

H.P. Baumann

synthé intégré

des modules de synthétiseur sur une puce

L'apparition de circuits intégrés musicaux (si l'on peut dire!) n'est pas récente. Aux Etats-Unis, le fabricant CURTIS propose une série de tels circuits depuis quelques temps déjà, et il n'est pas le seul. La percée sur le marché européen a été un peu timide par contre (est-ce logique?) . . . Mais maintenant que l'on peut espérer les trouver un peu partout sur le vieux continent (et si nos chers distributeurs et revendeurs faisaient un effort supplémentaire, on ne les en blâmerait pas!) le moment est venu pour nous de vous proposer une étude complète de ces "nouveau-tés"

On nous propose quatre circuits intégrés: CEM 3340, un VCO; CEM 3320, un VCF; CEM 3330, un VCA et enfin CEM 3310, un module générateur d'enveloppe commandé en tension VC-ADSR.

L'extase est de courte durée: s'il s'agit bien de circuits intégrés, voire même de modules intégrés, cela ne signifie pas encore pour autant que tout a été intégré. Non! nous sommes encore loin du circuit intégré unique et se suffisant à lui-même!

La nécessité de nombreux composants adjacents est motivée positivement par les nombreuses options offertes à l'utilisateur; et négativement, par des manoeuvres de sabotage de Curtis lui-même: il y a par exemple des tampons de sortie . . . qui ne tamponnent pas, et qu'il faut re-tamponner; il y en a d'autres qui ne sont pas protégés contre les courts-circuits. Et pour des circuits de cette classe de prix, le moins qu'on puisse dire, c'est que ce n'est pas la classe . . .

Aussi nous permettons-nous d'insister sur le fait que pour ne pas vous ruiner au cours d'expérimentations hasardeuses, il vaut la peine de bien se mettre en tête ce qui est écrit au paragraphe suivant. Ne rechignez pas à profiter de notre expérience . . .

