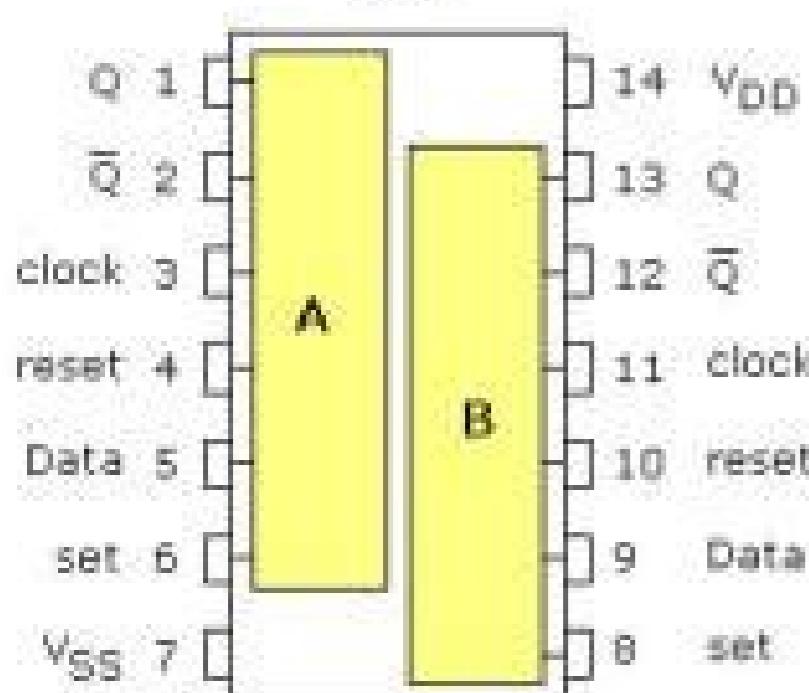


I'm not a robot!

Bascule électronique pdf

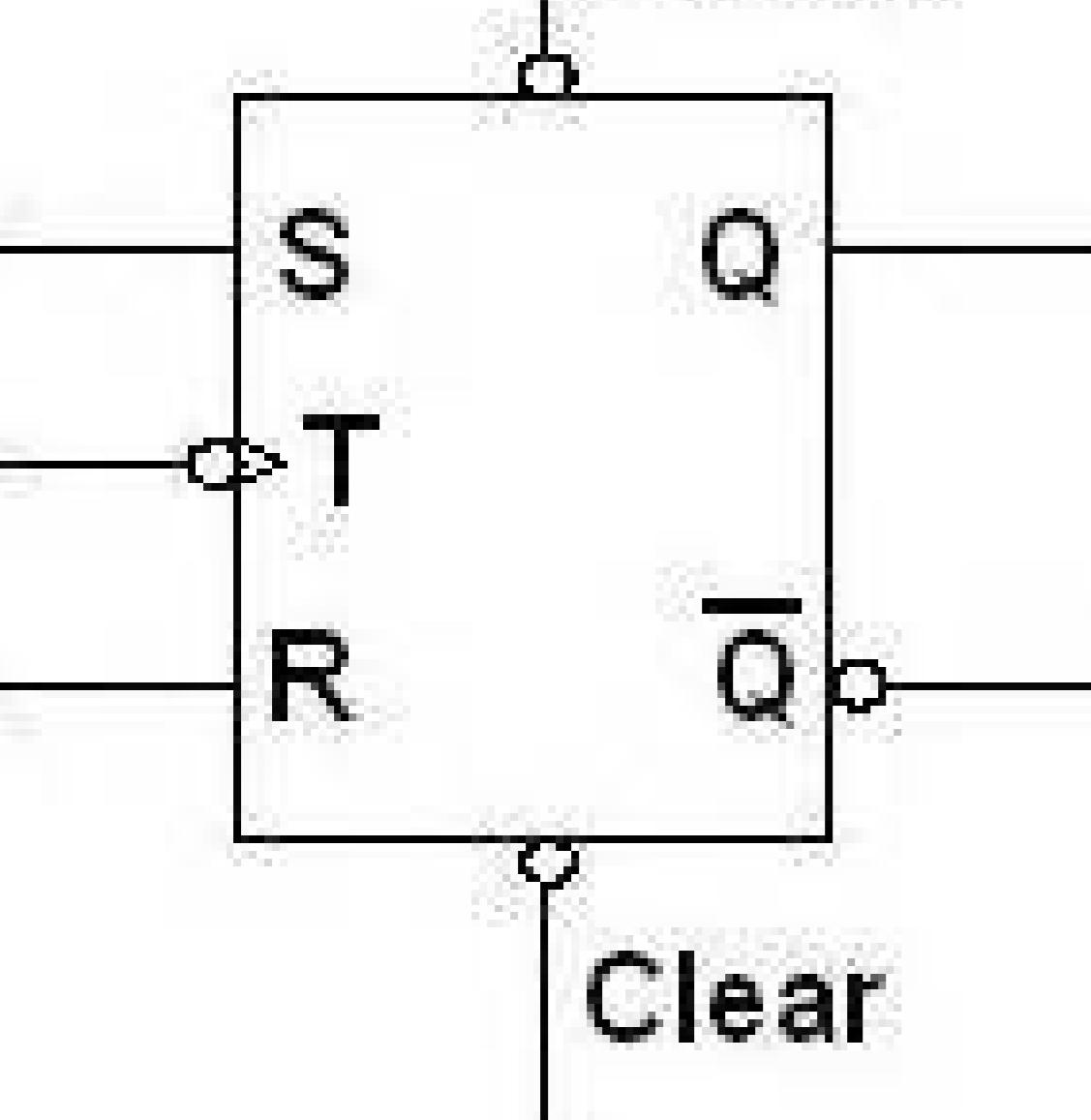
Numérisation des cours 1 à 5 et 25 à 30 : Pascal CHOUR - 2013 Numérisation des cours 6 à 24 : Alain PASQUET - 2016 Le but de ces leçons pratiques est de faire connaître par l'expérience les principaux circuits utilisant les transistors afin que vous puissiez prétendre atteindre à une complète connaissance de cette technique. Pour cela, la réalisation d'un récepteur Radio n'est pas suffisante quelqu'indispensable. De nombreux montages expérimentaux concrétiseront les leçons théoriques, et vous permettront ainsi de comprendre les notions fondamentales de cette nouvelle technique électronique. Vous réaliserez ainsi des amplificateurs, un thermomètre électronique, un générateur basse fréquence, un clignotant, vous ferez de la télécommande, avant de réaliser un récepteur basse fréquence. Puis vous construirez un transistormètre et enfin vous câblerez un magnifique récepteur portable à transistors. Toutes ces réalisations vous permettront de connaître et d'apprendre les applications possibles des transistors. J'imagine que vous êtes impatient de commencer la réalisation de ces appareils, car le travail expérimental est toujours fructueux et conduit à des résultats rapides.

4013



Mais avant tout, je tiens à vous expliquer le fonctionnement de cette partie pratique du Cours. Ceci s'adresse surtout à mes Nouveaux élèves puisque les autres sont déjà des "Anciens" et connaissent mieux que quiconque le travail d'équipe de la grande famille EURELEC. Vous remarquerez que chacune des leçons est en général subdivisée en trois parties. La première donne les instructions pour le montage à réaliser et, éventuellement, présente le matériel ; la seconde décrit le fonctionnement et indique comment vous devez effectuer les mesures sur ces montages ; la troisième partie commente les expériences réalisées en se reportant éventuellement à la théorie. Tant pour la description des circuits que pour les commentaires des résultats obtenus il existe une relation étroite entre la pratique et la théorie : Si le montage expérimental fait appel à des notions non encore développées dans le cours Théorique, je donnerai des explications rapides, me limitant à l'essentiel, afin de mettre en lumière le but de l'expérience. Avec l'avènement du transistor et des circuits imprimés, il a été possible de réduire notablement l'encombrement des appareils électroniques. Pour exploiter au maximum les avantages qu'offraient les nouvelles possibilités, les constructeurs ont développé la production de composants miniatures. Ces nouveaux composants ont parfois des caractéristiques électriques différentes de celles des composants conventionnels. Comme la connaissance du matériel est absolument indispensable pour celui qui veut étudier les circuits, je vous donnerai dans cette première leçon pratique quelques aperçus sur les composants avant que vous ne commenciez la réalisation de vos montages expérimentaux. Ce préambule ne doit pas émousser votre intérêt, bien au contraire. Étudiez soigneusement cette pratique. Elle vous sera utile à l'avenir. Vous avez reçu dans ce groupe de matériel préliminaire quelques composants qui vont vous permettre de commencer d'intéressants exercices pratiques à partir de la prochaine leçon. Les "Anciens" connaissent déjà tous ces composants. Les "Nouveaux" vont apprendre dans la suite de cette leçon la technologie de ces éléments. Rappelons brièvement le matériel que vous venez de recevoir et qui sera utilisé, rappelons-le dans la seconde leçon pratique : un transistor pré-amplificateur BF : SFT352 (ou 353) une diode SFD 106 une résistance miniature 1/2 W du fil de câblage une pince crocodile Faisons ensemble maintenant, si vous le voulez bien, un "inventaire" de ce dont vous aurez besoin pour effectuer les exercices pratiques. Pour entreprendre ce cours de transistors, il n'est pas nécessaire de posséder un outillage spécial ; celui du cours Radio pourra être très souvent utilisé. Les appareils de mesure de ce cours pourront aussi être employés. CARACTÉRISTIQUES DES OUTILLAGES ET DES APPAREILS UTILISÉS Fer à souder de 40 Watts - L'utilisation d'un fer à souder rapide de 30 à 70 Watts, à panne très fine rendra aisée l'exécution du montage des transistors et des éléments sur les circuits imprimés. On trouve sur le marché de très nombreux types de tels fers. Tournevis isolé avec pointe de 3 mm. Contrôleur universel de 1000 ohms/V (du cours Radio). Celui du cours Radio est tout particulièrement recommandé. Il possède en effet, une échelle 1 mA très utile dans le cas des Transistors.

Preset

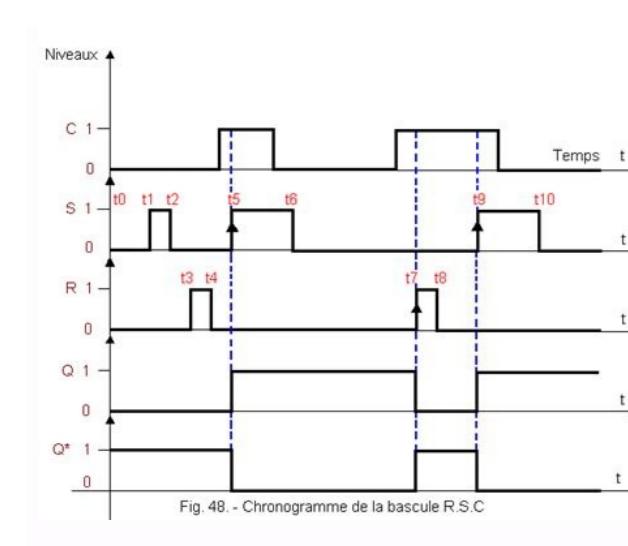


Clear

Le galvanomètre présente une résistance interne de 50 ohms et une sensibilité de 800µA. Récepteur superhétéodyne (du cours Radio). Les récepteurs commerciaux comportant une prise P.U. pourront être utilisés pour les exercices pratiques. Si l'on ne dispose pas de récepteur ou d'amplificateur BF, on pourra utiliser un écouteur électromagnétique de 1 500 ohms (ou 2 000 à 2 500 ohms). Toutefois, un récepteur radio sera indispensable lors des intéressants essais de transmission à distance. Pour ces essais, vous pourrez alors demander à un ami de vous prêter son récepteur. L'outillage ci-dessous pourra être utile mais non indispensable. Il comprend : Pinces bruelles Pinces à becs plats Pinces coupantes Clés à tube Chignole à main Lime plate ou demi-ronde Scie à métal En général, l'amateur radio possède déjà cet outillage. Cependant si vous le désirez, nous pourrons vous le fournir. Il est incontestable qu'actuellement les transistors dominent le marché des petits récepteurs radio portables, ainsi que les appareils acoustiques, électrophones et magnétophones alimentés en courant continu. Les transistors présentent sur les tubes électroniques des avantages et des inconvénients. Mais l'avenir leur appartient pour la construction des récepteurs AM/FM des ensembles HI - FI et des téléviseurs de table ou portatifs. Nous assistons donc à cette intéressante compétition entre les deux composants qui ont des fonctions analogues. On vient donc à se demander si les circuits transistorisés suivent les mêmes lois d'électrotechnique générale que celles qui conditionnent le fonctionnement des circuits à tubes. La réponse est affirmative, bien que le fonctionnement du transistor diffère sensiblement de celui du tube. Il est donc nécessaire de faire un bref rappel sur le fonctionnement des circuits que vous aurez à réaliser. COMPOSANTS ELECTRIQUES DES CIRCUITS Dans un appareil à transistors alimenté dans les conditions de repos (sans aucun signal) il passe seulement le courant continu. Nous devons donc rappeler quelques notions sur le fonctionnement d'un circuit électrique parcouru par un courant continu. Un appareil comprend généralement les éléments suivants : résistances, condensateurs, bobines, transformateurs, haut-parleurs (ou écouteurs), diodes, transistors, connexions et piles. De tous ces éléments, ne considérons que le cas de la résistance qui offre un passage plus ou moins facile au courant continu ; pour cela simplifions le problème en imaginant que l'ensemble de l'appareil est constitué seulement de résistances connectées de façon quelconque entre elles et alimentées par une pile. Un tel circuit est appelé réseau ohmique parce que les phénomènes électriques qui s'y développent peuvent être expliqués par la loi d'ohm établie expérimentalement pour le courant continu. LOI D'OHM Quand une résistance R est parcourue par un courant continu, nous avons à ses bornes une tension V directement proportionnelle à l'intensité du courant suivant la loi du physicien Allemand OHM. Si inversement, nous appliquons à cette résistance une tension constante V, nous trouvons une intensité de courant I directement proportionnelle à cette tension V et inversement proportionnelle à la résistance R, ce que nous exprimons par la formule : Si enfin une résistance est parcourue par un courant continu d'intensité I et qu'à ses bornes existe une tension constante -V nous pourrons calculer R suivant la formule : Les formules a - b - c, sont les expressions de la même loi. Si nous voulons la vérifier nous prendrons l'exemple de la figure 1 - par exemple - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES RÉSISTANCES - PUISANCE DISSIPÉE PAR UNE RÉSISTANCE Une résistance parcourue par un courant consomme une énergie électrique. La quantité d'énergie dissipée pendant l'unité de temps est proportionnelle à la tension V et à l'intensité du courant I. Si cette unité de temps est de une seconde, on pourra définir la relation suivante : L'énergie électrique W ainsi définie est appelée Puissance électrique et est mesurée en watts (symbole W). Une autre relation peut être donnée en exprimant W en fonction de R et de I ce qui donne : Ou bien en fonction de R et P : Les deux dernières formules sont tirées de la formule d) et sont des applications de la loi d'OHM : en effet on remplace V par I x R pour la formule e) et I par VR pour la formule f). L'énergie absorbée se transforme toujours par effet joule en énergie calorifique, qui se traduira par l'échauffement de la résistance. Etant donné qu'un corps chaud cède de la chaleur à un corps qui est moins chaud, la résistance va céder plus ou moins ses calories produites par effet joule à l'air ambiant. Lorsque le nombre des calories cédées est égal à celui des calories produites, (pendant le même temps) la température de la résistance cesse d'augmenter et reste constante. La résistance devra être fabriquée en prévision de cette dissipation pour ne pas risquer d'être détruite par la température. L'énergie thermique maximum dissipée par une résistance est appelée "Puissance Nominale" de la résistance. Comme elle est équivalente à la puissance électrique absorbée dans les mêmes conditions, elle est exprimée en Watts. Coefficient de température En général la résistance varie avec la température suivant la loi : g) Variation de R = $a + b \times t$ où R est la résistance exprimée en ohms, t° la température en degrés centigrades et a une constante dite "coefficent de température". Le coefficient et peut être défini d'une façon directe comme étant la variation de résistance d'un élément de 1 ohm quand la température augmente de 1°C. a est positif si la résistance augmente avec la température et négatif lorsque cette résistance diminue lorsque la température croît. Dans la fabrication des résistances, on recherche un coefficient de température a le plus faible possible : en effet plus a est petit, plus grande est la stabilité de la résistance. Il reste encore de nombreuses notions à mentionner dans l'électrotechnique.



Nous y reviendrons de temps en temps lorsque cela sera indispensable pour la description ou le fonctionnement d'un circuit électrique employé sur un appareil. Avec la présentation des composants miniatures, nous traiterons d'un élément nouveau, but principal de cette pratique. On dit couramment avec une certaine liberté de langage qu'un composant est de "série miniature" ou "minuscule" ou "ultra-minuscule" quand il est petit ou très petit par rapport aux composants similaires dans les appareils à tubes. Durant les dix dernières années, la tendance à réduire les dimensions des appareils électroniques s'est accentuée avec les possibilités offertes par les transistors. En effet, les transistors contrairement aux tubes électroniques nécessitent des tensions d'alimentation peu élevées et, dans les applications courantes, commandent des puissances faibles. Ils permettent de réduire très sensiblement les dimensions des résistances, des condensateurs et des transformateurs. En outre, la suppression de l'alimentation rend possible la réduction des pièces mécaniques et permet une appréciable réduction du matériel. La figure 2 représente quelques composants miniatures. La règle graduée, permet de voir approximativement leurs dimensions. Récemment aux U.S.A. a été construit un amplificateur "microminiature", de 5 W si petit qu'il pouvait se loger dans un cube de 3 cm de côté. Ce dispositif électronique d'un type nouveau appelé "Subsystem" pour ses dimensions extrêmement réduites et parce qu'il est une unité amplificatrice complète, représente la limite actuelle en matière de composants miniatures, nous ne reviendrons pas sur cette question particulière qui est en dehors de notre cours. Je vais vous répéter et développer le paragraphe 2-1 sur les composants électriques et mécaniques utilisés dans les appareils à transistors : résistances, condensateurs, selfs et transformateurs, diodes et transistors, haut-parleurs et écouteurs, interrupteurs et commutateur, matériel de connexions et circuits imprimés. Je vais vous parler tout d'abord des résistances miniatures. On peut diviser en deux groupes les résistances miniatures tout comme celles du type classique - grande stabilité et précision - utilisation générale. Au premier groupe appartiennent les résistances fabriquées pour appareils spéciaux avec une tolérance inférieure ou au maximum égale à 2% de la valeur nominale : au second groupe appartiennent celles fabriquées avec des tolérances de 5 - 10 - 20%, utilisées communément dans les appareils radio. Nous distinguons quatre types de résistances fixes : à couche spirale, à couche agglomérée, agglomérées, bobinées. Il y a aussi d'autres résistances possibles qui varient en fonction de la température ou de la tension appliquée. Résistances fixes - résistances réglables, thermistances ou résistances CTN, résistances VDR.



