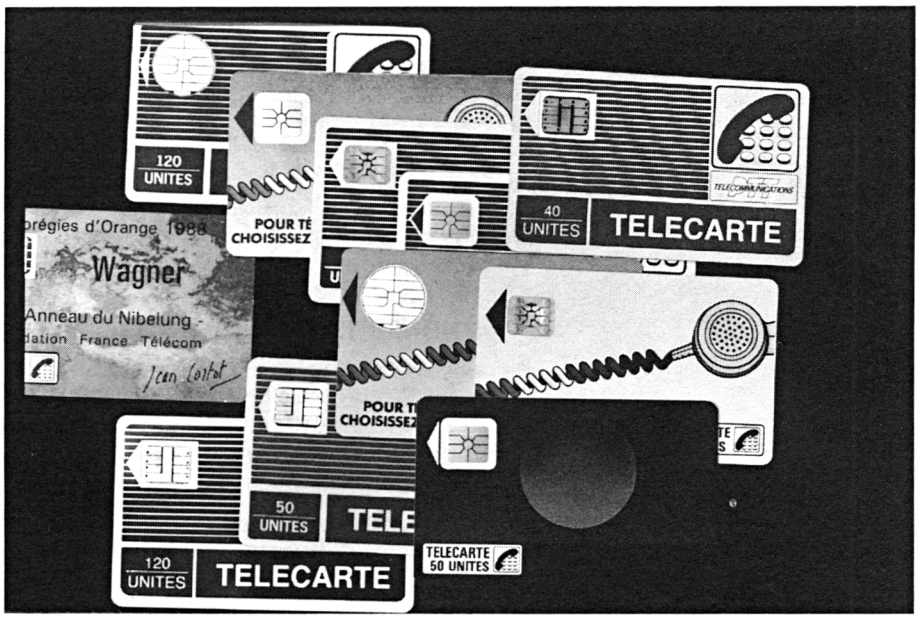
10/4.7

Un lecteur-enregistreur de télécartes usagées

Fabriquées, utilisées, puis jetées par dizaines de millions, les télécartes sont incontestablement les cartes à puce les plus répandues en France.

Collectionnés avec passion par un nombre croissant de *Télécartistes*, ces petits rectangles de plastique attisent également la curiosité des amateurs d'informatique : que peut donc bien contenir cette fameuse puce réputée inviolable ? En fait, nous avons eu la surprise de constater que quelques opérations fort simples permettent d'en apprendre très long, et d'imaginer d'intéressantes applications pour les cartes dont le crédit est épuisé.



Une myriade de télécartes.

Déclarations préliminaires

Compte tenu du caractère monétique de la question, nous devons préciser très nettement certains points avant même d'effleurer le vif du sujet : on pourrait aller imaginer en haut lieu que nos intentions ne sont guère innocentes... En réalité, non seulement nous nous garderons bien de suggérer une quelconque méthode censée permettre de téléphoner gratuitement, mais nous nous attacherons à montrer que la complexité des techniques mises en œuvre offre toutes les possibilités imaginables pour rendre le piratage virtuellement impossible. Nous osons espérer que ces possibilités ont été exploitées à leur juste valeur, sinon à quoi bon avoir doté les publiphones français d'une technologie infiniment plus coûteuse que celle mise en place en Belgique ou en Grande-Bretagne, pour ne citer que ces deux exemples ?

Les informations que nous allons présenter ici sont peut-être considérées comme secrètes, et comme la chasse gardée d'une poignée de polytechniciens. Pour notre part, nous y avons accédé en quelques coups de multimètre et d'oscilloscope, au prix simplement d'un peu de bon sens technique.

Bref, ces données traînent un peu partout sur les trottoirs et dans les cabines publiques : il suffit de se donner le mal de les ramasser et d'en prendre connaissance, ce qui est à la portée de n'importe quel électronicien amateur. Pour les protéger valablement, il aurait fallu consigner les télécartes tout comme les litres à étoiles, mais cela n'a pas été fait !

Précisons cependant que les techniques décrites dans ces pages s'appliquent exclusivement aux télécartes et en aucun cas aux cartes PASTEL ou aux cartes bancaires : ces cartes haut de gamme renferment en effet un véritable microprocesseur qu'il serait beaucoup plus délicat, pour ne pas dire impossible, de « déplomber ».

Enfin, il est évident que des brevets protègent cette technique des cartes à puce : les procédés décrits ici ne devront être mis en œuvre que par des particuliers pour leur usage personnel.

Premières investigations

Entreprendre une exploration des télécartes usagées est strictement équivalent à expérimenter sur un circuit intégré à huit broches au sujet duquel on ignore à peu près tout : seul le boîtier varie. Il s'agit donc d'un problème d'électronique, qui ne tardera cependant pas à déboucher sur de l'informatique.
Dans le cas présent, un avantage majeur est le prix de revient parfaitement nul des composants : on peut se permettre d'en *tuer* autant qu'il le faudra.

Quelques indices nous sont cependant offerts, qu'il est de bonne guerre d'exploiter : en nous basant sur la numérotation des contacts de la figure 1, tout à fait arbitraire d'ailleurs, une observation attentive montre une disposition particulière du contact N° 1. En fait, tout laisse à penser qu'il s'agit de la masse.

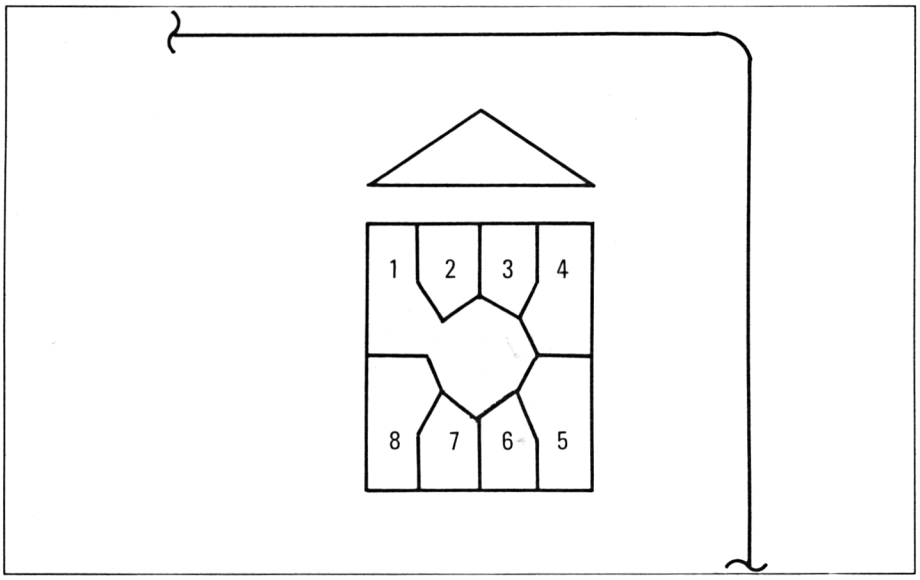
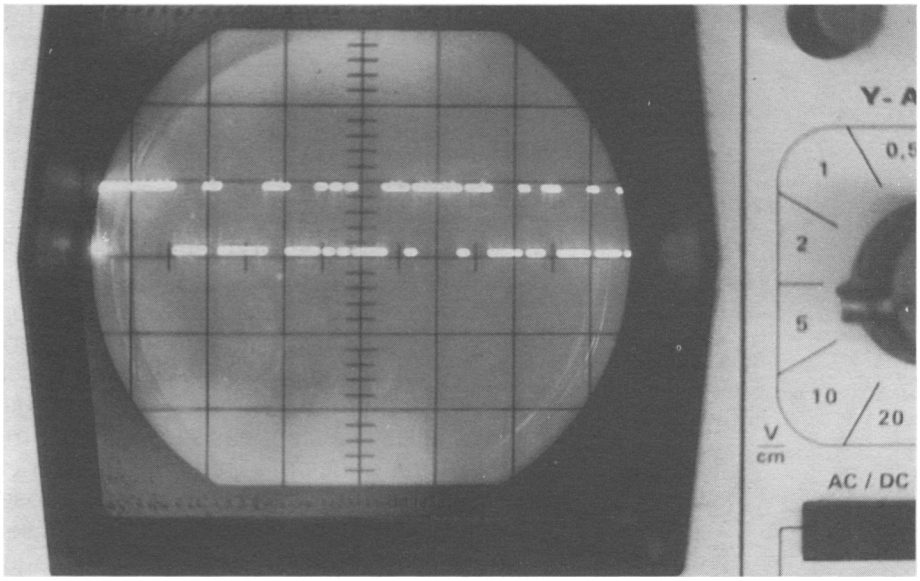