1

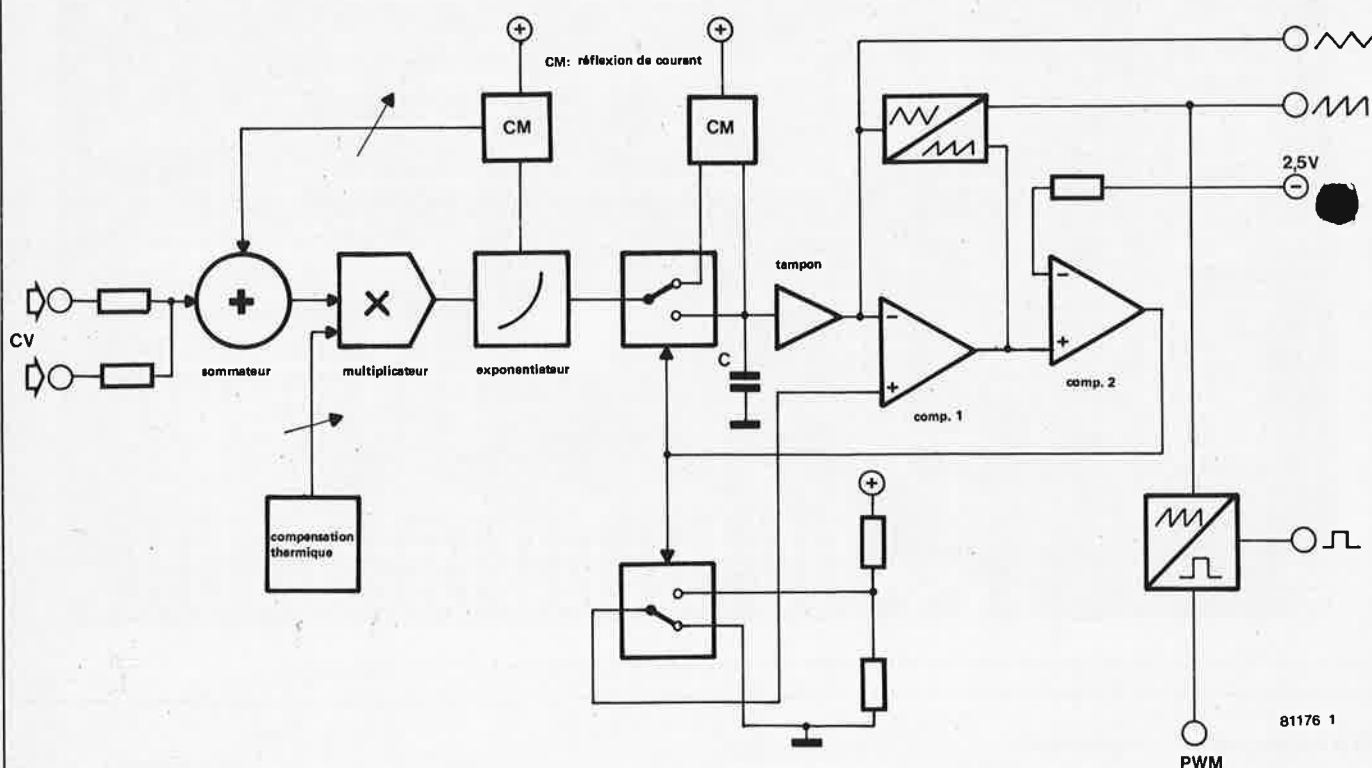


Figure 1. La vie intérieure du CEM 3340 qui ne manque pas d'intérêt. Ce circuit intégré contient tout ce qu'il faut pour la mise sur pied d'un VCO exponentiel: sommateur d'entrée, exponentiateur avec compensation du coefficient thermique, oscillateur triangulaire, convertisseur dent de scie et carré avec modulation de largeur d'impulsion. Le circuit ne convient donc pas seulement au musicien mais aussi au technicien qui voudrait réaliser un générateur de fonction wobulé.

simple: ajuster la partie variable de R_Z ; cette procédure agit sur le point nodal (broche 15).

Une fois que le facteur thermique et le facteur scalaire ont été fixés, il reste encore à corriger la dérive de l'exponentiateur pour la plage de fréquences qui s'étend au-delà d'environ 3 à 5 kHz. Une possibilité de compensation a été prévue sous la forme d'un circuit de réflexion de courant qui ramène une partie du courant de sortie du convertisseur exponentiel sur la broche 7; une résistance ajustable en "tire" une valeur de tension dont une fraction est réinjectée au sommateur d'entrée.

Le mieux n'est pas toujours l'ennemi du bien

Bien que le circuit donné par Curtis dans la fiche de caractéristiques techniques (figure 1) soit viable, nous considérons qu'il est possible de faire bien mieux.

S'il précise que la tension d'alimentation du circuit intégré VCO peut être de +15/-15 V, le constructeur oublie toutefois un détail important: il faut que la tension d'alimentation positive soit extrêmement stable. C'est d'ailleurs ce qui apparaît dès que l'on examine la figure 1. La tension de référence qui détermine le seuil de commutation supérieur du comparateur est obtenue à l'aide de deux résistances intégrées de 14,4 k et 7,2 k (à la broche 9), directement à partir de la tension d'alimentation positive. Et du fait que de son côté la commande de l'oscillateur n'est pas dépendante de la tension d'alimentation, il résulte que toute variation de la valeur de la tension d'alimentation a pour conséquence une variation de la fréquence de sortie. Il n'en va pas différemment pour la tension d'alimentation négative. la diode zener interne de 6,5 V associée à la résistance R_{EE} tient plutôt lieu de protection contre les surtensions que de dispositif de régulation. Elle serait toutefois bien utile si son coefficient thermique était meilleur; tel qu'il est là, le potentiel présent à la broche 3 varie avec la température, de même que sur R_Z et R_T . Les meilleurs résultats que l'on puisse obtenir avec le CEM 3340 le seront à condition que les deux tensions d'alimentation soient stabilisées, et la diode zener interne mise hors d'état de nuire! D'ailleurs, il est préférable de ne pas porter la tension d'alimentation globale à son maximum. Il est apparu qu'avec le maximum +/-15 V, les courants de fuite des circuits intégrés croissaient sensiblement; ce qui se traduit par une stabilité et une linéarité fortement compromises. Un autre inconvénient du circuit de la figure 1, est le fait que la tension triangulaire tamponnée, présente à la broche 10, ne peut être utilisée qu'avec une charge constante, à moins que l'on munisse la ligne d'un tampon supplé-

