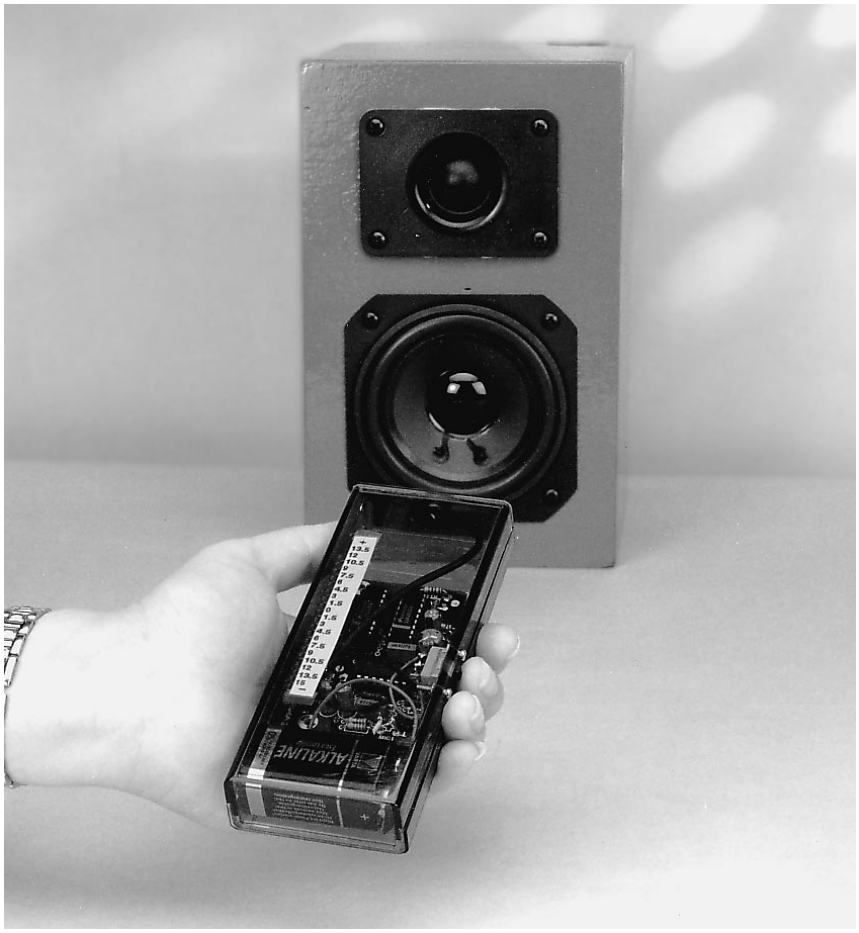
analyseur audio de poche

visualise la pression acoustique sur barregraphe à LED

Peu d'audiophiles disposent de l'appareillage nécessaire pour mesurer sérieusement la pression sonore que délivre un haut-parleur ou évaluer l'acoustique d'un local. Voici l'occasion de faire évoluer la situation et de compléter sa panoplie d'instruments de contrôle. L'analyseur de poche décrit ici n'a pas la prétention de fournir la précision de l'appareillage professionnel, mais en combinaison avec un disque compact de test, il permet néanmoins d'atteindre des mesures parfaitement utilisables. Son format réduit lui confère en outre une maniabilité toute particulière.



Mesurer tensions et courants, observer d'un oeil critique des signaux électriques à l'aide d'un générateur de fonctions et d'un oscilloscope, ce sont des activités généralement possibles dans le laboratoire privé de beaucoup d'amateurs d'électronique. En revanche, pour tracer la caractéristique en fréquence d'un haut-parleur, on dispose rarement des instruments nécessaires. Il faut dire que cela réclame tout un système, du wobulateur au microphone de mesure.
Voilà la situation que vivent beaucoup d'amateurs qui désirent construire eux-mêmes des enceintes acoustiques. Ils nous demandent régulièrement s'il ne serait pas envisageable de se fabriquer un petit appareil de mesure, simple et peu coûteux, pour évaluer, à la maison ou « *in situ* », le comportement de la sonorisation dans son environnement précis.
C'est ce genre d'instrument que nous vous présentons aujourd'hui. Il s'agit d'un petit sonomètre simple à monter soi-même. Il affiche le résultat sur une rangée de 20 LED avec une résolution de 1,5 dB. Combiné à un DAN de test approprié, il formera un analyseur audio miniature compact et très abordable.

