

Un traceur de courbe

pour transistors, FET, thyristors, etc.

deuxième partie

la réalisation pratique

L'appareil de mesure présenté ici permet de visualiser à l'écran de tout oscilloscope les courbes caractéristiques des transistors NPN ou PNP, des FET et même des thyristors et triacs. La première partie vous en a proposé l'analyse théorique approfondie, cette deuxième vous dit comment le réaliser et une autre vous expliquera de manière très détaillée comment l'utiliser correctement.



Passons en effet tout de suite à la réalisation pratique de la platine principale et de la platine de commutation, que nous installerons ensuite dans un boîtier plastique, puis nous réglerons ce traceur de courbe et commencerons à apprendre à nous en servir avec les transistors et les FET.

La réalisation pratique des deux platines

Pour réaliser ce traceur de courbe, il vous faut deux circuits imprimés. Le principal, le plus grand est un double face à trous métallisés: la figure 19b 1 et 2 vous donne les dessins des deux faces à l'échelle 1. Le circuit imprimé des commutateurs, plus petit, est un simple face: la figure 20b vous en donne le dessin à l'échelle 1. Quand vous les avez fabriqués ou que vous vous les êtes procurés, commencez par monter le principal.

La platine principale

Si vous suivez avec attention les figures 18 et 19a, vous ne devriez pas rencontrer de problème insoluble, bien qu'il y ait pas mal de composants à monter: procédez par ordre, afin de ne rien oublier, de ne pas intervertir les composants se ressemblant, de ne pas inverser la polarité des composants polarisés et de ne faire en soudant ni court-circuit entre pistes et pastilles ni soudure froide collée. Si vous faites ainsi, le traceur de courbe fonctionnera dès la mise sous tension.

Prenez le grand circuit imprimé double face à trous métallisés, montez tous les composants comme le montre la figure 19a. Placez d'abord les 8 supports des circuits intégrés et vérifiez que vous n'avez oublié de souder aucune broche.

Enfoncez ensuite, sur les bords bas et droit du circuit imprimé, tous les picots de connexion avec l'extérieur et soudez-les.

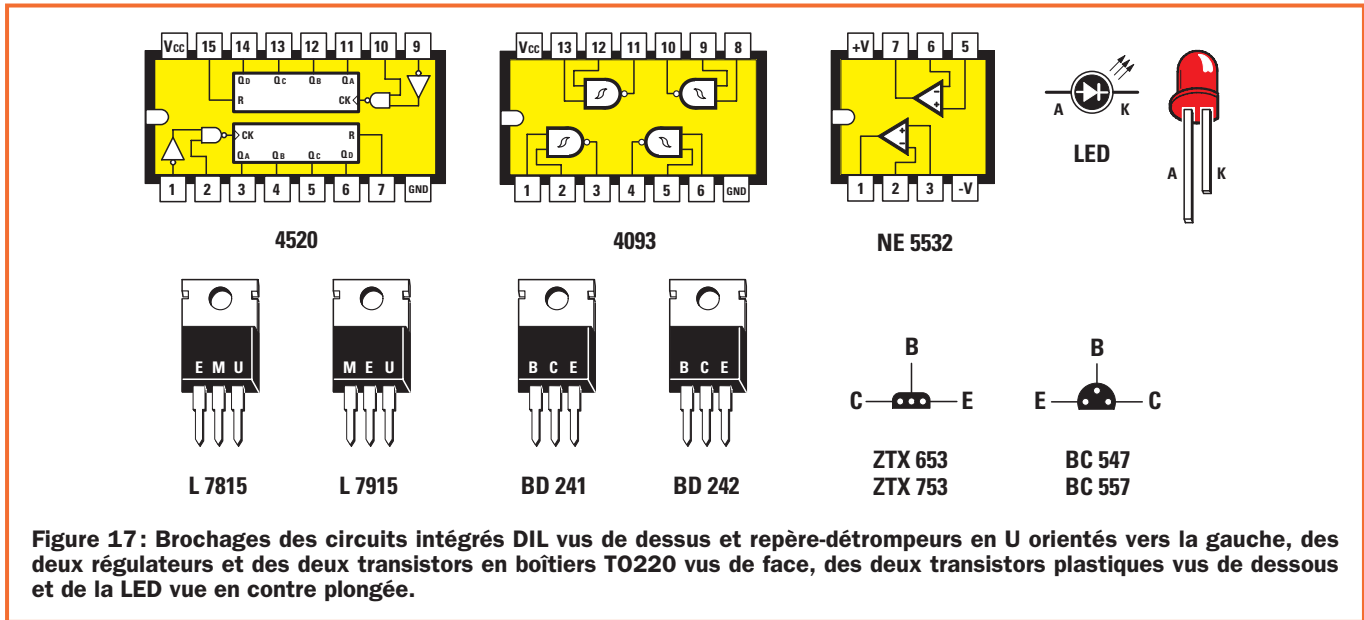


Figure 17: Brochages des circuits intégrés DIL vus de dessus et repère-détrompeurs en U orientés vers la gauche, des deux régulateurs et des deux transistors en boîtiers TO220 vus de face, des deux transistors plastiques vus de dessous et de la LED vue en contre plongée.

Montez toutes les résistances en contrôlant soigneusement leurs valeurs (classez-les d'abord) et les 2 trimmers : attention, R2 à R7, à gauche de IC2, sont des résistances de précision à 5 anneaux de couleurs. R2, R3, R4 et R7, 20 kilohms, sont rouge-noir-noir-rouge-marron (tolérance 1 %). R5 et R6, 10 kilohms sont marron-noir-noir-rouge-marron (tolérance 1 %). Ne les lisez pas à l'envers !

Montez ensuite les 8 diodes au silicium sans confondre les deux types, bagues blanches (DS1 à DS6) ou noires (DS7 et DS8) repère-détrompeurs tournées dans la direction indiquée par la figure 19a. Montez ensuite tous les condensateurs céramiques et polyesters, en appuyant bien leurs boîtiers à la surface du circuit imprimé, puis les électrolytiques en respectant bien la polarité +/- de ces derniers (la patte la plus longue est le + et le - est inscrit sur le côté du boîtier cylindrique).

Montez le pont redresseur en respectant la polarité +/- de ses pattes (le + est en bas quand vous tenez le circuit imprimé comme le montre la figure 18 ou 19a). Montez les 4 transistors en boîtier plastique (TR1 et TR2 ne sont pas des demies lunes mais ils ont tout de même une partie plate) méplats repère-détrompeurs tournés dans le sens montré par les figures 18 et 19a.

Montez TR5 et TR6 (sans les intervertir), en boîtier à semelle TO220, pattes repliées à 90° et couchés dans leur dissipateur en U, fixés par un petit boulon 3MA (n'oubliez pas de les souder). Montez les 2 circuits intégrés régulateurs de tension qui leur ressemblent, en boîtiers TO220 à semelle

les (sans les intervertir), mais debout contre leurs gros dissipateurs en U à ailettes : solidarisez-les avec leur dissipateur à l'aide d'un boulon 3MA, enfoncez les 3 pattes dans les 3 trous bien à fond, afin que la base du dissipateur s'appuie bien contre la surface du circuit imprimé, maintenez-le dans cette position pendant que vous

soudez les pattes, en commençant par celle du milieu et coupez les longueurs excédentaires.

Continuez en montant les 2 relais puis, à l'aide de 4 boulons, le gros transformateur d'alimentation secteur 230 V. Montez enfin ses 2 borniers à deux pôles : celui du fond pour le cor-