mentaire. Une résistance de 100 k reliant la sortie triangulaire à la masse provoque déjà une dérive de quelque 0,15% de la fréquence de l'oscillateur; sans parler de ce qui se passerait avec une résistance de 10 ou 20 k. Ceci s'explique par le fait que le tampon interne alimente aussi le comparateur, et que son impédance de sortie constitue avec la résistance de charge un diviseur de tension. Un étage tampon à FET apparaît donc comme indispensable en cas de charge variable.

La dérive de la fréquence du circuit tel qu'il est donné par le constructeur (figure 2) est de 0,25% par heure. Il y a très certainement moyen d'améliorer cette valeur, ne serait-ce qu'en prévoyant une alimentation très stable, avec des

Dans l'ensemble, les performances du CEM 3340 sont satisfaisantes, à condition de faire un petit effort par rapport au circuit proposé par le fabricant dans sa feuille de caractéristiques. Si l'on tient compte des observations que nous avons faites ci-dessus, et si l'on se tient rigoureusement à des composants de qualité, il est certain qu'un VCO monté autour du CEM 3340 pourra se placer parmi les meilleurs "VCO du marché".

VOLTAGE CONTROLLED FILTER CEM 3320

Le circuit intégré référence CEM 3320 contient un filtre 24 dB constitué de quatre étages identiques, correspondant au circuit de la figure 3.

Le fonctionnement est facile à comprendre: chaque étage constitue un filtre en soi et se décompose en une cellule d'amplification variable ΔA , un condensateur C_p et un amplificateur tampon qui assure à la fois une impédance de sortie faible et l'alimentation de la résistance de réaction R_f . La cellule amplificatrice est munie d'une entrée et d'une commande de courant, ainsi que d'une compensation thermique. Le coefficient thermique n'est toutefois pas parfait, et pourra être amélioré comme nous le verrons ultérieurement.

Pour une commande optimale et une réjection maximale de la tension de commande à la sortie, la tension de

3

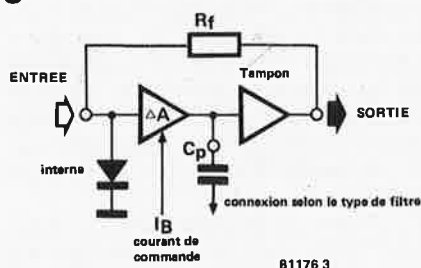


Figure 3. Schéma d'un étage de filtrage du circuit CEM 3320. Il y en a quatre en tout par circuit intégré, permettant de réaliser un VCF 24 dB.

4

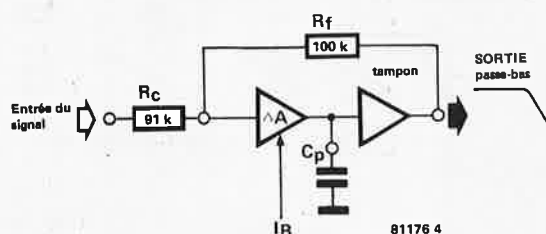


Figure 4. L'étage de la figure 3 monté en filtre passe-bas, avec une pente de 6 dB, et une amplification de 0 dB.