PAR TIERCES

Comme nous ne sommes pas à la belote, les tierces dont nous allons parler valent un tiers d'octave et comme

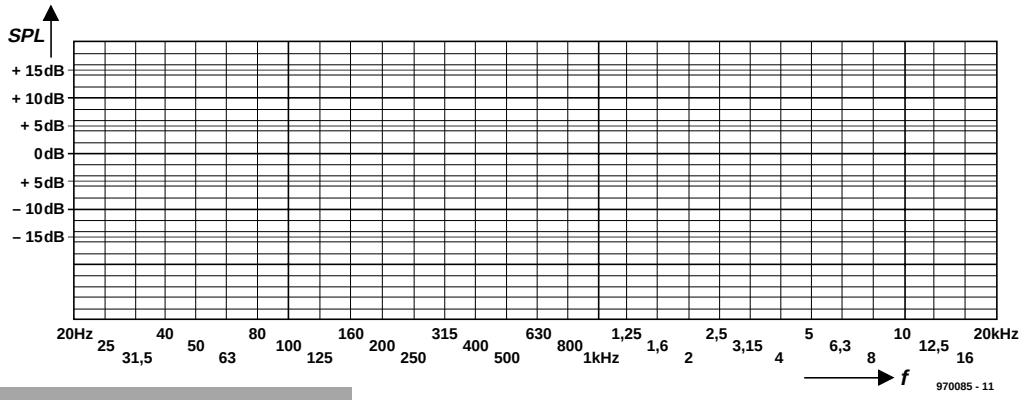


Figure 1. Reportez systématiquement les résultats de mesure de niveau sur ce graphe et vous verrez apparaître la caractéristique en fréquence.

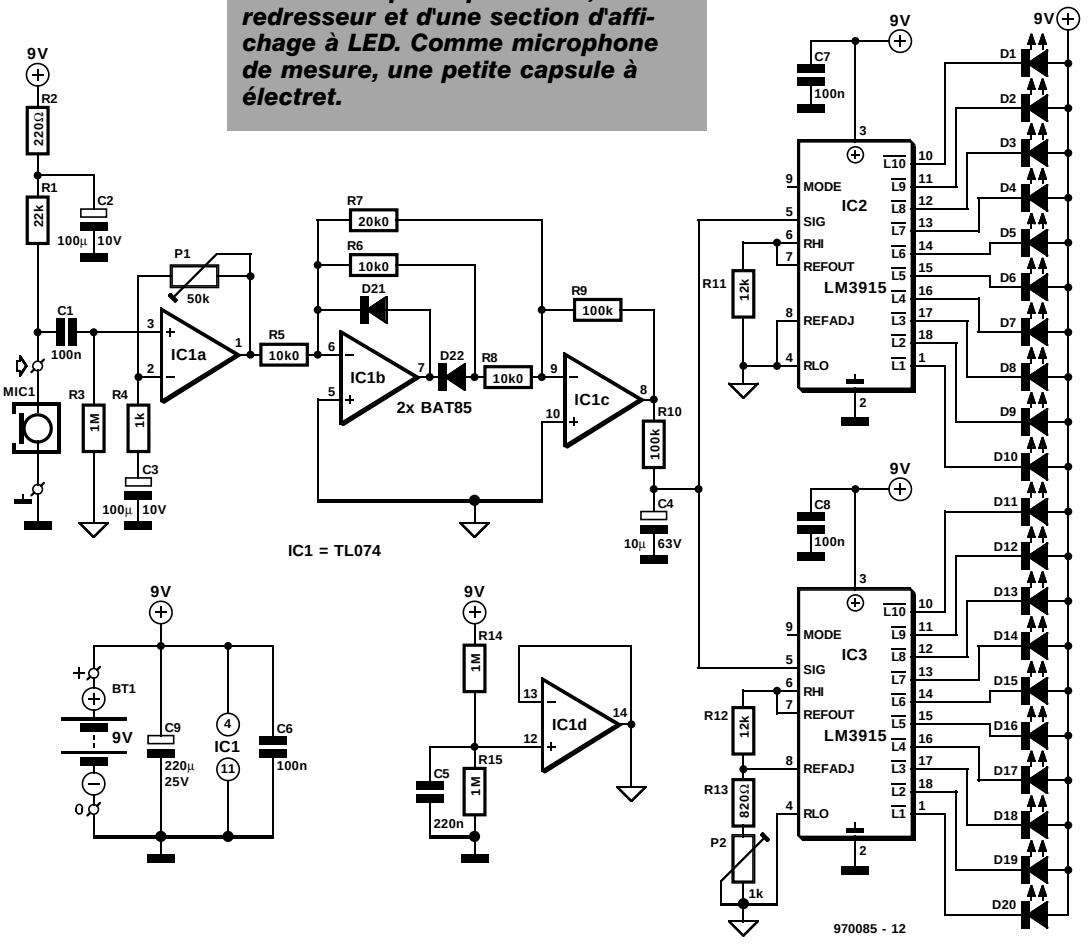
celle-ci couvre l'intervalle de fréquence dans le rapport de 1 à 2, la tierce divise l'octave en trois parts égales, elle est donc l'écart entre une fréquence donnée et sa valeur multipliée par la racine cubique de 2 (1,26 environ), comme c'est le cas entre do et mi, pour les musiciens. Autre mise au point, la réalisation proposée ne délivre pas de mesure absolue de niveau, sans grand intérêt pour relever la courbe d'un haut-parleur, mais des mesures relatives, comme le rapport de niveaux entre deux fréquences. Obtenir des mesures absolues demanderait une (onéreuse) source de bruit de référence, qui nous semble hors de propos ici.