Exammons en détail les quatre types de résistances fixes, du point de vue caractéristiques physiques et électriques. **RÉSISTANCES FIXES** Caractéristiques physiques et particularités de fabrication La figure 3 représente les quatre types de résistances fixes ; les dessins étant à une échelle nettement supérieure à la réalité. Résistances à couche spirale (figure 3a) Ces résistances sont composées d'un support sur lequel est disposée une pellicule de matière résistante. (On les appelle en général, résistance "à couche"). Pour obtenir la valeur requise, dans un encombrement minimum, la pellicule est incisée pour former une spirale sur le support. La résistance dépend de la longueur de la spirale ; le plus souvent la pellicule est connectée à une couche graphitée, elle-même entourée par un capuchon sur lequel est soudé le fil de sortie. La pellicule résistante peut être métallique, en carbone ordinaire, en carbone de silice ou en carbone mélange à du bore. Le tout est revêtu d'une couche de protection vernie ou laquée. Résistances à couche agglomérée (figure 3b) En général cette résistance est composée d'un mélange de carbone et d'une matière plastique servant de ciment.



Ce mélange résistant est déposé sur un tube de verre et forme ainsi une couche résistante de la valeur désirée. Dans certains cas, ces résistances, comme celles à couche spiralée comportent une spirale qui permet un encombrement plus faible. L'enveloppe de protection est thermodurcissable ; les fils de sortie sont prolongés vers l'intérieur et permettent ainsi une meilleure dissipation des calories dues à l'effet joule. Ce sont les résistances courantes dites "miniatures agglomérées". Résistances agglomérées (figure 3c) Ces résistances se distinguent des précédentes en ce sens que le corps entier est résistant. La résistance est celle qu'offre le cylindre tout entier. Les fils de sortie sont connectés aux extrémités du cylindre. Elles correspondent aux résistances américaines ancien modèle. Résistances bobinées (figure 3d) Ces résistances sont très peu utilisées dans les appareils à transistors. La résistance qui figure sur le dessin a été réalisée pour supporter de hautes températures (usage militaire). Le fil est bobiné sur un support isolant et protégé par une couche de verre spécial. Caractéristiques d'identification des résistances Devant choisir une résistance pour un appareil à transistor, il faut tenir compte des caractéristiques importantes suivantes : sa valeur nominale et sa tolérance la puissance maximum qu'elle peut absorber et dissiper Voyons comment identifier la valeur nominale, la tolérance et la puissance Résistance nominale et tolérance L'indication de la valeur de la résistance nominale est toujours imprimee sur le corps de la résistance ; la tolérance peut être marquée ou non : si la tolérance n'est pas indiquée elle est plus ou moins 20%. La lecture de la résistance nominale et de la tolérance ne comporte aucune difficulté si elle est exprimée en chiffres. Il suffit simplement de se rappeler les symboles suivants : $\Omega = \text{ohm}$ $k\Omega = 1\,000 \text{ ohms}$ (k indiquant trois zéros) $M\Omega = 1\,000\,000 \text{ ohms}$ (M indiquant 6 zéros) % = symbole du pourcentage relatif à la tolérance +/- = tolérance en plus ou en moins La tolérance est toujours exprimée en pourcentage et en plus ou en moins de la valeur nominale de la résistance. Il se peut donc qu'un des deux symboles manque. Les résistances de fabrication plus récente (types a - b - c de la fig. 3) ont leur valeurs indiquées en code de couleurs international. Comme il est indiqué sur la figure 4, il y a sur le corps 3 ou 4 cercles de couleurs plus rapprochés d'une des extrémités. Le premier et le deuxième cercle indiquent les deux premiers chiffres de la valeur : le troisième cercle indique le nombre des zéros. La valeur totale est exprimée en ohms.

La couleur du quatrième cercle indique la tolérance : jaune d'or = 5% - blanc argent = 10%. Si le quatrième cercle manque, la tolérance est de +/- 20%. 1° - Exemple de lecture Supposons une résistance dont les 4 premiers cercles ont les couleurs suivantes : 1^{er} cercle = bleu ; 2^{er} cercle = rouge ; 3^{er} cercle = rouge ; 4^{er} cercle = or. Consultons le tableau de la figure 4 où nous pouvons voir les correspondances suivantes : bleu = 6 (dans la colonne "1^{er} chiffre") ; rouge = 00 (dans la colonne "tolérance") ; or = 57, (dans la colonne "2^{ème} chiffre"). Nous obtenons ainsi le nombre 6 200, donc la résistance nominale est de 6 200 ohms et la tolérance de 5%. 2°- Exemple de lecture Couleurs : vert = 5, noir = 0, orange = 1000, pas de cercle = 2% Valeur : 50 000 ohms ; avec une tolérance de +/- 20%. Puissance dissipée La puissance dissipée n'est pas indiquée sur le corps de la résistance. Il est cependant possible de la connaître en se reportant aux dimensions géométriques que donne la figure 5. La puissance dissipée par les grandeurs géométriques de la résistance est appelée "Puissance nominale" (voir paragraphe 2-3). Le diagramme de la figure 5 représente la courbe de la puissance que peut dissiper une résistance subminutaire en fonction de la température ambiante variant entre 50 et 120°C. Jusqu'à 70°C environ, la puissance que l'on peut dissiper est égale à la puissance nominale (par exemple 0,25 W = 1/4 W). Au-dessus de 70°C la puissance dissipée décroît jusqu'à atteindre une valeur nulle, lorsque la température extérieure devient égale à la limite de la température que la résistance peut atteindre. Il peut alors y avoir changement sensible dans la structure physique de cette résistance. En général dans les appareils à transistors, la température ne dépasse jamais 70°C ; ainsi la résistance pourra-t-elle dissiper toujours la puissance nominale indiquée pour laquelle elle a été construite. On peut trouver dans le commerce des résistances miniatures de 1/2 - 1/10 et 1/20 de Watt spécialement réalisées pour les appareils à transistors. Lorsqu'on l'a connue par la puissance que devra dissiper la résistance, on prendra une agglomérée 1/2 W dont les dimensions sont déjà suffisamment réduites pour être utilisée dans un appareil à transistors. RÉSISTANCES REGLABLES : (POTENTIOMÈTRES ET RHEOSTATS) La résistance réglable peut être obtenue en déplaçant un curseur sur une couche résistante et sur fil résistant bobiné. Si les extrémités de l'élément résistant et le curseur forment trois contacts sortis, nous avons affaire à un potentiomètre. Si au contraire le curseur est relié intérieurement à l'un des deux contacts extérieurs, nous avons un Rhéostat qui ne présente que deux contacts sortis. Les récepteurs à transistors utilisent exclusivement les potentiomètres graphités des séries miniatures ou subminiatures nouvelle version, pour circuits imprimés ou de type classique. Le potentiomètre miniature ne diffère du potentiomètre classique que par ses petites dimensions comme nous pouvons le voir en figure 6. Celui représenté à la figure 6a, est un potentiomètre classique avec écrous pour fixation sur un châssis métallique. Les exemples de la figure 6c et 6d sont respectivement des potentiomètres et rhéostats ajustables miniatures au graphite. THERMISTANCES Ces sont des résistances qui ont la propriété de varier d'une façon importante avec la température. Elles furent découvertes par la Bell Téléphone. Les constructeurs Européens ont adopté une dénomination bien appropriée "NTC" qui signifie que le coefficient de température de la résistance est négatif. Elles sont constituées par des oxydes de manganèse et de nickel qui ont la propriété d'avoir une valeur de résistance décroissante en fonction de la température. Nous pouvons nous servir de ces résistances comme résistances de protection dans des circuits à transistors ou bien pour faire augmenter graduellement la valeur d'un courant jusqu'à sa valeur de régime. Elles servent encore dans des organes de mesure, de centrale et de compensation automatique de la température. RÉSISTANCES V.D.R. Le sigle V.D.R. indique des résistances dont la particularité est de varier en fonction de la tension appliquée. Elles sont formées par un composé de silicium et de carbone et d'un liant céramique : elles sont pressées pour former un corps cylindrique ou un disque. Des extrémités sont soudues pour former les pattes de connexion. Ces résistances ont la propriété de diminuer de valeur en fonction de la tension appliquée et possèdent également un coefficient de température négatif.

Les appareils à transistors offrent de grandes possibilités pour l'utilisation des condensateurs à basse tension, dans les séries miniatures et subminiatures. Dans un amplificateur à faible impédance d'entrée le condensateur de liaison doit présenter une grande capacité et d'autant plus grande que la fréquence que l'on désire transmettre est plus basse. Il y a seulement quelques années il était impossible de fabriquer des condensateurs de grande capacité sous un faible volume. Le perfectionnement des condensateurs électrochimiques aluminium et l'avancement des condensateurs au tantale et au polystyrène, ont résolu le problème du faible encombrement. Des progrès ont également été réalisés dans la fabrication des condensateurs miniaturisés, au papier, au mica, en céramique et des condensateurs variables à air.

Les condensateurs utilisés dans les appareils à tubes et à transistors peuvent être classés en deux catégories : 1° - Fixes ; 2° - Variables. Dans la deuxième catégorie on distingue encore les condensateurs "ajustables" ou "trimmers". CONDENSATEURS FIXES La figure 7 représente quelques exemples de condensateurs miniatures fixes comparés avec des condensateurs classiques au papier pour appareils à tubes. La réduction de l'encombrement consiste essentiellement à réduire le volume du diélectrique. Ceci est possible dans les circuits à transistors parce que la tension d'isolement entre les armatures est faible et parce que les nouveaux matériaux utilisés comme diélectriques sont capables de supporter de grandes différences de potentiel sous de faibles épaisseurs sans qu'il se produise de "perforation". Les condensateurs fixes miniatures peuvent être classés en 5 groupes (figure 8) en fonction du diélectrique et des capacités que l'on désire obtenir. La figure 9 donne les indications des gammes de fréquences couvertes par ces condensateurs fixes des différentes catégories. Condensateurs à papier métallisé Les condensateurs à papier métallisé sont constitués de deux feuilles de papier servant de diélectrique.

Sa chancie est déposée une pellicule de métal (aluminium). Cette pellicule n'est déposée que sur une face donnant ainsi une surface. Lors du montage autour du support, les deux feuilles seront appliquées l'une contre l'autre de façon que la face métallisée de l'une corresponde au côté non métallisé de l'autre. Les armatures sont ainsi isolées l'une de l'autre. Les connexions sont ensuite soudues séparément sur chaque armature et les condensateurs sont représentés par la figure 10a différences des précédents par le fait qu'ils ont déposé une pellicule métallique sur une face seulement d'une feuille de papier unique. Ce type de condensateur est connu sous le nom de "capacitor".

L'isolation est alors assurée par la pellicule de métal ("cimentage"). Autrefois, les condensateurs étaient fabriqués avec une pellicule de papier et une pellicule de polystyrène. Le tout est enveloppé dans une spirale cylindrique. Il n'y a pas de grande différence avec les condensateurs au papier classiques, sinon que le diélectrique en polystyrène présente une plus grande rigidité. Condensateurs électrolytiques à oxyde d'aluminium Les premiers condensateurs électrolytiques furent réalisés à Allentown au début de ce siècle. C'était la première version de miniaturisation qui donna la valeur élevée du rapport capacité/volume. Les condensateurs à oxyde d'aluminium sont constitués par les matérières suivantes : une feuille d'aluminium donnant le pôle positif (anode) oxyde d'aluminium (diélectrique) électrolyte (glycol et tétraborate d'ammonium) une seconde feuille d'aluminium en contact avec l'électrolyte et formant le pôle négatif (cathode). La figure 10e donne l'aspect d'un tel condensateur électrolytique miniature. Dans le commerce nous pouvons trouver par exemple des condensateurs de 6mf² (pour basse tension) dont le corps a 10 mm de long pour un diamètre de 3mm. Les condensateurs de ce type, après leur fabrication, doivent être "formés" par un procédé électrolytique, étant donné qu'il n'existe pas de diélectrique et que les armatures se trouvent dans un circuit-court à travers l'électrolyte. C'est le diélectrique (oxyde d'aluminium) qui permet l'isolation entre les armatures. Ainsi en appliquant une tension continue positive sur l'électrode positive (anode), un courant va circuler en déposant sur l'anode par électrolyse de l'oxyde d'aluminium. Il est nécessaire de respecter par la suite le sens de polarité pour ne pas détériorer le diélectrique. En effet si par erreur, on branche le condensateur à "l'envers", un processus inverse se produit et détruit définitivement le diélectrique. Condensateur au tantale Un nouveau type de condensateur électrolytique a été réalisé depuis peu de temps dont les parties essentielles sont les suivantes : Fragments de tantale s'ouvrent en contact avec le pôle positif (anode) Oxyde de tantale (diélectrique) formant l'enveloppe isolante interposée entre le tantale et l'électrolyte Acide sulfureux (electrolyte liquide) en contact avec le pôle négatif (cathode). La figure 10d représente la coupe schématique d'un tel condensateur. Récemment un condensateur électrochimique au tantale a été fabriqué avec un électrolyte à l'état solide. Les condensateurs de ce nouveau type ont une forme tubulaire et présentent une réduction sensible d'encombrement sur les précédents. CONDENSATEURS VARIABLES Ces condensateurs seront évidemment miniatures ou subminiatures en vue de leur emploi sur lest appareils à transistors. Ils sont (voir [figure 11]) variables à air ou variables à mica avec trimmers. Les trimmers (compensateurs) sont des condensateurs ajustables de faible capacité, réglables à l'extérieur et permettant de corriger ou compenser la courbe de réception en haut de gamme (fréquences élevées). La miniaturisation des bobines, pour les fréquences radio (HF) et intermédiaires (FI) présente quelques difficultés. Plus la bobine est petite plus fin sera le fil de ses enroulements, d'où résultera une augmentation de la résistance inhérente, apportant une diminution du coefficient de surtension de perfusion. Pour obtenir quand même un bon "rendement" de la bobine, on utilise des noyaux ferromagnétiques (figure 12) qui limitent les fuites, augmentent la réaction et donnent un coefficient de surtension élevé. Ces noyaux sont généralement faits d'un matériau appelé "ferrite". La figure 13 représente les gammes de fréquences pouvant être couvertes avec les différents types de ferrites. Les figures 14a - 14b - 14c représentent quelques exemplaires de transformateurs HF et FI utilisés couramment dans les appareils à transistors. TRANSFORMATEURS BF L'encombrement d'un transformateur BF dépend de trois facteurs : du courant continu passant à travers l'enroulement de la puissance que ce transformateur doit transférer de la tension à délivrer. D'intensité du courant dépend la section du fil ; de la puissance la section du noyau magnétique et de la tension, l'isolation qu'il sera nécessaire de prévoir entre enroulements. Sauf exception, les transformateurs employés dans les appareils à transistors sont miniatures (fig. 14d) Ils conservent tout de même une courbe de réponse en fréquence satisfaisante. Cette miniaturisation est également possible parce que les courants continus sont faibles (de l'ordre de quelques millampères) et que les tensions utilisées avec les transistors sont basses (de 1,2 à 12 V).

La puissance de sortie n'excède pas 1 W en général. Dès la prochaine leçon, vous commencerez les exercices pratiques du cours et ferez l'intéressante manipulation sur les transistors. Cet leçon a pour but de vous présenter le Transistor. Depuis 1948, année au cours de laquelle fut réalisé le premier Transistor à pointes, les semi-conducteurs connaissent un développement impressionnant, ce qui nous permet de penser que l'avenir réservera au transistor une place très importante, au moins équivalente à celle du tube électronique qui existe depuis bientôt un demi-siècle. Les Etats-Unis d'Amérique, les pays Européens, le Japon produisent chaque année des dizaines de millions d'appareils à transistors, et des centaines de millions de transistors ayant des caractéristiques bien particulières selon leur type. Il existe des transistors spécialement étudiés pour les très hautes fréquences (au-delà de 1.000 MHz), transistors pour hautes fréquences (appareils radio), transistors pour fréquences sonores (amplificateurs BF). De même, on peut classer les transistors selon leur puissance. La figure 1 montre quelques transistors grandeur nature. On examinera en particulier, le transistor SFT316 ; il donne une idée de l'encombrement réduit des transistors subminiatures. Naturellement, le SFT316 est utilisé uniquement comme étage amplificateur de faible puissance HT (de l'ordre du milliwatt), alors que le SFT212, a des dimensions un peu plus conséquentes : sa puissance peut atteindre 4 Watts et peut être comparée au tube EL84. La diode OA202 de la série subminiature, qui est également un dispositif à semi-conducteur, et le redresseur SFR 151 sont au silicium ; les autres diodes et transistors représentés à la figure 1 sont au germanium : la SFD 106 est une diode subminiature à pointe "tout verre". Nous allons examiner plus loin, les Transistors OC71 et SFT353. Ces transistors sont, en effet couramment utilisés dans les circuits des récepteurs radio et leurs caractéristiques nous serviront dans nos démonstrations. Tout d'abord, nous allons étudier le fonctionnement du transistor, et voir ce que nous pouvons attendre des résultats des essais pratiques.