5

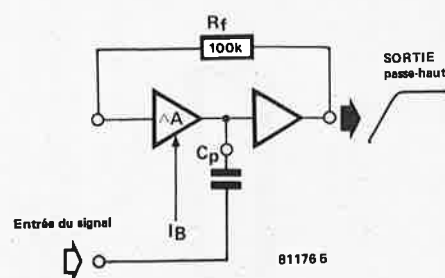
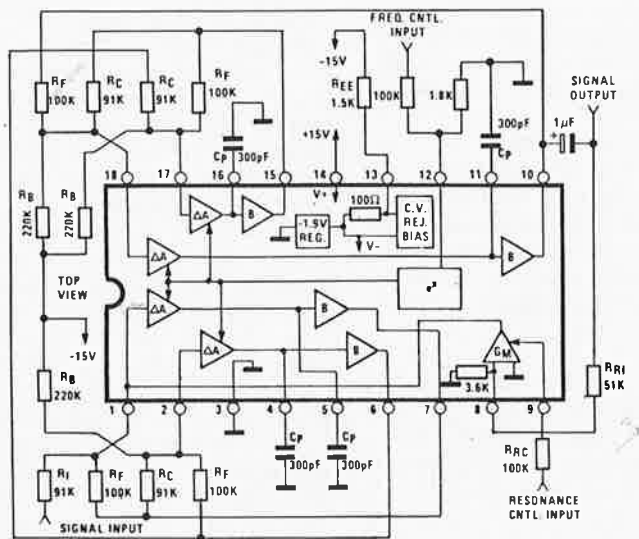


Figure 5. Le même étage monté en filtre passe-haut; la pente est de 6 dB par octave et l'amplification de 0 dB.

valeurs modérées, telles que +10 V et -5 V. Un premier essai dans ces conditions a été concluant: la dérive a pu être ramenée à 0,1% par heure. Il est recommandé de reprendre les différentes procédures d'ajustage un certain temps après la première mise en oeuvre des circuits; ceux-ci sont susceptibles présenter des symptômes de vieillissement, somme toute assez logiques! L'exponentiateur remporte très franchement notre enthousiasme: il n'y a qu'à s'incliner devant la précision et la stabilité de la caractéristique V/octave. La forme d'onde des signaux de sortie est bonne aussi, et leur amplitude constante, ceci vaut pour la dent de scie, obtenue par commutation à partir du triangle.

6



81176 6

Figure 6. Schéma de l'ensemble du circuit CEM 3320 avec composants discrets, les quatre étages montés en filtre passe-bas de 24 dB par octave. On remarquera la présence d'une entrée pour un signal de commande de la résonance du filtre (facteur Q commandé en tension!).

sortie au repos du tampon devra être de $0,46 V_{CC}$ - soit 6,9 V pour 15 V. Avec $R_F = 100 \text{ k}$, chaque étage est ajusté sur cette valeur.

L'impédance de sortie de la cellule ΔA est certes élevée, mais pas illimitée. Sa valeur apparaît parallèlement à R_F comme résistance en courant alternatif de 1 M; celle-ci constitue avec R_F la véritable résistance de réaction RE_{QU} . La fréquence de coupure de l'étage est obtenue comme suit:

$$f_c = \frac{A_{IO}}{2\pi RE_{QU}} e^{-V_C/V_T}$$

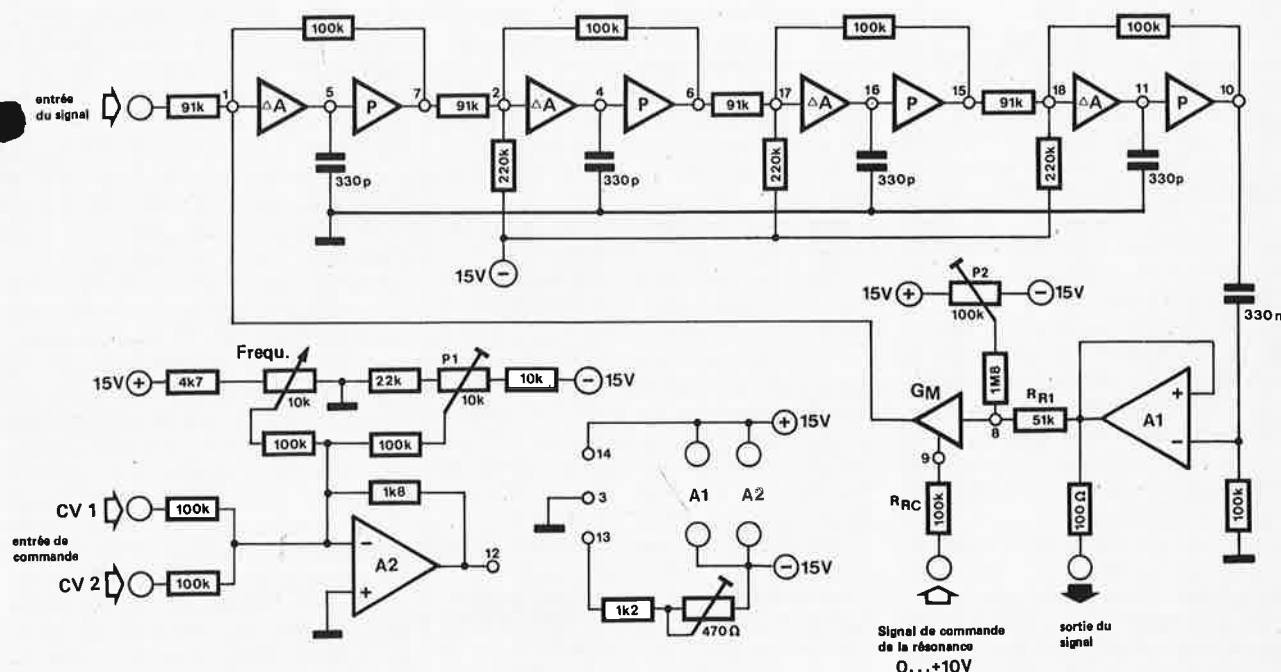
où A_{IO} est l'amplification en courant de la cellule pour un courant de commande 0 (valeur typique 0,9)

et RE_{QU} la résistance de réaction effective décrite ci-dessus; V_C est la tension de commande sur la broche 12 et V_T la tension liée à la température (26 mV environ à température ambiante).

passé-bas: le signal d'entrée est appliqué via $R_C = 91 \text{ k}$ à l'entrée de la cellule ΔA , et le condensateur du filtre est mis à la masse. L'amplification est de 1 avec la valeur de R_C indiquée ($R_C = RE_{QU}$). Pour d'autres facteurs d'amplification, il suffit de modifier la valeur de R_C .

Il est tout aussi facile de réaliser un filtre passe-haut de 6 dB (figure 5). L'entrée du signal se fait alors par C_p , tandis que R_C est totalement omise, ce qui conduit l'étage automatiquement à un facteur d'amplification unitaire.

7



A1, A2: 2 x TL 071 ou 1 x TL 083

81176 7

Figure 7. Circuit complet testé d'un filtre commandé en tension de 24 dB/octave en caractéristique passe-bas autour du filtre intégré CEM 3320. Les composants munis d'une astérisque devront être à couche métallique ou du type Cermet, mais seulement si l'on exige une stabilité extrême, comme par exemple lors de la mise en oeuvre du filtre comme oscillateur sinusoïdal.

La figure 6 montre comment continuer... toutes les cellules d'amplification ΔA sont reliées de façon interne à la sortie d'un convertisseur exponentiel. Ce qui limite malheureusement les possibilités de combinaisons; il n'est pas possible par exemple de monter deux circuits 12 dB au lieu d'un seul 24 dB. Il est possible par contre de faire un filtre passe-bas à partir de deux étages, et un filtre passe-haut à partir des deux autres, d'y injecter deux signaux différents, qui seront toutefois traités par la même tension de commande.

