

INITIATION A L'ELECTRONIQUE

(Suite voir n° 1745)

LE SYSTEME BINAIRE (ENFIN)

Pour exprimer les nombres en « binaire », c'est-à-dire avec la base 2, nous ne disposons que des chiffres 0 et 1. C'est bien ce qui fait l'intérêt de ce système, mais, en même temps, cette simplicité est à l'origine d'une pseudo-difficulté, liée au fait que... c'est trop simple.

Comment écrire les nombres successifs ? Le « zéro » s'écrira 0, le « un » va se noter 1. Mais, avec deux objets, nous pouvons déjà faire un « paquet » (un petit paquet), et on note deux sous la forme :

(10)₂

Pour le « trois », quand on a fait un paquet de deux, il reste un objet, et l'on a :

trois = (11)₂

A partir de quatre, comme on fait plus de deux paquets, on peut déjà faire une « caisse » de deux paquets de deux objets chacun (une très petite caisse), et l'on note :

quatre = (100)₂.

Nous écrirons donc les vingt premiers nombres binaires (sans les parenthèses ni l'indice 2) comme suit :

On voit tout de suite un inconvénient de la notation binaire : elle nécessite beaucoup de chiffres, en moyenne 3,3 fois plus que la notation décimale. Mais elle a tellement d'avantages que ce petit inconvénient est vite oublié, surtout si on le « tourne » par l'emploi de l'« hexadécimal ». Les conversions ? Vous allez vous y retrouver tout de suite. Supposez, par exemple, que vous désiriez écrire en binaire le nombre décimal 141. Vous ferez une division par 2, pour

zéro :	0	cinq :	101	dix :	1010	quinze :	1111
un :	1	six :	110	onze :	1011	seize :	10000
deux :	10	sept :	111	douze :	1100	dix-sept :	10001
trois :	11	huit :	1000	treize :	1101	dix-huit :	10010
quatre :	100	neuf :	1001	quatorze :	1110	dix-neuf :	10011

voir combien on fait de paquets de 2 avec 141 objets. La division de 141 par 2 donne un quotient de 70 et un reste de un. Il y a donc 1 comme chiffre des unités.

Groupez les 70 paquets de 2 en caisses de 4, autrement dit divisez 70 par 2 : le quotient sera 35, le reste zéro...

La figure 10 indique une disposition possible de ces « divisions récurrentes », dont les restes successifs, rangés de droite à gauche, donnent les chiffres du résultat :

(10001101)₂

On voit que l'on doit pousser la division jusqu'à l'obtention d'un quotient zéro.

Pour la conversion binaire-décimale, on utilise les « poids ». Par exemple, la figure 11 montre un nombre en base 2, dans une grille de sept cases numérotées, de droite à gauche, de 0 inclus à 6 inclus, avec indications des « poids » relatifs à chaque case, ces poids étant, de droite à gauche :

2⁰ = 1 pour la case numéro 0
 2¹ = 2 pour la case numéro 1
 2² = 4 pour la case numéro 2
 2³ = 8 pour la case numéro 3
 2⁴ = 16 pour la case numéro 4
 2⁵ = 32 pour la case numéro 5
 2⁷ = 64 pour la case numéro 6

Donc, le nombre écrit dans les cases vaut :

$1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4$
 $+ 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1$
 $+ 1 \times 2^0$ ou $64 + 8 + 1 = 73$

(valeur choisie pour les « OM », amateurs-émetteurs).

OPERATIONS SIMPLES SUR LES NOMBRES BINAIRES

Quand, dans un nombre décimal, on en décale tous les chiffres d'un pas vers la gauche, en ajoutant un zéro au bout, on le multiplie par dix. En effet, le chiffre qui avait, par exemple, le poids 100, se

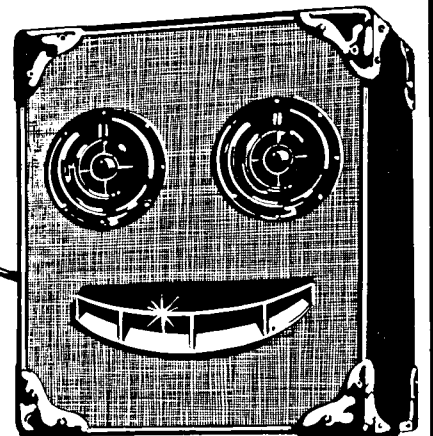
trouve placé dans une case où il acquiert le poids 1000.