Fig. 1

Emettons l'hypothèse que la puce fonctionne sous + 5 volts, ce qui est le cas pour la majorité des circuits logiques modernes, et cherchons à découvrir la broche correspondante. Raccordons donc le pôle négatif d'un ohmmètre au contact de masse, et promenons la pointe de touche positive sur les autres : il apparaît rapidement que c'est la broche N° 8 qui appelle le plus de courant.

Considérons donc que c'est ici qu'il faut appliquer le + 5 V, et passons à la pratique : il nous reste maintenant à examiner comment réagissent les autres contacts, d'abord au voltmètre, puis à l'oscilloscope.



Décryptage à l'oscilloscope.

C'est là que des différences sensibles se manifestent entre les différentes puces équipant les cartes (d'après les plus éminents collectionneurs, il en existerait pour le moment neuf !).

C'est avec les cartes *pyjama* (rayées de bleu-violacé) que nous avons obtenu des résultats le plus rapidement. Il s'agit d'ailleurs de loin du modèle le plus répandu. En poursuivant les recherches, nous avons cependant réussi à percer le mystère entourant les autres versions...

Une analyse de la résistance interne des différents accès de la carte suggère que le contact N° 3 pourrait bien être une sortie, mais que tous les autres ressembleraient plutôt à des entrées, munies de résistances de tirage permettant de les laisser *en l'air* (c'est là une situation des plus courantes dans la poche ou le portefeuille, théoriquement déconseillée pour les MOS ou CMOS).
Branchons donc un oscilloscope entre masse et contact N° 3, et manipulons les entrées : appliquons-leur tantôt du +5 V, tantôt du 0 V, en veillant bien à balayer toutes les combinaisons logiques possibles.

Cet examen montre vite que les contacts 5 et 6 sont incontestablement plus susceptibles que leurs collègues : certaines choses se passent en sortie lorsque des niveaux particuliers sont présents à ces endroits.

L'étape suivante consiste à accélérer les opérations grâce à l'installation de la figure 2 : le contact N° 5 étant relié au + 5 V, attaquons donc le contact N° 6 avec un signal rectangulaire compatible TTL (0-5 V). Une fréquence de 10 kHz se révèle la mieux adaptée pour une observation sur un oscilloscope simple.

La figure 3 montre l'allure du signal périodique fort complexe (et de fréquence très inférieure à celle de notre horloge) que l'on obtient sur le contact N° 3 avec la plupart des cartes.

Des comparaisons entre cartes de 50 et 120 unités (confirmées par l'examen plus poussé que nous allons décrire plus loin) permettent de supposer que notre télécarte est en fait une mémoire de 256 bits, dans laquelle il est possible d'écrire en changeant les 0 en 1 mais non l'inverse. Sur ces 256 bits, environ 150 semblent réservés à l'enregistrement des unités consommées : à chaque impulsion de taxation, un 0 serait transformé en 1, de façon irréversible.

Les bits restants peuvent être inspectés plus ou moins à fond selon les possibilités de l'oscilloscope utilisé : avec un modèle simple, le début du train peut être dilaté confortablement en jouant sur la synchro manuelle et sur le vernier de base de temps. Un modèle à base de temps retardé demeure par contre indispensable pour visualiser la suite. Précisons bien que nos lecteurs ne sont nullement tenus de procéder à ces mesures, bien qu'elles ne soient pas sans utilité. Il importe cependant de bien comprendre leur principe, afin d'appréhender convenablement le mécanisme des manipulations que nous allons proposer ensuite sur AMSTRAD. Une procédure plus fine a pu ensuite être mise au point, basée sur la remarque que la puce émet un seul bit à chaque période d'horloge : actionnons donc celle-ci manuellement, et un peu de patience suffira pour prendre note de l'intégralité du contenu de la mémoire.