Les professionnels utilisent un générateur de signaux dont la fréquence varie continuellement entre deux limites, un **wobulateur**. Ici aussi, pour rester simple et pratique, nous le remplacerons par un disque audionumérique qui délivre ce genre de signaux.

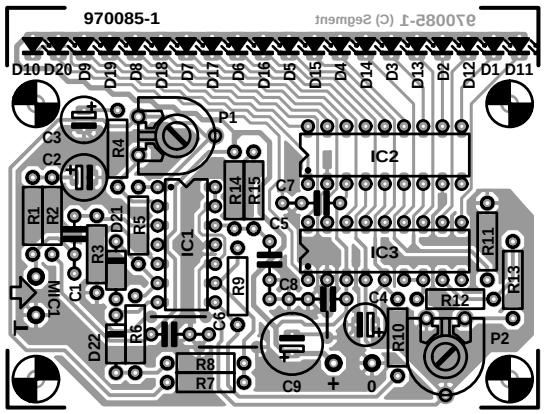
Beaucoup de ces disques fournissent un signal de test qui balaie le spectre de 20 Hz à 20 kHz, divisé en 30 tierces consécutives. Il suffit alors de relever successivement les niveaux de chaque passage et de les porter en graphique, comme le représente la **figure 1**, pour produire une caractéristique quelque peu simplifiée, mais pourtant très utile, de l'enceinte en question.

D'ailleurs, ces trente extraits ne sont pas de simples signaux sinusoïdaux, mais ils sont modulés en fréquence ou constitués de bruit aléatoire étalé sur un tiers d'octave. Dans un signal wobulé, la fréquence n'est pas constante, elle se promène régulièrement entre deux limites, écartées d'une tierce, par exemple. Le bruit réparti sur un tiers d'octave, on l'obtient en filtrant du bruit rose pour le limiter à la largeur de bande souhaitée. Rappelons, pour éviter tout équivoque, que le bruit blanc comporte toutes les fréquences à égalité d'amplitude, alors que dans un bruit rose, c'est la puissance dans une bande de largeur donnée qui est constante, exactement ce qu'il nous faut ici pour que les mesures que nous allons prendre soient com-

Figure 2. Le montage s'articule autour d'un préamplificateur, d'un redresseur et d'une section d'affichage à LED. Comme microphone de mesure, une petite capsule à électret.



3



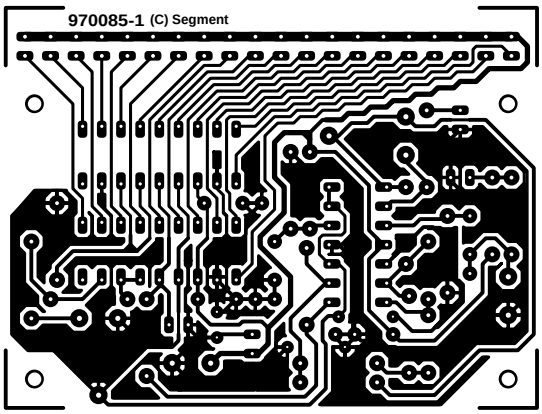


Figure 3. Une platine très compacte, sur laquelle la rangée de LED mérite toute votre attention lors du soudage.