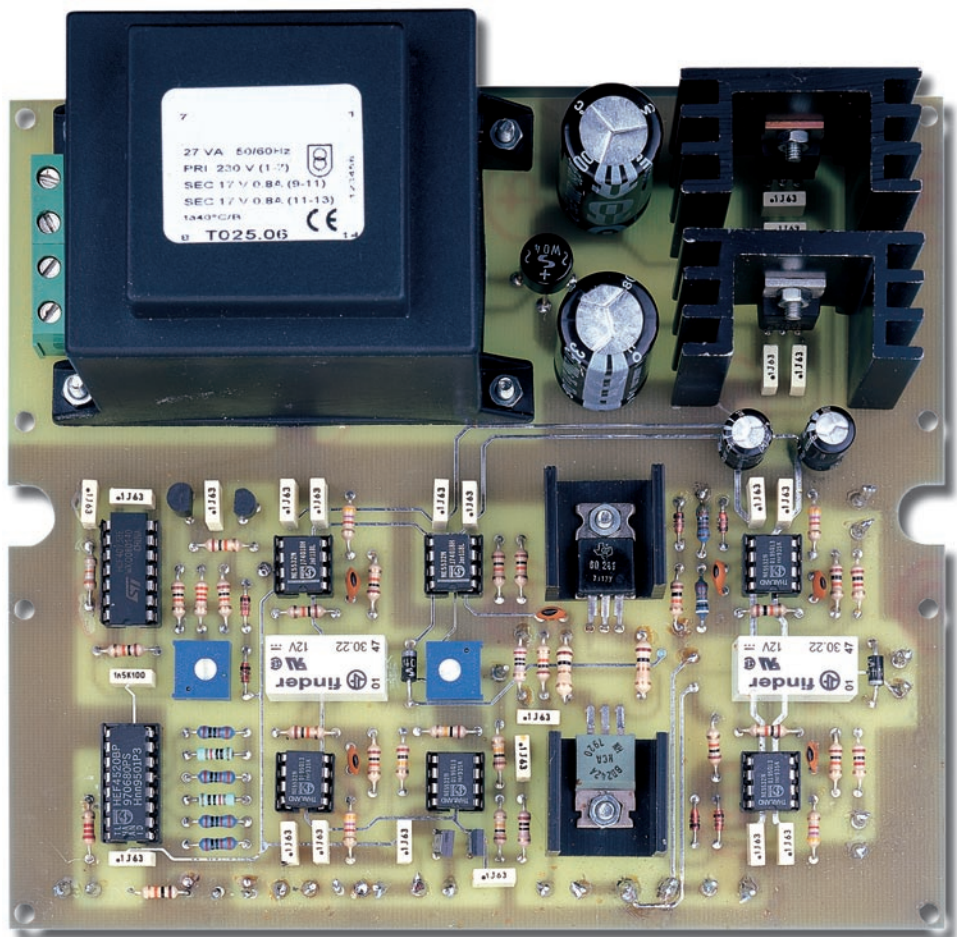
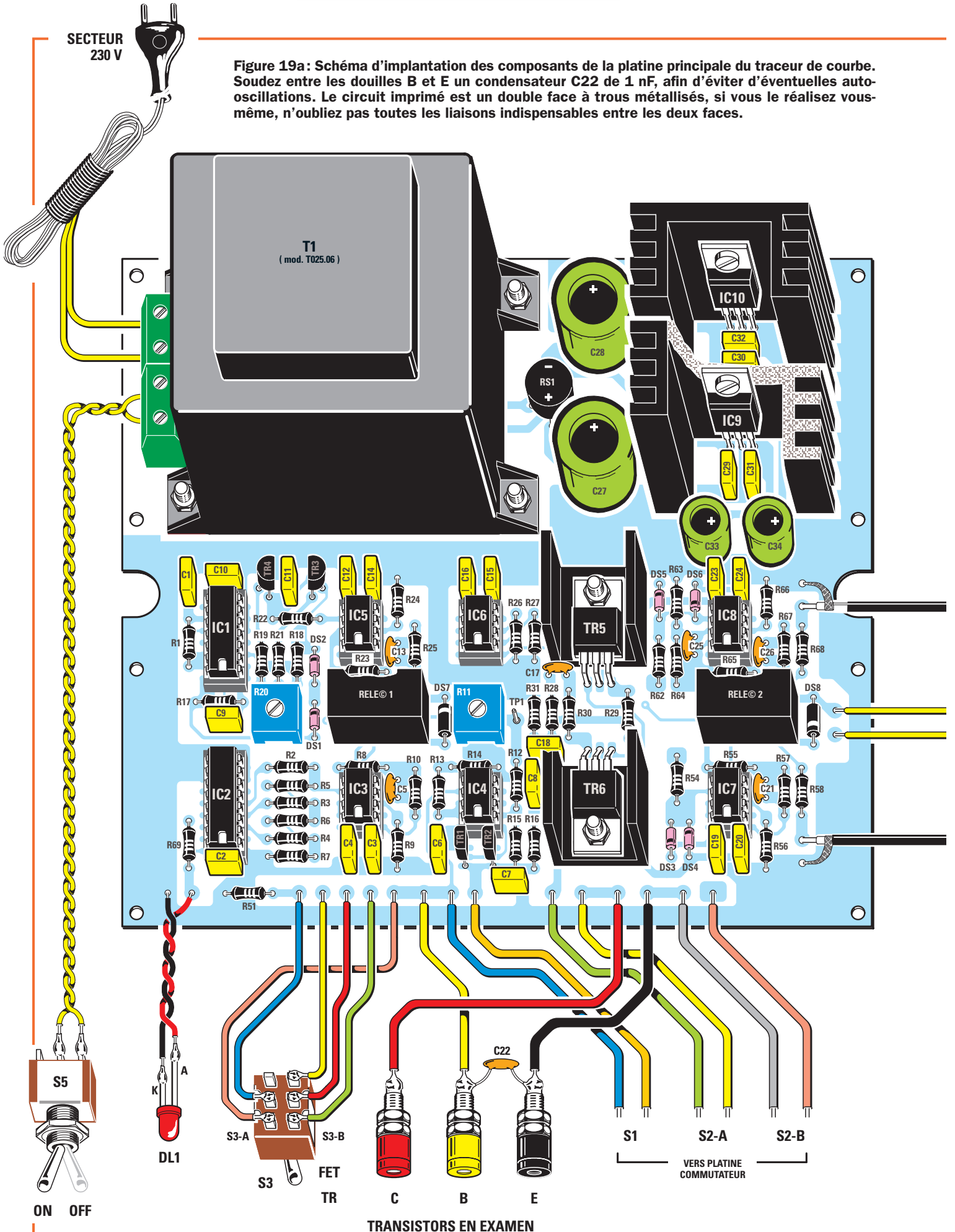


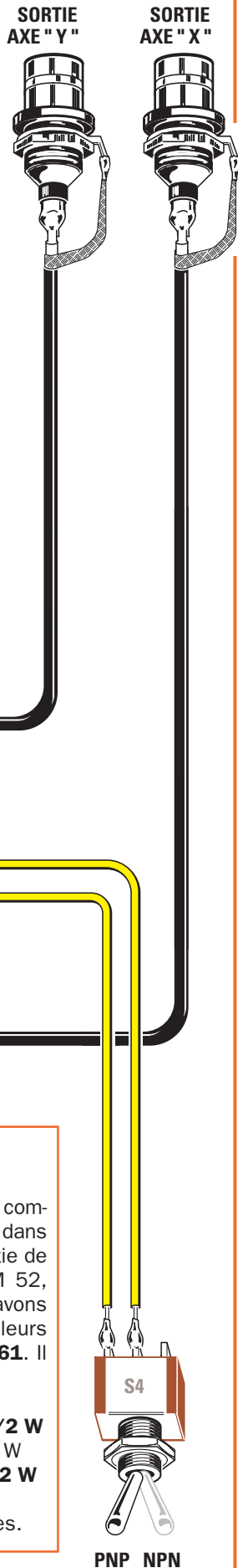
Figure 18: Photo d'un des prototypes de la platine principale du traceur de courbe. Régulateurs et transistors de puissance sont montés sur radiateurs.

SECTEUR
230 V

Figure 19a: Schéma d'implantation des composants de la platine principale du traceur de courbe. Soudez entre les douilles B et E un condensateur C22 de 1 nF, afin d'éviter d'éventuelles auto-oscillations. Le circuit imprimé est un double face à trous métallisés, si vous le réalisez vous-même, n'oubliez pas toutes les liaisons indispensables entre les deux faces.



TRANSISTORS EN EXAMEN



Erratum

Dans la liste des composants publiée dans la première partie de cet article (ELM 52, page 12) nous avons interverti les valeurs de **R59** et de **R61**. Il faut donc lire :

- R59 ... 0,1 Ω 1/2 W**
- R60 .. 1 Ω 1/2 W**
- R61 ... 10 Ω 1/2 W**

Avec nos excuses.

don secteur 230V et l'autre pour l'interrupteur M/A.

Vous avez fait l'essentiel, courage! Les autres composants sont extérieurs à la platine, vous les monterez lors de l'installation dans le boîtier, mais si vous voulez, vous pouvez préparer les câbles de liaison à ces éléments: fils gainés plastiques lisses ou torsadés (LED et interrupteur) ou câbles coaxiaux (vers les BNC des sorties oscilloscope). Voir figure 19a.

Insérez maintenant (à moins que, puristes, vous ne préfériez attendre la fin de l'installation dans le boîtier et que la toute dernière soudure soit refroidie!) les circuits intégrés dans leurs supports, repère-détrompeurs en U orientés dans les sens montrés par la figure 19a.

Il vous reste à monter la seconde platine: celle des commutateurs

La platine des commutateurs

Elle sera vite montée et si vous suivez bien les figures 20a et 21, vous ne vous tromperez pas. Prenez le petit circuit imprimé simple face et montez les quelques composants, comme le montre la figure 20a. Montez tout d'abord les picots d'interconnexions au bord inférieur.

Montez les résistances "normales" (1/4 de W) R32 à R50, puis les 3 1/2 W R59 à R61. Montez les 2 résistances de puissance R52 (4,7 ohms, 5W) et R53 (10 ohms, 5W) en les maintenant à distance du circuit imprimé avec une pièce de 10 cents (que vous récupérez ensuite!): sans cela vous risqueriez de brûler la surface de la plaque d'époxy.

Montez enfin les 2 commutateurs rotatifs (ils ne sont pas identiques, voir liste des composants). Au préalable, avec une scie à métaux, raccourcissez les axes des commutateurs afin de pouvoir ultérieurement placer les boutons correctement (à 2-3 mm de la face avant).

C'est terminé, préparez, si vous voulez, les fils d'interconnexions avec la platine principale et vérifiez bien vos soldures. Il ne vous reste plus qu'à procéder à l'installation des deux platines dans le boîtier plastique.

Le montage dans le boîtier

Comme le montre la figure 34, les deux platines prennent place, la grande

sur le fond horizontal du boîtier plastique, où elle est fixée à l'aide de 8 vis autotaraudeuses et la petite derrière la face avant, où elle est maintenue par les deux axes-rondelles-écrous des 2 commutateurs.

Cette même figure 34, ainsi que les figures 19a et 20a, vous permettent de réaliser les connexions extérieures et les interconnexions entre les platines sans vous tromper, en utilisant des fils de couleurs différentes.

Sur le panneau arrière, pratiquez trois trous pour les deux BNC Sorties vers oscilloscope (à relier ensuite à la platine principale par des câbles coaxiaux) et l'entrée du cordon secteur 230 V à travers le passe-fils (à relier ensuite au bornier de l'alimentation): voir figures 34 et 19a.

En face avant, montez l'interrupteur M/A et la LED (à relier ensuite aux deux torsades que vous avez préparées, ne les confondez pas, la jaune est pour le secteur 230 V et l'autre, polarisée, pour la LED). Montez l'inverseur S3 FET/TR et les 3 prises bananes (collecteur/base/émetteur), sans oublier la rondelle d'isolation de ces dernières (figure 46 en bas). Montez l'interrupteur S4 PNP/NPN. Les 2 axes des commutateurs, c'est déjà fait puisque vous avez monté la petite platine derrière la face avant: figures 46 et 19a.

Entre les deux platines, soudez les 6 fils (3 x 2) de couleurs S1, S2-A et S2-B, comme le montrent les figures 19a, 20a et 34.

C'est terminé, vérifiez que vous n'avez commis aucune erreur de câblage et passez aux réglages.

Les réglages

Avant d'utiliser l'appareil pour le test des transistors, FET et autres semiconducteurs, vous devez régler les trimmers R11 et R20.