Afin de permettre d'amener la résonance du filtre jusqu'à l'oscillation à l'aide d'une tension de commande, le circuit a été doté d'un amplificateur à transductance G_M , comme les connaissent les habitués; sa fonction est de réinjecter le signal global (comme dans un VCA). C'est à travers un condensateur de $1 \mu F$ et $R_{P1} = 51 k$ qu'il reçoit le signal de sortie du filtre.

La figure 7 donne le schéma d'un filtre passe-bas 24 dB complet. Ce circuit est doté des "améliorations" que nous venons de décrire. La broche 12 se voit équipée d'un sommateur d'entrée pour plusieurs tensions de commande (on peut aussi se contenter de plusieurs résistances de $100 k$ en parallèle). Il est à noter que le CEM 3320 dans la configuration originale de la figure 4 voit sa fréquence de coupure baisser lorsque la tension de commande augmente. Si l'on veut que les deux grandeurs évoluent en sens parallèle, il est donc nécessaire d'inverser la tension de commande. Le filtre est dimensionné de telle sorte que sa plage utile couvre 10 octaves soit 3 décades ($1:1000$; $6 dB/octave = 20 dB/décade$).

P1 permet d'ajuster la fréquence de coupure du filtre en l'absence de tension de commande sur une valeur de 10 Hz par exemple. P2 permet d'ajuster la réjection de commande à la sortie — et P3 la même chose pour la tension de commande de la fréquence de coupure. Pour ajuster P3 facilement, il faut appliquer à CV1 ou CV2 (en l'absence de signal à traiter) un signal rectangulaire de 300 Hz, d'amplitude maximale, il reste à appliquer le signal de sortie du filtre à un haut-parleur de contrôle et d'ajuster P3 de telle sorte que le signal-test de 300 Hz soit le moins audible possible. Simple comme bonjour!

La broche 9 se voit dotée d'une résistance de $100 k$; celle-ci délivre à partir de la tension de commande de la résonance, un courant de commande pour l'OTA G_M . La valeur exacte de cette résistance pourra être établie par l'utilisateur de telle sorte que pour la tension de commande maximale disponible, l'intensité de la résonance corresponde aux souhaits et aux critères de l'utilisateur. Il est possible grâce à R_{P1} de déterminer à partir de quel pourcentage de la plage de commande de résonance commence l'oscillation.

Bien que chaque étage de filtrage est tamponné (courant de charge maximal:

0,25 mA sans dégradation des caractéristiques du filtre), il faut prévoir un amplificateur tampon à la broche 10 et au réseau RC. Les tampons intégrés ne sont pas protégés contre les courts-circuits.

Le condensateur d'entrée à la broche 5 doit être attaqué sous faible impédance afin de ménager les caractéristiques du filtre (prévoir éventuellement un amplificateur opérationnel comme tampon).

Construction et réglage

A moins que l'on ne désire mettre le filtre en oeuvre comme VCO sinusoïdal de précision, on peut se contenter de résistances à couche de carbone, même pour le sommateur d'entrée. La qualité des condensateurs par contre, ne devra pas être sacrifiée à l'économie: styroflex sera le mieux...

Nous avons testé le filtre passe-bas de la figure 7. Le rapport signal sur bruit relevé était de 78 dB, la distortion avait un taux variant autour de 0,12% selon la fréquence l'amplitude du signal.

La transparence d'une tension de commande de 10 V était de 25 mV à la sortie, après ajustage de P3! Soit 52 dB en dessous du signal utile.

La réjection de la tension de commande de la résonance n'a pas été tout à fait aussi idéale, mais satisfaisante tout de même: notre mesure a donné — 40 dB à la sortie. Lors de variations très rapides de ce signal de commande, on peut s'attendre à des signaux parasites de 100 à 200 mV à la sortie du filtre. Ceci ne devient gênant que si le filtre est couplé en courant continu (sans condensateur — à l'entrée). Dans ce cas — en raison du niveau de repos de 6,9 V évoqué précédemment — il est nécessaire de prévoir un substracteur, qui ramène la sortie à zéro volt.