Le même développement est repris dans les leçons théoriques mais ici nous décrivons essentiellement du point de vue pratique. CONSTITUTION ET FONCTIONNEMENT DES DIODES ET TRANSISTORS Matériaux utilisés - Germanium P, Germanium S. Le germanium est le semi-conducteur le plus connu et le plus utilisé dans la reproduction industrielle des transistors, mais il ne peut être employé à l'état pur. Quelques impuretés (en quantité infime), mélangées à sa structure cristalline, suffiront à augmenter efficacement sa conduction électrique. Cette introduction d'impuretés dans le réseau cristallin du germanium est appelée DOPAGE, (figure 2).

Obtient ainsi deux types de germanium : le type P, le type N. Germanium type P obtenu par l'introduction de quelques éléments d'in-diuin au germanium pur, ce qui détermine des charges positives libres. Germanium type K ; de même l'introduction d'atomes d'arsenic de phosphore ou d'aluminium au germanium pur détermine l'apparition de charges négatives libres. Dans les deux cas, la présence d'impuretés augmente la conduction électrique du germanium. Le germanium P détermine la conduction par déplacement des charges positives (ou trous). Dans le germanium N, il s'agit d'une conduction par déplacement des charges négatives (ou électrons). Ces deux propriétés sont à la base du fonctionnement des diodes et transistors. Constitution et fonctionnement des diodes au germanium Imaginons de mettre en contact deux blocs de germanium de types opposés (P et N) ; si la surface de contact, ou JONCTION, est assez grande (figure 3a), un grand nombre de charges libres dans le germanium P se neutralisent en traversant la jonction par une quantité équivalente de charges libres dans le germanium H.

A ce propos, rappelons que les charges électriques de signes opposés, positives et négatives, s'attirent et se neutralisent deux à deux. Perfectionnons le dispositif par un système de connexions permettant le raccordement au circuit extérieur, c'est-à-dire mettons un conducteur en contact avec le germanium P (ANODE) et un autre conducteur en contact avec le germanium N (CATHODE). Les semi-conducteurs connaissent un développement impressionnant, ce qui nous permet de penser que l'avenir réservera au transistor une place très importante, au moins équivalente à celle du tube électronique qui existe depuis bientôt un demi-siècle. Les Etats-Unis d'Amérique, les pays Européens, le Japon produisent chaque année des dizaines de millions d'appareils à transistors, et des centaines de millions de transistors ayant des caractéristiques bien particulières selon leur type. Il existe des transistors spécialement étudiés pour les très hautes fréquences (au-delà de 1.000 MHz), transistors pour hautes fréquences (appareils radio), transistors pour fréquences sonores (amplificateurs BF). De même, on peut classer les transistors selon leur puissance. La figure 1 montre quelques transistors grandeur nature. On examinera en particulier, le transistor SFT316 ; il donne une idée de l'encombrement réduit des transistors subminiatures. Naturellement, le SFT316 est utilisé uniquement comme étage amplificateur de faible puissance HT (de l'ordre du milliwatt), alors que le SFT212, a des dimensions un peu plus conséquentes : sa puissance peut atteindre 4 Watts et peut être comparée au tube EL84. La diode OA202 de la série subminiature, qui est également un dispositif à semi-conducteur, et le redresseur SFR 151 sont au silicium ; les autres diodes et transistors représentés à la figure 1 sont au germanium : la SFD 106 est une diode subminiature à pointe "tout verre". Nous allons examiner plus loin, les Transistors OC71 et SFT353. Ces transistors sont, en effet couramment utilisés dans les circuits des récepteurs radio et leurs caractéristiques nous serviront dans nos démonstrations. Tout d'abord, nous allons étudier le fonctionnement du transistor, et voir ce que nous pouvons attendre des résultats des essais pratiques.

Le même développement est repris dans les leçons théoriques mais ici nous décrivons essentiellement du point de vue pratique. CONSTITUTION ET FONCTIONNEMENT DES DIODES ET TRANSISTORS Matériaux utilisés - Germanium P, Germanium S. Le germanium est le semi-conducteur le plus connu et le plus utilisé dans la reproduction industrielle des transistors, mais il ne peut être employé à l'état pur. Quelques impuretés (en quantité infime), mélangées à sa structure cristalline, suffiront à augmenter efficacement sa conduction électrique. Cette introduction d'impuretés dans le réseau cristallin du germanium est appelée DOPAGE, (figure 2).

Obtient ainsi deux types de germanium : le type P, le type N. Germanium type P obtenu par l'introduction d'atomes d'arsenic de phosphore ou d'aluminium au germanium pur détermine l'apparition de charges positives libres. Germanium type K ; de même l'introduction d'atomes d'arsenic de phosphore ou d'aluminium au germanium pur détermine l'apparition de charges négatives libres. Dans les deux cas, la présence d'impuretés augmente la conduction électrique. Le germanium P est donc plus conducteur que le germanium N. Les deux types de germanium sont donc différents et peuvent être utilisés pour réaliser des circuits complémentaires.

COMMENT IDENTIFIER LES POLARITÉS DE L'OHMMÈTRE L'appareil du cours radio est dépourvu de marquage pour permettre l'identification de l'extérieur des polarités du circuit de mesure. Dans la partie de l'appareil qui contient le circuit de mesure, il y a une plaque de métal sur laquelle sont indiquées les deux bornes de l'ohmmètre. Ces bornes sont identifiées par une ligne horizontale et une ligne diagonale. La borne positive est celle qui a la ligne diagonale et la borne négative celle qui n'en a pas. Ensuite, il faut identifier les deux bornes de l'ohmmètre. Si l'ohmmètre est branché correctement, la borne positive sera celle qui a la ligne diagonale et la borne négative celle qui n'en a pas. Si l'ohmmètre est branché incorrectement, la borne positive sera celle qui n'a pas la ligne diagonale et la borne négative celle qui en a.

COMMENT IDENTIFIER LA DÉPOLARISATION D'UN OHMMÈTRE MESURE DES DEUX RÉSISTANCES D'UNE DIODE A SEMI-CONDUCTEURS Ainsi lorsque l'on passe l'ohmmètre à une résistance, il est possible de déterminer la polarité de la résistance. Si l'ohmmètre indique une valeur élevée, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur faible, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur moyenne, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très élevée, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très faible, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur moyenne, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très élevée, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur très faible, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur moyenne, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très élevée, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur très faible, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur moyenne, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très élevée, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur très faible, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur moyenne, alors la résistance est correctement branchée. Si l'ohmmètre indique une valeur très élevée, alors la résistance est à l'envers. Si l'ohmmètre indique une valeur très faible, alors la résistance est correctement branchée. Si l'

ELEMENTS SUR LA PLAQUETTE Disposez, sur la face EXTERNE de la plaquette, quatre bornes colorées (2 noires et 2 rouges) dans les trous centraux repérés par les signes F2, F3, F5 et F6 selon les indications portées en figure 6 sur laquelle vous repérez les couleurs respectives des bornes dans lesquelles viendront s'enficher les fils de raccordement.

Fixe le potentiomètre linéaire P1 de 500Ω dans le trou F4 sur la face INTERNE de la barrette en le bloquant avec ses deux écrous et sa rondelle dans la position indiquée en figure 6. Prenez bien soin de votre potentiomètre, car c'est lui, qui une fois les montages expérimentaux terminés, vous servira pour réaliser le transistormètre. Ce petit montage mécanique est maintenant terminé.

Vous allez pouvoir passer au câblage des connexions électriques. MONTAGE ELECTRIQUE Avant de vous indiquer le montage, il est opportun d'établir une convention simple qui permettra de distinguer facilement les sorties du potentiomètre.

Les potentiomètres ont trois sorties ; observez un potentiomètre par sa face postérieure, c'est-à-dire du côté opposé à l'axe de commande, et tenez-le dans la position indiquée figure 7. Nous dirons que la cosse de gauche est la sortie de DEBUT DE COURSE (I) et la cosse droite est la sortie de FIN DE COURSE (F). La cosse du milieu correspondant au CURSEUR est désigné quant à elle par la lettre C. Si vous orientez différemment le potentiomètre, les positions apparaissent de ces sorties seront modifiées mais non leur échelonnement et leurs positions respectives entre elles. Cette convention sera valable pour repérer les sorties de tous les types de potentiomètres. Nous allons voir maintenant les diverses façons du câblage. Note : 1) dans certains cas, les fils de sortie des éléments devront être raccourcis convenablement; 2) le couple des fils n'est donné qu'à titre indicatif; a) câbler, entre la borne noire montée en F6 et la cosse CA 29, une résistance R1 de 1000Ω, 1/2 W (marron - noir - marron) b) câbler entre la borne rouge montée en F2 et la cosse CA 27, la résistance R2 de 330Ω 1/2 W (orange - orange - marron); c) réunir avec un fil isolé noir de 2,5 cm environ la cosse CA 28 à la cosse I du potentiomètre P1 de 500 Ω. N'effectuez la soudure que sur la cosse CA 28. d) réunissez par un fil de câblage isolé noir de 5 cm environ, la sortie C du potentiomètre à la borne rouge montée en F5. Soudez, parmi les fils torsadés, prenez 50 cm de chacun des fils jaune, rouge et vert et retorsadez l'ensemble.

Une extrémité de cette torsade sera reliée à la plaque relais, l'autre sera terminée par des pinces crocodile, e) soudez le fil vert de la torsade à la cosse F du potentiomètre, g) soudez le fil jaune de la torsade à la borne noire montée en F3. Le câblage terminé est représenté en figure 8.

Vous raccorderiez maintenant, ainsi que je vous l'ai précédemment indiqué, les extrémités restées libres des trois fils torsadés sur les pinces crocodile. Il est préférable de souder le fil sur la pince crocodile, h) le fil rouge sur une pince rouge.

i) le fil vert sur la pince non isolée, j) le fil noir sur une pince noire (figure 9). k) si ne vous reste plus qu'à câbler le transistor SFT353 (ou SFT352 ou SFT252) sur la face externe de la plaque-relais. Une attention toute particulière devra être apportée durant la soudure de ses connexions sur la plaquette : en fait vous devez éviter de chauffer le transistor. Pour ne pas transmettre une chaleur excessive, il est nécessaire de procéder à la soudure le plus rapidement possible et d'utiliser un fer bien chaud dont la panne est bien propre et parfaitement étamée. Les fils de sortie du transistor ne devront jamais être raccourcis dans un montage expérimental (à cause des nombreuses opérations de câblage et décalage).

Pour souder le transistor sans l'échauffer, vous maintiendrez la connexion que vous soudiez entre les deux broches placées entre la soudure et le corps du transistor (figure 10). Vous devez vous assurer que les broches de la pince sont bien planes et privées de toute trace d'oxyde, de graisse ou de toute matière qui pourrait faire obstacle à une parfaite diffusion de la chaleur. Pour faciliter la prise de la soudure, nettoyez auparavant avec le maximum d'attention l'extrémité des fils de sortie du transistor et le rivet de la plaque-relais. Pour l'identification des sorties du transistor, reportez-vous aux précisions fourries à la 2ème leçon Pratique (paragraphe 2, figure 6 et figure 7). Pour simplifier les explications je vous indiquerai les sorties des transistors sous leurs références : C pour le collecteur, E pour l'émetteur, B pour la base. La sortie E devra être soudée dans l'oeillet de la cosse CA 29, la sortie B dans l'oeillet de la cosse CA 28 et la sortie C dans l'oeillet de la cosse CA 27. Vérifiez que les 3 sorties E, B et C du transistor ne se touchent pas. l) enfiler sur l'axe du potentiomètre le bouton plastique. Le travail sur la plaque est maintenant terminé, il ne vous reste plus qu'à procéder à la préparation de deux cordons et deux "strap" nécessaires pour effectuer la mesure. Remarque : On appelle "strap" un fil munis de fiches bananes et permettant de relier extérieurement 2 points d'un circuit, m) prenez 8 cm environ de fil de connexion noir et soudez à ses extrémités deux fiches bananes noires (figure 11a).

n) terminez les deux fils d'une torsade rouge et noire par 2 fiches bananes noires et 2 fiches bananes rouges respectivement sur les fils noir et rouge (figure 11b), o) soudez enfin les sorties de la résistance R3 de 400 Ω 1/2 W sur deux fiches bananes rouges (figure 11e).

Avant de procéder au contrôle du fonctionnement du circuit, il est nécessaire d'effectuer un contrôle visuel très sérieux de manière à éliminer les éventuelles erreurs de montage qui peuvent être mortelles pour le transistor. Plaquette 1 : CA 29 : Lanquette : sortie de la résistance R1 (100 Ω 1/2 W) oeillet : sortie E du transistor CA 28 : Lanquette : connexion à cosse 1 de P1 oeillet : sortie B du transistor CA 27 : lanquette : sortie de la résistance R2 (330Ω 1/2 W) oeillet : sortie C du transistor Potentiomètre P1 (500Ω) : Cosse 1 : fil vert torsadé terminé par pince crocodile non isolée de la lanquette de CA 28 Cosse C : fil de connexion à la borne rouge F5 Cosse F : fil rouge torsadé terminé par pince crocodile isolée rouge Bornes isolées : Noir (F6), sortie de la résistance R1 (100Ω 1/2 W) Rouge (F5) : fil de connexion à la cosse C de P1 Noire (F3) : fil noir torsadé terminé par pince crocodile isolée rouge (F2) : sortie de la résistance R2 (330Ω 1/2 W) Transistor : C (collecteur) : à l'oeillet de CA 27 B (base) : à l'oeillet de CA 28 E (émetteur) : à l'oeillet de CA 29 CONTROLE DU FONCTIONNEMENT II est maintenant possible de contrôler le fonctionnement du premier circuit expérimental réalisé.

Posez le montage sur un support non métallique bien propre de façon à éviter tout court-circuit accidentel.

Insérez entre la borne noire F6 et la borne rouge F5 la résistance R3 (400 1/2 W) montée sur fiches bananes ; réunissez, avec le cordon réalisé précédemment les bornes noire P3 et rouge F2 d'une partie aux bornes noire (c.P) et rouge (lma) du contrôleur universel du cours Radio d'autre part. Le contrôleur devra être commuté sur volt-mA et C.C. Tournez le potentiomètre PI complètement à gauche et réunissez les trois fils torsadés dans l'ordre suivant : pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire pince crocodile rouge au pôle positif (petite lame) Vous trouverez en figure 12 une représentation complète de la plaquette de l'amplificateur, vue de la face externe.

Si les connexions n'ont pas été effectuées dans l'ordre que je vous ai indiqué ou que vous avez effectué la moindre erreur, le transistor risque d'être détruit, aussi je ne vous recommanderai jamais assez de procéder avec le maximum d'attention. En tournant lentement le potentiomètre P1 dans le sens des aiguilles d'une montre (que j'appellerai toujours par la suite SENS NORMAL, en opposition avec les sens opposés à une autre montre que j'appellerai SENS INVERSE), vous devrez observer une déviation croissante du contrôleur jusqu'à une valeur approchante de 8 à 9 mA lorsque le potentiomètre est à fond de course. Si vous n'obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, contrôlez immédiatement les connexions du potentiomètre P1 et celles de la pile. Le contrôle de fonctionnement une fois effectué, débranchez les connexions de la pile dans l'ordre suivant : pince crocodile rouge pince crocodile noire pince crocodile non isolée Je vais maintenant passer, dans la dernière partie de cette leçon à la description du circuit réalisé et l'explication son fonctionnement. MONTAGE EN BASE COMMUNE . SCHEMA DE L'AMPLIFICATEUR EXPERIMENTAL Sur la figure 13, vous pouvez voir le schéma de l'amplificateur que vous avez réalisé. Le circuit est conçu pour la mesure du courant d'entrée entre les bornes F5 et F6 (circuit d'entrée) et du courant de sortie entre les bornes F2 et F3 (circuit de sortie). Quand vous voudrez mesurer le courant d'entrée, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω ; inversement pour la mesure du courant de sortie, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω entre F5 et F6 comme représenté sur la figure 13. La résistance de 400Ω sera remplacée par le contrôleur 1 000Ω/2V du cours Radio en sensibilité 10 mA. (si vous utilisez un autre contrôleur, la valeur de la résistance devrait être différente). Cela est nécessaire afin de ne pas modifier les conditions de fonctionnement de l'amplificateur : en effet, si vous mesuez d'abord le courant de sortie par exemple, en refermant le circuit d'entrée par un simple pontet court-circuit (strap) lorsque vous passerez à la mesure du courant d'entrée correspondant, vous insérez la résistance interne du contrôleur dans le circuit d'entrée alors qu'il n'était pas primativement. Les résultats seront faux et peuvent entraîner de graves erreurs. Au contraire, en utilisant la résistance de 400Ω, le fait de modifier le branchement du contrôleur ne modifiera pas les valeurs des courants puisque vous aurez remplacé la résistance interne par une résistance extérieure de valeur identique. L'élément de pile de 1,5V sera à alimenter le circuit d'entrée donc à tourner le courant IE. Les éléments de pile de 3 Volts alimentent le circuit de sortie, donc fournissent le courant IC. Observez sur le schéma de la figure 13 que les courants IE et IC circulent en opposition de sens dans la connexion de la base qui est COMMUNE aux deux circuits (entrée et sortie) ; il passe donc dans la connexion de base pour courant EGAL A LA DIFFERENCE des courants d'Emetteur IE et de Collecteur IC, ce courant différentiel est nommé COURANT DE BASE et symbolisé par IB. Le potentiomètre de 500Ω sera à régler à la tension de polarisation de l'émetteur de 0,15V et donc fonctionne en POTENTIOMETRE DE TENSION. La résistance de 100Ω sera à déterminer la valeur du courant IE, elle fonctionne donc en résistance de polarisation. En agissant sur le potentiomètre, vous pouvez faire varier le courant de commande du transistor (qui est ici IE) de 0 à 12mA environ. La résistance de 330Ω constitue la charge de l'amplificateur. Nous allons maintenant effectuer les mesures de courants dans le but de vérifier comment fonctionne un transistor en montage base commune (dit encore "base à la masse"). MESURE DES COURANTS Disposez l'amplificateur sur votre table de travail dans la position de la figure 12. A la fin des contrôles de fonctionnement, vous avez débranché les connexions vers la pile. Avant de les brancher à nouveau, retirez des bornes F5 et F6 le pontet à résistance qui vous brancherez entre les bornes F2 et F3 ; puis branchez la pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire de la pile, la NOIRE au négatif, et la ROUGE au positif et insérez le contrôleur à position 10 mA C.C. entre les bornes F5 et F6 (fiches bananes ROUGE F5 et NOIRE F6). Vous avez ainsi réalisé les connexions permettant de lire le courant d'entrée (ou COURANT EMETTEUR) IE Si le potentiomètre de l'amplificateur est A FOND A GAUCHE, l'aiguille de l'appareil est au voisinage de ZERO et on peut considérer comme NULLE le courant IE. Si vous tournez le potentiomètre dans le sens normal, le courant IE augmente graduellement, pour atteindre la valeur maximum correspondant au fond de cours. Si vous obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, le courant de la pile devient négatif. Pour faciliter la prise de la soudure, nettoyez auparavant avec le maximum d'attention la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 29, la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 28 et la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 27.