De même, en déplaçant d'un cran vers la gauche tous les chiffres d'un nombre binaire et en mettant un zéro à droite,

A NE PAS METTRE ENTRE TOUTES LES OREILLES.

Sono Audax

H.P. haute puissance.
 Les pros et tous ceux
 qui en veulent
 en savent
 quelque chose.



LISTE DES DEPOSITAIRES
 45, av. Pasteur - 93106 Montreuil
 Tél. 4287 5090

AUDAX

on multiplie le nombre par la base, soit par 2.

Prenons, par exemple, le nombre décimal 19 qui s'écrit, en binaire :

$$(10011)_2$$

Décalons-le d'un cran à gauche, avec un zéro à droite, nous obtenons :

$$(100110)_2$$

« Décodons » ce nombre, chiffre par chiffre, en partant de la droite (poids 1) vers la gauche. Nous trouvons que sa valeur en décimal est :

$$(0 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 4) + 2 + 4$$

$$(0 \times 8) + (0 \times 16) + (1 \times 32) + 32 = 38$$

qui est bien le double de dix-neuf.

Pour l'addition, rien de plus simple :

$$0 + 0 = 0 \text{ (pas trop compliqué ?)}$$

$$0 + 1 = 1 \text{ (ça va toujours ?)}$$

$$1 + 0 = 1 \text{ (vous suivez ?)}$$

Là où les choses changent, c'est quand il s'agit d'ajouter 1 et 1. D'accord, la somme vaut deux, mais « deux », en binaire, se note : $(10)_2$, donc :

$$1 + 1 = (10)_2$$

Les parenthèses et l'indice 2 sont là pour que l'on ne s'effraie pas. Si nous avons écrit :

$$1 + 1 = 10$$

celui qui compose ces lignes en vue de les faire imprimer aurait peut-être appelé discrètement la femme de l'auteur, pour lui dire que « son mari, ayant été probablement un peu surmené ces temps-ci, devrait consulter un spécialiste ».

Et la table de multiplication ? Elle ne devrait pas vous faire peur :

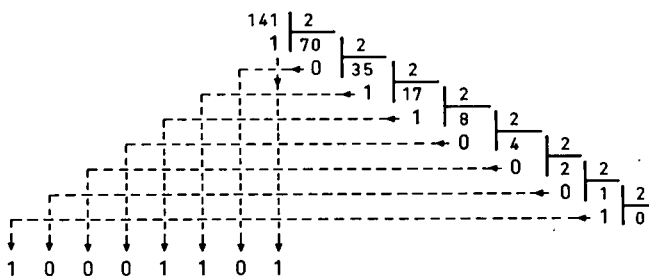
$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Fig. 10. — Pour coder en binaire le nombre décimal 141, on fait une série de divisions entières par deux, en plaçant chaque fois le reste (en chiffres gras) à gauche du reste précédent. On continue, en divisant le précédent quotient par deux, jusqu'à ce que l'on obtienne un quotient nul.



LE SYSTEME « HEXADÉCIMAL » (A BASE SEIZE)

Rassurez-vous, nous arrivons à la fin de cet... interminable exposé arithmétique.

En fait, la numération hexadécimale sert à énoncer plus facilement les nombres binaires, d'une façon qui se note mieux, se retient plus facilement et emploie quatre fois moins de chiffres.

Puisque nous adoptons la base seize, il nous faudra seize symboles pour les chiffres de zéro inclus à quinze (inclus). Nous prendrons les symboles usuels du décimal jusqu'à neuf inclus. Le chiffre dix (oui, c'est un **chiffre**) sera A, onze se notera B, douze sera C, treize s'écrira D, le E

va symboliser le **chiffre** quatorze, et c'est F qui sera le symbole du **chiffre** quinze.

Etant donné l'importance de ces « chiffres » inhabituels, donnons quelques horribles jeux de mots qui aident à retenir les significations de trois de ces symboles.

Pour le B qui vaut onze, pensez au B...onze (les « bonzes » thibétains). Puisque C vaut douze, retenez que « tout se sait », qui, déformé par un homme « enrhubé du cerbeau », donne « douze C ».