Liste des composants

Résistances :
R1 = 22 kΩ
R2 = 220 Ω
R3,R14,R15 = 1 MΩ
R4 = 1 kΩ
R5,R6,R8 = 10kΩ0 1%
R7 = 20k0 1%
R9,R10 = 100 kΩ
R11,R12 = 12 kΩ
R13 = 820 Ω
P1 = 50 kΩ ajustable
P2 = 1 kΩ ajustable

Condensateurs :
C1,C6,C7,C8 = 100 nF
C2,C3 = 100 µF/10 V radial
C4 = 10 µF/63 V radial
C5 = 220 nF
C9 = 220 µF/25 V radial

Semi-conducteurs :
D1 à D20 = LED haut rendement (3 mm)
D21,D22 = BAT85
IC1 = TL074CN
IC2,IC3 = LM3915N (National Semiconductor)

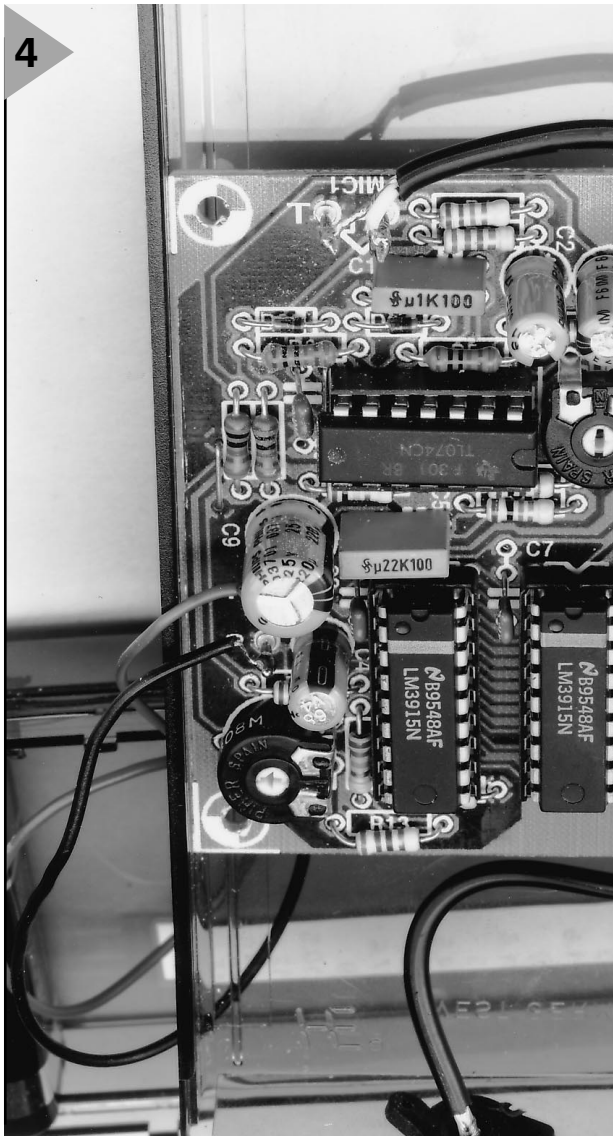
Divers :
MIC1 = capsule MCE2000 avec fixation caoutchouc (Monacor)
BT1 = pile 9 V compacte + connecteur à pression
interrupteur unipolaire
boîtier, HEDDIC 222 par exemple

parables à toutes les fréquences.
Si l'on se sert de signaux wobulés ou de bruit rose, au lieu de pures sinusoïdes, ce n'est pas pour faire joli ou expédier plus vite le boulot, mais bien pour se démarquer autant que possible des résonnances du local, qui viendraient fausser les mesures pratiquées hors de la chambre anéchoïde (sourde). La présence simultanée ou presque de fréquences différentes, dont le sonomètre fait la moyenne, réduit sensiblement l'influence des résonnances, voire des réflexions du local.