Le réglage de R11

Ce trimmer sert à faire varier l'amplitude de la rampe en escalier de façon à obtenir sur TP1 un signal de 1 V d'amplitude, ce qui correspond à 7 carreaux, comme le montre la figure 22. Avant d'effectuer ce réglage, mettez l'interrupteur S5 M/A sur ON (LD1 s'allume), placez l'inverseur S3 FET/TR en position TR et l'interrupteur S4 PNP/NPN sur PNP, comme le montre la figure 23.

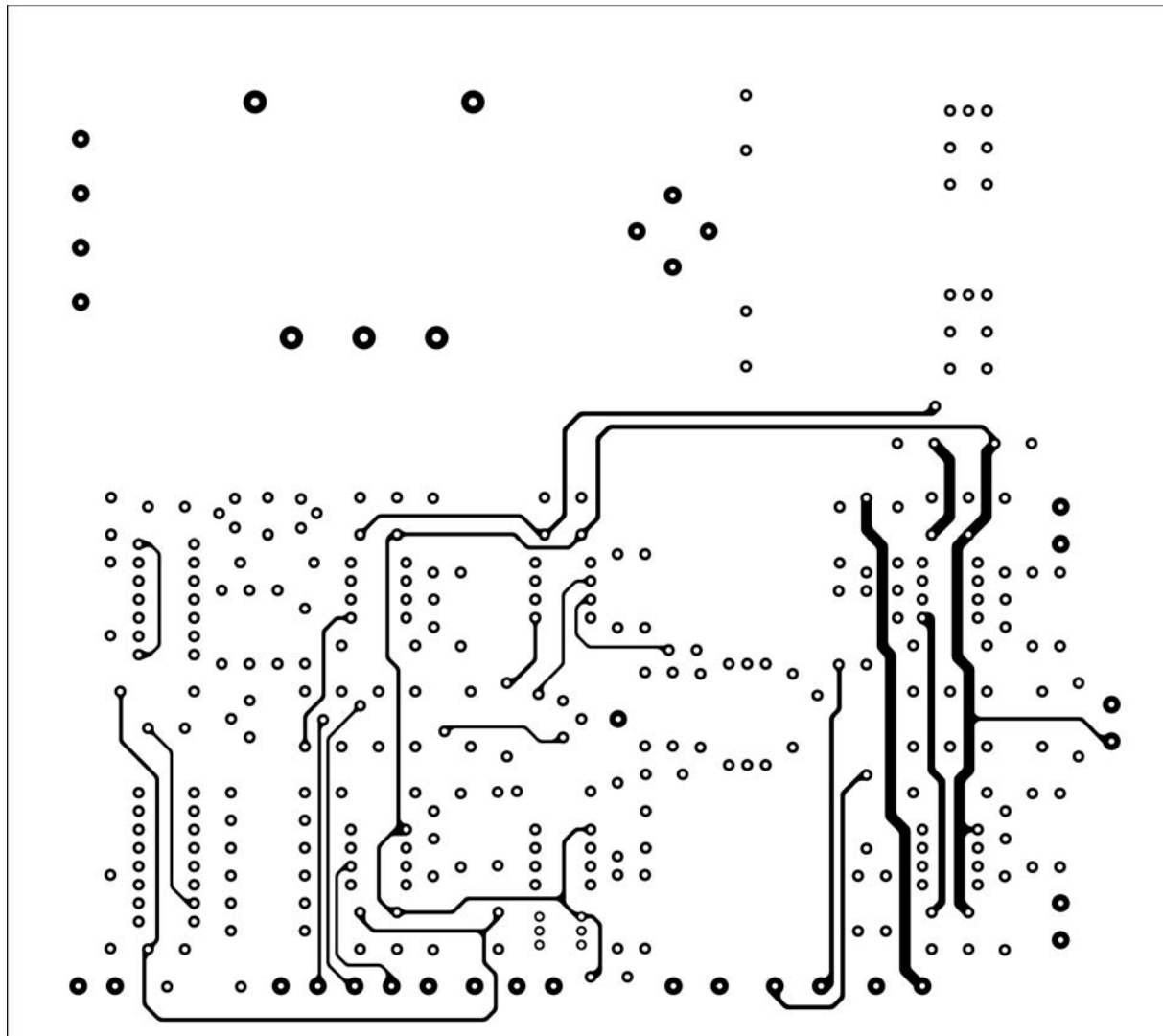


Figure 19b-1: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés, côté composants.

Sur l'oscilloscope :

- Mettez le sélecteur d'entrée du CH1 (canal 1), sur lequel on lit AC-GND-DC, en position GND (figure 24).
- Mettez le commutateur VOLTS/DIV. de CH1 sur la portée 1 V/div., comme le montre la figure 24, puis contrôlez que le petit bouton CAL (calibration variable) est bien en position de calibration, en vous référant au manuel de l'oscilloscope. Sinon vous risquez, lors du réglage, une erreur de mesure.

Note : certains oscilloscopes avertissent l'utilisateur (par l'allumage d'une LED située à côté du bouton CAL) qu'il n'est pas en position de calibration.

- Mettez maintenant le commutateur TIME/DIV. sur la valeur 5 ms (figure 25). La figure 25 représente un commutateur standard. Votre propre oscilloscope peut avoir un commu-

tateur totalement différent, mais TIME/DIV. est toujours indiqué. Pour ce commutateur TIME/DIV., même remarque que pour le bouton CAL à propos des VOLTS/DIV. Faites bien attention que ce bouton soit bien en position de calibration, sinon vous pourriez ne pas visualiser correctement la forme d'onde à l'écran.

- Ensuite, cherchez sur la face avant de l'oscilloscope la commande "TRIGGER MODE" : ce peut être un inverseur à levier ou 3 poussoirs alignés "AUTO-NORMAL-SINGLE" (figure 26). Sélectionnez AUTO.

Après avoir ainsi préparé votre oscilloscope et votre traceur de courbe, vous pouvez régler R11 en reliant la sonde à TP1 (à droite du trimmer). Il va sans dire que le petit inverseur situé sur la sonde (figure 27) doit être sur la portée x1, que la sonde est à relier à l'entrée CH1-Input X de l'oscilloscope et que la masse est à connecter à n'im-

porte quel point de masse du traceur de courbe.

- Le sélecteur d'entrée étant en position GND, tournez le bouton de déplacement vertical du tracé (figure 28) afin qu'il coïncide avec la dernière ligne du bas de l'écran.
- Mettez maintenant le sélecteur sur DC (tension continue) et la rampe à 7 marches d'escalier apparaît à l'écran, comme le montre la figure 29.

Note : en fait, si l'on compte aussi le niveau de départ, en bas, vous en trouverez huit.

- Tournez le curseur de R11 jusqu'à ce que l'amplitude et, par conséquent, la distance entre le premier et le dernier trait, soit égale à 7 carreaux, comme le montre la figure 22. Comme le sélecteur VOLTS/DIV. de CH1 est sur 1 V par carreau, comme le montre la figure 24, on comprend

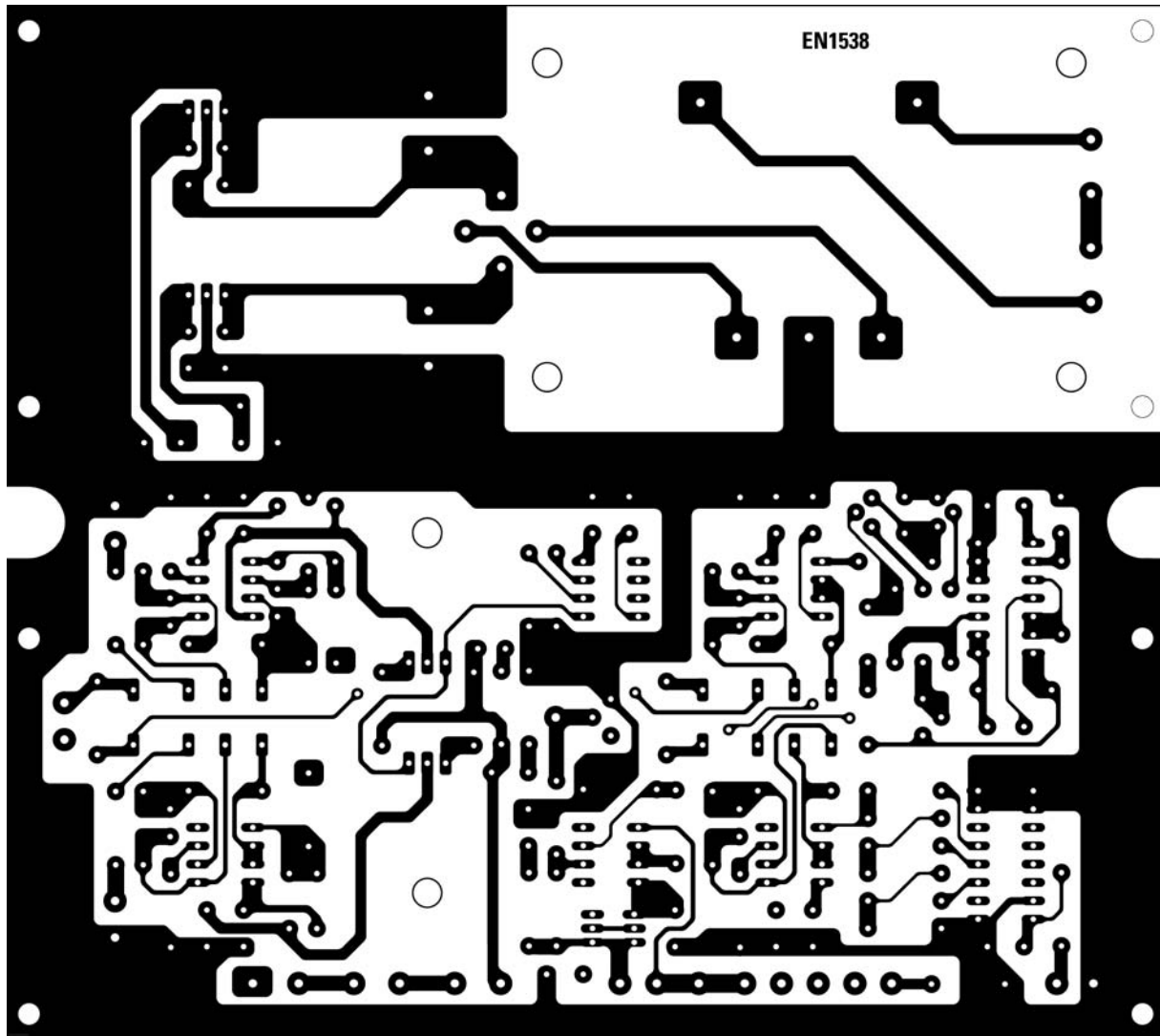


Figure 19b-2: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés, côté soudures.

bien que l'amplitude de la rampe est calibrée à 7 V. Quand le réglage de la rampe en escalier est fait, vous avez calibré correctement la valeur des courants qui arriveront sur la base du transistor testé.