Enfin, pour D, pensez au signal de « détresse » (D treize)... avec toutes nos excuses pour le côté épouvantable de ces « à-peu-près » (enfin, de ces « à-beaucoup-près »), qui ont le mérite de l'efficacité mnémotechnique.

Comment convertir en base seize (on dit « en hexadécimal ») un nombre décimal ? La méthode est toujours la même : une suite de divisions par seize, le reste donnant un chiffre, le quotient étant à son tour divisé par seize...

Convertissons, par exemple, 1987 en base seize. La division de 1987 par 16 donne un quotient de 124 et un reste de 3. Donc, dans une collection de 1987 objets, quand on les groupe en paquets de seize, il en reste trois et l'on obtient 124 paquets.

Divisons 124 par 16. Le quotient est 7 et le reste est douze, soit C. Donc, nos 124 paquets de seize peuvent être groupés en sept « caisses » de seize paquets de seize objets, et il restera C (douze) paquets non groupables.

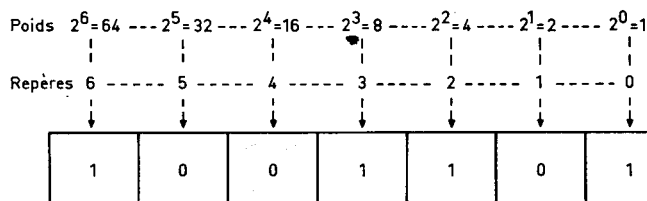


Fig. 11. — Le nombre codé en binaire (décimal 141) se note dans sept cases, numérotées de 0 à 6, le « poids » de chaque case étant égal à deux élevé à une puissance égale au numéro de la case.

Si nous divisons 7 par seize, le quotient est zéro, le reste 7.

Donc :

$$(1987)_{10} = (7C3)_{16}$$

Pour la conversion opposée, puisque le chiffre 3 (unités) a le « poids » 1 (16^0), que C a le poids 16 (16^1) et 7 le poids 256 (16^2), notre nombre vaut :

$$(7C3)_{16} = 7 \times 256 + C \times 16 + 3,$$

soit :

$$7 \times 256 + 12 \times 16 + 3 = 1792 + 192 + 3 = 1987$$

Indiquons, pour terminer, que cette notation hexadécimale est si utilisée (surtout en informatique) que, pour en simplifier la notation, on utilise beaucoup la lettre H (comme Hexadécimal) avant ou après le nombre :

$$1987 = H7C3 \text{ ou } 7C3H$$

On utilise aussi, plus encore, le signe \$ (dollar) :

$$1987 = \$7C3.$$

DE L'HEXADECIMAL AU BINAIRE ET RECIPROQUE- MENT

Supposons que l'on veuille, à partir de nombres décimaux, utiliser une représentation à base cent. Il nous faudrait cent symboles de chiffres, ce qui serait désagréable, mais les nombres s'écriraient avec deux fois moins de chiffres.

En effet, par exemple, 1987 peut se noter :

$19 \times 100 + 87$. Dans un système à base cent, nous écrivons donc le symbole du **chiffre** quatre-vingt-sept à droite et le symbole du **chiffre** dix-neuf à gauche.

Pour le binaire, de zéro à seize, il y a correspondance simple avec les chiffres de l'hexadécimal :

0 : 0000	4 : 0100
1 : 0001	5 : 0101
2 : 0010	6 : 0110
3 : 0011	7 : 0111

8 : 1000	C : 1100
9 : 1001	D : 1101
A : 1010	E : 1110
B : 1011	F : 1111

Considérons maintenant le nombre binaire :

$$(1011101)_2$$

Nous allons le couper en tranches de quatre chiffres à partir de la droite :

$$(101.1101)_2$$

ce qui nous permet de le considérer comme la somme de deux nombres binaires :

$$\begin{array}{r} 101\ 0000 \\ + \quad 1101 \\ \hline = 110\ 1101 \end{array}$$

Le premier est $(101)_2$, avec quatre zéros à droite, donc c'est le $(101)_2$ multiplié quatre fois par deux, donc multiplié par $2^4 = 16$.