Tournez le potentiomètre PI complètement à gauche et réunissez les trois fils torsadés dans l'ordre suivant : pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire pince crocodile rouge au pôle positif (petite lame) Vous trouverez en figure 12 une représentation complète de la plaquette de l'amplificateur, vue de la face externe.

Si les connexions n'ont pas été effectuées dans l'ordre que je vous ai indiqué ou que vous avez effectué la moindre erreur, le transistor risque d'être détruit, aussi je ne vous recommanderai jamais assez de procéder avec le maximum d'attention. En tournant lentement le potentiomètre P1 dans le sens des aiguilles d'une montre (que j'appellerai toujours par la suite SENS NORMAL, en opposition avec les sens opposés à une autre montre que j'appellerai SENS INVERSE), vous devrez observer une déviation croissante du contrôleur jusqu'à une valeur approchante de 8 à 9 mA lorsque le potentiomètre est à fond de course. Si vous n'obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, contrôlez immédiatement les connexions du potentiomètre P1 et celles de la pile. Le contrôle de fonctionnement une fois effectué, débranchez les connexions de la pile dans l'ordre suivant : pince crocodile rouge pince crocodile noire pince crocodile non isolée Je vais maintenant passer, dans la dernière partie de cette leçon à la description du circuit réalisé et l'explication son fonctionnement. MONTAGE EN BASE COMMUNE . SCHEMA DE L'AMPLIFICATEUR EXPERIMENTAL Sur la figure 13, vous pouvez voir le schéma de l'amplificateur que vous avez réalisé. Le circuit est conçu pour la mesure du courant d'entrée entre les bornes F5 et F6 (circuit d'entrée) et du courant de sortie entre les bornes F2 et F3 (circuit de sortie). Quand vous voudrez mesurer le courant d'entrée, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω ; inversement pour la mesure du courant de sortie, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω entre F5 et F6 comme représenté sur la figure 13. La résistance de 400Ω sera remplacée par le contrôleur 1 000Ω/2V du cours Radio en sensibilité 10 mA. (si vous utilisez un autre contrôleur, la valeur de la résistance devrait être différente). Cela est nécessaire afin de ne pas modifier les conditions de fonctionnement de l'amplificateur : en effet, si vous mesuez d'abord le courant de sortie par exemple, en refermant le circuit d'entrée par un simple pontet court-circuit (strap) lorsque vous passerez à la mesure du courant d'entrée correspondant, vous insérez la résistance interne du contrôleur dans le circuit d'entrée alors qu'il n'était pas primativement. Les résultats seront faux et peuvent entraîner de graves erreurs. Au contraire, en utilisant la résistance de 400Ω, le fait de modifier le branchement du contrôleur ne modifiera pas les valeurs des courants puisque vous aurez remplacé la résistance interne par une résistance extérieure de valeur identique. L'élément de pile de 1,5V sera à alimenter le circuit d'entrée donc à tourner le courant IE. Les éléments de pile de 3 Volts alimentent le circuit de sortie, donc fournissent le courant IC. Observez sur le schéma de la figure 13 que les courants IE et IC circulent en opposition de sens dans la connexion de la base qui est COMMUNE aux deux circuits (entrée et sortie) ; il passe donc dans la connexion de base pour courant EGAL A LA DIFFERENCE des courants d'Emitteur IE et de Collecteur IC, ce courant différentiel est nommé COURANT DE BASE et symbolisé par IB. Le potentiomètre de 500Ω sera à régler à la tension de polarisation de l'émetteur de 0,15V et donc fonctionne en POTENTIOMETRE DE TENSION. La résistance de 100Ω sera à déterminer la valeur du courant IE, elle fonctionne donc en résistance de polarisation. En agissant sur le potentiomètre, vous pouvez faire varier le courant de commande du transistor (qui est ici IE) de 0 à 12mA environ. La résistance de 330Ω constitue la charge de l'amplificateur. Nous allons maintenant effectuer les mesures de courants dans le but de vérifier comment fonctionne un transistor en montage base commune (dit encore "base à la masse"). MESURE DES COURANTS Disposez l'amplificateur sur votre table de travail dans la position de la figure 12. A la fin des contrôles de fonctionnement, vous avez débranché les connexions vers la pile. Avant de les brancher à nouveau, retirez des bornes F5 et F6 le pontet à résistance qui vous brancherez entre les bornes F2 et F3 ; puis branchez la pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire de la pile, la NOIRE au négatif, et la ROUGE au positif et insérez le contrôleur à position 10 mA C.C. entre les bornes F5 et F6 (fiches bananes ROUGE F5 et NOIRE F6). Vous avez ainsi réalisé les connexions permettant de lire le courant d'entrée (ou COURANT EMETTEUR) IE Si le potentiomètre de l'amplificateur est A FOND A GAUCHE, l'aiguille de l'appareil est au voisinage de ZERO et on peut considérer comme NULLE le courant IE. Si vous tournez le potentiomètre dans le sens inverse, le courant IE augmente graduellement, pour atteindre la valeur maximum correspondant au fond de cours. Si vous obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, le courant de la pile devient négatif. Pour faciliter la prise de la soudure, nettoyez auparavant avec le maximum d'attention la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 29, la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 28 et la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 27.

Tournez le potentiomètre PI complètement à gauche et réunissez les trois fils torsadés dans l'ordre suivant : pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire pince crocodile rouge au pôle positif (petite lame) Vous trouverez en figure 12 une représentation complète de la plaquette de l'amplificateur, vue de la face externe.

Si les connexions n'ont pas été effectuées dans l'ordre que je vous ai indiqué ou que vous avez effectué la moindre erreur, le transistor risque d'être détruit, aussi je ne vous recommanderai jamais assez de procéder avec le maximum d'attention. En tournant lentement le potentiomètre P1 dans le sens des aiguilles d'une montre (que j'appellerai toujours par la suite SENS NORMAL, en opposition avec les sens opposés à une autre montre que j'appellerai SENS INVERSE), vous devrez observer une déviation croissante du contrôleur jusqu'à une valeur approchante de 8 à 9 mA lorsque le potentiomètre est à fond de course. Si vous n'obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, contrôlez immédiatement les connexions du potentiomètre P1 et celles de la pile. Le contrôle de fonctionnement une fois effectué, débranchez les connexions de la pile dans l'ordre suivant : pince crocodile rouge pince crocodile noire pince crocodile non isolée Je vais maintenant passer, dans la dernière partie de cette leçon à la description du circuit réalisé et l'explication son fonctionnement. MONTAGE EN BASE COMMUNE . SCHEMA DE L'AMPLIFICATEUR EXPERIMENTAL Sur la figure 13, vous pouvez voir le schéma de l'amplificateur que vous avez réalisé. Le circuit est conçu pour la mesure du courant d'entrée entre les bornes F5 et F6 (circuit d'entrée) et du courant de sortie entre les bornes F2 et F3 (circuit de sortie). Quand vous voudrez mesurer le courant d'entrée, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω ; inversement pour la mesure du courant de sortie, vous insérez le milliampermètre entre F2 et F3 et la résistance de 400Ω entre F5 et F6 comme représenté sur la figure 13. La résistance de 400Ω sera remplacée par le contrôleur 1 000Ω/2V du cours Radio en sensibilité 10 mA. (si vous utilisez un autre contrôleur, la valeur de la résistance devrait être différente). Cela est nécessaire afin de ne pas modifier les conditions de fonctionnement de l'amplificateur : en effet, si vous mesuez d'abord le courant de sortie par exemple, en refermant le circuit d'entrée par un simple pontet court-circuit (strap) lorsque vous passerez à la mesure du courant d'entrée correspondant, vous insérez la résistance interne du contrôleur dans le circuit d'entrée alors qu'il n'était pas primativement. Les résultats seront faux et peuvent entraîner de graves erreurs. Au contraire, en utilisant la résistance de 400Ω, le fait de modifier le branchement du contrôleur ne modifiera pas les valeurs des courants puisque vous aurez remplacé la résistance interne par une résistance extérieure de valeur identique. L'élément de pile de 1,5V sera à alimenter le circuit d'entrée donc à tourner le courant IE. Les éléments de pile de 3 Volts alimentent le circuit de sortie, donc fournissent le courant IC. Observez sur le schéma de la figure 13 que les courants IE et IC circulent en opposition de sens dans la connexion de la base qui est COMMUNE aux deux circuits (entrée et sortie) ; il passe donc dans la connexion de base pour courant EGAL A LA DIFFERENCE des courants d'Emitteur IE et de Collecteur IC, ce courant différentiel est nommé COURANT DE BASE et symbolisé par IB. Le potentiomètre de 500Ω sera à régler à la tension de polarisation de l'émetteur de 0,15V et donc fonctionne en POTENTIOMETRE DE TENSION. La résistance de 100Ω sera à déterminer la valeur du courant IE, elle fonctionne donc en résistance de polarisation. En agissant sur le potentiomètre, vous pouvez faire varier le courant de commande du transistor (qui est ici IE) de 0 à 12mA environ. La résistance de 330Ω constitue la charge de l'amplificateur. Nous allons maintenant effectuer les mesures de courants dans le but de vérifier comment fonctionne un transistor en montage base commune (dit encore "base à la masse"). MESURE DES COURANTS Disposez l'amplificateur sur votre table de travail dans la position de la figure 12. A la fin des contrôles de fonctionnement, vous avez débranché les connexions vers la pile. Avant de les brancher à nouveau, retirez des bornes F5 et F6 le pontet à résistance qui vous brancherez entre les bornes F2 et F3 ; puis branchez la pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire de la pile, la NOIRE au négatif, et la ROUGE au positif et insérez le contrôleur à position 10 mA C.C. entre les bornes F5 et F6 (fiches bananes ROUGE F5 et NOIRE F6). Vous avez ainsi réalisé les connexions permettant de lire le courant d'entrée (ou COURANT EMETTEUR) IE Si le potentiomètre de l'amplificateur est A FOND A GAUCHE, l'aiguille de l'appareil est au voisinage de ZERO et on peut considérer comme NULLE le courant IE. Si vous tournez le potentiomètre dans le sens normal, le courant IE augmente graduellement, pour atteindre la valeur maximum correspondant au fond de cours. Si vous obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, le courant de la pile devient négatif. Pour faciliter la prise de la soudure, nettoyez auparavant avec le maximum d'attention la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 29, la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 28 et la partie de la pile où vous avez soudué le fil de connexion à la cosse CA 27.

Tournez le potentiomètre PI complètement à gauche et réunissez les trois fils torsadés dans l'ordre suivant : pince crocodile non isolée à la prise intermédiaire pince crocodile rouge au pôle positif (petite lame) Vous trouverez en figure 12 une représentation complète de la plaquette de l'amplificateur, vue de la face externe.

Si les connexions n'ont pas été effectuées dans l'ordre que je vous ai indiqué ou que vous avez effectué la moindre erreur, le transistor risque d'être détruit, aussi je ne vous recommanderai jamais assez de procéder avec le maximum d'attention. En tournant lentement le potentiomètre P1 dans le sens des aiguilles d'une montre (que j'appellerai toujours par la suite SENS NORMAL, en opposition avec les sens opposés à une autre montre que j'appellerai SENS INVERSE), vous devrez observer une déviation croissante du contrôleur jusqu'à une valeur approchante de 8 à 9 mA lorsque le potentiomètre est à fond de course. Si vous n'obtenez pas un déplacement dans le sens inverse, contrôlez immédiatement les connexions du potentiomètre P1 et celles de la pile. Le contrôle de fonctionnement une fois effectué, débranchez les connexions de la pile dans l'ordre suivant : pince crocodile rouge pince crocodile noire pince crocodile non isolée Je vais maintenant passer, dans la dernière partie de cette leçon à la description du circuit réalisé et l'explication son fonctionnement. MONTAGE EN BASE COMMUNE . SCHEMA DE L'AMPLIFICATEUR EXPERIMENTAL Sur la figure 13, vous pouvez voir le schéma de l'amplificateur que vous avez réalisé. Le circuit est conçu pour la mesure du courant d'entrée entre les bornes F5 et F6 (circuit d'entrée) et du courant de sortie entre les bornes F2 et F3 (circuit de sortie). Quand

plaquettes, condensateurs), vous trouverez également trois nouveaux transistors que vous allez utiliser dans le montage de cette leçon. le transistor SFT308 deux transistors pour des montages expérimentaux (type M) Le SFT308 a été étudié pour l'emploi dans les circuits oscillateurs et convertisseurs de fréquence dans la bande des ondes moyennes (petites et grandes ondes) mais ceci n'exclut pas qu'il puisse être également utilisé comme amplificateur BF dans les circuits expérimentaux du cours. Sa structure externe est similaire à celle des transistors présentés dans la deuxième leçon pratique, c'est-à-dire que le SFT308 est fabriqué comme le SFT322 ; les marquages pour l'identification des sorties sont les mêmes que ceux indiqués en figure 7 de la deuxième leçon pratique. Les deux transistors expérimentaux sont particulièrement indiqués pour les montages d'essais dont les conditions de fonctionnement ne sont pas critiques.

Les sorties sont indiquées à la figure 1 REALISATION DU PONT DE MESURES Un pont de mesures est un dispositif très simple, utilisé couramment en laboratoire pour la détermination précise des résistances par comparaison avec des résistances étalon. Il peut être utilisé pour la mesure des capacités, des inductances de selfs et autres constantes d'un circuit électrique.

Le pont que vous allez réaliser sera utilisé pour mesurer les résistances et les capacités dans les gammes de 10Ω à $10M\Omega$ et de $10pF$ à $10\mu F$. Pour la mesure des résistances, il conviendra d'alimenter le dispositif par une pile, mais pour la mesure des capacités, il est nécessaire de l'alimenter par un signal alternatif sinusoïdal ; pour cela, vous utiliserez le générateur BF construit à la 11ème leçon pratique. Vous allez maintenant pouvoir passer à la réalisation du pont.

Ensuite, vous étudierez le principe de fonctionnement et vous complèterez l'appareil par un AMPLIFICATEUR - DETECTEUR qui permettra d'obtenir des mesures plus précises. PREPARATION DE LA PLAQUETTE Le pont de mesures sera réalisé sur la nouvelle plaque à 34 cosses que nous appellerons plaque III ; cette plaque est identique à la plaque I et on la numérotera de la même manière, c'est-à-dire en suivant l'ordre numérique. Disposez et numérotez la plaque III comme indiqué sur la figure 2 (de CA 65 à CA 98, attention à l'orientation). Préparez toutes les cosses selon la méthode habituelle, c'est-à-dire en coupant l'extrémité et en repliant la languette à 90° . Montez dans le trou F7 le potentiomètre P1 = 500Ω avec les cosses tournées vers l'extérieur (figure 3) et bloquez-le sur la plaque. MONTAGE ELECTRIQUE Vous allez maintenant commencer le montage électrique du pont en effectuant les premières connections entre les cosses de P1 et celles de la plaque. Vous devez utiliser, en premier lieu du fil isolé de connexion et du fil nu étamé. Câblez 20 mm environ de fil nu étamé entre la cosse I de P1 et l'œillet de CA 82. Ne soudez qu'en P1. 20 mm environ de fil nu étamé entre la cosse I de P1 et l'œillet de CA 65. Ne soudez qu'en P1.

40 mm environ de fil isolé entre C de P1 et l'œillet de CA 66. Soudez aux deux points. 50 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 69 et CA 86. Soudez aux deux points. coupez deux longueurs de 25 cm environ de fil souple (rouge par exemple) et torsadez-les. A l'une des extrémités de cette torsade, soudez deux pinces crocodiles rouges et soudez les deux fils de l'autre extrémité sur les œillets de CA 82 et CA 65.

Voici terminé le montage relatif au pont de mesures. En figure 3 est représenté le travail terminé. CONTROLE VISUEL CA 65 œillet fil nu étamé allant à F de P1 premier fil rouge de la torsade CA 66 languette connexion isolée à C de P1 CA 69 œillet connexion isolée à CA 86 CA 82 languette fil nu étamé allant à I de P1 deuxième fil rouge de la torsade sortie du condensateur C9 = $20kpF$ CA 86 œillet connexion isolée à CA 69 Cosse I à l'œillet de CA 82 Cosse C à l'œillet de CA 86 Cosse F à l'œillet de CA 65 CONTROLE DE FONCTIONNEMENT Avant de procéder au contrôle de fonctionnement, munissez le potentiomètre P1, du cadran gradué dessiné à la dernière page de cette leçon (figure A). Fig. 4 Après l'avoir recollé sur le carton fort de 50 x 58 mm, le cadran devra être placé sous l'écrou de blocage du potentiomètre. Tournez le potentiomètre complètement à gauche et bloquez le bouton flèche sur le trait d'origine de l'axe du cercle intérieur. En tournant complètement à droite, la flèche devra se trouver en correspondance avec le trait final. Prenez le générateur BF monté à la leçon précédente et dessoudez la résistance R6 = 470Ω des cosses CA 16 et CA 17 (plaquette I). Connectez les deux piles de 4,5 V en série : pour cela, soudez 30 mm environ de fil nu étamé entre le pôle positif de l'une et le pôle négatif de l'autre. Utilisez un élastique ou un ruban adhésif pour en faire un bloc homogène. Connectez les fils rouges de la tresse du pont aux languettes de CA 16 et CA 17. Sur les mêmes points, disposez les pointes de touche du contrôleur préparé pour la mesure des tensions alternatives en calibre 10V et tournez le potentiomètre P2 (plaquette I) complètement à gauche. Connectez le générateur à la batterie de piles, le fil noir au pôle négatif, le fil rouge au pôle positif. Tournez lentement le potentiomètre P2 dans le sens direct de façon à obtenir une déviation de l'aiguille. A ce point, arrêtez le réglage de P2 et déconnectez la plaque I de la batterie. Soudez provisoirement (mais correctement) sur la plaque III entre les languettes de CA 82 et CA 86 la résistance R 30 = $2,2k\Omega$ et entre les languettes de CA 65 et CA 69 la résistance R8 = $1k\Omega$.