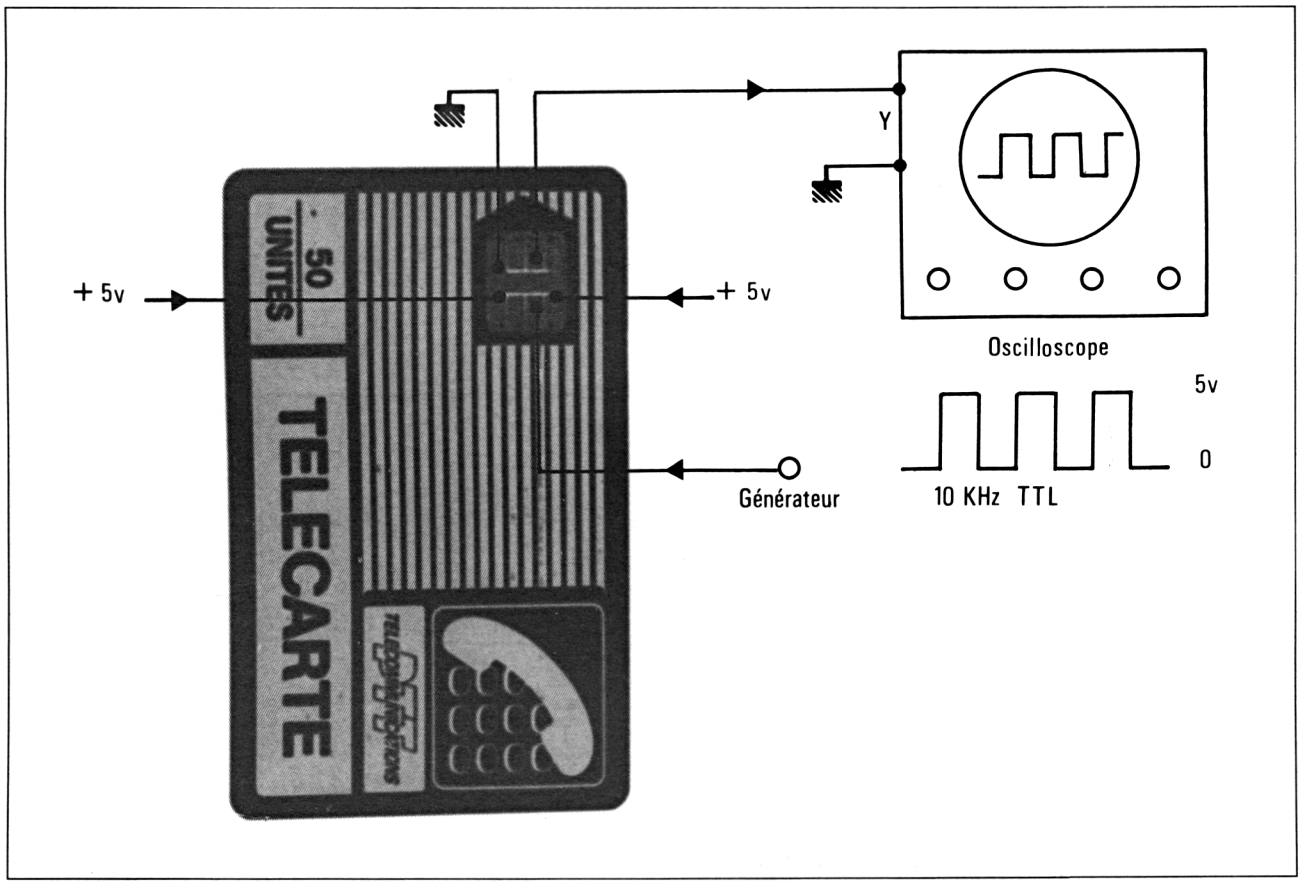

Y
+ 5v
+ 5v
50 UNITES
TELECARTE
Oscilloscope
5v
0
Générateur
10 KHz TTL

Fig. 2

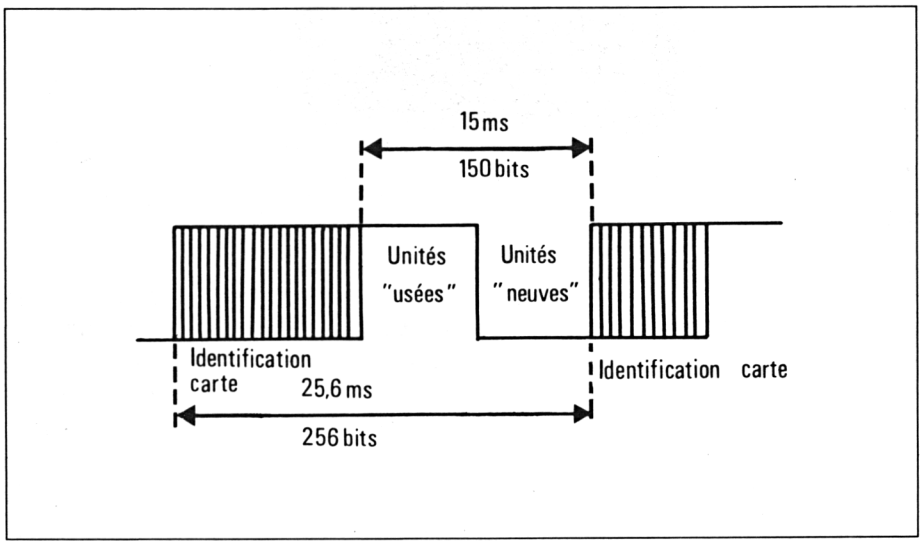

15 ms
150 bits
Unités "usées"
Unités "neuves"
Identification carte
25,6 ms
Identification carte
256 bits

Fig. 3

Un « système minimum »

Pour pousser les investigations plus loin, un outil commode nous est vite apparu nécessaire. Nous verrons plus loin comment un AMSTRAD CPC constitue l'arme absolue, mais le montage de la figure 4 nous a été d'une extrême utilité pour mener notre enquête jusqu'au bout.

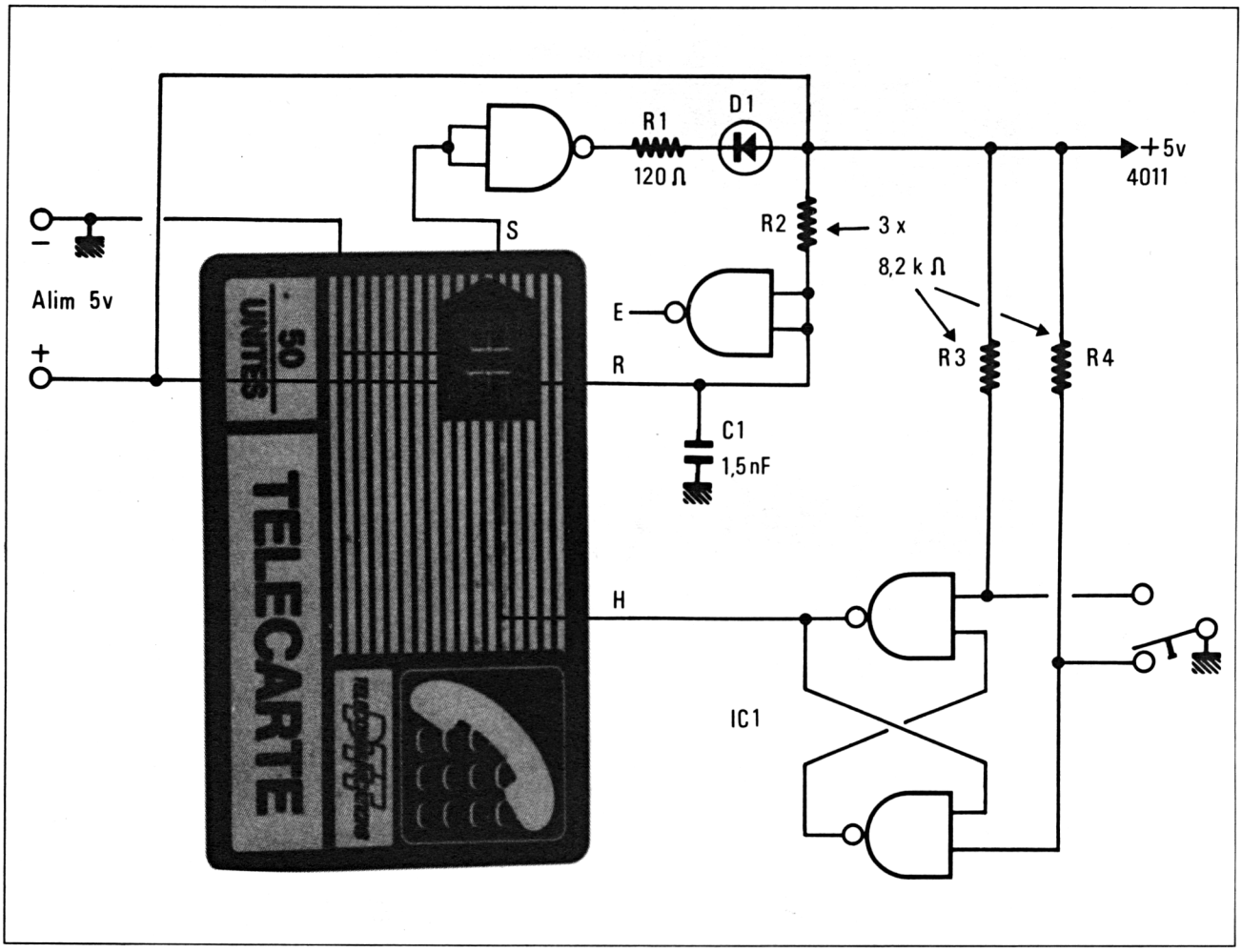


Fig. 4

Le cœur de ce circuit est une bascule RS servant d'anti-rebond entre le bouton-poussoir inverseur et l'entrée d'horloge de la carte : il faut éviter, en effet, que les rebondissements du contact n'appliquent plusieurs impulsions d'horloge à la carte pour une seule pression.

Un circuit RC de reset se charge pour sa part d'appliquer + 5 V au contact N° 5 un peu plus tard que sur l'entrée d'horloge : en principe, cette précaution semble permettre à la lecture de commencer au début, mais nous avons trouvé mieux lors du passage à l'informatique.

Un signal inversé est également disponible en vue d'essais sur les autres accès de la carte, ce qui nous a permis de découvrir que certaines cartes exigeaient que le contact N° 7 soit mis à la masse, et le N° 2 au + 5 V.

Raccordé en cinq points à une télécarte complaisante (au besoin par de fines soudures mais de préférence à l'aide d'un connecteur maison), ce très simple montage permet de faire défiler les 256 bits un par un : il suffit d'appuyer 256 fois sur le bouton, en notant 1 si la LED s'allume, 0 si elle s'éteint.