Le $(101)_2$ (cinq) s'écrit 5 en hexadécimal. Notre nombre binaire comporte donc cinq paquets de seize, et il reste $(1101)_2$, soit treize (D) objets non groupables. Donc, en hexadécimal, il s'écrit : \$5D.

La règle se généralise. Pour convertir un nombre binaire en hexadécimal :

– on le découpe en tranches de quatre chiffres à partir de la droite ;

– on remplace chaque tranche par le chiffre hexadécimal correspondant.

Comme ci-dessus, si la tranche la plus à gauche comporte moins de quatre chiffres, pour la retrouver exactement dans la table de correspondance donnée ci-dessus, on peut ajouter en tête un, deux ou trois zéros, l'amenant ainsi à avoir quatre chiffres.

Prenons comme exemple le nombre binaire :

$$n = (100110110110101001101011100)_2$$

Nous allons l'écrire découpé en tranches de quatre chiffres à partir de la droite, et, sous chaque tranche, le chiffre hexadécimal correspondant :

$$n = (0100.1101.1011.0101.0011.0101.1100)_2$$

$$n = \$4DB535C$$

(nous avons ajouté un zéro en tête de la tranche la plus à gauche, qui de 100 devient 0100).

Le nombre n s'écrit donc :

$$n = \$4DB535C$$

ce qui est bien plus aisé à noter, à énoncer et éventuellement à retenir que les vingt-sept chiffres binaires donnés au début.

La conversion réciproque est tout aussi simple : chaque chiffre hexadécimal est remplacé

par **quatre** chiffres binaires (pour tout chiffre hexadécimal, sauf éventuellement le plus à gauche, ne pas oublier les zéros en tête s'il y en a).

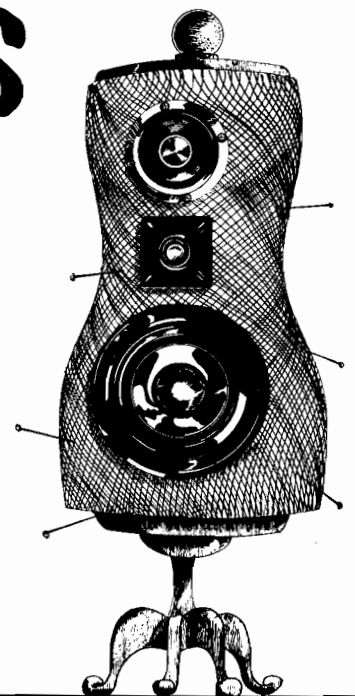
Ainsi, le décimal 1987, qui s'écrivait \$7C3, se transforme en binaire comme indiqué ci-dessous (puisque 7 se note 0111, C se note 1100 et 3 se note 0011) :

$$\begin{array}{r} \$ \quad 7 \quad C \quad 3 \\ \quad 0111 \quad 1100 \quad 0011 \\ \text{soit } (0111.1100.0011)_2 \end{array}$$

On peut supprimer le ou les zéros tout à fait à gauche (mais évidemment pas ceux qui sont dans le corps du nombre) et écrire :

$$1987 = (11111000011)_2$$

DU COUSU MAIN POUR LES PIQUES DU SON.



Kits Siare

Tout pour monter vous-même vos H.P. Suivez le patron vous aurez le son. Sur mesure.

Caméléon

LISTE DES DEPOSITAIRES
45, av. Pasteur - 93106 Montreuil
Tél. 4287 5090

SIARE

Cette écriture en binaire pur ne sera utilisée que si l'on ne peut pas faire autrement. Elle est trop génératrice d'erreurs. Tout de même, 7C3 est infiniment plus aisé à écrire, noter et retenir que 11111000011.

Autrement dit, l'hexadécimal peut être considéré comme une manière élégante et simplifiée d'écrire les nombres binaires.

REPRESENTATION ELECTRIQUE DES NOMBRES BINAIRES

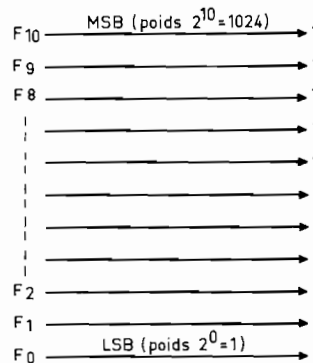
Nous avons bien précisé que le grand intérêt des nombres binaires était de ne nécessiter que deux chiffres, 0 et 1, pour leur notation. Dès lors, il devient facile d'associer au **zéro** un premier « état électrique », et au **un** un autre « état ».