Si vous disposez d'un écouteur téléphonique, insérez-le entre les cosses CA 66 et CA 69, sinon connectez ces cosses à la prise P.U d'un récepteur radio (CA 66 à la borne de masse). Connectez le générateur à la batterie. Vous devrez entendre à l'écouteur ou au haut-parleur un son dont l'amplitude est variable selon le réglage du potentiomètre P1 de la plaque III. Vous devrez noter une atténuation très sensible dans la zone comprise entre 1,8 et 2,65 de la graduation du cadran. En particulier, vous devrez relever une annulation presque complète du son pour un point précis compris entre les deux limites ci-dessus.

Pour déterminer la valeur de la résistance R 30, vous devrez multiplier la valeur de R 8 ($1k\Omega$) par le nombre lu sur l'échelle au moment de l'extinction totale du son. Supposons que le point en question soit de 2,4 vous aurez : La valeur obtenue dans ce cas est supérieure à la valeur nominale de R 30 ($2,2k\Omega$), ceci est pourtant possible car la valeur effective de cette résistance est donnée avec une tolérance de $\pm 20\%$. Vous pouvez donc dans ce cas obtenir une valeur comprise entre 1760Ω et 2640Ω , qui prouvera que votre pont fonctionne normalement. Vous pouvez maintenant couper l'alimentation et déconnecter le pont du générateur. PONT DE MESURES - CIRCUIT ET FONCTIONNEMENT SCHEMA DE PONT Le schéma dessiné en figure 4, représente de façon simplifiée le circuit du pont que vous venez de réaliser. Comme vous pouvez le voir, il s'agit d'une simple "maille" à quatre côtés ; chaque côté ayant une résistance déterminée : R1 dans le côté A-B ; R2 en B-C, RC en C-D et RX en D-A. Entre les points A et C est connecté le générateur qui alimente le circuit ; entre les points opposés B et D se trouve connecté un dispositif dit DETECTEUR D'EQUILIBRE DU PONT. Pour fixer les idées, supposez que le générateur soit constitué par une pile et qu'entre les points D et B soit inséré un milliampèremètre continu. Si entre les points D et B existe une différence de potentiel, il passera à travers le milliampèremètre un courant qui sera indiqué par l'instrument. Si au contraire, les points D et B se trouvent au même potentiel, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence de potentiel entre eux, il ne passera aucun courant dans l'appareil de mesure et on dira que le PONT EST EN EQUILIBRE. La condition d'équilibre se produira chaque fois qu'il existe entre les valeurs des résistances insérées dans le pont la relation suivante : Par exemple, si $R1 = 1\ 000\Omega$, $R2 = 100\Omega$, $RC = 10\ 000\Omega$, le pont sera en équilibre pour $RX = 100\ 000\Omega$ parce que $100\ 000 = (1\ 000)/100 \times 10\ 000$ Le pont fonctionnera de façon analogue si au lieu d'une pile vous utilisez un générateur de courant alternatif ; par exemple vous pouvez l'alimenter avec un générateur BF et utiliser un écouteur téléphonique comme détecteur.

Vous avez déjà réalisé une expérience de ce genre durant le précédent contrôle de fonctionnement et vous avez pu constater qu'en réglant le potentiomètre P1, le signal entendu diminue d'intensité et s'annule quand le curseur de P1 occupe une position bien déterminée. L'annulation du signal indique évidemment que le pont est en équilibre. Quand le pont est alimenté en alternatif, il est possible de remplacer les résistances par des réactances (par exemple des capacités) ; en particulier vous pouvez substituer le condensateur CX à la résistance RC et un condensateur CC à la résistance RX, en laissant encore dans les branches AB et BC les résistances R1 et R2 (figure 4) Dans ce cas également, l'équilibre du pont se produit quand les valeurs respectives des capacités et des résistances satisfont à une égalité similaire à la précédente, c'est-à-dire quand vous pouvez appliquer la formule suivante : Par exemple, si $R1 = 1\ 000\Omega$, $R2 = 100\Omega$, $CC = 10\ 000pF$ et $CX = 100\ 000pF$ Le pont sera en équilibre parce que $100\ 000 (= CX)$ est égal à : $(1\ 000)/100 \times 10\ 000 (= R1/R2 \times CC)$

FONCTIONNEMENT DU PONT DE MESURES - UTILISATIONS Le schéma électrique du pont tel que vous l'avez construit est dessiné en figure 5. Bien qu'à première vue, il existe une différence entre ce schéma et celui de la figure 4, les deux circuits apparaissent similaires après un examen plus attentif. En effet, dans le circuit de la figure 5, vous pouvez également relever quatre branches AB - BC - CD - DA. Le côté AB comprend une résistance R1 qui est une fraction de P1, le côté BC comprend une résistance R2 qui est l'autre fraction de P1. Les côtés CD et DA comprennent respectivement une résistance RC (ou une capacité CX) et une résistance RX (ou une capacité CC).

Fig. 6 Le pont est alimenté par le générateur BF et est connecté à un détecteur de zéro pour déterminer la condition d'équilibre. Dans la réalisation pratique du pont, un raccordement particulier est prévu afin de pouvoir mesurer des résistances RX ou des capacités CX inconnues. Les résistances R1 et R2 sont obtenues en insérant dans le côté AB une partie de la résistance du potentiomètre P1 et dans le côté BC l'autre partie de la résistance de P1 ; le curseur sépare R1 et R2 et constitue le point du pont. Avec ce système, lorsque vous déplacez le curseur vers l'extrémité A, R1 diminue et R2 augmente ; inversement quand vous déplacez le curseur vers C, R1 augmente et R2 diminue. En fonction de la position du curseur, vous aurez un rapport déterminé R1/R2 qui est indiqué sur l'échelle du cadran du potentiomètre. Cette échelle des rapports est reporté en figure 6. Si par exemple, la flèche du curseur indique 2,4, vous devrez retenir que le rapport R1/R2 pour cette position déterminée est égal à 2,4. Pour déterminer les valeurs inconnues de RX ou de CX, il n'est pas nécessaire de connaître les valeurs de R1 et R2 mais plutôt la valeur du rapport R1/R2 indiqué par la position du curseur de P1 et la valeur de RC (ou de CC). La résistance RC est dite RESISTANCE ETALON. Afin de pouvoir effectuer une mesure suffisamment précise, vous devrez avoir une résistance étalon de valeur peu éloignée de RX. Dans ce but, et selon la valeur de RX, vous choisissez RC égale à 100Ω , $10k\Omega$ ou $1M\Omega$. Voyons comment procéder avec le maximum d'efficacité pour l'utilisation de cette échelle. Après avoir inséré dans le côté DA la résistance que vous voulez mesurer, et après avoir réglé le potentiomètre de façon à obtenir l'équilibre du pont, vous notez la position du bouton flèche sur le cadran. Si la flèche est comprise entre 0,1 et 10, RC est considérée comme adaptée à cette mesure particulière. Si la flèche est à gauche de 0,1, il faudra diminuer la valeur de RC. Si la flèche est à droite de 10, il faudra augmenter la valeur de RC. De cette façon, vous aurez trois gammes de mesure pour les résistances : de 10 à 1000Ω avec $RC = 100\Omega$ de $1\ 000$ à $100\ 000\Omega$ avec $RC = 10\ 000\Omega$ de $0,1$ à $10M\Omega$ avec $RC = 1M\Omega$ Egalement pour la mesure de ces capacités vous disposerez de trois gammes de 10 à $1\ 000pF$ avec $CC = 100pF$ (CONDENSATEUR ETALON) de $1\ 000$ à $100\ 000pF$ avec $CC = 10\ 000pF$ de $0,1$ à $10\mu F$ avec $CC = 1\mu F$ Il est possible de mesurer des résistances inférieures à 10Ω et des capacités inférieures à $10pF$ en utilisant le pont sur la gamme inférieure et en se référant aux graduations de 0,01 à 0,1 ; de même en utilisant la gamme supérieure dans les graduations de 10 à 100 il est aussi possible de mesurer les résistances supérieures à $10M\Omega$ et les capacités supérieures à $10\mu F$, mais il est nécessaire de vous rappeler que les indications ainsi obtenues sont nécessairement imprécises. En effet, quand la flèche se trouve à gauche de 0,1 de l'échelle la discontinuité des variations de P1 se fait sentir ; quand elle est au-delà de la graduation 10, il est difficile d'effectuer une lecture précise de l'échelle : une très petite erreur dans l'appréciation de la position de la flèche entraîne une grande erreur dans la lecture du rapport. Ayant déterminé la gamme d'utilisation du pont, et après avoir réglé l'équilibre à l'aide de P1, vous pouvez déterminer la valeur de la résistance inconnue en appliquant la formule : Par exemple, supposez que le pont est équilibré avec $RC = 10k\Omega$ et la flèche du bouton sur la graduation 5. En appliquant la formule précédente, vous obtenez : La résistance inconnue est donc de $50k\Omega$ En procédant de façon analogue, vous pouvez déterminer la valeur d'une capacité inconnue CX. Par exemple, supposez que le pont est équilibré avec $CC = 1\mu F$ et la flèche sur la graduation 0,35. En utilisant la formule, vous obtenez La capacité inconnue est donc de $0,35\mu F$ ou $350\ 000pF$ Comme le pont que vous avez construit est alimenté avec le générateur BF, vous pouvez utiliser comme détecteur de zéro un écouteur ou un amplificateur mais non le contrôleur universel. La tension alternative présente entre les points D et B (figure 5) a une amplitude maximale de quelques dixièmes de volts et vous ne pourriez donc l'apprécier sur le contrôleur ; d'autre part, il n'est pas possible de l'utiliser sur le calibre 1 mA CC parce qu'en ce cas il ne peut mesurer que des courants continus, alors que le courant produit entre les nœuds B et D est alternatif, puisqu'il est issu d'un générateur BF. Vous allez maintenant pouvoir compléter le dispositif de sortie du pont par un amplificateur à transistor et un redresseur qui vous permettront d'utiliser comme indicateur de zéro le contrôleur en calibre 1 mA CC.

MONTAGE DU DETECTEUR D'EQUILIBRE Avant de procéder à ce montage, dessoudez les deux résistances montées provisoirement entre les cosses CA 65, CA 69 et CA 82, CA 86 ; effectuez maintenant le câblage entre cosses dans l'ordre que je vous indique ci-après. Câblez 75 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 66 et CA 72. Ne soudez qu'en CA 66. 30 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 72 et CA 74. Ne soudez qu'en CA 72. 40 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 74 et CA 77. Ne soudez qu'en CA 74. 70 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 77 et CA 98. Soudez aux deux points. 70 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 70 et CA 75. Ne soudez qu'en CA 70. 60 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 75 et CA 78. Ne soudez qu'en CA 75. 50 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 78 et CA 81. Soudez aux deux points. 40 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 69 et CA 71. Soudez aux deux points. 50 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 73 et CA 91. Soudez aux deux points. 50 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 76 et CA 94. Soudez aux deux points. 70 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 79 et CA 92. Soudez aux deux points. 20 mm environ de fil nu étamé entre les œillets des cosses CA 95 et CA 96. Soudez aux deux points. Voici terminée la première partie du montage telle qu'elle est indiquée en figure 7.

70 mm environ de fil isolé entre les œillets des cosses CA 79 et CA 92. Soudez aux deux points. 20 mm environ de fil nu étamé entre les œillets des cosses CA 95 et CA 96. Soudez aux deux points. Voici terminée la première partie du montage telle qu'elle est indiquée en figure 7. Vous allez maintenant disposer sur la plaque les composants électriques du circuit. Câblez entre les languettes de CA 71 et CA 88 le condensateur papier C11 = 40 pF. Ne soudez qu'en CA 71. entre les languettes de CA 70 et CA 88 la résistance R 23 = 470 kΩ. Ne soudez qu'en CA 88. entre les languettes de CA 72 et CA 89 la résistance R 24 = 5,6 kΩ. Ne soudez qu'en CA 72. entre les languettes de CA 73 et CA 89 le condensateur papier C12 de 40 pF. Soudez aux deux points. entre les languettes de CA 74 et CA 90 la résistance R 6 = 470 Ω. Ne soudez qu'en CA 90. entre les languettes de CA 74 et CA 91 la résistance R 26 = 4,7 kΩ. Ne soudez qu'en CA 74. entre les languettes de CA 75 et CA 91 la résistance R 25 = 27 kΩ. Ne soudez qu'en CA 91. entre les languettes de CA 75 et CA 92 la résistance R 11 = 1,5 kΩ. Ne soudez qu'en CA 75. entre les languettes de CA 76 et CA 92 le condensateur C13 = 50 pF ou 40 pF. Soudez aux deux points. placez entre les languettes de CA 77 et CA 93 le condensateur électrochimique C7 de 100 pF ; sortie positive en CA 77. Ne pas soudez pour le moment. câblez encore entre les languettes de CA 77 et CA 93 la résistance R 29 = 470 Ω. Ne soudez qu'en CA 93. entre les languettes de CA 77 et CA 94 la résistance R 27 = 5,6 kΩ. Ne soudez qu'en CA 77. entre les languettes de CA 78 et CA 94 la résistance R 20 = 18 kΩ. Ne soudez qu'en CA 94. entre les languettes de CA 78 et CA 95 la résistance R 28 = 560 Ω. Soudez aux deux points. entre les languettes de CA 79 et CA 96 le condensateur C14 = 10 pF. Ne soudez qu'en CA 79. entre les languettes de CA 80 et CA 96 le condensateur électrochimique C15 de 5 pF. La sortie positive en CA 80. Ne soudez qu'en CA 96. entre les languettes de CA 80 et CA 97 la résistance R 30 = 2,2 kΩ. Ne soudez qu'en CA 97. entre les languettes de CA 81 et CA 98 le condensateur électrochimique C8 de 100 pF. La sortie positive en CA 98. Ne soudez qu'en CA 81. entre les languettes de CA 80 et CA 98 la diode : la sortie de cathode (bague de repère) sera protégée par un soupliso et soudée en CA 98. Soudez aux deux points. 60 mm de fil nu étamé entre les languettes de CA 70 et CA 87. Soudez aux deux points. la torsade d'alimentation maintenant, fil rouge sur l'œillet de CA 98, fil noir sur l'œillet de CA 81. Soudez aux deux points. préparez 50 cm environ de torsade de fil souple rouge et noir. Câblez une extrémité sur la plaque III (fil noir sur la languette de CA 97 et fil rouge sur la languette de CA 98). L'autre extrémité sera terminée par deux fiches bananes de couleurs identiques aux fils. Ces fiches vous ont servi pour la réalisation du pontet de court-circuit ou du pontet à résistance. à ce moment, il ne vous reste plus qu'à câbler les transistors sur les œillets de la plaque dans l'ordre suivant : Sortie C : sur l'œillet de CA 87 Sortie B : sur l'œillet de CA 88 Sortie E : sur l'œillet de CA 89 PREMIER TRANSISTOR POUR MONTAGES EXPERIMENTAUX (type M) Sortie C : sur l'œillet de CA 92 Sortie B : sur l'œillet de CA 91 Sortie E : sur l'œillet de CA 90 SECOND TRANSISTOR POUR MONTAGES EXPERIMENTAUX (type M) Sortie C : sur l'œillet de CA 95 Sortie B : sur l'œillet de CA 94 Sortie E : sur l'œillet de CA 93 Voici terminé le montage du détecteur ; vous pouvez comparer votre travail avec son aspect final représenté en figure 8. Avant de passer à la vérification du fonctionnement du circuit prenez le temps d'effectuer avec le maximum d'attention le contrôle visuel. CONTROLE VISUEL étant donné la complexité du montage, les points de contrôle que je vous énumère ci-dessous ne comportent pas ceux relatifs au pont de mesure qui ont été déjà vérifiés précédemment. CA 66 œillet connexion isolée à CA 72 CA 66 œillet connexion isolée à CA 72 CA 69 œillet connexion isolée à CA 71 CA 70 œillet connexion isolée à CA 75 languette fil nu étamé allant à CA 87sortie de la résistance R 23 = 470 Ω CA 71 œillet connexion isolée à CA 69 languette sortie du condensateur C 11 = 40 pF CA 72 œillet connexion isolée à CA 74 languette sortie de la résistance R 24 = 5,6 kΩ CA 73 œillet connexion isolée à CA 91 languette sortie du condensateur C 12 = 40 pF CA 74 œillet connexion isolée à CA 72 connexion isolée à CA 77 languette sortie de la résistance R 6 = 470 Ωsortie de la résistance R 26 = 4,7 kΩ CA 75 œillet connexion isolée à CA 70 connexion isolée à CA 78 languette sortie de la résistance R 25 = 27 kΩsortie de la résistance R 11 = 1,5 kΩ CA 76 œillet connexion isolée à CA 94 languette sortie du condensateur C 13 = 40 pF CA 77 œillet connexion isolée à CA 74 connexion isolée à CA 98 languette sortie positive du condensateur électrochimique C7 = 100 pFsortie de la résistance R 29 = 470 Ωsortie de la résistance R 27 = 5,6 kΩ CA 78 œillet connexion isolée à CA 75connexion isolée à CA 81 languette sortie de la résistance R 20 = 18 kΩsortie de la résistance R 28 = 560 Ω CA 79 œillet connexion isolée à CA 92 languette sortie du condensateur C 14 = 10 pF CA 80 languette sortie positive du condensateur électrochimique C 15 = 5 pFsortie de la résistance R 30 = 2,2 kΩsortie d'anode (non repérée) de la diode CA 81 œillet connexion isolée à CA 78fil noir de la torsade d'alimentation languette sortie négative du condensateur électrochimique C8 = 100 pF CA 87 œillet sortie C du transistor SFT308 languette fil nu étamé allant à CA 70 CA 88 œillet sortie B du transistor SFT308 languette sortie de la résistance R 23 = 470 kΩsortie du condensateur C 11 = 40 pF CA 89 œillet sortie E du transistor SFT308 languette sortie de la résistance R 24 = 5,6 kΩsortie du condensateur C 12 = 40 pF CA 90 œillet sortie E du premier transistor expérimental languette sortie de la résistance R 6 = 470 Ω CA 91 œillet connexion isolée à CA 73sortie B du premier transistor expérimental languette sortie de la résistance R 26 = 4,7 kΩsortie de la résistance R 25 = 27 kΩ CA 92 œillet sortie C du premier transistor expérimental connexion isolée à CA 79 languette sortie de la résistance R 11 = 1,5 kΩsortie du condensateur C 13 = 40 pF CA 93 œillet sortie E du deuxième transistor expérimental languette sortie négative du condensateur électrochimique C 7 = 100 pFsortie de la résistance R 29 = 470 Ω CA 94 œillet sortie B du deuxième transistor expérimental connexion isolée à CA 76 languette sortie de la résistance R 27 = 5,6 kΩsortie de la résistance R 20 = 18 kΩ CA 95 œillet sortie C du deuxième transistor expérimental fil nu étamé allant à CA 96 languette sortie de la résistance R 28 = 560 Ω CA 96 œillet fil nu étamé allant à CA 95 languette sortie du condensateur C 14 = 10 pFsortie négative du condensateur électrochimique C 15 = 5 pF CA 97 languette sortie de la résistance R 30 = 2,2 kΩfil noir vers le contrôleur universel CA 98 œillet connexion isolée à CA 77fil rouge de la torsade d'alimentation languette sortie positive du condensateur électrochimique C 8 = 100 pFsortie de cathode (repérée) de la diodefil rouge vers le contrôleur universel Sortie C : sur l'œillet de CA 87 Sortie B : sur l'œillet de CA 88 Sortie E : sur l'œillet de CA 89 PREMIER TRANSISTOR POUR MONTAGES EXPERIMENTAUX Sortie C : sur l'œillet de CA 92 Sortie B : sur l'œillet de CA 91 Sortie E : sur l'œillet de CA 90 SECOND TRANSISTOR POUR MONTAGES EXPERIMENTAUX Sortie C : sur l'œillet de CA 95 Sortie B : sur l'œillet de CA 94 Sortie E : sur l'œillet de CA 93 CONTROLE DE FONCTIONNEMENT Le contrôle de fonctionnement est très simple et est analogue à celui effectué précédemment pour le pont de mesures : toutefois, maintenant vous