Le réglage de R20

Ce trimmer sert à faire varier l'amplitude de la rampe en dents de scie, de façon à obtenir en sortie un signal de 10 V d'amplitude, ce qui correspond à 5 carreaux, comme le montre la figure 30.

- Avant d'effectuer ce réglage, vous devez mettre l'interrupteur S4 sur NPN, comme le montre la figure 30. S3 reste en position TR. Passez maintenant au réglage de l'oscilloscope.
- Mettez le sélecteur d'entrée, CH1 (AC-GND-DC) en position GND, comme le montre la figure 31.
- Mettez le commutateur VOLTS/DIV. de CH1 sur la portée 2 V/div., comme le montre la figure 31 et contrôlez

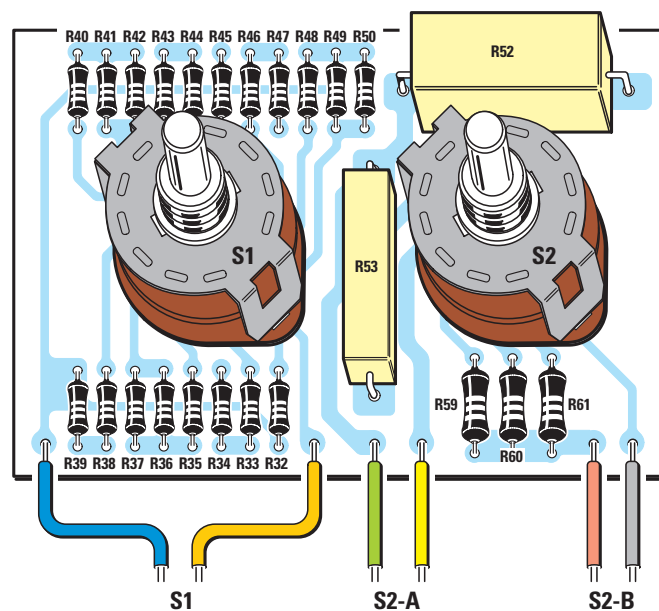


Figure 20a: Schéma d'implantation des composants de la platine des commutateurs. Montez les 2 commutateurs et toutes les résistances précédées, dans la liste des composants (première partie de l'article), d'un astérisque. Les fils S1 - S2/A - S2/B, provenant du circuit imprimé principal, doivent être reliés aux points correspondants du petit circuit imprimé.

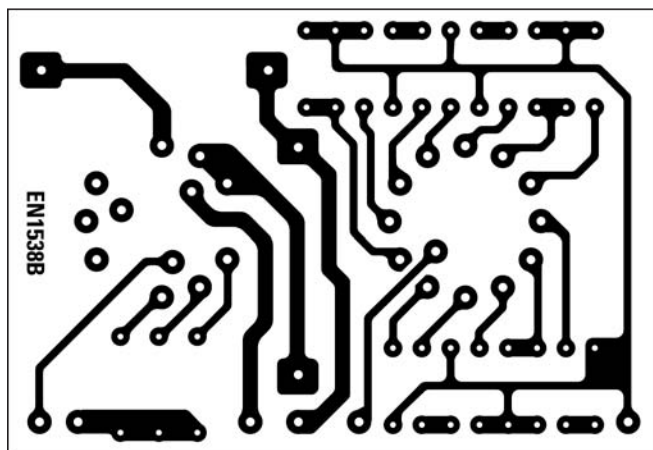


Figure 20b: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de la platine des commutateurs.

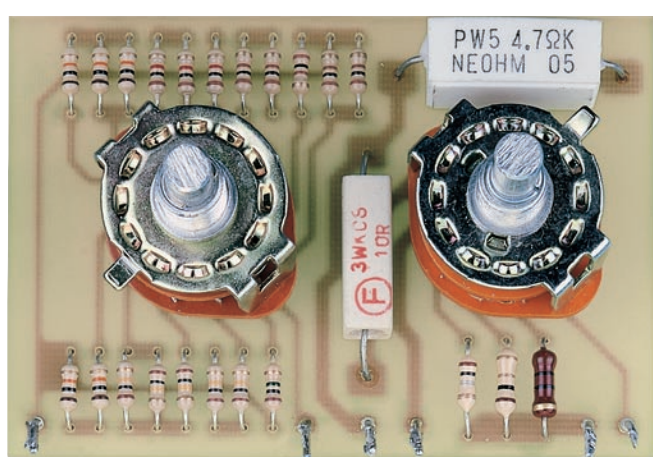


Figure 21: Photo d'un des prototypes de la platine des commutateurs. Les axes des commutateurs doivent être raccourcis avec une scie à métaux afin de pouvoir monter correctement les boutons (écartés de 2-3 mm de la face avant). Les deux résistances de puissance doivent être maintenues à 2 ou 3 mm du circuit imprimé afin de ne pas le brûler.

- là aussi le petit bouton CAL (même remarque que pour R11).
- Mettez maintenant le commutateur TIME/DIV. sur la valeur 1 ms (figure 32).
- Passez en "TRIGGER MODE", qui peut être un inverseur ou 3 poussoirs, comme le montre la figure 26 et sélectionnez AUTO.

Après avoir ainsi préparé votre oscilloscope et votre traceur de courbe, vous pouvez régler R20 en reliant la sonde à TP1 (à droite du trimmer). Le petit inverseur situé sur la sonde (figure 27) doit être sur la portée x1, la sonde est à relier à l'entrée CH1-Input X de l'oscilloscope et la masse est à connecter à n'importe quel point de masse du traceur de courbe.

- Le sélecteur d'entrée étant en position GND, tournez le bouton de déplacement vertical du tracé (figure 28) afin qu'il coïncide avec la dernière ligne du bas de l'écran.
- Mettez maintenant le sélecteur sur DC (tension continue) et apparaît à l'écran la rampe en dents de scie complète, comme le montre la figure 30.
- Tournez le curseur de R20 jusqu'à ce que l'amplitude soit égale à 5 carreaux. Comme le sélecteur VOLTS/DIV. de CH1 est sur 2 V par carreau, comme le montre la figure 31, on comprend bien que 5 carreaux verticaux correspon-

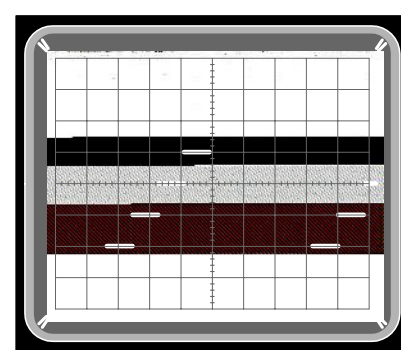


Figure 22: Le curseur de R21 est à régler de manière à obtenir à l'écran 7 marches distantes d'un carreau exactement.

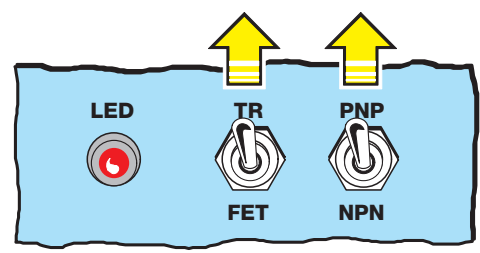


Figure 23: Pendant le réglage, l'inverseur TR/FET est mis sur TR, alors que l'autre inverseur PNP/NPN l'est sur PNP.

dent à une amplitude de $5 \times 3 = 10$ V. Quand le réglage de la rampe en dents de scie est fait, votre traceur de courbe est prêt à fonctionner.

Comment préparer l'oscilloscope ?

- Tout d'abord, positionnez les sélecteurs d'entrées XY marqués AC-GND-DC en position DC, soit en continu, comme le montre la figure 33.
- Ensuite, mettez le bouton du commutateur VOLTS/DIV. du canal X (CH1) sur la position 1 V/div., comme le montre la figure 33. Ne bougez plus de cette position, car elle sert à visualiser à l'écran dans le sens horizontal les V appliqués

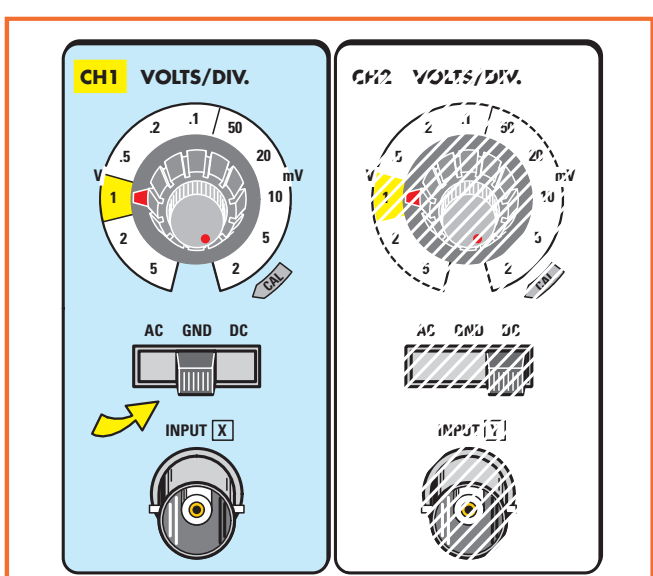


Figure 24: Après avoir mis le sélecteur d'entrée sur GND, placez le commutateur V/div. du CH1 sur la portée 1 V.