Une première idée est d'utiliser, pour transmettre un nombre binaire sous forme électrique, autant de fils que le nombre comporte de chiffres. Un de ces fils est relatif au chiffre de poids 1, un autre à celui de poids 2, le troisième au chiffre de poids 4... jusqu'à un dernier fil affecté à la transmission du chiffre de poids maximal.

Dès maintenant, indiquons des sigles très couramment utilisés. Un chiffre binaire, et plus particulièrement sa représentation électrique, est souvent appelé « bit », contraction de « Binary digit = chiffre binaire ».

Certains, trouvant qu'il y a un abus de termes d'origine anglaise dans notre langue, veulent franciser le « bit » en l'appelant « eb » (Element Binaire) mais le terme « bit » est bien plus courant.

Fig. 12. - Transmission du nombre binaire (qui vaut 1987 en décimal) sous forme « parallèle », sur autant de fils que le nombre binaire comporte de chiffres (ici onze). Le chiffre de poids maximal est le « MSB » (ici poids 1024) et le chiffre de poids minimal est le « LSB » (ici de poids 1).



Tout nombre binaire à plusieurs chiffres comporte un chiffre de « poids » minimal (celui qui est normalement écrit le plus à droite). On parle souvent d'« unités ») mais nous verrons que ce n'est pas forcément le cas : si le nombre binaire a une partie fractionnaire, le chiffre de poids minimal peut avoir un poids de 1/32, ou de 1/512.

Dans tous les cas, ce chiffre est celui qui « compte », le moins dans le nombre, c'est celui dont la « signification » est minimale, d'où le nom de « chiffre le moins significatif ».

On le désigne souvent sous le sigle « LSB » (de Least Significant Bit = chiffre binaire le moins significatif).

A l'opposé, le chiffre binaire situé le plus à gauche dans l'écriture normale du nombre est celui dont le poids est maximal. C'est donc le chiffre le plus significatif (Most Significant Bit), d'où son sigle de « MSB ».

Signalons tout de suite une difficulté. Toujours pour des raisons de « francisation », certains parlent du chiffre le Moins Signifiant, et utilisent un sigle comportant les lettres

MS pour le chiffre de poids minimal, avec, à l'opposé, les lettres PS pour le Plus Signifiant. Si l'on n'a pas précisé **les deux sigles opposés** utilisés, ce « MS » peut entraîner des erreurs catastrophiques.

Donc, pour éviter toute erreur, indiquez toujours **les deux** sigles, ainsi l'ambiguïté possible sera éliminée.

Revenons à notre nombre binaire. Nous allons encore reprendre l'exemple de 1987, qui vaut \$ 7C3 en hexadécimal, soit en binaire :

(11111000011)₂.

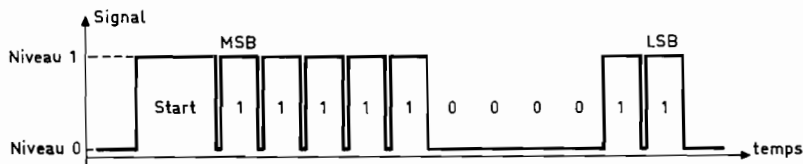


Fig. 13. - Le même nombre binaire peut être transmis sur un canal unique, à condition de respecter tout un ensemble de « procédures de transmission ». C'est la « transmission série », d'emploi plus complexe.

LA TRANSMISSION PARALLELE

Il nous faudra onze fils, de f_0 à f_{10} (fig. 12) pour le transmettre, puisqu'il comporte onze chiffres binaires. On pourra le faire en convenant que le niveau « un » est représenté, sur un fil, par la présence d'une tension supérieure à un certain minimum, m , le niveau « zéro » étant représenté par une tension inférieure à un certain maximum, M (toutes les tensions sont mesurées par rapport à la masse).

Cette méthode de transmission d'un nombre binaire par autant de fils que le nombre a de chiffres s'appelle la « transmission parallèle ».