allez remplacer l'écouteur par un appareil indicateur. Pour le contrôle vous pouvez employer une résistance inutilisée, par exemple la résistance R 8 = 1kΩ qui devra être câblée entre CA 65 et CA 69 et la résistance R13 = 2,7kΩ qui devra être câblée entre CA 82 et CA 86. Reprenez maintenant le générateur BF et connectez sur ces cosses CA 16 et CA 17 la torsade d'alimentation du PONT. Si par inadvertance, vous avez bougé le potentiomètre P2, vous devrez en refaire le réglage comme déjà effectué précédemment.

Reliez maintenant la torsade à fiches bananes au contrôleur (la noire dans la borne CC et la rouge dans la borne LM). Connecter maintenant les torsades d'alimentation du générateur et du détecteur à la batterie de piles. Attention le détecteur est alimenté en 9 V (2 piles en série). Vous noterez alors sur le contrôleur une indication dont l'amplitude dépend de la position de P1 (plaquette III), en particulier vous pourrez relever une position de P1 pour laquelle le contrôleur indiquera une valeur minimale voisine de zéro. Cette position de P1 correspond à une lecture sur le cadran comprise entre 2,4 et 3 qui devra être multipliée par R8 (1kΩ) pour obtenir la valeur réelle de la résistance en essai (dans votre cas R 13) Supposez que le nombre lu sur le cadran des rapports soit 2,8 vous aurez $R13 = 2,8 \times 1\text{k}\Omega = 2,8\text{k}\Omega$. Cette valeur est acceptable puisque elle est comprise dans les tolérances. DETECTEUR D'EQUILIBRE DU PONT - CIRCUIT ET FONCTIONNEMENT En figure 9, est représenté le schéma électrique du dispositif ajouté à la sortie du pont. Le circuit que vous pouvez voir est constitué de trois parties : l'étage formé du transistor TR1 l'amplificateur qui comprend TR2 et TR3 le détecteur qui sert à redresser le courant de sortie de façon à pouvoir utiliser comme instrument de mesures, le contrôleur sur la gamme 1 mA continu. Examinons séparément les principales caractéristiques des trois circuits. ETAGE AVEC TR1 Le premier étage est similaire à celui représenté sur le schéma de la figure 9 de la leçon pratique VIII. En les comparant, il résulte que les deux circuits sont constitués par des amplificateurs à sortie sur l'émetteur. Les circuits de ce type sont dits AMPLIFICATEURS EN COLLECTEUR COMMUN. Il est possible de comparer ces circuits avec les circuits à tubes électroniques avec sortie sur la cathode, appelés en technique radioélectrique AMPLIFICATEURS A CATHODE "FOLLOWER" (on dit quelque fois cathodyne). Il est intéressant de noter que l'amplificateur en collecteur commun n'introduit pas de gain de tension, parce que la contre-réaction dû à la résistance d'émetteur fait, que l'amplitude du signal disponible sur l'émetteur ne peut jamais être supérieure à l'amplitude du signal appliqué à la base. Ce circuit à collecteur commun ne sert dans notre cas qu'à adapter la sortie du pont à l'entrée de TR2 qui constitue le premier étage de l'amplificateur proprement dit. Cette adaptation est nécessaire pour éviter que la basse impédance d'entrée du transistor TR2 ne diminue la sensibilité du pont. AMPLIFICATEUR A DEUX ETAGES (TR2 et TR3) L'amplificateur est formé de deux circuits en émetteur commun et ne se distingue sous cet aspect d'aucun autre amplificateur déjà vu au cours des leçons précédentes. La seule particularité est constituée par la présence du condensateur C 14 entre les collecteurs de TR2 et TR3. La présence de C14 rend l'amplificateur sélectif car il introduit une contre-réaction d'autant plus importante que la fréquence est élevée. En pratique, cet effet de contre-réaction n'est sensible que sur les fréquences supérieures à la fondamentale, améliorant ainsi la forme sinusoïdale du signal et facilitant de ce fait l'équilibre du pont. ETAGE REDRESSEUR Ce circuit est constitué par la diode et le condensateur de liaison C15. Le courant alternatif du signal, après avoir traversé le condensateur C15 se divise en deux alternances : l'une positive et l'autre négative. L'alternance positive est mise à la masse à travers la résistance directe de la diode et ne peut donc passer dans l'appareil de mesures. Au contraire, l'alternance négative qui ne peut passer par la diode doit, pour s'écouler à la masse traverser l'appareil de mesure le faisant dévier, et la résistance R30. Je vous donnerai une description plus complète et plus appropriée de ce processus dans une prochaine leçon théorique, lorsque je traiterai des circuits à transistors. Au cours de la prochaine leçon Pratique, vous construirez un autre dispositif : un CAPACIMETRE qui permettra la lecture directe des valeurs mesurées. Fin du cours 12 CAPACIMETRE A LECTURE DIRECTE Les appareils à transistors présentent certains avantages par rapport à ceux à tubes électroniques. Leur fonctionnement est immédiat, ils n'exigent pas de chauffage de la cathode comme dans les tubes électroniques. Ils sont d'encombrement réduit, de faible poids et ont en général une alimentation autonome. Ils donnent des indications plus stables qui ne sont pas sujettes aux variations de la tension du secteur ni à des phénomènes d'induction dûs au courant alternatif de l'alimentation. Ils sont constitués par des circuits beaucoup plus simples. Ils peuvent avoir une très longue durée de vie parce que le fonctionnement des transistors est virtuellement illimité dans le temps. Les instruments de mesures à transistors que vous pouvez réaliser sont en si grand nombre qu'il est pratiquement impossible de les étudier tous. Lorsque vous connaîtrez bien le fonctionnement des amplificateurs, des multivibrateurs, des ponts de mesures et des circuits redresseurs, vous pourrez comprendre facilement comment fonctionnent tous les autres appareils d'utilisation courante dans les laboratoires de dépannage ou de recherche. Pour compléter l'aperçu sur les circuits fondamentaux utilisés dans les appareils de mesures, je vais vous faire procéder à la réalisation d'un CAPACIMETRE. Ce nouvel appareil expérimental se distingue des précédents en ce qu'il permet de lire directement sur le cadre de l'instrument les valeurs mesurées, qui en l'occurrence sont les valeurs des condensateurs. Il représente donc, parmi les autres appareils étudiés dans les leçons de ce Cours, le type des instruments à LECTURE DIRECTE. Pour alimenter le capacimètre, vous utiliserez le générateur de la 11ème leçon pratique, mais comme le signal fourni par ce générateur est trop élevé, vous aurez à y effectuer d'abord quelques

valeurs des condensateurs. Il représente donc, parmi les autres appareils étudiés dans les leçons de ce Cours, le type des instruments à LECTURE DIRECTE. Pour alimenter le générateur de la 11ème leçon pratique ; mais comme le signal fourni par ce générateur est trop élevé, vous aurez à y effectuer d'abord quelques modifications simples. Ensuite, vous verrez comment se présente le circuit ainsi modifié : il ne s'agit pas de modification profonde puisqu'il est seulement nécessaire de diminuer l'amplitude du signal en conservant la forme sinusoïdale. MODIFICATION DU GENERATEUR DE LA PRATIQUE 11 La modification du générateur précédemment réalisé ne présente aucune difficulté ; il s'agit en effet, de remplacer deux condensateurs et une résistance par d'autres de valeurs différentes, de supprimer un condensateur électrochimique et de supprimer deux connexions. Voici maintenant les différentes opérations à effectuer sur la plaquette I. DESCRIPTION DE LA MODIFICATION Le travail de transformation est très rapide ; les diverses phases en sont indiquées ci-dessous : Dessoudez le condensateur C10 = 40kpf des cosses CA 3 et CA 20. le condensateur C4 = 40kpf des cosses CA 5 et CA 22. la résistance R17 = 3,9kΩ des cosses CA 7 et CA 23. le condensateur électrochimique C6 = 100 µF des cosses CA 10 et CA 27. la connexion en fil isolé entre les cosses CA 12 et CA 15. la connexion en fil isolé entre les cosses CA 15 et CA 34. Ces deux dernières opérations devront être effectuées avec beaucoup de soin afin de ne pas endommager les éléments montés sur les cosses. dessoudez encore sur la plaquette III, la résistance R26 = 4,7kΩ des cosses CA 74 et CA 91 Les opérations préparatoires sont terminées. Vous pouvez maintenant effectuer le câblage des nouveaux éléments sur la plaquette I. Câblez entre les languettes de CA 3 et CA 20, le condensateur C5 = 20kpf. Soudez aux deux points. entre les languettes de CA 5 et CA 22, le condensateur C9 = 20kpf. Soudez aux deux points. entre les languettes de CA 7 et CA 23, la résistance R26 = 4,7kΩ. Soudez aux deux points. au ras de la plaquette 80 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 12 et CA 34. Soudez aux deux points. 50 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 15 et CA 33. Soudez aux deux points. Voici terminé ce montage électrique relatif à la modification du générateur BF. Le travail ainsi réalisé est représenté en figure 1 en traits gras. Avant de passer à la vérification du fonctionnement, effectuez un contrôle visuel limité à la partie qui a subi les modifications. CONTROLE VISUEL Le contrôle est très rapide puisque les éléments à vérifier sont en nombre réduit. PLAQUETTE I (seulement pour les nouvelles connexions) CA 3 languette sortie du condensateur C5 = 20kpf CA 5 languette sortie du condensateur C9 = 20kpf CA 7 languette sortie de la résistance R26 = 4,7kΩ CA 10 languette libre CA 12 œillet connexion isolée à CA 34 CA 15 œillet connexion isolée à CA 33 CA 20 languette sortie du condensateur C5 = 20kpf CA 22 languette sortie du condensateur C9 = 20kpf CA 23 languette sortie de la résistance R26 = 4,7kΩ CA 27 languette libre CA 33 œillet connexion isolée à CA 15 CA 34 œillet connexion isolée à CA 12. CONTROLE DE FONCTIONNEMENT Le contrôle de fonctionnement ne présente aucune difficulté, il est analogue à ceux effectués précédemment pour ce même circuit. Avant de connecter la plaquette à la batterie de piles, tournez complètement à gauche le potentiomètre P2 et connectez le contrôleur, préparé pour la mesure des tensions alternatives (en calibre 10V) sur les languettes de CA 16 et CA 17. Alimentez maintenant le générateur ; tournez lentement P2. Lorsque vous obtiendrez une légère déviation de l'aiguille du contrôleur vous cesserez de tourner le potentiomètre. Si vous n'obtenez aucune indication, contrôlez à nouveau la partie du circuit modifiée. Si tout est normal, câblez alors le condensateur électrochimique C6 = 100 µF entre les cosses CA 10 (sortie positive) et CA 27 (sortie négative) : de cette façon, vous obtiendrez à coup sûr une indication au voltmètre. CIRCUIT MODIFIÉ En figure 2 est reporté le schéma électrique du générateur avec les variantes qui correspondent à la modification effectuée. En comparant ce schéma au schéma original (figure 5 - pratique 11) vous noterez que les condensateurs C10 et C4 et la résistance R17 ont été remplacés respectivement par C5, C9 et R26, les capacités ont été réduites de 40kpf à 20kpf alors que la résistance a été augmentée de 3,9 à 4,7kΩ. La modification de la capacité insérée dans le pont de Wien sert à porter la fréquence du générateur de 1 000 à 1 500 Hz (environ) et l'augmentation de la résistance sert à assurer l'entretien des oscillations à la nouvelle fréquence. L'utilisation d'une fréquence supérieure à celle déterminée dans le montage de la pratique 11 permet d'obtenir, à même amplitude de signal, une amélioration de la réponse du contrôleur qui est l'instrument indicateur du capacimètre. L'autre modification sert à augmenter la contre-réaction sur les étages amplificateurs de façon à diminuer l'amplitude du signal de sortie. En effet, en supprimant le condensateur C6, la contre-réaction apportée au courant continu par R1 dans le circuit d'émetteur de TR 2 s'applique également maintenant au courant alternatif. Quant à la résistance R19 câblée entre collecteur et base de TR3 elle apporte à cet étage une contre-réaction en alternatif et en continu sans modifier sensiblement le point de fonctionnement du transistor.

connexion isolée à CA 68 connexion isolée à CA 78 languette sortie de la résistance R10 = 1,5kΩ CA 73 œillet connexion isolée à CA 75 connexion isolée à CA 89 languette sortie de la résistance R20 = 18kΩ CA 74 œillet connexion isolée à CA 69 connexion isolée à CA 76 languette sortie de la résistance R33 = 10kΩ sortie de la résistance R34 = 1kΩ sortie positive du condensateur électrochimique C7 = 100 µF CA 75 œillet connexion isolée à CA 73 languette sortie négative du condensateur électrochimique C8 = 100 µF CA 76 œillet connexion isolée à CA 74 connexion isolée à CA 98 languette sortie de la résistance R35 = 10kΩ sortie de la résistance R29 = 470Ω sortie positive du condensateur électrochimique C16 = 100 µF CA 77 œillet connexion isolée à CA 95 languette sortie de la résistance R25 = 27kΩ CA 78 œillet connexion isolée à CA 72 connexion isolée à CA 81 languette sortie 1 du transformateur T2 CA 79 languette sortie 2 du transformateur T2 sortie positive du condensateur électrochimique C15 = 5 µF CA 80 languette sortie de la résistance R11 = 1,5kΩ fil noir de la torsade vers le contrôleur CA 81 œillet connexion isolée à CA 78 fil noir de la torsade d'alimentation languette sortie de cathode (repérée) de la diode sortie négative du condensateur électrochimique C17 = 100 µF fil rouge de la torsade vers le contrôleur CA 82 œillet support de P1 fil nu étamé allant à I de P1 languette sortie de la résistance R6 = 470Ω CA 83 œillet connexion isolée à F de P1 languette sortie de la résistance R8 = 1kΩ CA 84 œillet connexion isolée à CA 68 sortie Cdu premier transistor type M CA 86 œillet connexion isolée à CA 84 connexion isolée à CA 71 sortie B du premier transistor type M languette sortie de la résistance R31 = 220kΩ CA 87 œillet sortie E du premier transistor type M languette sortie de la résistance R32 = 4,7kΩ sortie négative du condensateur électrochimique C20 = 100 µF CA 88 languette sortie du condensateur C18 = 1 200 pF connexion isolée à Cde P1 CA 89 œillet connexion isolée à CA 73 sortie Cdu 2ème transistor type M languette sortie de la résistance R10 = 1,5kΩ CA 90 œillet connexion isolée à CA 70 sortie B du 2ème transistor type M languette sortie de la résistance R20 = 18kΩ sortie de la résistance R33 = 10kΩ CA 91 œillet sortie E du 2ème transistor type M languette sortie de la résistance R34 = 1kΩ sortie négative du condensateur électrochimique C7 = 100 µF CA 92 œillet connexion isolée à CA 94 languette sortie positive du condensateur électrochimique C8 = 100 µF sortie de la résistance R35 = 10kΩ CA 93 œillet sortie E du transistor SFT308 languette sortie de la résistance R29 = 470Ω sortie négative du condensateur électrochimique C16 = 100 µF CA 94 œillet connexion isolée à CA 92 sortie B du transistor SFT308 languette sortie de la résistance R25 = 27kΩ CA 95 œillet connexion isolée à CA 77 fil nu étamé allant à CA 96 sortie Cdu transistor SFT308 CA 96 œillet fil nu étamé allant à CA 95 languette sortie 3 du transformateur T2 CA 97 languette sortie négative du condensateur électrochimique C15 = 5 µF sortie de la résistance R11 = 1,5kΩ sortie d'anode (non repérée) de la diode CA 98 œillet connexion isolée à CA 76 fil rouge de la torsade d'alimentation languette sortie positive du condensateur électrochimique C17 = 100 µF Cosse I : fil nu étamé allant à CA 82 Cosse C : fil nu étamé allant à CA 82 Cosse F : connexion isolée à CA 83 Sortie 1 : sur la languette de CA 78 Sortie 2 : sur la languette de CA 79 Sortie 3 : sur la languette de CA 96 Sortie 4 : libre Sortie 5 : libre PREMIER TRANSISTOR TYPE M Sortie C : sur l'œillet de CA 85 Sortie B : sur l'œillet de CA 86 Sortie E : sur l'œillet de CA 87 Sortie C : sur l'œillet de CA 89 Sortie B : sur l'œillet de CA 90 Sortie E : sur l'œillet de CA 91 Sortie C : sur l'œillet de CA 95 Sortie B : sur l'œillet de CA 94 Sortie E : sur l'œillet de CA 93 Le contrôle visuel du capacimètre est terminé. CONTROLE DE FONCTIONNEMENT ET UTILISATION Pour pouvoir effectuer le contrôle de fonctionnement, connectez les cosses de sortie du génératrice (CA 16 et CA 17 de la plaquette I) au capacimètre au moyen de la torsade rouge. Connectez également la torsade rouge dans la borne noire. Enfilez un bouton plastique sur l'axe du potentiomètre P1 et tournez-le.

générateur (CA 16 et CA 17 de la plaquette 1) au capacimètre au moyen de la torsade rouge. Connectez également la torsade rouge - noire au contrôleur préparé pour la mesure des courants continus 1 mA LM, le fil rouge dans la borne rouge, le fil noir dans la borne noire. Enfilez un bouton plastique sur l'axe du potentiomètre P1 et tournez-le approximativement vers le milieu de sa course. Soudez : Entre les languettes des cosses CA 84 et CA 88, un condensateur étalon, qui peut-être dans votre cas, le condensateur C10 = 50kpf. Connectez à la batterie de piles (9 V, c'est-à-dire 2 piles de 4,5 V en série), les torsades d'alimentation du générateur et du capacimètre.