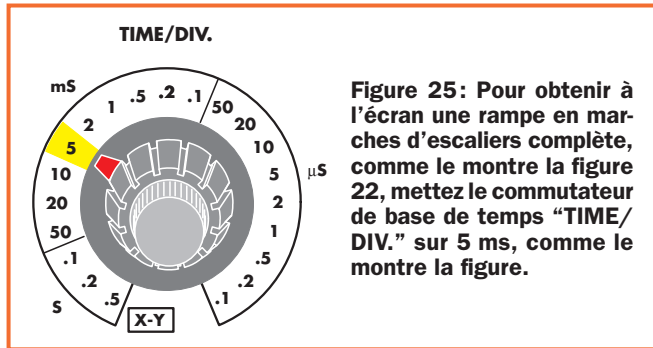


Figure 25: Pour obtenir à l'écran une rampe en marches d'escaliers complète, comme le montre la figure 22, mettez le commutateur de base de temps "TIME/DIV." sur 5 ms, comme le montre la figure.

au collecteur du transistor en examen et correspond à 1 V par carreau.

- Troisièmement, mettez le bouton du commutateur VOLTS/DIV. du canal Y (CH2) en position 0,1 V/div., comme le montre la figure 33: sur la face avant de l'oscilloscope vous ne trouverez jamais 0,1 mais toujours .1 (Amérique oblige!). Le commutateur V/div. du canal Y sert à visualiser correctement dans le sens vertical, comme le montrent les figures 36 à 38, le courant traversant le collecteur du transistor essayé. Dans la position 0,1 V/div., la valeur à attribuer à chaque carreau de l'axe Y correspond exactement à la valeur paramétrée sur le commutateur du courant de collecteur en face avant du traceur de courbe, comme le montre la figure 37. Et donc les trois positions du commutateur de courant de collecteur servent à obtenir les valeurs:
 - 1 mA/div. = dans cette position, chaque carreau vertical, comme le montre la figure 37, correspond à un courant de 1 mA.
 - 10 mA/div. = dans cette position, chaque carreau vertical correspond à un courant de 10 mA.

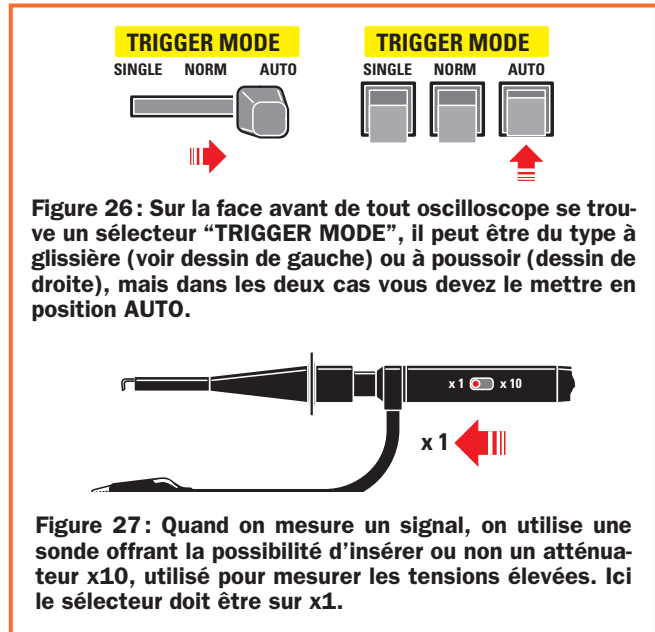


Figure 26: Sur la face avant de tout oscilloscope se trouve un sélecteur "TRIGGER MODE", il peut être du type à glissière (voir dessin de gauche) ou à poussoir (dessin de droite), mais dans les deux cas vous devez le mettre en position AUTO.

Figure 27: Quand on mesure un signal, on utilise une sonde offrant la possibilité d'insérer ou non un atténuateur x10, utilisé pour mesurer les tensions élevées. Ici le sélecteur doit être sur x1.

- 100 mA/div. = dans cette position chaque carreau vertical correspond à un courant de 100 mA.
- Enfin, vous devez régler l'oscilloscope sur la fonction XY et, comme tous les oscilloscopes ne sont pas identiques, sur certains vous devez presser un poussoir et sur d'autres tourner un bouton de "TIME/DIV." jusqu'à positionner l'index sur XY, comme le montre la figure 35.

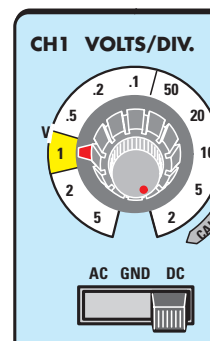
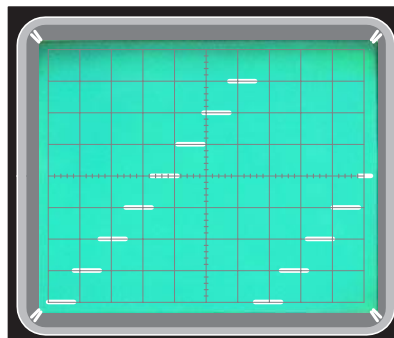
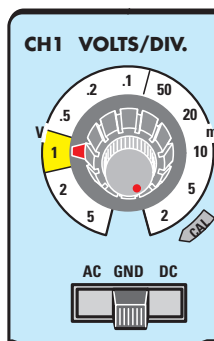
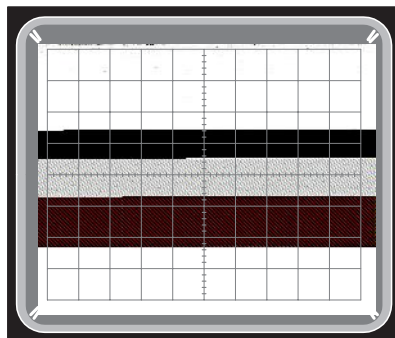


Figure 28: Sélecteur d'entrée toujours sur GND, tournez le petit bouton permettant le déplacement du tracé à l'écran dans le sens vertical, comme le montre la figure 13, jusqu'à amener ce tracé sur la première ligne du bas.

Figure 29: Sélecteur sur DC cette fois, apparaît à l'écran la rampe à 7 marches. Si vous comptez la marche de départ, cela fait 8 traits.

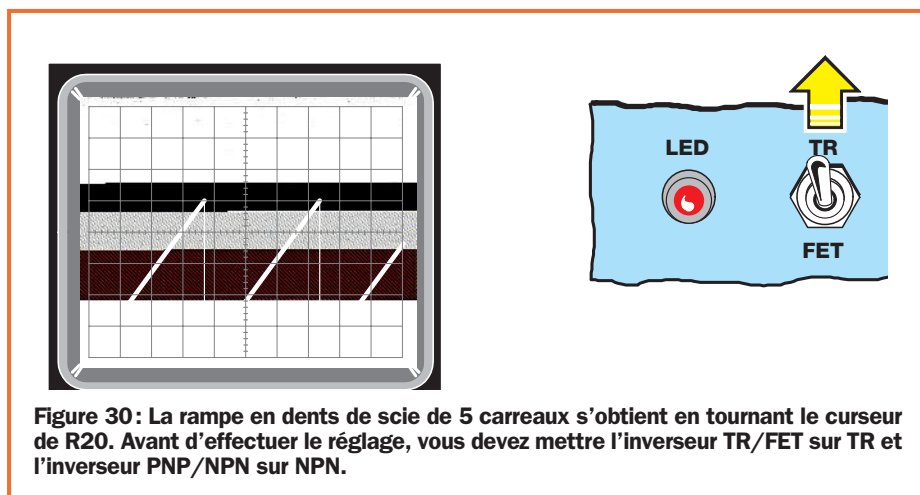


Figure 30: La rampe en dents de scie de 5 carreaux s'obtient en tournant le curseur de R20. Avant d'effectuer le réglage, vous devez mettre l'inverseur TR/FET sur TR et l'inverseur PNP/NPN sur NPN.

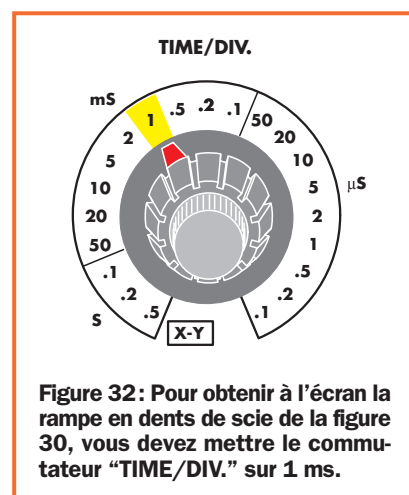


Figure 32: Pour obtenir à l'écran la rampe en dents de scie de la figure 30, vous devez mettre le commutateur "TIME/DIV." sur 1 ms.

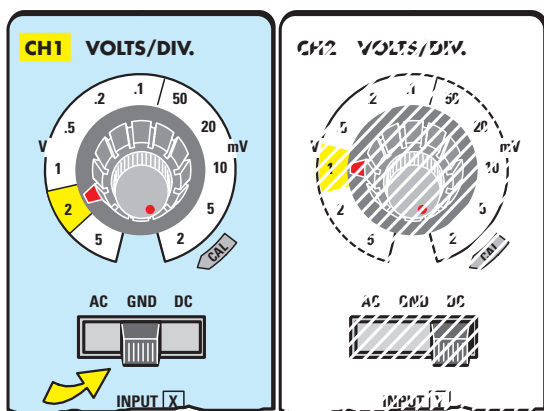


Figure 31: Pour régler R20, mettez le commutateur V/div. du canal CH1 sur 2 V et le sélecteur d'entrée en position GND.

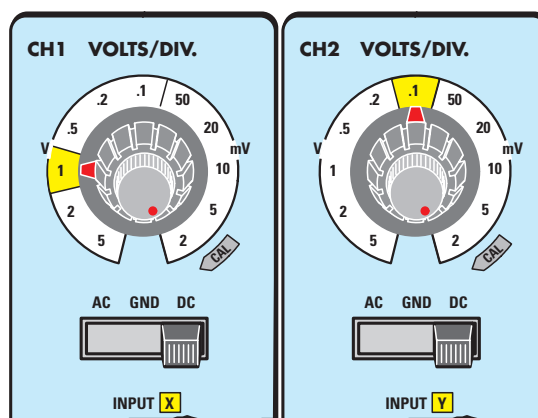


Figure 33: Pour préparer l'oscilloscope aux mesures, vous devez mettre le bouton V/div. du CH1 sur 1 V et celui du CH2 sur 0,1 V. Les sélecteurs d'entrée doivent être tous deux sur DC.