La figure 5 donne un tracé de circuit imprimé dessiné en vue d'être câblé selon la figure 6. La disposition des pastilles est prévue pour l'implantation d'une touche **MEC** à voyant LED incorporé : la sensation tactile très nette qu'elle offre permet à l'opérateur de bien sentir le déclenchement et donc de ne pas manquer d'impulsions. Bien évidemment, tout bouton-poussoir à contact inverseur pourra aussi faire l'affaire : une place est d'ailleurs prévue pour une LED indépendante.

Une analyse approfondie de quelques cartes est possible avec ce montage, mais, pour aller plus loin, l'outil informatique s'impose : il permettra de comparer en détail de nombreuses cartes de 50 ou 120 unités, et surtout des cartes portant (au verso) le même numéro de série.

Nous en avons tiré, entre autres, les enseignements suivants :

— même des cartes portant au verso des numéros semblables ne contiennent pas exactement les mêmes informations : notre sentiment est qu'il n'existe pas deux cartes identiques ;

— les cartes de 50 et 120 unités apparaissent électriquement identiques, seul un groupe de bits semblant permettre au publiphone de savoir à quel stade il doit considérer que le crédit est épuisé.

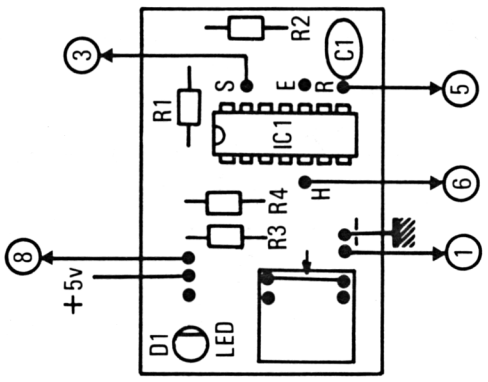


Fig. 6

Lecture de télécartes sur CPC

Pour un habitué des entrées-sorties sur micro-ordinateur, il est clair que rien n'est plus simple que de confier la lecture d'une télécarte à un AMSTRAD CPC : il suffit d'au moins deux lignes de sortie et d'une ligne d'entrée, que l'on peut facilement distraire de la prise d'imprimante.

Le branchement de la figure 7 est né d'une longue série d'essais dont le succès n'a été possible que grâce à la confortable réserve de télécartes de l'auteur (beaucoup y ont d'ailleurs laissé la vie...).

Il s'est révélé efficace avec tous les types de télécartes actuellement en circulation, à condition de respecter la procédure de la figure 8, tant pour la lecture que pour l'écriture. Oui, vous avez bien lu, vous allez pouvoir inscrire vos propres données dans la mémoire des cartes épuisées, puis les relire à volonté !

