseur unipolaire 2 positions à souder  
Buzzer : modèle piezo sans électronique à souder sur CI (D = 15 mm)

PT1, PT2 : picots à souder

2 supports DIL 8 pattes

1 support DIL 14 pattes

1 coupleur pour piles 9 V