Tournez lentement le potentiomètre P2 de manière à obtenir une déviation sur le milliampèremètre. Dès lors, vous devez régler P2 de telle sorte que l'aiguille du milliampèremètre soit très stable ; à ce moment-là votre générateur sera dans la meilleure condition d'oscillation. Il s'agit maintenant de tarer votre appareil de mesure. Pour cela : à l'aide de P1, amenez l'aiguille exactement sur la valeur de fond d'échelle (contrôleur sur 1 mA). Vous venez d'effectuer le tarage de l'appareil par lequel vous pouvez lire directement sur l'échelle du contrôleur la valeur de la capacité insérée entre les cosses CA 84 et CA 88. Dans votre cas, vous aurez 50kpf comme valeur de fond d'échelle. Si vous disposez

de P1, diminuez l'aiguille exactement sur la valeur de fond d'échelle (contrôleur sur 1 mA) vous venez d'effectuer le tarage de l'appareil par lequel vous pouvez lire directement sur l'échelle du contrôleur la valeur de la capacité inscrite entre les cosses CA 84 et CA 86. Dans votre cas, vous aurez 50kpf comme valeur de fond d'échelle. Si vous disposez du contrôleur du cours de Radio, la lecture devra être effectuée sur l'échelle noire 10 V mA CC et la valeur obtenue devra être multipliée par 5 000. Durant l'essai de fonctionnement, vous devrez veiller tout particulièrement à ne pas court-circuiter les cosses CA 98 et CA 97 par un condensateur ou un objet métallique. Un tel court-circuit provoquerait la destruction irrémédiable de la diode, avec comme conséquence, la mise hors service presque certaine du contrôleur. Dessoudez maintenant le condensateur C10 = 50kpf et remplacez-le par un condensateur de 10kpf. L'aiguille indiquera 2 (environ) ce qui donne pour ce condensateur $2 \times 5\,000 = 10\,000\text{pF}$. Dessoudez un côté du 10kpf et soudez en série le condensateur de 50kpf. La valeur résultante est : $C_t = (10 \times 50)/(10+50) = 500/60 = 8,3\text{kpf}$ environ. L'aiguille indiquera maintenant 1,65 environ. $1,65 \times 5\,000 = 8250\text{pF}$ (environ 8,3kpf) La précision de la mesure obtenue dépend principalement de la valeur réelle du condensateur ayant servi pour le tarage. Si vous disposez d'un condensateur étalon de capacité exactement égale à 50 000 pF, vous auriez des indications très précises. Si par contre, vous utilisez pour le tarage un condensateur ayant une tolérance de $\pm 20\%$, ce qui est votre cas en ce moment, cette même tolérance est à appliquer aux valeurs lues. Par exemple, si le condensateur étalon a une capacité réelle de 60kpf au lieu de 50kpf (+ 20 %), toutes les mesures seront affectées d'une erreur de - 20 %. Si au contraire le condensateur étalon a une capacité réelle de 40kpf (- 20 %) toutes les indications seront erronées de + 20 %. En vous tenant aux indications les plus défavorables, vous pouvez admettre que le capacimètre a une précision de $\pm 20\%$ (environ). En pratique, il faut vous rappeler que lorsque vous mesurez un condensateur, vous pouvez lire une valeur supérieure ou inférieure de 40 % à celle inscrite sur l'élément ; en effet, à la tolérance propre de l'élément à mesurer, il faut ajouter la tolérance du capacimètre ($20\% + 20\% = 40\%$). En mesurant par exemple le condensateur C14 de 10kpf, vous pourrez obtenir, dans les conditions les plus défavorables, l'indication de 6kpf ou 14kpf. Toutes les indications comprises entre ces valeurs extrêmes doivent donc être considérées comme valables. Si par hasard, par le réglage des deux potentiomètres P1 et P2, il ne vous était pas possible d'amener l'aiguille en fin de course, il vous faudra contrôler à l'ohmmètre l'isolement du condensateur électrochimique C15 = 5uF monté entre CA 79 et CA 97.

La gamme de mesures possible s'étend de 2 000 pF à 0,5µF environ ce qui est très suffisant en général. CIRCUIT DU CAPACIMETRE Le circuit du capacimètre (figure 7) est constitué essentiellement d'un amplificateur à trois étages, d'un circuit d'entrée particulier et d'un redresseur de sortie pour l'utilisation du contrôleur en calibre 1 mA CC qui est l'instrument indicateur. En figure 8, le circuit de l'amplificateur est mis en évidence. En observant ce schéma, vous pouvez constater qu'il s'agit d'un amplificateur très semblable à celui construit dans la seconde partie de la leçon précédente. Le premier étage, celui du transistor TR1, est constitué par un circuit en collecteur commun, qui fonctionne comme un amplificateur cathodyne et sert à adapter l'impédance du circuit d'entrée du capacimètre à l'impédance d'entrée du transistor TR2. L'amplificateur proprement dit est formé de deux étages successifs qui comprennent les transistors TR 2 et TR3 en montage émetteur commun. A ce propos, il est bon de noter que les résistances R20 et R25, connectées entre base et collecteur, introduisent une contre-réaction dans les circuits respectifs. Cette contre-réaction diminue l'amplitude du signal afin d'éviter qu'en fin de chaîne le transistor TR3 ne soit saturé. Il en résulte que le réglage de P1 s'en trouve grandement facilité. Le circuit d'entrée du capacimètre (figure 9) est formé des résistances

R6 et R8, du potentiomètre P1 et des condensateurs C18 et C19. Le condensateur CX qui est celui à mesurer est connecté en parallèle sur C18. La résistance R6 fonctionne comme charge du générateur alors que R8 et P1 forment un pont diviseur de tensions. En réglant P1, vous faites varier l'amplitude du signal qui sera appliquée à l'entrée de l'amplificateur à travers le condensateur C18 ou à travers la capacité résultante de C18 et CX en parallèle. Le condensateur C18 forme avec C19 un second pont diviseur d'entrée (PONT CAPACITIF) qui sert à corriger la courbe de réponse de la diode redresseuse de façon à obtenir des indications linéaires sur toute l'étendue de l'échelle du contrôleur. Avec ce circuit, en connectant CX en parallèle sur C18 vous augmentez de la valeur de CX la capacité du bras supérieur du pont capacitif, en diminuant la réactance de ce bras proportionnellement à la valeur de CX et en définitive en augmentant en proportion l'amplitude du signal appliquée à l'entrée de l'amplificateur. Comme le signal de sortie de l'amplificateur est proportionnel à celui d'entrée, vous aurez dans le circuit de sortie (figure 9) à travers le millampèremètre, un courant redressé proportionnel à la valeur de la capacité CX que vous voulez mesurer. Avant fixé la valeur de capacité correspondante au courant de fond d'échelle, vous pouvez mesurer les condensateurs CX qui ont une capacité inférieure à la valeur de fond d'échelle en lissant leurs valeurs directement sur l'échelle du contrôleur, comme vous l'avez effectué

redresse proportionnel à la valeur de la capacité CX que vous voulez mesurer. Ayant fixé la valeur de capacité correspondante au courant de fond d'échelle, vous pouvez mesurer les condensateurs CX qui ont une capacité inférieure à la valeur de fond d'échelle en lisant leurs valeurs directement sur l'échelle du contrôleur, comme vous l'avez effectué au cours de cet exercice pratique. Avec la prochaine leçon, vous débuterez un nouveau cycle d'expériences sur le thème très intéressant de la TELECOMMANDE A TRANSISTORS. Fin du cours 13 TELECOMMANDE A TRANSISTORS Par télécommande, il faut entendre tous les dispositifs qui permettent de contrôler à distance des appareils mécaniques, électriques et électroniques. Dans cette leçon et les suivantes, vous étudierez un système particulier de télécommande basé sur le principe de la radiodiffusion. Le dispositif est constitué d'un EMETTEUR, d'un RECEPTEUR et d'un TRANSDUCTEUR ELECTRONIQUE qui détermine l'allumage et l'extinction d'une ampoule. Le transducteur a une fonction analogue à celle du haut-parleur d'un radio-récepteur, à l'écran d'un téléviseur ou au relais du récepteur du radio-guidage pour modèles réduits (avions, bateaux, etc ...). Les premières télécommandes radio furent réalisées il y fort longtemps mais de nombreuses difficultés firent obstacle au développement de la nouvelle technique et à cette époque seuls quelques amateurs éclairés s'intéressaient à la question. Durant la dernière guerre mondiale, où apparurent de nouvelles nécessités militaires et grâce au développement notable de la technique des micro-ondes, beaucoup de difficultés qui avaient auparavant empêché l'application des télécommandes furent surmontées ou simplifiées et ainsi il fut possible de construire de nouveaux appareils qui servirent surtout pour le téléguidage des engins militaires. Dans l'après-guerre les applications se sont trouvées nombreuses dans le domaine civil : on peut enfin penser au radio-guidage automatique pour l'atterrissement des avions, aux installations de télécommande des satellites artificiels et, très récemment, quoique plus modestement, à l'ouverture et la fermeture automatique des portes de garages. Généralement, les circuits électroniques de ces appareils utilisent non seulement des tubes à vide, mais aussi des transistors dont l'emploi s'étend de plus en plus, surtout dans le cas des appareils

mobiles de faible puissance utilisés à des distances limitées. Notre radio-commande à transistors est réalisée entièrement par des circuits électroniques : le transducteur, qui est souvent du type électromécanique est dans notre cas constitué par un circuit à transistors qui fonctionne en interrupteur. Comme émetteur, vous utiliserez un oscillateur à fréquence radio de type particulier dit OSCILLATEUR AUTOMODULE. Le récepteur, spécialement dans la version provisoire de cette leçon, peut être considéré comme un radio-récepteur normal à ondes moyennes. Le transducteur que vous construirez entièrement dans la prochaine leçon est un type particulier de multivibrateur, que nous appellerons INTERRUPTEUR ELECTRONIQUE en raison de sa fonction particulière dans le dispositif de télécommande.

Traitant d'une radiocommande expérimentale, le projet prévoit une portée limitée à quelques décimètres, mais il est possible d'augmenter cette distance sans modifier totalement le circuit original en remplaçant les transistors par d'autres mieux adaptés : toutefois, compte-tenu de cette limitation, le dispositif peut servir à illustrer dans ses généralités l'application des transistors dans l'un des secteurs les plus actuels de l'électronique. Vous allez passer maintenant à la réalisation pratique de l'oscillateur automodulé qui servira d'émetteur.

OSCILLATEUR AUTOMODULE - REALISATION Pour la construction de cet oscillateur vous devrez utiliser un nouvel élément : un transformateur à deux enroulements dont l'un à prise intermédiaire.

CONSTRUCTION DU TRANSFORMATEUR Vous allez effectuer d'abord le premier enroulement du transformateur sur le mandrin que vous avez reçu avec du fil émaillé de 18/100. Auparavant, il vous faudra en recouvrir la partie cannelée par plusieurs tours de ruban adhésif afin de la rendre lisse. Puis en tournant dans la main gauche la partie lisse

CONSTRUCTION DU TRANSFORMATEUR vous allez effectuer d'abord le premier enroulement du transformateur sur le mandrin que vous avez reçus avec du fil émaillé de 18/100. Auparavant, il vous faudra en recouvrir la partie cannelée par plusieurs tours de ruban adhésif afin de la rendre lisse. Puis en tournant dans la main gauche la partie lisse du mandrin, entourez de quelques tours de fil émaillé l'un des tétons de gauche en laissant 15 cm environ de longueur à l'extrémité libre du fil. Cette extrémité sera votre sortie N°1. Puis débutez votre bobinage en enroulant le fil en partant vers l'avant (figure 1a). Bobinez 15 spires de cette manière en les serrant l'une contre l'autre, sans chevauchement pour réaliser un bel enroulement dit "à spires jointives". Maintenant, vous allez réaliser la prise intermédiaire. Pour cela, sans couper le fil, faites une boucle de 10 cm environ de longueur que vous maintiendrez en place par un petit bout de ruban adhésif (figures 1b et 1c). Cette prise intermédiaire constitue la sortie N°2. Terminez maintenant la 2ème partie du premier enroulement en bobinant dans le même sens que précédemment 100 spires jointives (arrivé en bout de mandrin, vous revenez en arrière en bobinant une deuxième couche. Vous arrêterez votre enroulement en faisant quelques tours de fil sur le téton du bord situé dans le même axe que le téton du début d'enroulement. La fin de l'enroulement constitue la sortie N°3 et devra avoir 15 cm environ de long (figure 1d). Vous allez maintenant recouvrir la totalité de l'enroulement par une couche de presspahn que vous maintiendrez en place par du ruban adhésif (figure 2a) (on peut utiliser aussi du ruban "scotch" seul). Maintenant, en partant du téton côté lisse diamétralement opposé à celui de la sortie 1 et en laissant 15 cm environ de fil libre pour la sortie N°4, bobinez 25 spires toujours dans le même sens que pour le premier enroulement. Arrêtez la 25ème spire par un dernier ruban adhésif et consolidez la sortie N°5 en effectuant quelques tours sur le dernier téton restant libre.

Coupez le fil émaillé en laissant 15 cm environ de longueur à la sortie N°5 (figure 2c). La réalisation du transformateur est terminée et vous allez maintenant pouvoir finir la construction de l'émetteur. **PREPARATION DE LA PLAQUETTE** Le circuit de l'oscillateur automodulé sera réalisé sur la plaquette III que vous devrez au préalable décâbler entièrement. Dessoudez tous les éléments en commençant par les transistors et la diode : naturellement, vous veillerez à conserver tous ces éléments qui seront encore utilisés par la suite.

Prenez également la plaquette I de laquelle vous ôterez le potentiomètre P2 de $2M\Omega$ avec son support : vous devrez auparavant dessouder les fils connectés aux cosses du potentiomètre. Montez le potentiomètre P2 sur la plaquette III en disposant ses supports en CA 72 et CA 89 comme indiqué sur la figure 3. Ne soudez qu'en CA 72 **MONTAGE ELECTRIQUE** Comme à l'habitude vous commencerez le montage électrique en câblant les connexions entre cosses avant de monter les éléments. Câblez 50 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 68 et CA 71. Ne soudez qu'en CA 68. b) 60 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 84 et CA 88. Ne soudez qu'en CA 84. c) 30 mm environ de fil isolé entre les œillets de CA 88 et CA 89. Soudez aux deux points. d) 55 mm environ de fil isolé entre l'œillet de CA 71 et les cosses I et C du potentiomètre P2. Soudez aux trois points. e) 75 mm environ de fil isolé entre l'œillet de CA 70 et la cosse F de P2. Soudez aux deux points. Le câblage des connections est terminé, vous allez maintenant monter les éléments. Câblez f) entre les languettes de CA 68 et CA 85 le condensateur C 22 = 500 pF (ou 470 pF).

Ne soudez qu'en CA 68. g) entre les languettes de CA 69 et CA 87 le condensateur C 21 = 1 000 pF. Ne soudez qu'en CA 69. h) entre les languettes de CA 70 et CA 87 la résistance R 31 = 220 k Ω . Soudez aux deux points. Le câblage ainsi terminé est représenté en figure 3 avec laquelle, vous pouvez faire un rapide contrôle visuel.