UNE ÉLECTRONIQUE TOUTE SIMPLE

En fait, un montage qui capte les sons et en affiche le niveau avec une précision raisonnable, ce n'est pas si compliqué que ça, le schéma de la **figure 2** en est témoin. Trois parties, à peine, un préamplificateur microphonique (IC1a), un redresseur actif double phase (IC1b et IC1c) et l'indicateur à LED (IC2, IC3 et D1 à D20). Quant à IC1d, il nous fournit simplement une masse virtuelle à mi-tension pour n'utiliser qu'une pile au lieu de deux.
Même si le sonomètre que nous voulons construire est une version économique, il y a des critères à satisfaire au niveau du microphone. S'il n'est pas suffisamment linéaire, notre appareil ne vaudra pas grand chose. À proscrire, les capsules de micro de provenance inconnue ou aux caractéristiques incertaines. D'autre part, un vrai microphone de mesure est hors de prix. La capsule à électret MCE-2000 de Monacor constitue un compromis ; avec une courbe de réponse plate à ±2 dB pour de 40 FF à 90 FF selon la source, le rapport entre performances et prix nous paraît insurpassable.
L'étage amplificateur embarqué sur l'électret, on l'alimente à la moitié de la tension disponible grâce à R1. Le découplage nécessaire, c'est l'affaire de R2 et C2, puis le signal est envoyé, via C1, au préamplificateur IC1a. Les pôles créés par R3/C1 et R4/C3 ont été calculés de manière à garder la déviation de la mesure inférieure à 0,1 dB à 20 Hz. Le potentiomètre P1 sert à régler le gain de IC1a et par conséquent la sensibilité du microphone.
À la suite du préamplificateur, un redresseur à double alternance classique basé sur les amplificateurs opérationnels IC1b et IC1c. Pour donner au sonomètre un gain suffisant sans sacrifier la largeur de bande, l'amplification totale ne repose pas sur les seules épaules de IC1a, elle est partiellement reportée sur IC1c dont le gain en tension vaut cinq,

4



un partage qui améliore la précision aux fréquences élevées. Un affichage stable est une condition nécessaire à la précision de la lecture, aussi le redresseur est-il suivi d'une cellule RC à grande constante de temps, R10/C4, pour un bon amortissement avant d'attaquer les LED.

Ici, nous avons rappelé une vieille connaissance, le CI de commande d'affichage LM3915. Nul besoin de présentation pour la plupart des lecteurs : il intègre sa référence de tension, un diviseur potentiométrique précis et dix comparateurs capables d'attaquer chacun leur LED. Par construction, le LM3915 divise la tension d'entrée en dix plages de 3 dB de largeur. Mais voilà, 3 dB, c'est trop pour la résolution que nous souhaitons et il a fallu trouver une combine.

La solution la plus simple, nous semble-t-il, est de mettre en jeu un second LM3915 dont la référence sera décalée de 1,5 dB par rapport au premier. Facile à réaliser, il n'y a qu'à régler la tension à l'entrée REFADJ de IC3 (broche 8) 1,1885 fois plus haut que sur IC2. Du coup, la LED D11 passe au sommet de l'échelle, suivie de D1, puis D12, D2, D13 et ainsi de suite. Les diodes luminescentes commandées par les deux circuits intégrés se retrouvent ainsi entrelacées pour former une même échelle, mais à 20 marches, cette fois.

Le revers de la médaille, c'est qu'au moment de la mesure, il y a toujours deux LED qui s'allument en même temps et la vérité se situe quelque part entre les deux, mais en pratique, on s'y fait rapidement.

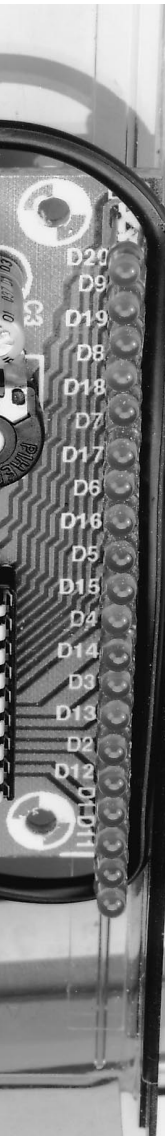
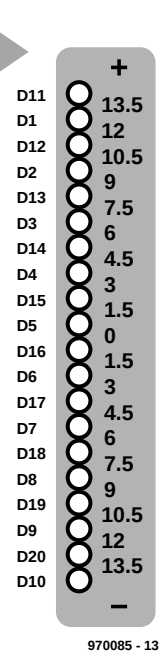


Figure 4. Regard sur le prototype. Le format nous a semblé pratique, aussi n'avons-nous pas usé de la faculté de raccourcir le coffret.

ALIMENTATION

Dès l'abord, il était clair que nous voulions réaliser un instrument autonome, à mettre en oeuvre rapidement n'importe où. Comme nous avons réussi à limiter sa consommation à 19 mA tout au plus, une pile fera l'affaire. D'ailleurs un modèle compact de 9 V assure à lui seul une autonomie d'une centaine d'heures. Encore fallait-il veiller à ce que les amplificateurs opérationnels IC1a à IC1c travaillent à l'intérieur de leur domaine de mode commun. C'est ici que le quatrième amplificateur du boîtier vient à la rescousse. Il constitue, en combinaison avec le diviseur de tension R14/R15 et le condensateur de découplage C5, une masse virtuelle à laquelle les références de tension des comparateurs IC2 et IC3 sont aussi raccordées.