Note: si vous avez correctement préparé l'oscilloscope sur XY, vous verrez à l'écran un petit point lumineux, si le traceur de courbe n'est pas connecté, bien sûr.

La variation du courant de collecteur sur l'axe Y

Le paragraphe précédent vous a expliqué qu'en mettant le commutateur V/div. du canal Y sur 0,1 V on peut attribuer à chaque carreau vertical une valeur bien définie de courant, en correspondance avec les 3 positions du bouton

du traceur de courbe, comme le montre la figure 37. Etant donné que pendant la mesure il peut s'avérer nécessaire de faire varier la sensibilité de l'oscilloscope, afin de mieux visualiser à l'écran les courbes d'un semiconducteur, pour y parvenir vous pouvez agir sur le commutateur V/div. du canal Y. Si vous mettez le commutateur V/div. sur la portée 50 mV, comme le montre la figure 36, les valeurs indiquées par le bouton mA/div. donneront lieu aux échelles suivantes sur l'axe Y :

- sur la portée 1 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de 0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5-4,0 mA,

Figure 34 : L'installation des deux platines dans le boîtier plastique. Sur cette photo d'un des prototypes on voit bien la fixation de la platine principale sur le fond à l'aide de 8 vis autotaraudeuses et celle de la platine des commutateurs par les axes-rondelles-écrous des deux commutateurs (figures 20a et 21), ainsi que les interconnexions entre les platines et vers les face avant et panneau arrière. Les deux prises BNC (figure 41) conduisent les signaux aux entrées Axe Y et Axe X de l'oscilloscope (figure 42).

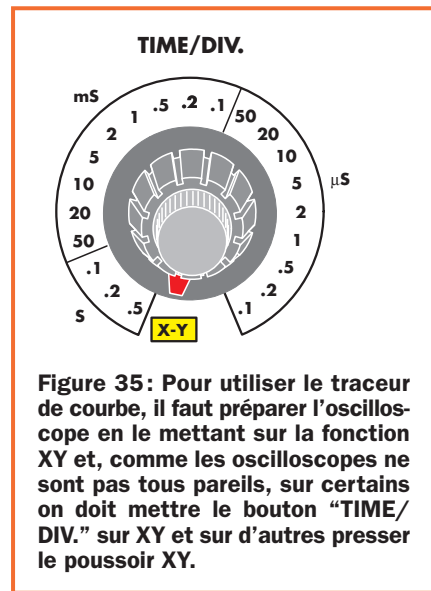
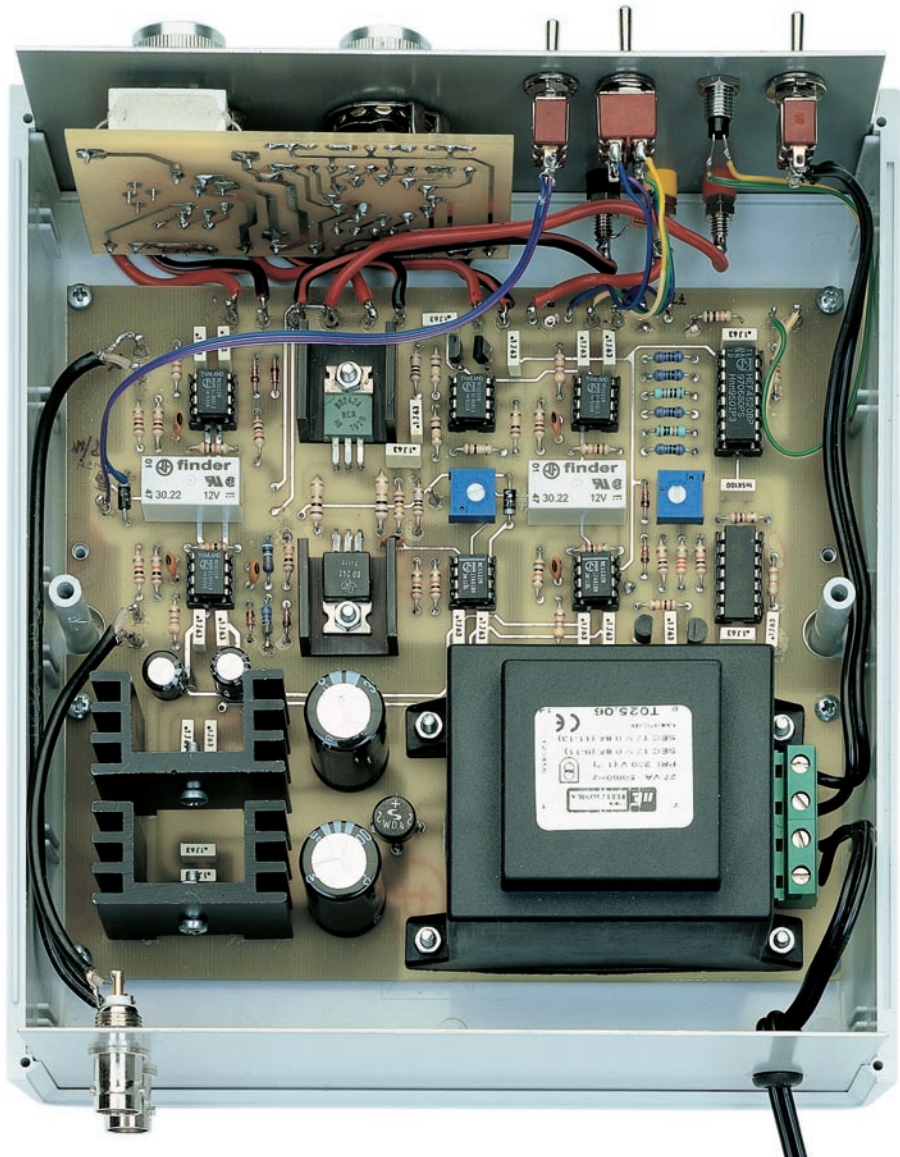


Figure 35: Pour utiliser le traceur de courbe, il faut préparer l'oscilloscope en le mettant sur la fonction XY et, comme les oscilloscopes ne sont pas tous pareils, sur certains on doit mettre le bouton "TIME/DIV." sur XY et sur d'autres presser le poussoir XY.

- sur la portée 10 mA/div. vous lirez sur l'axe Y un courant de 5-10-15-20-25-30-35-40 mA,
- sur la portée 100 mA/div. vous lirez sur l'axe Y un courant de 50-100-150-200-250-300-350-400 mA.

Avec le commutateur V/div. sur 0,1 V/div., comme le montre la figure 37, vous aurez sur l'axe Y les échelles suivantes :

- sur la portée 1 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 1-2-3-4-5-6-7-8 mA,
- sur la portée 10 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 10-20-30-40-50-60-70-80 mA,
- sur la portée 100 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 100-200-300-400-500-600-700-800 mA.

Avec le commutateur V/div. sur 0,2 V/div., comme le montre la figure 38, vous aurez sur l'axe Y les échelles suivantes :

- sur la portée 1 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 2-4-6-8-10-12-14-16 mA,
- sur la portée 10 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 20-40-60-80-100-120-140-160 mA,
- sur la portée 100 mA/div., vous lirez sur l'axe Y un courant de collecteur de 200-400-600-800-1 000-1 200-1 400-1 600 mA.

La possibilité de faire varier avec une extrême facilité la sensibilité de l'oscilloscope vous permet de visualiser n'importe quel type de courbe.

Comment relier le traceur de courbe ?

Pour relier le traceur de courbe à l'oscilloscope, il faut seulement deux petits câbles coaxiaux d'un mètre de long environ pourvus aux extrémités de deux fiches BNC, à insérer sur les prises BNC du panneau arrière du traceur de courbe et sur les prises BNC XY de l'oscilloscope. Si par erreur vous intervertissez ces cordons, vous verrez apparaître à l'écran les courbes dans le sens vertical au lieu du sens horizontal normal et pour résoudre le problème vous n'aurez qu'à intervertir les deux BNC sur l'oscilloscope.

Les commandes en face avant du traceur de courbe

En face avant du traceur de courbe, comme le montre la figure 1 (première partie de l'article, dans le numéro 49 d'ELM), on trouve 2 commutateurs, 3 inverseurs et 3 douilles C-B-E, soit collecteur, base, émetteur. Le film de la face avant indique en correspondance des 3 douilles comment relier les 3 pattes D-G-S d'un FET au traceur de courbe: le drain du FET va à la douille C, la gâchette va à B et la source va à E.

Parmi les 3 inverseurs, le premier à gauche, ON/OFF, est l'interrupteur de M/A servant à mettre le traceur de courbe sous tension (elle a lieu tout de suite), ce qui illumine la

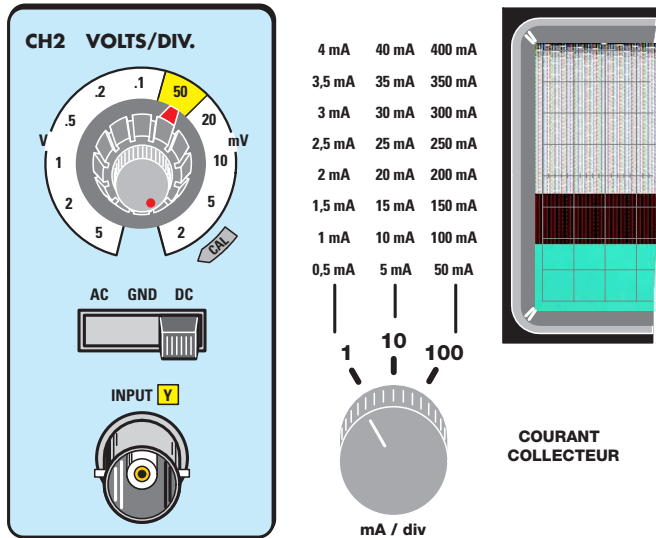


Figure 36 : Bouton du commutateur V/div. du canal CH2 sur 50 mV, on obtient sur l'axe vertical ces 3 échelles de courant différentes. Si vous placez le bouton de Courant de collecteur du traceur de courbe sur 1 mA/div., vous obtenez un courant de collecteur de 0,5 mA par carreau. Si en revanche vous le placez sur 10 mA/div., vous obtenez un courant de 5 mA par carreau. Si, enfin, vous le placez sur 100 mA/div., vous obtenez un courant de 50 mA par carreau.