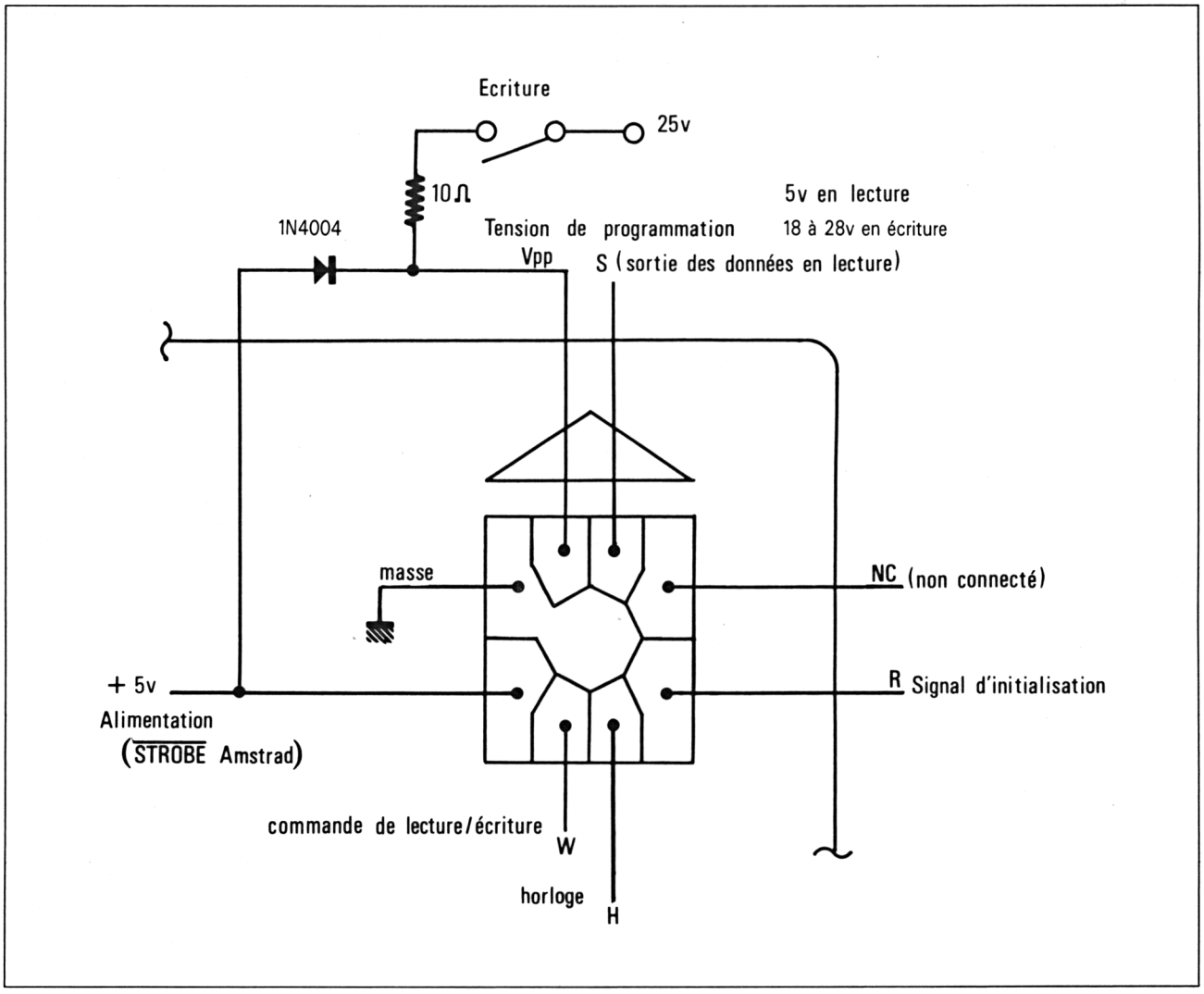


Fig. 7

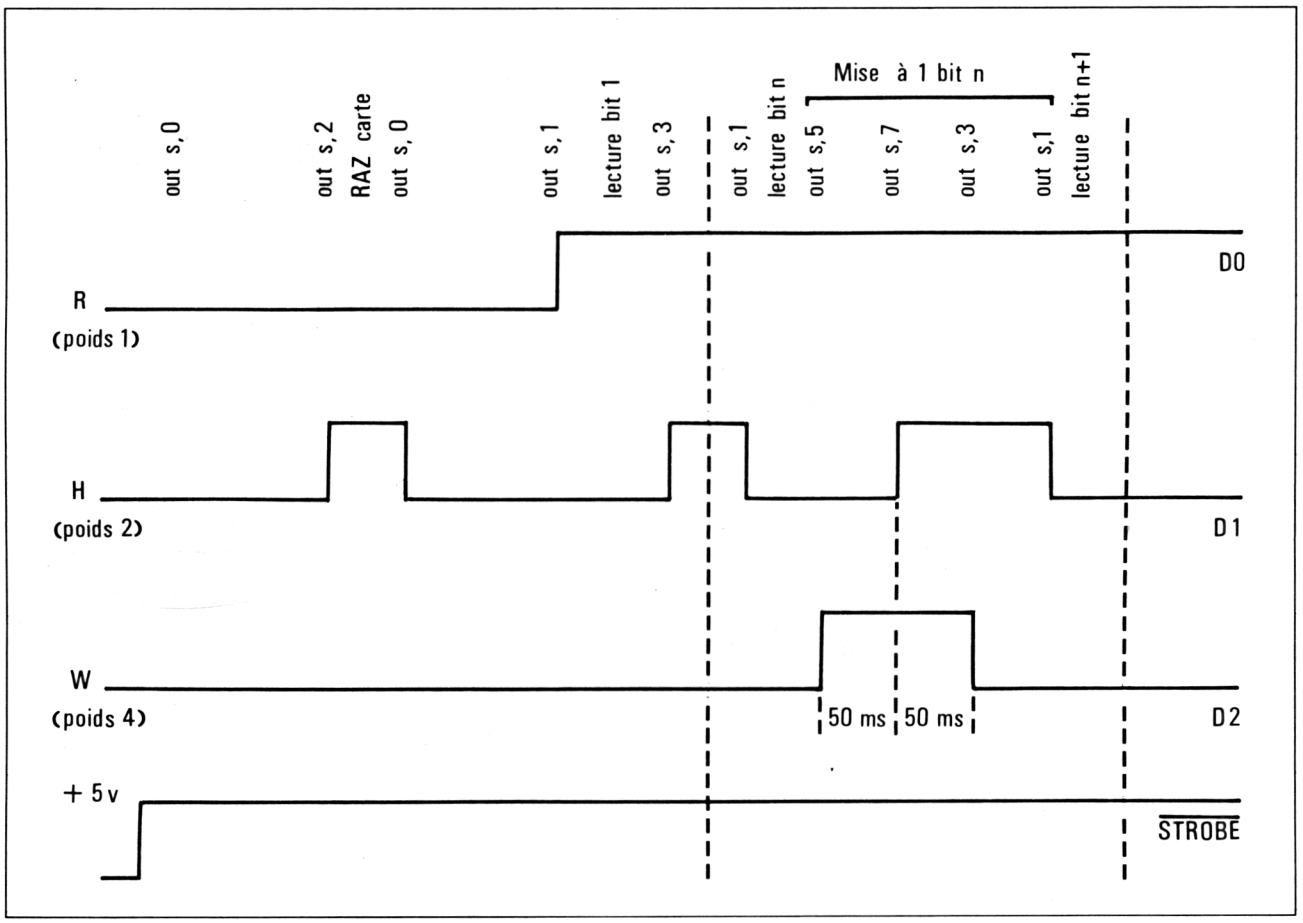


Fig. 8

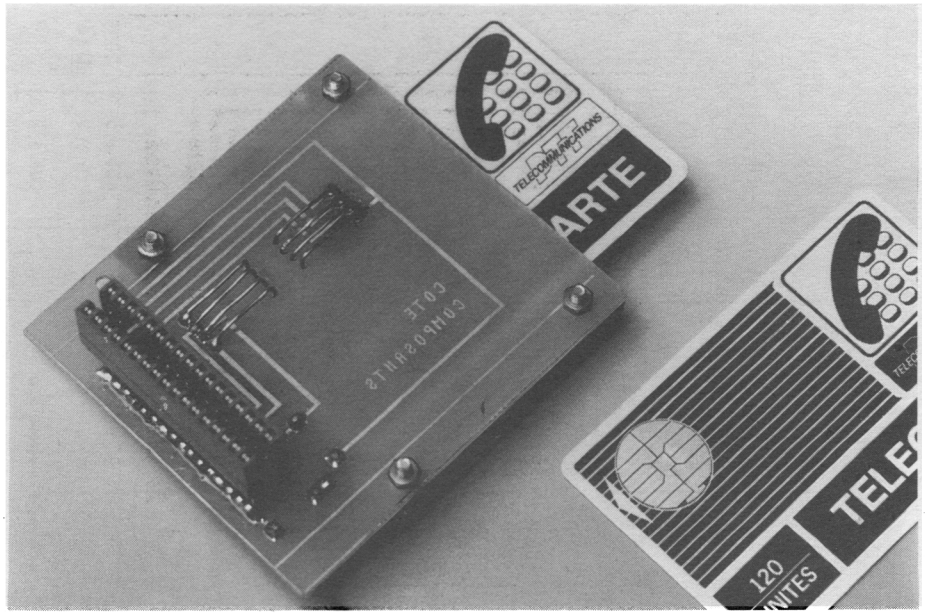
C'est la ligne BUSY desservant normalement l'imprimante qui collectera les bits émis par la carte, tandis que les lignes de données D0, D1 et D2 véhiculeront les signaux d'horloge, de reset et de validation d'écriture.

La ligne de STROBE, pour sa part, amènera le + 5 V nécesaire, cet artifice étant rendu possible par la très faible consommation de la télécarte, et par le fait que, sur les CPC, cette sortie est *bufferisée.*

Ce n'est donc qu'en enregistrement qu'il faudra prévoir une alimentation extérieure, de 25 volts environ (par exemple trois piles miniatures de 9 V en série).

Construction du lecteur

Pour pouvoir opérer commodément sur de nombreuses cartes sans les endommager, un connecteur spécial est nécessaire. On commence à en trouver dans le commerce, mais à des prix qui les réservent aux professionnels.



Vue générale du montage.

Construisons donc le nôtre à partir du circuit imprimé de la figure 9, qui devra être reproduit avec précision à partir du mylar fourni. Attention, les deux faces de la carte portent des composants, et il ne s'agit pas de les intervertir !