Figure 5. Exemple d'échelle de repérage. La gamme complète s'étend sur 30 dB, répartie sur 20 LED.



CONSTRUCTION - RÉGLAGE

La **figure 3** représente la platine développée à l'intention de notre sonomètre. Sa longueur nous est imposée par la dimension de l'affichage à 20 LED, tandis que sa largeur est conditionnée par les mensurations du boîtier Heddic. Pas moyen de faire plus petit, il faudra en tenir compte dans la précision requise pour les soudures.

Quelques détails encore. Pour améliorer la présentation, le potentiomètre P1 est branché à l'envers, ce qui n'entraîne qu'une conséquence assez minime : il faut tourner dans l'autre sens pour augmenter le gain. Nous avons sélectionné pour R5 à R8 des résistances de la série E96, mais des E24 peuvent très bien convenir, auquel cas R7 passe naturellement à 22 kΩ et vous prendrez 11 kΩ pour R5, R6 et R8. Intéressons-nous au coffret. Nous avons installé notre prototype (**figure 4**) dans un boîtier plastique transparent dont vous trouverez les références dans la liste des composants. Cet habillage offre l'inestimable avantage de nous dispenser de scier une fenêtre pour faire apparaître les LED. D'autre part, on peut l'adapter aisément à la longueur souhaitée.

Il va de soi que chacun est libre de choisir le coffret qui lui convient, dès le moment où platine et pile y trouvent place. Pour la fixation du microphone, il est hautement recommandé de faire usage de la gaine de fixation en caoutchouc jointe à la livraison. Elle absorbe les vibrations et atténue l'influence des réflexions sur le boîtier. Il ne reste plus qu'à prévoir le passage pour la commande de l'interrupteur de mise en marche, en série avec la pile.

Bien entendu, il convient encore de graduer les LED dans la rangée. Vingt fois 1,5 dB, cela donne une gamme de 30 dB. Le plus simple est certainement de rester dans le relatif, de positionner le niveau de référence en milieu d'échelle et de marquer les graduations entre deux LED consécutives. On obtient de la sorte une échelle qui va de – 13,5 dB à +13,5 dB, comme le montre la **figure 5**.

Reste à exécuter le réglage. Nous reviendrons dans un instant à P1. Occupons-nous d'abord de P2, le potentiomètre qui assigne à la référence de IC3 le décalage de 1,5 dB. Un voltmètre numérique précis suffit à l'opération. On mesure la tension entre les broches 4 et 7 de IC2. Ensuite, on refait la mesure homologue sur IC3 et on règle P2 pour qu'elle soit exactement 1,1885 fois plus grande que la première.

UTILISATION

En fait, nous savons déjà comment procéder pour tracer une courbe simplifiée de la reproduction d'un haut-parleur en fonction de la fréquence, comme celle représentée à la figure 1. Nous savons aussi qu'un enregistrement de test sur disque compact peut nous servir de source de signaux. Précisément, voyons quelques-uns de ces DAN que l'on peut trouver dans le commerce : « The Test » de Stax (n° AXCD 92001), « Compact Test » de Pierre Verany (n° PV 784031), « HiFi-Check » de Stereoplay et « CD 2 Check » de Monacor (n° 30.0180).

Lors des mesures destinées à tracer sa caractéristique, mieux vaut placer l'enceinte acoustique en champ libre, à l'écart de toute surface réfléchissante. La meilleure distance pour positionner le microphone est généralement d'un mètre. Il faut pousser le volume de l'installation sonore suffisamment fort pour dépasser l'inévitable bruit ambiant. Une fois trouvé ce niveau acceptable, on règle P1 pour qu'à 1 kHz, par exemple, l'affichage indique 0 dB.

Tenez compte du fait que sous les 2OO Hz, l'influence de l'environnement est tel que les niveaux enregistrés n'ont parfois que peu de relation avec le comportement du haut-parleur lui-même. Pour vous en convaincre, placez le microphone tout près du cône du *woofer* et refaites quelques mesures dans sa gamme de fonctionnement. Vous constaterez certainement la disparition de toute une série de bosses et de creux.

Pour vous faire une idée de l'acoustique de la salle d'écoute, vous pouvez encore refaire une série de mesures, non plus à 1 m, mais à 3 ou 4 m et constater que la morne plaine fait vite place aux reliefs escarpés !

970085-I