Ne soudez qu'en CA 66. g) entre les languettes de CA 69 et CA 87 le condensateur C 21 = 1 000 pF. Ne soudez qu'en CA 69. h) entre les languettes de CA 70 et CA 87 la résistance R 31 = 220 kΩ. Soudez aux deux points. Le câblage ainsi terminé est représenté en figure 3 avec laquelle, vous pouvez faire un rapide contrôle visuel. Vous pouvez ensuite monter le transformateur que vous avez réalisé en le vissant dans le trou F7 avec les sorties 1, 2 et 3 tournées vers les cosses CA 68 et CA 69. vissez dans le transformateur le noyau magnétique ainsi que vous pouvez le voir en figure 4. soudez enfin les sorties du transformateur après les avoir dénudées et protégées par du soupliso de longueur adéquate. Sortie 1 : sur la languette de CA 68 Sortie 2 : sur la languette de CA 86 Sortie 3 : sur la languette de CA 85 Sortie 4 : sur la languette de CA 69 Sortie 5 : sur la languette de CA 84 Vous pouvez voir toutes ces connexions en figure 5, sur laquelle n'ont pas été représentés pour simplifier les éléments déjà montés précédemment sur la plaquette. prenez maintenant la torsade rouge et noire d'alimentation munie de pinces crocodiles, que vous récupérerez sur le précédent montage, et soudez le fil rouge à la languette de CA 72 et le noir à la languette de CA 71. pour compléter l'oscillateur automodulé, il ne vous reste plus qu'à câbler le transistor SFT 308 en soudant ses sorties dans l'ordre suivant : Sortie C : sur l'œillet de CA 86 Sortie B : sur l'œillet de CA 87 Sortie E : sur l'œillet de CA 88 Et voici terminé le montage de l'oscillateur automodulé dont le circuit complet est reporté en figure 5. Vous allez pouvoir en effectuer les contrôles, visuel d'abord puis à l'aide du contrôleur. CONTROLE VISUEL CA 68 œillet connexion isolée à CA 71 languette sortie 1 du transformateur languette sortie 1 du transformateur sortie du condensateur C22 = 500pF (ou 470pF) CA 69 languette sortie 4 du transformateur sortie du condensateur C21 = 1 000pF CA 70 œillet connexion isolée à F de P2 languette sortie de la résistance R 31 = 220kΩ CA 71 œillet

connexion isolée à CA 68 connexion isolée à I et C de P2. languette fil noir de la torsade d'alimentation CA 72 oeillet fil nu étamé support de P2. languette fil rouge de la torsade d'alimentation CA 84 oeillet connexion isolée à CA 88. languette sortie 5 du transformateur CA 85 languette sortie 3 du transformateur CA 85 languette sortie du condensateur C22 = 500pF CA 86 oeillet sortie C du transistor SFT 308. languette sortie 2 du transformateur CA 87 oeillet sortie B du transistor SFT 308. languette sortie du condensateur C21 = 1 000pF pFsolt E du transistor SFT 308 connexion isolée à CA 84 connexion isolée à CA 88 oeillet connexion isolée à CA 88 fil étamé support de P2 Sortie 1 : à la languette de CA 68 Sortie 2 : à la languette de CA 86 Sortie 3 : à la languette de CA 85 Sortie 4 : à la languette de CA 69 Sortie 5 : à la languette de CA 84 Sortie C : à l'oeillet de CA 86 Sortie B : à l'oeillet de CA 87 Sortie E : à l'oeillet de CA 88 Cossé 1 : fil vers cosse C1 fil vers cosse CA 71 Cossé C : fil vers cosse I Cossé F : fil vers cosse CA 70 CONTROLE AVEC L'APPAREIL DE MESURE Pour effectuer ce contrôle, il vous faudra alimenter le circuit sous 4,5 V que vous pouvez vous procurer en dessousant les deux piles de celle que vous avez constituée lors des exercices précédents. En premier lieu, vous allez mesurer le courant absorbé par l'oscillateur au moyen du contrôleur du Cours Radio que vous devrez préparer pour la mesure des courants continués en gamme 1 mA L.M. en insérant la fiche banane rouge dans la borne LM et la noire dans la borne C.C. Pour éviter que l'insertion de l'instrument ne provoque une contre-réaction qui pourrait empêcher l'accrochage des oscillations, il est nécessaire sur la figure : connectez la pince noire à la fiche rouge du contrôleur en bâtonnée ; dans ce but vous utiliserez le condensateur C20 de 100pF. Vous devez réaliser le circuit de mesure décrit en figure 6a : connectez la pince crocodile rouge de la torsade d'alimentation au pôle positif de la pile qu'il convient de disposer comme indiqué sur la figure : connectez la pince noire à la fiche rouge du contrôleur en bâtonnée ; dans ce but vous devrez faire augmenter le courant indiqué par l'appareil jusqu'à un débit de 1 mA. Veillez à ne pas dépasser cette valeur, qui est la mieux adaptée pour obtenir un fonctionnement régulier de l'oscillateur. Vous ferez attention ensuite de ne pas modifier ce réglage.

Après avoir réglé le courant absorbé par l'oscillateur, détachez les deux pinces crocodiles et ôtez le condensateur C20. Préparez maintenant le circuit de mesure suivant, comme indiqué en figure 6b où n'est représentée que la partie de la plaque intérieure par les connexions qui sont représentées en traits gras. Prenez la diode détectrice et soudez sa connexion cathode (repérée) sur la languette de CA 71 : prenez le condensateur C24 = 2 000pF et soudez l'une de ses sorties sur la languette de CA 86 et l'autre à la sortie d'anode (non repérée) de la diode. Alimentez maintenant à nouveau l'oscillateur en branchant les pinces crocodiles à la pile (rouge au positif et noire au négatif). Pour effectuer la mesure, vous devrez laisser le contrôleur dans la même position que pour la mesure précédente et vous connecterez pointe rouge à la cathode de la diode, pointe noire à l'anode de la diode. Si l'aiguille de l'instrument se déplace même légèrement de sa position de repos, vous pouvez en conclure que votre oscillateur automodulé fonctionne normalement. En effet, vous venez de mesurer la tension haute fréquence produite par l'oscillateur, tension qui est prélevée au collecteur par le condensateur C24 de 2 000pF et détectée par la diode aux bornes de laquelle vous avez connecté le contrôleur. Celui-ci vous indique le passage d'un courant, qui même très petit est la preuve certaine de la présence d'une oscillation. Si vous n'avez aucun déplacement de l'aiguille, c'est que lors de la réalisation du transformateur, vous vous êtes trompés dans le sens du bobinage du deuxième enroulement. Mais cela n'est pas grave et vous pouvez facilement remédier en inversant entre elles les sorties 4 et 5 du transformateur. C'est-à-dire en connectant la sortie 4 à CA 84 et la sortie 5 à CA 69. Ce test étant terminé, vous devrez dessouder la diode et le condensateur C24 de la plaque qui ne servent qu'à effectuer la mesure. Vous arrêterez ici le contrôle de l'oscillateur automodulé qui ne pourra être complètement vérifié que quand vous aurez réalisé le récepteur.

Auparavant, toutefois, voyons brièvement comment fonctionne cet oscillateur que vous venez de construire. OSCILLATEUR AUTOMODULÉ - CIRCUIT ET Fonctionnement Les oscillateurs à fréquence radio sont, dans leur principe, similaires à ceux étudiés dans les leçons précédentes, c'est-à-dire qu'ils possèdent un réseau de réaction entre l'entrée et l'entrée d'un amplificateur.

L'étude de ces circuits ayant été effectuée très largement dans les leçons théoriques, je me bornerai ici à une simple description de l'émetteur qui comme je vous l'ai déjà dit est constitué par un oscillateur H.F. d'un type particulier. En observant le schéma de la figure 7, vous verrez immédiatement le montage en émetteur commun du transistor : la polarisation de base dépend de la résistance totale du circuit de base déterminée par R31 et le rhéostat P2. La charge d'utilisation est représentée par la section S1 du transformateur (T). Comme le primaire (P) du transformateur possède une prise intermédiaire (B), cet enroulement fonctionne en auto-transformateur dans lequel A est le commun, B l'entrée et Cla sortie. Entre B et A est injecté le signal de sortie de l'amplificateur. Le signal de sortie de l'auto-transformateur apparaît entre Cet A. Les deux signaux ont la même forme, mais leurs amplitudes sont différentes : entre Cet A la puissance est plus grande en raison du plus grand nombre de spires. L'enroulement primaire et le condensateur C22 forment un circuit résonnant qui, pour les valeurs de l'inductance et de la capacité, fonctionne à 600 kHz (environ). Ainsi la fréquence de résonance du circuit est située dans la gamme des Petites ondes. En outre ce même circuit résonnant couple par son enroulement secondaire à la base et produit ainsi un système de réaction entre la sortie et l'entrée du transistor. Le fait de placer le circuit résonnant dans le système de réaction, fait que l'oscillation se produit exclusivement sur la fréquence de ce circuit (600 kHz) c'est-à-dire dans la gamme P.O. alors que l'oscillateur accordé de la 7ème leçon pratique fonctionnait sur la fréquence de son circuit de réaction qui était à basse fréquence. Fonctionnement L'oscillateur que vous avez réalisé dans la leçon pratique 7, fournit-il un signal d'amplitude constante ainsi que le prouve le son constant produit. Au contraire ici, l'oscillateur automodulé produit un signal dont la forme est reproduite en figure 8 où vous voyez apparaître une succession de "trains" d'ondes HF à 600 kHz distants entre eux d'une période (T) : 0,25 milliseconde (environ). La fréquence H.F. qui apparaît à chacun des trains d'ondes est celle déterminée par le circuit résonnant mais l'amplitude du signal varie périodiquement à partir des instants t1, t2, t3 etc... l'amplitude augmente rapidement en présentant un front raide pour atteindre une valeur maximum de 12 V de crête puis ensuite elle diminue plus lentement et s'arrête assez rapidement.

Tout se passe comme si l'onde HF à 600 kHz produite dans l'oscillateur se trouvait modulée par un signal de fréquence acoustique ayant une période de 0,25 ms. Vous pouvez calculer la fréquence de ce signal par la formule : qui dans notre cas particulier donne : $F = 1/(0,25 \text{ ms}) = 1/0,00025 \text{ s} = (100 000/25) = 4 000 \text{ Hz}$ (environ) Comme aucun signal de modulation extérieur à l'oscillateur ne lui est appliqué, vous pouvez en déduire que la modulation se crée dans les circuits mêmes de l'oscillateur ; c'est pour cela qu'il est dit OSCILLATEUR AUTOMODULE. Ce phénomène particulier de modulation est dû à l'influence exercée sur le circuit de base par la répétition des charges et décharges du condensateur C21. La fréquence des cycles de charges et de décharges de C21 à travers le circuit de base dépend de la valeur de capacité du condensateur, de la résistance totale R31 et P2 et de la résistance base-émetteur du transistor. En augmentant la résistance de P2 vous augmenterez la durée du cycle de charge et de décharge.

Inversement, en diminuant P2, cette durée diminue. Puisque le signal de modulation tombe dans la gamme des fréquences acoustiques (environ 4 000 Hz) et que la fréquence radio se trouve dans la gamme P.O., il est possible de contrôler le fonctionnement de l'émetteur en se servant d'un récepteur radio normal accordé autour de 600 kHz. Si vous disposez d'un tel récepteur radio, je vous conseille vivement d'effectuer ce contrôle de fonctionnement. Allumez pour cela le récepteur et recherchez aux environs de 600 kHz, la fréquence modulée produite par votre émetteur. Il vous faut pour cela approcher votre émetteur de la borne antenne du récepteur. Vous pouvez avec certitude eu la possibilité de le vérifier à l'aide d'un récepteur radio. Aujourd'hui, vous réaliserez un récepteur BF à 3 étages comprenant un étage détecteur. RECEPTEUR POUR LE CONTROLE DE L'EMMETTEUR - REALISATION La construction du récepteur pour le contrôle de l'oscillateur automodulé comprend 3 phases qui sont : la réalisation de la bobine nécessaire pour la réception, le montage du circuit détecteur sur une plaque et la réalisation de l'amplificateur basse fréquence qui consistera en une modification du circuit actuellement monté sur la plaque.

CONSTRUCTION DE LA BOBINE PREPARATION DU SUPPORT DE BOBINE Avant toute chose, enlevez les 2 bobines (PO et GO) du ferrite et rangez-les soigneusement. Elles vous serviront ultérieurement pour le récepteur superhétérodyné. Maintenant, prenez une feuille de carton mince et découpez un rectangle de 100 x 40 mm. Enroulez le carton autour du bâtonnet ferrite (deux à trois tours doivent suffire) de façon à réaliser un support de 40 mm de long. Enroulez autour de ce support, un ruban adhésif (type scotch) de façon à obtenir un mandrin pouvant coulisser sur le bâtonnet ferrite (figure 1a). Vous réaliserez la bobine sur le tube de carton avec du fil émaillé de 18/100 que vous avez déjà utilisé dans la construction du transformateur de l'oscillateur automodulé. Dans ce cas encore, vous fixerez le fil avec du ruban adhésif. Fixez le fil à environ 6 mm d'une extrémité du tube de carton, comme vous pouvez le voir en figure 1a.

Notez qu'avant le ruban adhésif vous devez laisser environ 70 mm de fil pour constituer la sortie 1 de la bobine. Enroulez maintenant 24 spires dans le même sens que celui adopté pour le transformateur en ayant soin de les ranger bien régulièrement sans chevauchement, à spires jointives. A la fin de la 24ème spire effectuez la sortie 2 pour la prise intermédiaire de façon que sa longueur soit de 70 mm : procédez ici comme en pratique 14. Complétez ensuite le transformateur en bobinant 72 spires que vous devrez enruler dans le même sens que l'enroulement précédent. A la fin de la dernière spire, fixez le fil par du ruban adhésif avant de le couper de façon à laisser 70 mm pour la sortie 3. La construction de la bobine est terminée et vous ne devez pas oublier de dénuder sur 10mm et d'étamer l'extrémité de chaque sortie pour pouvoir aisément la souder par la suite. MONTAGE DU CIRCUIT AUTOMODULÉ Vous devez préparer la plaque sur laquelle vous monterez le circuit détecteur. Pour cela vous prendrez la plaque II et la couperez, comme indiqué en figure 1b entre les cosses CA 40, CA 41 et CA 55. CA 56 en utilisant une cisaille si possible à larges bécins (ou à l'aide d'une scie). Pour le montage, vous utiliserez la plaque munie de 12 cosses numérotées CA 35 à CA 40 et CA 50 à CA 55 que nous appellerons la plaque II'. En premier lieu, rabattez parallèlement à la plaque les languettes de CA 35 et CA 50. Vous allez maintenant pouvoir effectuer les premières connexions du circuit de détection d'après les indications suivantes : câblez 40 mm environ de fil isolé entre les cosses de CA 51 et CA 53. Soudez aux deux points. câblez 30 mm environ de fil isolé entre les oeillets de CA 37 et CA 38. Soudez aux deux points. Les deux connexions effectuées sont indiquées à la figure 1b. Vous allez monter maintenant les éléments électriques des circuits indiqués en figure 2.

Câblez maintenant : entre les languettes CA 37 et CA 53 le condensateur C 24 = 2 000pF. Soudez aux deux points, entre les mêmes languettes CA 38 et CA 53 le condensateur C 24 = 2 000pF. Soudez aux deux points, entre les languettes CA 37 et CA 52 la diode détectrice, cathode (repérée) en CA 52. Ne soudez qu'en CA 37, entre les languettes de CA 36 et CA 51 le condensateur C 23 = 100 pF. Ne soudez qu'en CA 36. Maintenant, vous pouvez monter sous la plaque II la bobine précédemment réalisée. Pour la fixer vous pouvez utiliser comme suit : à l'aide d'une pointe à tracer percer un petit trou juste devant la figure 2, (attachez à la plaque une ficelle et passez le doigt !), coupez environ 50 mm de fil de cuivre étamé que vous recourez entièrement de scotch, disputez la bobine sur la plaque II' entre les cosses CA 35 et CA 50 de façon que sa sortie 1 se trouve du côté de la crosse 50, replacez et collez le fil de cuivre sur le rebord de la bobine et dans le trou ainsi que vous pouvez le voir en figure 2 ; pour fixer la bobine, il vous reste plus qu'à coller comme la plaque les bobines de fil étamé qui dépassent sous la face externe de la plaque, vous pouvez aussi tout simplement maintenir la bobine contre la plaque, à l'aide de deux morceaux de ruban adhésif. Soudez enfin les sorties de la bobine dans l'ordre suivant : Sortie 1 : sur la crosse CA 51. Sortie 2 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C24. Sortie 3 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C23. Sortie 4 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C22. Sortie 5 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C21. Sortie 6 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 7 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 8 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 9 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 10 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 11 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 12 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 13 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 14 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 15 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 16 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 17 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 18 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 19 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 20 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 21 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 22 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 23 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 24 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 25 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 26 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 27 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 28 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 29 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 30 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 31 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 32 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 33 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 34 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 35 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 36 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 37 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 38 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 39 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 40 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 41 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 42 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 43 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 44 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 45 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 46 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 47 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 48 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 49 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 50 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 51 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 52 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 53 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 54 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 55 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 56 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 57 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 58 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 59 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 60 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 61 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 62 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 63 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 64 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 65 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 66 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 67 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 68 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 69 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 70 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 71 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 72 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 73 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 74 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 75 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 76 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 77 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 78 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 79 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 80 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 81 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 82 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 83 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 84 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 85 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 86 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 87 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 88 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 89 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 90 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 91 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 92 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 93 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 94 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 95 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 96 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 97 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 98 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 99 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 100 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 101 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 102 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 103 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 104 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 105 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 106 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 107 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 108 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 109 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 110 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie 111 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C15. Sortie 112 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C14. Sortie 113 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C13. Sortie 114 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C12. Sortie 115 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C11. Sortie 116 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C10. Sortie 117 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C9. Sortie 118 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C8. Sortie 119 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C7. Sortie 120 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C6. Sortie 121 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C5. Sortie 122 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C4. Sortie 123 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C3. Sortie 124 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C2. Sortie 125 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C1. Sortie 126 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C20. Sortie 127 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C19. Sortie 128 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C18. Sortie 129 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C17. Sortie 130 : sur la languette qui a été déposée par la diode détectrice C16. Sortie