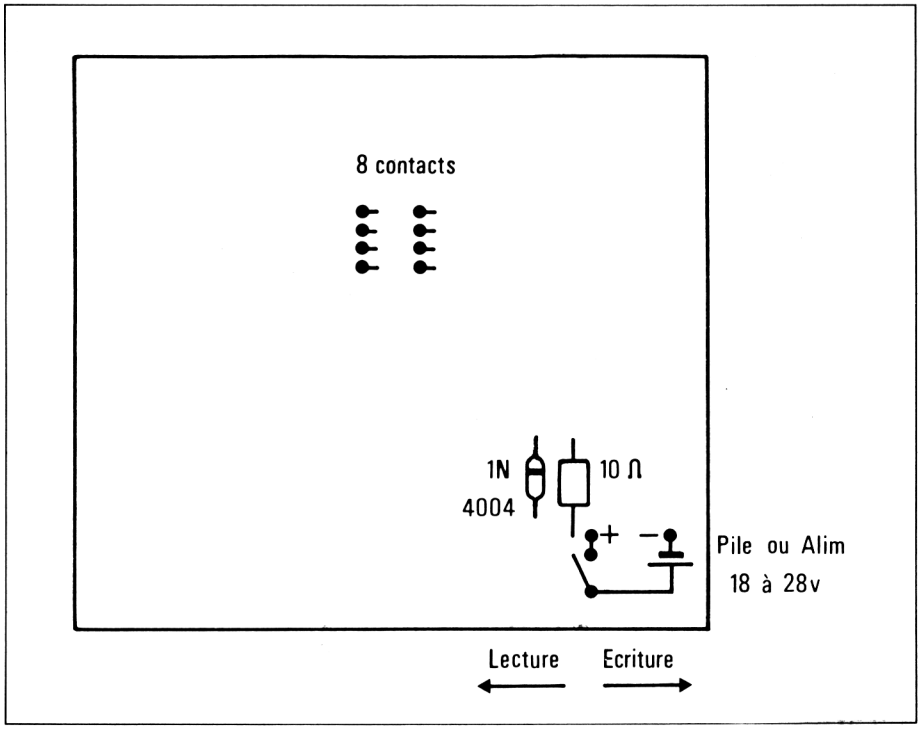


Fig. 10

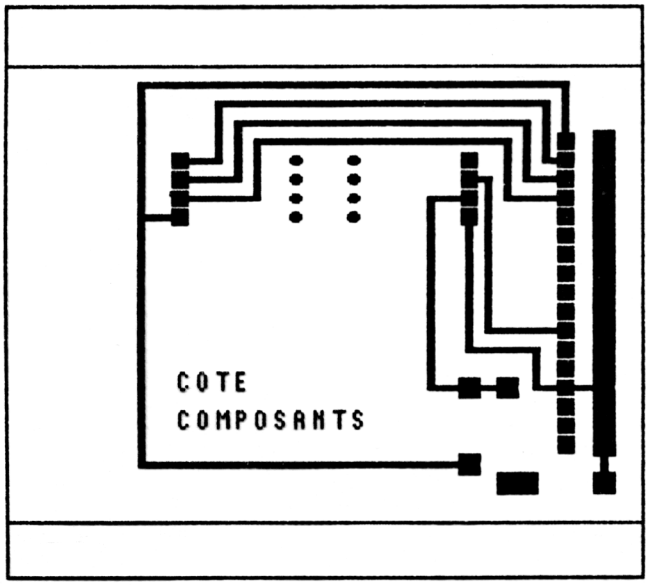


Fig. 9

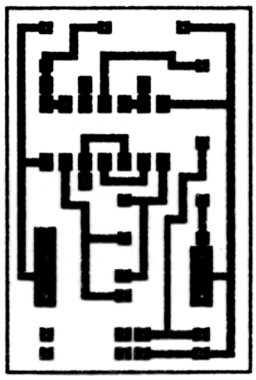


Fig. 5

Côté composant, la figure 10 montre qu'il n'y a guère à câbler que deux éléments (une diode 1 N 4004 et une résistance de 10 Ω), ainsi que les deux fils devant rejoindre l'alimentation 25 V par l'intermédiaire d'un interrupteur.

A travers des trous de 1,5 mm dépasseront également de ce côté, de 3 mm environ, les huit petits balais de contact qu'il faudra réaliser d'après la figure 11 et souder côté cuivre.

C'est la figure 12 qui explique comment équiper ce côté cuivre : il faut souder, dans la bonne position, un connecteur à wrapper (donc à broches rigides et longues), de deux fois 17 contacts, destiné à s'enficher dans la prise d'imprimante du CPC. On n'oubliera pas de placer le détrompeur entre les contacts 4/5 et 15/16.

On soudera ensuite les huit balais en fil étamé 6/10 d'après les indications de la figure 13 : il est très important de leur donner un maximum d'élasticité de façon à ce que les contacts avec la carte soient bons, mais sans frottement excessif. Une pulvérisation de JELTONET PLUS est recommandée pour lubrifier légèrement ces balais pour lesquels nos lecteurs modélistes trouveront peut-être une solution encore meilleure.

Il ne reste plus qu'à visser, dans les zones réservées à cet effet, deux glissières permettant de guider la carte de façon précise jusqu'à ses contacts, et une butée limitant son avance. Notre maquette a été équipée à ce niveau de simples réglettes de PVC d'épaisseur 3 mm, et d'un couvercle constitué d'un morceau de circuit imprimé de 75 × 60 mm (voir *photo de la page précédente).*

Insistons bien sur le fait que du soin apporté à ce travail dépend le bon fonctionnement du système tout entier : un mauvais contact ou un court-circuit feraient échouer les manipulations à venir, et pourraient même faire se bloquer l'ordinateur. Vérifiez donc deux fois plutôt qu'une !

Connectez alors cette nouvelle extension à votre CPC, et mettez-le en route : sauf erreur de votre part, il doit fonctionner tout à fait normalement.

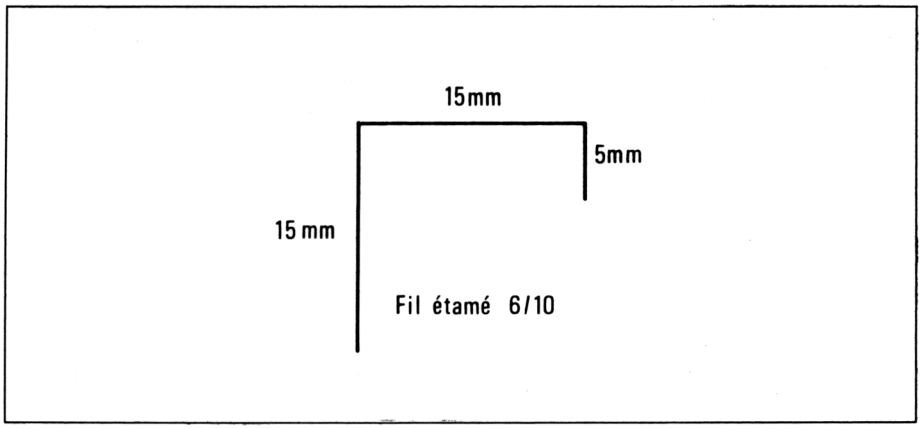


Fig. 11

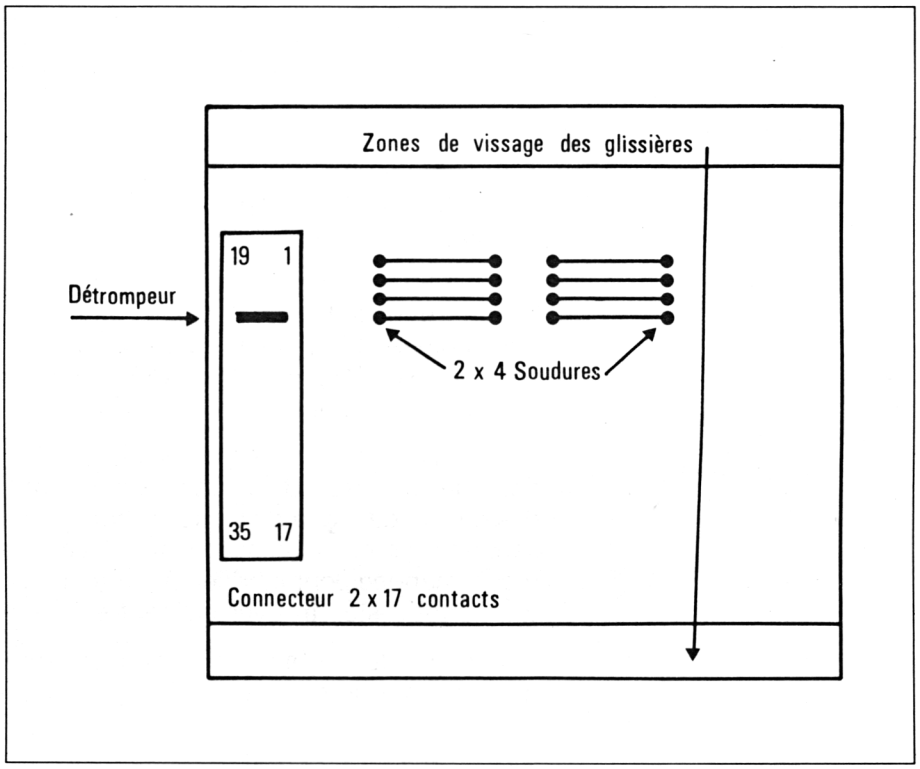

Zones de vissage des glissières
19 1
Détrompeur
2 x 4 Soudures
35 17
Connecteur 2 x 17 contacts