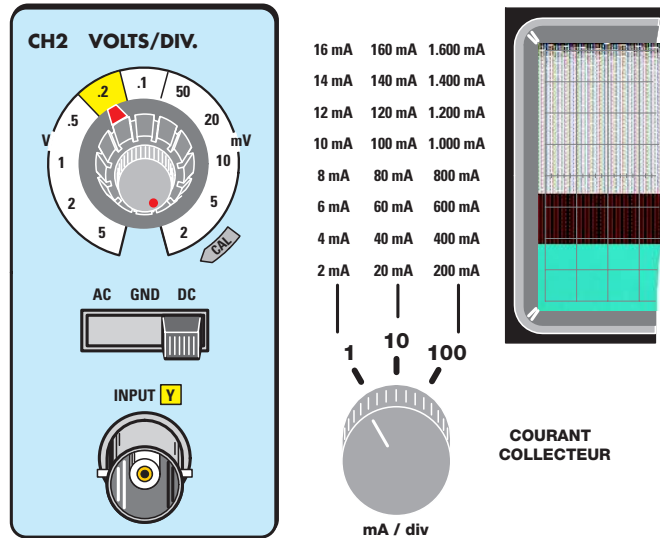


Figure 38 : Bouton du commutateur V/div. du canal CH2 sur 0,2 V, on peut sélectionner sur l'axe vertical ces 3 échelles de courant différentes. Si vous placez le bouton de Courant de collecteur du traceur de courbe sur 1 mA/div., vous obtenez un courant de collecteur de 2 mA par carreau. Si en revanche vous le placez sur 10 mA/div., vous obtenez un courant de 20 mA par carreau. Si, enfin, vous le placez sur 100 mA/div., vous obtenez un courant de 200 mA par carreau.

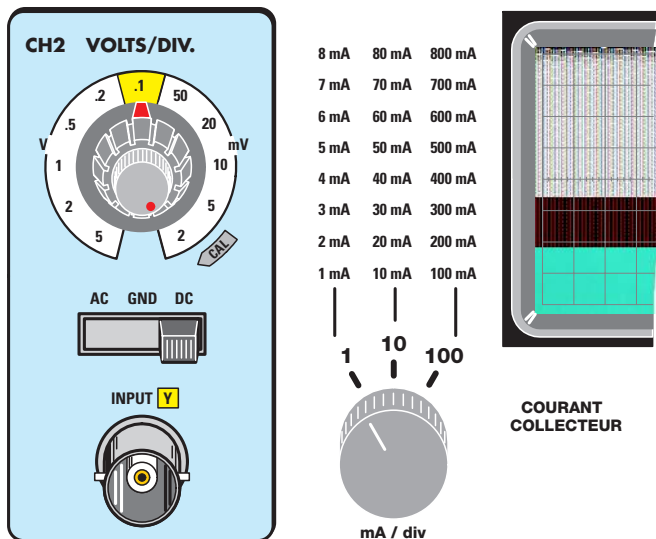


Figure 37 : Bouton du commutateur V/div. du canal CH2 sur 0,1 V, on peut sélectionner ces 3 échelles de courant différentes sur l'axe vertical. Si vous placez le bouton de Courant de collecteur du traceur de courbe sur 1 mA/div., vous obtenez un courant de collecteur de 1 mA par carreau. Si en revanche vous le placez sur 10 mA/div., vous obtenez un courant de 10 mA par carreau. Si, enfin, vous le placez sur 100 mA/div., vous obtenez un courant de 100 mA par carreau.

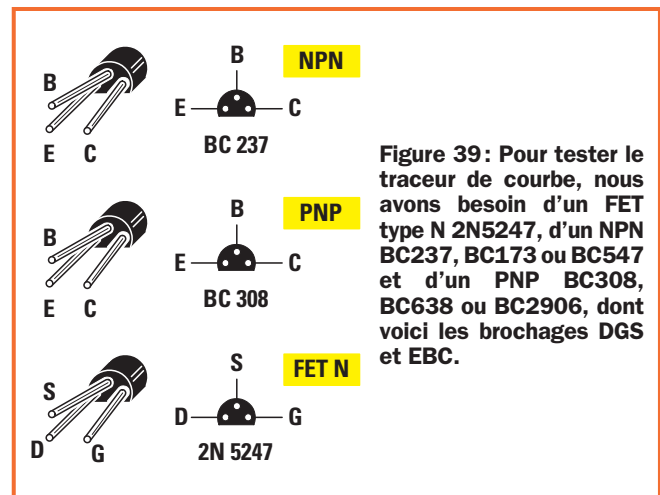


Figure 39 : Pour tester le traceur de courbe, nous avons besoin d'un FET type N 2N5247, d'un NPN BC237, BC173 ou BC547 et d'un PNP BC308, BC638 ou BC2906, dont voici les brochages DGS et EBC.

LED. Le deuxième, TR/FET, sert à préparer le traceur de courbe à donner les courbes d'un transistor ou celles d'un FET. Le troisième, PNP/NPN, sert à le préparer à donner les courbes d'un transistor PNP ou NPN.

En regardant cette face avant, comme le montre la figure 1, on trouve aussi un premier commutateur, Courant de base, donnant des courants de 1 μ A à 20 mA: ce commutateur à 12 positions permet de sélectionner les courants de base du transistor dont vous voulez voir les courbes à l'écran. Quand vous voulez tester un transistor dont vous ignorez les caractéristiques, il faut toujours mettre ce commutateur sur 1 μ A. Le second commutateur, Courant de collecteur, n'a que

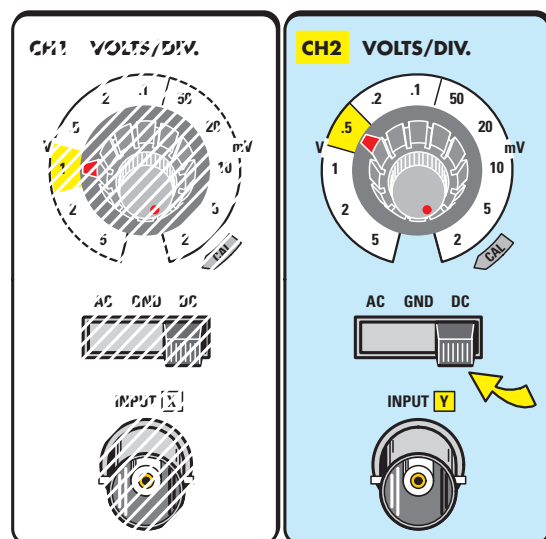


Figure 40 : Si vous voulez tester tout de suite un transistor, mettez le bouton de Courant de collecteur sur 1 mA/div. (figure 36), celui du commutateur V/div. du CH2 sur 0,5 V et, enfin, le sélecteur d'entrée sur DC.

3 positions 1-10-100 mA et, quand on veut tester un transistor, il faut toujours le positionner sur 1mA.

Il vous faut maintenant quelques transistors

Procurez-vous quelques transistors bien choisis afin de vous entraîner à en tracer les courbes. Il vous faut un FET type N 2N5247 : la figure 39 en donne le brochage drain-source-gachette. Il vous faut également un NPN BC237, BC173 ou BC547 : la figure 39 en donne le brochage émetteur-base-collecteur. Enfin un PNP BC308, BC638 ou BC2906 : la figure 39 en donne le brochage émetteur-base-collecteur.

La mesure d'un transistor NPN

Prenez le transistor NPN et, avant de connecter les 3 pattes EBC à l'entrée du traceur de courbe, exécutez ces opérations :

- Mettez l'inverseur TR/FET sur TR.
- Mettez l'inverseur PNP/NPN sur NPN, car votre transistor d'essai en est un.
- Mettez le commutateur rotatif Courant de base sur la portée 5 μA (deuxième position à gauche en partant du bas), comme le montre la figure 1.

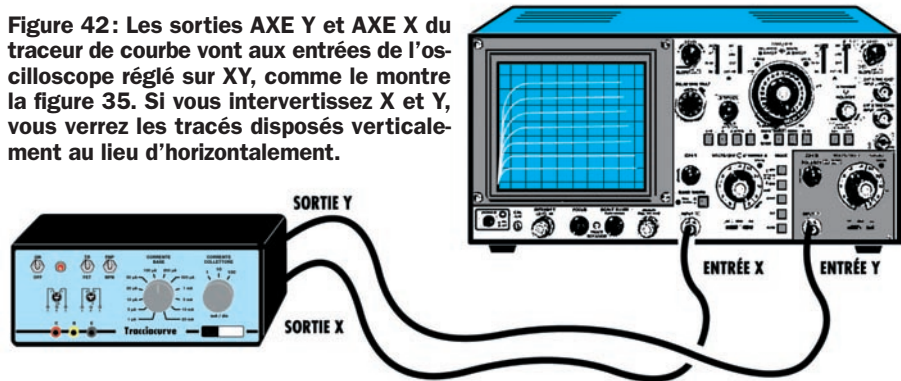
Note : si le premier des 7 tracés en partant du bas n'est pas stable dans sa partie initiale, sachez que cela correspond à une tension de collecteur de 1 V environ et à un courant de base infime et, vous le savez, cela est typique d'un transistor en limite de conduction. Si vous mettez Courant de base sur 10 μA , le défaut disparaît.

- Mettez le bouton Courant de collecteur sur 1 mA/div., car votre transistor est de faible puissance.
- Mettez le commutateur V/div. du



Figure 41: Photo d'un des prototypes dans son boîtier plastique. Les deux prises BNC AXE Y et AXE X, comme le montre la figure 42, vont aux entrées XY de l'oscilloscope par deux câbles coaxiaux dotés chacun de deux fiches BNC.

Figure 42: Les sorties AXE Y et AXE X du traceur de courbe vont aux entrées de l'oscilloscope réglé sur XY, comme le montre la figure 35. Si vous intervertissez X et Y, vous verrez les tracés disposés verticalement au lieu d'horizontalement.



canal Y de l'oscilloscope sur 0,5 V, comme le montre la figure 40.