En principe la sortie d'un VCF est comme sur la figure 7 dotée d'un réseau RC et d'un tampon de sortie qui ramène le niveau à zéro. Le problème ne se pose donc pas.

L'amplitude maximale du signal de sortie au cours des tests était de 13 Vss. En tant qu'oscillateur, il a délivré une sinusoïde très pure; malheureusement l'amplitude de ce signal est très instable sur une plage de fréquence étendue.

La mise en oscillation se fait en douceur, sans le désagréable hurlement caractéristique de beaucoup de filtres de ce type. Ceci est dû entre autres à la modification de la ligne de réaction qui "grimpe" moins vite dans les fréquences élevées. De sorte que l'on peut procéder à des réglages de précision à ce niveau.

Une compensation thermique supplémentaire pour les $0,3\%/^{\circ}C$ ne s'impose pas. Si toutefois on désire le faire, il suffit d'introduire une résistance de compensation Q81 de Tel Labs dans le sommateur d'entrée.

Il est une application irréalisable avec ce VCF: le filtre linéaire commandé en tension; son unique entrée de commande (broche 12) est reliée directement et de façon définitive à l'exponentiateur.

soudier l'aluminium

H.M. Wolber

Lorsque le "hobbyiste veut mettre ses montages en boîte, deux voies s'ouvrent à lui: soit utiliser du plexiglass, soit se lancer dans l'aluminium. La première solution est relativement onéreuse, tandis que la seconde est rendue délicate d'utilisation à la suite de certaines propriétés particulières du métal en question. Mais la facilité avec laquelle l'aluminium se laisse scier, couper, percer ou plier fait oublier les problèmes qui se posent lorsque l'on décide de se lancer dans la soudure de deux pièces de ce métal. Il va y avoir bien sûr la solution de faire de la soudure autogène à l'aide de thermite (qui est un mélange d'oxyde métalliques et d'aluminium qui dégage à l'allumage une chaleur intense), mais cela est d'emploi très délicat. Il nous reste la possibilité de travailler avec la soudure à l'étain ordinaire, mais là aussi, on bute sur le problème de l'incompatibilité qui semble se manifester entre ces deux éléments: la soudure ne tient pas. Un de nos lecteurs, monsieur Wolber a tenté de trouver un procédé qui permette de souder de l'aluminium avec une soudure à l'étain "standard" (60/40).

C'est la réaction de l'oxygène de l'air sur la surface de l'aluminium, qui pose un problème, car il se forme alors une couche protectrice d'alumine qui se comporte alors en bon isolant, ce qui rend une soudure pratiquement impossible. On pourrait bien sûr penser à enlever la couche d'alumine juste avant d'effectuer la soudure, mais cette couche se reforme aussitôt à l'endroit que l'on vient de gratter.

Pour éviter la formation d'alumine, nous allons recouvrir la zone à souder à l'aide d'une fine couche d'huile ou de graisse. Il va falloir ensuite gratter la couche d'oxyde à l'aide d'un instrument prévu à cet effet, cette opération se faisant sous la couche protectrice de matière grasse. Celle-ci empêche la combinaison de l'oxygène avec l'aluminium qui vient juste d'être mis à nu.

On va ensuite faire couler des gouttes de fondant en fusion, sur les parties à souder à l'aide d'un fer à souder très chaud. La matière grasse va se vaporiser et le fondant va recouvrir les endroits que l'on désire mettre en contact. Il est maintenant possible de mettre de la soudure à l'étain. Il faudra veiller à bien chauffer les parties où doit prendre la soudure. Nous conseillons fortement d'utiliser un fer à souder ayant une puissance minimale de 100 watts. Un petit truc; avant de peaufiner la soudure, il est conseillé de passer la panne du fer à souder au dessus d'une flamme de manière à éliminer les derniers soupçons de graisse ou d'huile. On peut alors souder en toute tranquillité.