Fig. 12

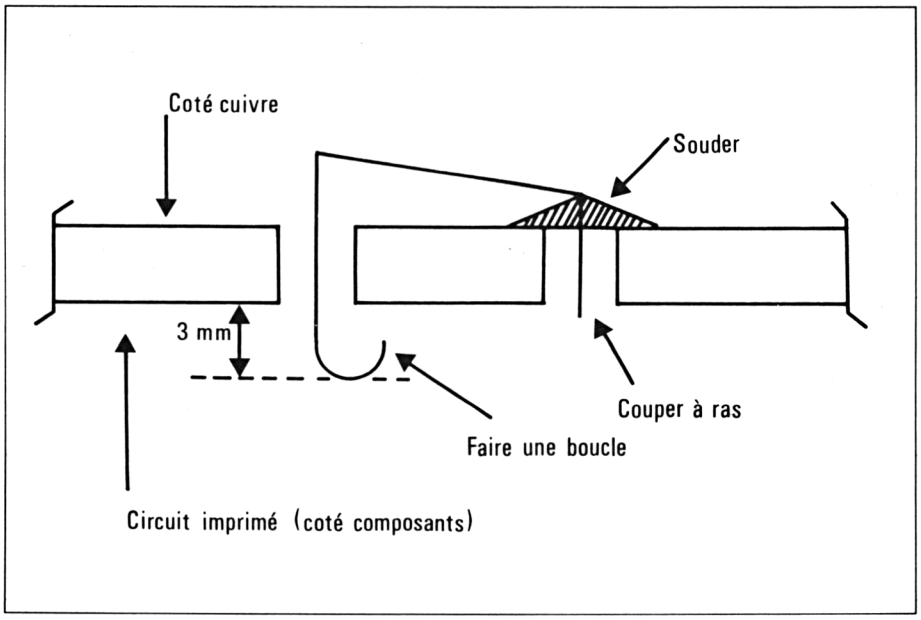

Coté cuivre
Souder
3 mm
Couper à ras
Faire une boucle
Circuit imprimé (coté composants)

Fig. 13

Les logiciels

La partie matérielle étant désormais achevée, il nous reste à apprendre au CPC à communiquer avec les télécartes que l'on peut maintenant lui raccorder.

Le programme ci-dessous est ce qu'il est possible de faire de plus simple pour commencer à utiliser le système.

```
10 REM TELECARTE
20 s=61439:e=30207
30 OUT s,0
40 PRINT"Connecter carte, puis ENTER"
50 INPUT z$
60 OUT s,2:OUT s,0
70 FOR f=1 TO 8
80 FOR g=1 TO 8
90 FOR h=1 TO 4
100 OUT s,1
110 d=INP(e):d= d AND 64
120 IF d=64 THEN PRINT"1";
130 IF d<>64 THEN PRINT"0";
140 OUT s,3
150 NEXT h
160 PRINT" "; : NEXT g
170 PRINT:NEXT f
180 RUN
200 REM (c)1989 Patrick GUEULLE
```

Une fois démarré et mis en présence d'une télécarte, il respecte scrupuleusement la procédure de lecture décrite à la figure 8 et la répète 256 fois tout en consignant les données acquises dans un tableau affiché sur l'écran.

Attention :

Avant de lancer ce programme, on s'assurera qu'aucune touche du lecteur de cassette n'est enfoncée, car cette erreur risquerait d'empêcher le bon déroulement des opérations.

Le contact de remise à zéro étant maintenu à la masse et le + 5 V étant appliqué (OUT 61439,0), une impulsion d'horloge est appliquée (OUT 61439,2), permettant à la lecture de commencer à la première adresse de la mémoire. Dès le passage à 1 du contact R (OUT 61439,1), le premier bit est disponible sur la ligne de sortie (bit de poids 64 du port d'entrée 30207).

Après chaque impulsion positive appliquée au contact d'horloge, un nouveau bit se présente, jusqu'à ce que le 256e soit atteint.

Un logiciel aussi simple que celui-ci suffit pour dresser en quelques secondes un tableau très clair du contenu de la carte lue : les tableaux 1 et 2 montrent que la présentation adoptée consiste à afficher huit lignes de huit groupes de quatre bits, faciles à convertir en BCD ou en hexadécimal si nécessaire.

Tableau 1

zone ROM (figée)			0000	0011				
					0001	0000	0000 100	0110 80402010
zone PROM (zéros transformables en 1	1111	1111	1111	11111	1111	1111	1111	1111
	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	0000
	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
	0000	0000	0000	0000	0000	0000	1111	1111

Organisation d'une télécarte épuisée de 50 unités

18 cases blanches = 18 mots de 4 bits différents
d'une carte à l'autre ($4,72.10^{21}$ « numéros » possibles)

Tableau 2

zone ROM (figée)			0000	0011				
					0001	0000	0001 100	0011 80402010
zone PROM (zéros transformables en 1	1111	1111	1111	11111	1111	1111	1111	1111
	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
	1100	0000	0000	0000	0000	0000	1111	1111

Organisation d'une télécarte épuisée de 120 unités

18 cases blanches = 18 mots de 4 bits différents
d'une carte à l'autre ($4,72.10^{21}$ « numéros » possibles)

Cette présentation ne prétend évidemment pas rendre compte exactement de l'organisation de la mémoire : contient-elle des octets, des mots de 16 bits, ou autre chose, nous ne pouvons émettre que des suppositions.

Suppositions vraisemblables cependant, puisque la comparaison de plusieurs dizaines de cartes fait rapidement apparaître certaines informations :

— cinq bits semblent indiquer si la carte doit être déclarée vide au bout de 50 ou 120 unités, bien qu'il y ait dans les deux cas 160 bits de crédit potentiel. Le poids décimal de ces cinq bits serait respectivement de 10, 20, 40, 80 et 100 unités, mais, en effectuant le calcul, on trouve toujours dix unités de trop (130 pour 120, 60 pour 50 et 50 pour 40)... ;

— on trouve précisément un bloc de 60 bits à 1 dans un carte épuisée de 50 unités, 130 dans le cas d'une carte de 120, etc., mais il reste toujours quelques zéros qui n'ont pas servi... ;

— les huit derniers bits sont souvent à 1 dans une carte dont le crédit est épuisé, mais toujours à 0 dans une carte pouvant encore servir ;

— et surtout, 18 mots de 4 bits semblent consacrés à l'identification de la carte, et diffèrent d'une carte à l'autre même si leurs numéros externes sont identiques : ces 72 bits permettraient de créer 2^{72} soit $4{,}72 \times 10^{21}$ cartes différentes ! C'est considérablement plus que l'on n'en produira jamais, même si le nombre de possibilités devait être réduit par l'introduction (hautement probable) de *clefs de contrôle*.

Nous pensons pouvoir conclure de tout cela (mais nous pouvons nous tromper...) que chaque télécarte émise renferme un numéro qui lui est propre : les bruits de modem que l'on entend dans le combiné des publiphones lorsque l'on insère la carte pourraient bien trahir le fait que ce numéro est transmis au central pour contrôle, et peut-être aussi à d'autres fins que l'usager ne soupçonne même pas (rappelons que, par définition, le central sait aussi quel numéro de téléphone est appelé...).

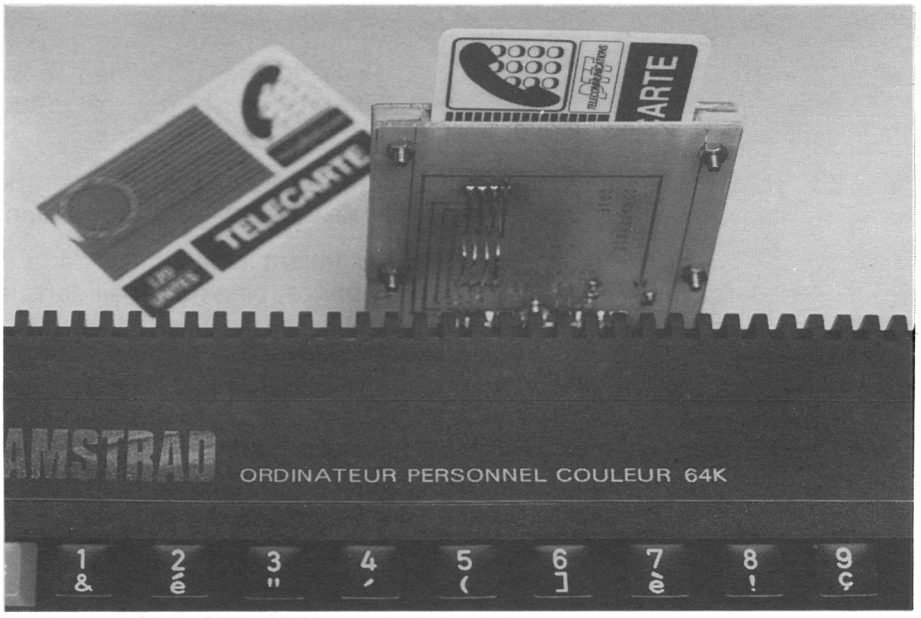
Mais pour notre part, nous pouvons envisager de multiples applications pour toutes ces cartes normalement destinées à la poubelle.