Quelles valeurs allons-nous donner au minimum m de la valeur haute et au maximum M de la valeur basse ? On pourrait penser à prendre la même pour les deux ; à dire, par exemple, que toute tension inférieure à 3 V veut dire 0 et que toute tension supérieure à 3 V représente 1. Ce ne serait pas prudent.

Il est préférable de choisir m nettement supérieur à M , en disant, par exemple (convention des logiques dites « TTL »), que toute tension inférieure à $M=0,8$ V représente le niveau zéro, toute

tension supérieure à $m=2,0$ V représentant le niveau haut. Ainsi, les deux « plages » de tension représentant les deux chiffres sont nettement disjointes.

Quand une telle convention a été choisie, la première question qui vient à l'esprit de l'utilisateur est : « Quelle signification doit-on donner, alors, à une tension de 1,5 V, par exemple ? ». La réponse est très simple : « Aucune, ou alors la présence d'une telle tension « interdite » signifie qu'il y a une panne quelque part. »

La transmission parallèle est à utiliser chaque fois qu'on le peut, car elle conduit à des solutions techniques plus simples. C'est toujours sous forme parallèle que sont transmises les données d'un ordinateur entre l'unité centrale et les périphériques (à condition, toutefois, que les distances de transmission soient petites).

Si l'on doit transmettre des nombres binaires à grande distance, la multiplicité des fils que suppose la transmission parallèle est alors un inconvénient grave, et l'on doit utiliser une autre méthode pour transmettre le nombre.

LA TRANSMISSION SERIE

On peut aussi transmettre tous les chiffres d'un nombre binaire les uns après les autres, sur un même fil. Il importe alors de ne pas confondre les différents chiffres les uns avec les autres.

C'est pourquoi, en plus de conventions relatives aux niveaux de tension, nous devons, pour cette transmission dite « série », définir d'autres conventions. Nous convenons, par exemple, que :

1° On laissera toujours un espace de temps minimal entre la fin d'une transmission de nombre et le début de la transmission du suivant.

2° Toute transmission commencera par un signal spécial, dit « start », facilement identifiable (par exemple par sa durée), qui servira de point de repère et d'origine des temps pour chaque transmission de nombre.

3° Les transmissions commenceront toutes par le MSB (après le start) pour se terminer par le LSB.

4° Les différents bits seront transmis avec une vitesse parfaitement définie, de telle sorte que l'on puisse savoir quand a lieu la transmission d'un bit de poids donné (en fonction de la durée écoulée entre le début du start et l'instant de la transmission du bit en question).

Par exemple, la transmission série du nombre binaire qui représente 1987 pourra se faire avec une variation de tension en fonction du temps telle que la représente la figure 13. Nous avons supposé, pour tracer cette figure, qu'il y avait un « retour à zéro » entre deux bits 1 successifs (ce qui n'est pas toujours le cas).

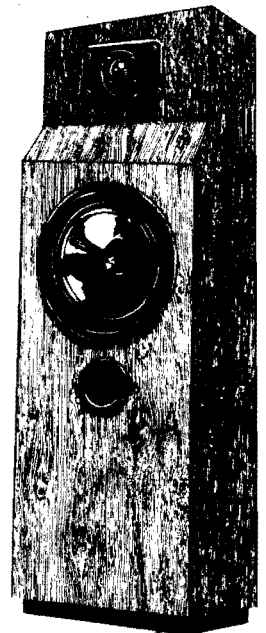
Comme on le voit, la transmission série est bien plus complexe que la transmission pa-

rallèle. C'est pourquoi on ne l'utilise que quand on y est obligé, généralement parce que l'on ne dispose que d'un seul canal de transmission.

A la réception, il faudra utiliser un circuit qui convertisse le « nombre série » en « nombre parallèle », conservant les différents bits dans des mémoires dites « tampons ». A l'émission, nous utiliserons un circuit complémentaire, qui puisse transformer un nombre parallèle en nombre série, les différents moments de transmission étant déterminés par rapport à une horloge.

(à suivre)
J.-P. OEHMICHEN

MONTEZ LE SON.



Kits Audax

Quitte à faire le son, faites-le vous-même. H.P. prêts à monter pour créer votre propre enceinte.



LISTE DES DEPOSITAIRES
45, av. Pasteur - 93106 Montreuil
Tél. 42 87 50 90

AUDAX