Le traceur de courbe et l'oscilloscope étant sous tension, vous voyez à l'écran 7 tracés pouvant être très rapprochés, comme le montre la figure 43. Pour les espacer, vous devez simplement augmenter la sensibilité de l'entrée Y de l'oscilloscope. Pour augmenter la sensibilité de l'oscilloscope, vous devez mettre le bouton V/div. du canal Y (CH2), initialement placé

sur la portée 0,5 V, sur 0,2 V. Ce faisant vous voyez les 7 tracés s'espacer, comme le montre la figure 44. Faites bien attention de ne pas trop augmenter la sensibilité de l'oscilloscope, car vous provoqueriez l'exode hors écran des courbes, comme le montre la figure 45.

Note : si les pattes EBC ne se connectent pas correctement sur les douilles d'entrée du traceur de courbe, ou si vous mettez l'inverseur PNP/NPN sur la mau-

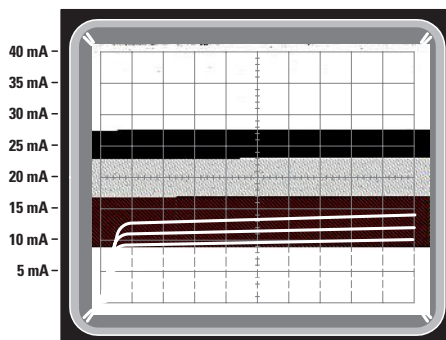


Figure 43: Si le commutateur V/div. du CH2 est sur une sensibilité moyenne, 0,2V par exemple, vous verrez 7 tracés à l'écran, mais trop serrés donc peu lisibles.

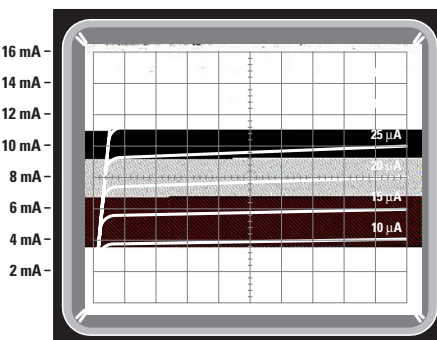


Figure 44: Si le commutateur V/div. du CH2 est sur une sensibilité faible, 0,5V par exemple, vous verrez 7 tracés à l'écran uniformément espacés.

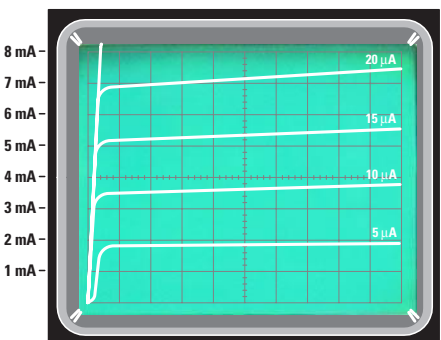


Figure 45: Si le commutateur V/div. du CH2 est sur une sensibilité maximale, 0,1 V par exemple, vous verrez les tracés supérieurs sortir de l'écran.

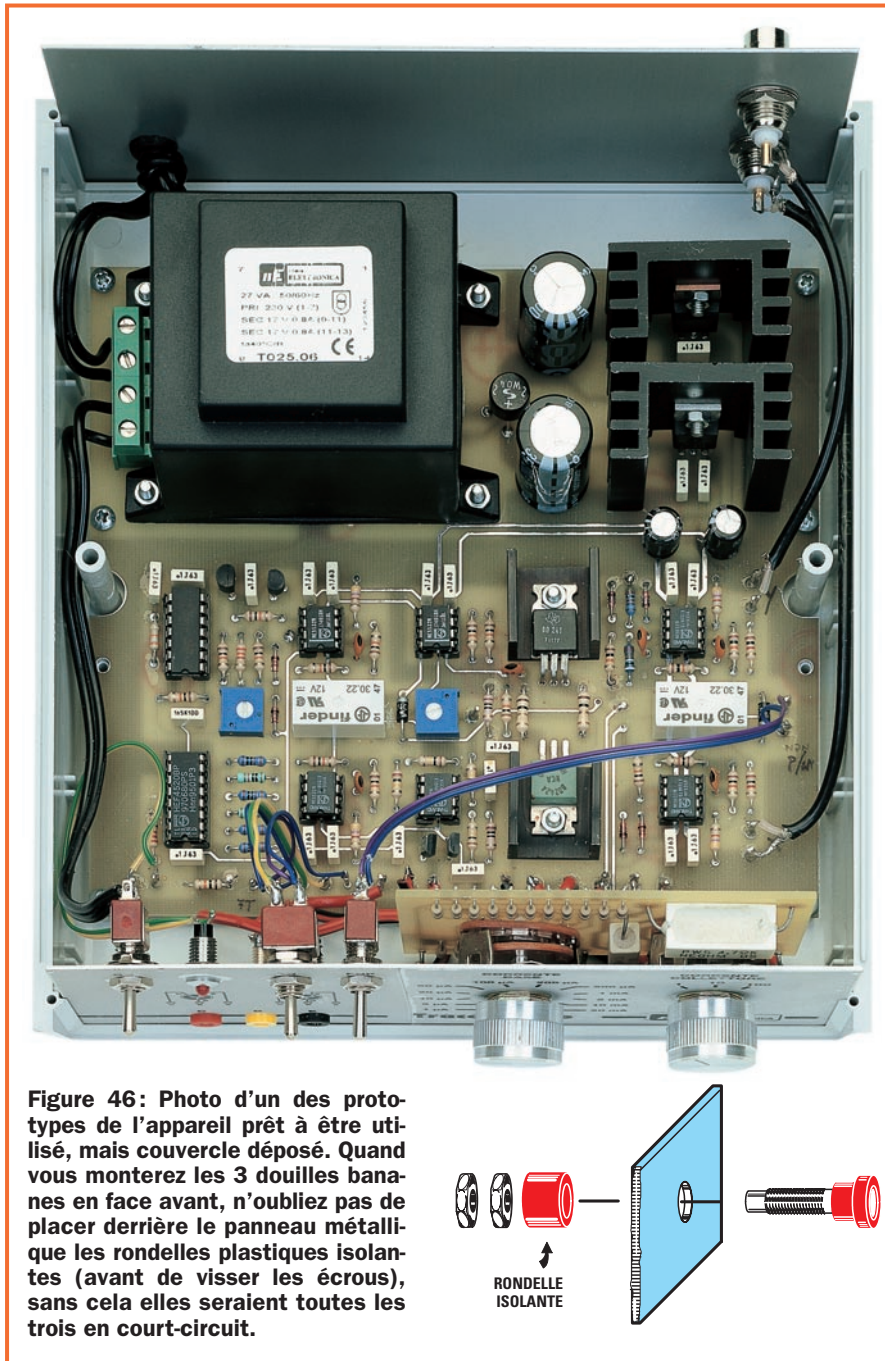


Figure 46: Photo d'un des prototypes de l'appareil prêt à être utilisé, mais couvercle déposé. Quand vous monterez les 3 douilles bananes en face avant, n'oubliez pas de placer derrière le panneau métallique les rondelles plastiques isolantes (avant de visser les écrous), sans cela elles seraient toutes les trois en court-circuit.

vaise position par rapport au transistor en examen, les 7 tracés n'apparaissent pas. Contrôlez donc toujours bien les connexions EBC et la posi-

tion de l'inverseur PNP/NPN, car ne voyant pas les courbes vous pourriez penser que le transistor essayé est hors d'usage.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce traceur de courbe EN1538 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les typons des circuits imprimés sont sur www.electronique-magazine.com/les_circuits_imprimés.asp.

La revue ne fournit ni circuit ni composant.

La mesure d'un transistor PNP

Prenez le transistor PNP et, avant de connecter les 3 pattes EBC à l'entrée du traceur de courbe, exécutez ces opérations :

- Mettez l'inverseur TR/FET sur TR.
- Mettez l'inverseur PNP/NPN sur PNP, car votre transistor d'essai en est un.
- Mettez le commutateur rotatif Courant de base sur la portée 5 μ A.
- Mettez le bouton Courant de collec-

teur sur 1 mA/div., car votre transistor est de faible puissance.

- Mettez le commutateur V/div. du canal Y de l'oscilloscope sur 0,5 V, comme le montre la figure 40.

Le traceur de courbe et l'oscilloscope étant sous tension, si vous voyez à l'écran 7 tracés très rapprochés, comme le montre la figure 43, vous devez simplement mettre le bouton V/div. sur 0,2 V.

La mesure d'un FET

Prenez le FET type N et, avant de connecter les 3 pattes DSG à l'entrée du traceur de courbe, exécutez ces opérations :

- Mettez l'inverseur TR/FET sur FET.
- Mettez l'inverseur PNP/NPN sur NPN.

Note: l'inverseur doit toujours être dans cette position, car le traceur de courbe mesure les FET type N, les plus largement répandus dans le commerce.

- Mettez le commutateur rotatif Courant de base sur la portée 20 μ A.
- Mettez le bouton Courant de collecteur sur 1 mA/div.
- Mettez le commutateur V/div. du canal Y (CH2) 0,2 V.

Le traceur de courbe et l'oscilloscope étant sous tension, vous voyez apparaître à l'écran 8 tracés, comme le montre la figure 4 (dans la première partie de l'article). Dans la troisième partie, nous verrons pourquoi on obtient 8 courbes au lieu de 7 pour les transistors.

Conclusion et "à suivre"

Nous avons voulu, au cours de cette deuxième partie, vous donner un certain nombre d'informations qui vous permettront, en attendant la troisième, de vous entraîner à trouver les caractéristiques de nombreux semi-conducteurs. En effet, par la suite, nous reprendrons cette initiation à la mesure et à la visualisation des courbes caractéristiques des semiconducteurs et nous vous ferons découvrir, au-delà des transistors et des FET, les thyristors et les triacs.

Puis nous essaierons de vous apprendre à interpréter leurs courbes, à choisir le point de repos selon des critères rationnels et à calculer le circuit de charge et de polarisation d'un transistor. ♦