Si nous considérons comme acquis le fait que le contenu de chaque télécarte est unique, il devient clair que n'importe quelle carte de récupération peut être reconnue lors de son passage dans un lecteur tel que le nôtre.

Dans le cas d'un système d'accès à un club sportif ou à un parking, un AMSTRAD ou un microprocesseur convenablement programmé peut empêcher d'entrer quelqu'un qui est déjà dans les lieux, ou de sortir quelqu'un qui n'est pas rentré (protection contre les usages multiples d'une même carte).

Une liste permanente des personnes présentes peut facilement être tenue à jour de façon automatique, ce qui est un élément fort intéressant en matière de sécurité.

Mieux, il est possible de modifier en quelques instants la programmation pour interdire l'accès à une personne brusquement devenue indésirable (ou qui n'a pas payé son abonnement !).



Le lecteur enregistreur installé sur CPC.

Inversement, l'autorisation d'accès d'un nouveau membre peut être validée tout aussi instantanément.
Il n'est pas besoin de commander à prix d'or des cartes à un fabricant chargé de les personnaliser, ni même de *faire les poubelles :* les balayeurs commencent à savoir que certains marchands philatélistes achètent 20 centimes et plus les cartes usagées qu'ils trouvent. Certains en possèdent par dizaines de milliers, et sont prêts à offrir les plus communes (justement celles qui nous intéressent) à un prix des plus abordables !

Sans sortir du domaine de l'informatique, il serait facile de protéger des applications contre un usage abusif par des personnes non autorisées, en faisant tester au programme la présence d'une carte bien particulière dans le lecteur : seul le porteur d'une seule et unique carte pourrait alors accéder au logiciel ou aux informations.

Le programme ci-dessous peut servir de base à ce genre d'usage de notre montage : il construit une chaîne **c$** contenant un groupe de caractères caractéristique de la carte lue, et l'affiche simultanément à l'écran. Libre à l'utilisateur de faire l'usage qu'il voudra de cette identification.

```
10 REM TELECARTE
20 s=61439:e=30207
30 OUT s,0
40 PRINT"Connecter carte, puis ENTER"
50 INPUT z$:CLS
60 PRINT"IDENTIFICATION CARTE:":PRINT
70 OUT s,2:OUT s,0
```

```
80 c$=""
90 FOR f=1 TO 10
100 r=7:GOSUB 120
110 GOTO 210
120 c=0
130 FOR b=r TO 0 STEP -1
140 p=2^b
150 OUT s,1
160 d=INP(e):d= d AND 64
170 IF d=64 THEN c=c+p
180 OUT s,3
190 NEXT b
200 RETURN
210 c$=c$+CHR$(c)
220 PRINT c,
230 NEXT f:PRINT:PRINT
240 r=7:GOSUB 120
250 r=3:GOSUB 120
260 h=100*c
270 r=3:GOSUB 120
280 t=(h+(10*c))-10
290 IF t>250 THEN RUN
300 PRINT"CARTE DE ";t;" UNITES"
310 PRINT
320 u=-10
330 OUT s,1
340 d=INP(e):d= d AND 64
350 IF d<>64 THEN 380
360 u=u+1:OUT s,3
370 GOTO 330
380 PRINT u;" UNITES CONSOMMEES"
390 PRINT:PRINT
400 RUN
410 REM (c)1989 Patrick GUEULLE
```

En supplément, l'écran indique combien d'unités contenait la carte à l'origine, et combien ont été consommées : de quoi vérifier rapidement les cartes de récupération sans avoir à passer par une cabine.

De bonnes surprises sont possibles, car bien des cartes sont abandonnées avant épuisement complet de leur crédit. Mais on rencontrera aussi des cartes sur lesquelles ont été apparemment consommées plus d'unités que prévu : il semblerait qu'il s'agisse de cartes présentant quelques bits de mémoire défectueux, et sur lesquelles le publiphone se serait servi des bits de réserve découverts précédemment.

Comment écrire dans les télécartes

Si nous abordons ici un tel sujet, c'est évidemment parce que nos divers essais nous ont prouvé qu'il n'était pas possible de pirater les cartes usagées afin de leur redonner du crédit. Les tableaux 1 et 2 (voir page 16) montrent que la mémoire des télécartes est divisée en deux zones :

— les 96 premiers bits semblent bien appartenir à une mémoire de type ROM, ou mémoire morte dans laquelle il est impossible d'écrire en dehors de la phase de fabrication : pas question donc de modifier l'identification de la carte, ou de transformer une 50 unités en 120 ;

— les 160 bits restants se comportent par contre comme une mémoire EPROM, dans laquelle il est possible de transformer des 0 en 1, mais non l'inverse : vous pourrez sans difficulté faire baisser le crédit d'une carte, mais certainement pas le reconstituer. Par contre, dans une carte de 50 unités épuisée, une zone de 88 bits à zéro attend que vous veniez y programmer les données de votre choix (jusqu'à dix caractères ASCII, par exemple).

Ainsi, il vous sera facile de personnaliser vos cartes de récupération en les rendant différentes de toutes celles en circulation par ailleurs, tout en mettant si nécessaire les mêmes données dans plusieurs cartes.

Le programme ci-après permet de changer en 1 tout 0 de la zone « EPROM », avec un maximum de facilité.

```
10 REM PROCARTE
20 s=61439:e=30207
30 OUT s,0
40 PRINT"Connecter carte, puis ENTER"
50 INPUT z$
60 OUT s,2
70 OUT s,0
80 FOR f=1 TO 8
90 FOR g=1 TO 8
100 FOR h=1 TO 4
110 OUT s,1
120 d=INP(e):GOSUB 230
130 z$=INKEY$:IF z$="" THEN 130
140 IF z$="w" THEN 270
150 REM "w" transforme un 0 en 1
160 REM "espace" laisse le 0 intact
170 REM dans les 2 cas, avance 1 bit
180 OUT s,3
190 NEXT h
200 PRINT" "; : NEXT g
210 PRINT:NEXT f
220 RUN
230 k= d AND 64
240 IF k=64 THEN PRINT"1";
250 IF k<>64 THEN PRINT"0";
```

```
260 RETURN
270 OUT s,5
280 FOR t=1 TO 50:NEXT t
290 OUT s,7
300 FOR t=1 TO 50:NEXT t
310 OUT s,3:GOTO 190
320 REM (c)1989 Patrick GUEULLE
```

Une fois lancé, il se comporte comme celui présenté page 15, à ceci près, qu'il faut presser la barre d'espace pour avancer d'un bit (mais la répétition automatique fonctionne si vous maintenez votre appui).

Arrêtez-vous sur le premier 0 devant être changé en 1, et pressez sur la touche **w** (en minuscules) : c'est fait, à condition que l'opération ait été effectuée en présence de la tension Vpp de + 25 V.

Continuez à avancer, et transformez tous les bits que vous voulez, en sachant bien que l'opération est irréversible. N'oubliez surtout pas de couper le 25 V avant de retirer la carte ou d'arrêter le CPC : elle ne survivrait probablement pas à cette erreur.

Il ne vous reste plus qu'à relire la carte pour vérifier que la programmation a bien été exécutée.