

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 82 00706

⑤④ Procédé et dispositif automatique de lecture et de recopie de plans de perçage de circuits imprimés.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 05 K 13/00.

②② Date de dépôt..... 18 janvier 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 22-7-1983.

⑦① Déposant : Société anonyme dite : BORNELEC SA. — FR.

⑦② Invention de : Jean-Marie Griess.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Kessler,
14, rue de Londres, 75441 Paris Cedex 09.

La présente invention est du domaine de l'électronique et concerne principalement un procédé et divers appareils automatiques de perçage de cartes de circuits imprimés destinés à constituer des sous-ensembles d'appareils électroniques.

5 Pour des raisons évidentes de facilité de fabrication et donc de coût de réalisation, les circuits électroniques industriels sont de plus en plus réalisés sous forme de circuits imprimés, c'est-à-dire que les différents composants électroniques des circuits, tels les condensateurs, résistances, microprocesseurs, ... ont leurs broches d'alimentation piquées au sein de perçage réalisé au travers d'une plaque isolante.

10 Les anciens câblages de section circulaire sont remplacés dans ces circuits imprimés par des filaments conducteurs plans, minces et peu larges, déposés à même la plaque isolante et organisés pour relier convenablement les diverses broches de chaque circuit.

15 La technique de réalisation des circuits imprimés est actuellement bien établie. Elle consiste tout d'abord à concevoir, en bureau d'études, l'organisation et le type des composants à utiliser pour réaliser la fonction électronique désirée. Cette étude se concrétise par la mise au point d'un schéma fonctionnel du circuit imprimé. A partir de ce schéma, on élabore un plan grandeur nature du futur circuit imprimé

20 - en imaginant une disposition des filaments résistants, évitant toute juxtaposition entre ces derniers,
- et en délimitant en conséquence la place des composants sur le circuit et, en particulier, la localisation des perçages au travers du support, débouchant chacun face à un filament au sein duquel les broches d'alimentation des composants seront piquées et soudées pour être convenablement alimentées.

25 La localisation des points de perçage fait, elle aussi, l'objet d'un plan grandeur nature.

30 Habituellement, l'ensemble du circuit est dessiné sur une seule face de la plaque, l'autre face étant réservée à la disposition des constituants. Cependant, lorsqu'une telle disposition est impossible du fait de croisements inévitables, on utilise deux faces.

35 La fabrication d'un circuit imprimé s'effectue généralement en trois étapes.

La première étape consiste tout d'abord à mettre en place sur un support isolant (constitué d'une plaque rectangulaire en matériau stra-

tifié en matière plastique) les différents filaments conducteurs constituant le circuit électrique. Les méthodes utilisées pour cette mise en place sont diverses :

- 5 - la plus ancienne consiste à déposer ces filaments par pressage sur le support isolant d'un schéma en argent chauffé, précédemment découpé à l'emporte-pièce dans une feuille métallique,
- 10 - une technique plus récente et plus utilisée consiste :
 - à déposer sur le support isolant une pellicule uniforme de métal (d'argent, de laiton ou de cuivre)
 - et à graver ultérieurement cette pellicule pour ne laisser subsister sur le support isolant que le tracé désiré de filaments conducteurs.

Cette gravure est réalisée

- 15 · soit par recopie à la fraise, dans le cas de filaments assez épais utilisés notamment dans le domaine de l'électronique de puissance,
- 20 · soit plus généralement par photogravure, c'est-à-dire en protégeant les circuits des futurs filaments avec un vernis et en attaquant ultérieurement les parties non constitutives du circuit à l'aide d'un acide.

La seconde étape consiste à effectuer, au travers du circuit imprimé et en regard des filaments, les perçages destinés à être traversés ultérieurement par les broches d'alimentation des composants électroniques du circuit imprimé, conformément au plan de perçage élaboré par le bureau d'études.

Enfin, la troisième étape consiste à mettre en place les divers composants, généralement sur la face de la plaque isolante opposée à celle sur laquelle est disposé le circuit de filaments conducteurs. Pour ce faire, les broches d'alimentation des composants sont introduites au travers des perçages précédemment ménagés dans le circuit imprimé et soudées, sur la face opposée, sur le filament métallique qu'elles traversent.

35 Abaisant dans des proportions considérables le volume et le poids des câblages, faciles à stocker et conduisant à des qualités mécaniques et de fiabilité électrique remarquables, les circuits imprimés ont pratiquement entièrement détrônés les anciens câblages classiques.

Leur conception les rend très adaptés aux exigences d'une pro-

duction industrielle de grande série. En particulier, la simplicité et la systématisation de leur montage diminuent considérablement les frais de main-d'oeuvre entrant dans leur fabrication.

De ce fait, il n'est aucun domaine, aussi bien de l'électronique grand public, tels la radio, la télévision, le téléphone, la Haute Fidélité, les jouets, que de l'électronique de pointe tels les machines à calculer, les ordinateurs ou les domaines spécialisés et sophistiqués tels les appareils médicaux ou militaires, où on ne les utilise journalièrement.

Néanmoins et bien que faisant l'objet de recherches et d'améliorations technologiques continues, la fabrication des circuits imprimés présente encore certains inconvénients.

Le but de la présente invention est d'apporter des améliorations à la deuxième étape conduisant à la réalisation d'un circuit imprimé, c'est-à-dire aux techniques actuellement utilisées pour effectuer le perçage des plaques isolantes des circuits imprimés avant mise en place des composants électroniques. On conçoit en effet que cette étape est essentielle car

- d'une part, elle entre pour une part importante dans le coût de fabrication des circuits imprimés,
- d'autre part, la précision de sa réalisation influe très sensiblement sur la qualité et la fiabilité des circuits considérés. En effet, une erreur infime sur le positionnement d'un des perçages
 - . peut, en raison de la finesse des filaments conducteurs, conduire à un excentrement du perçage vis-à-vis du filament conducteur qui lui correspond, ce qui rend généralement le circuit imprimé complètement inopérant
 - . et, par ailleurs, rend généralement très délicate la mise en place d'un composant électronique dont une des broches doit traverser ce perçage.

Actuellement, suivant leur degré de mécanisation, on peut classer les techniques de perçage de circuits imprimés utilisés en plusieurs groupes :

- 1) La technique la plus simple, utilisée en particulier par les amateurs des clubs d'électronique, consiste à effectuer des perçages
 - . soit de façon plus ou moins approximative, conduisant ultérieurement à déformer les broches des composants, pour mettre ces dernières en place à l'intérieur de leurs perçages,

5 . soit encore quelquefois en calquant tout d'abord sur une
feuille la position des perçages portés sur le plan, puis en
essayant de positionner correctement le calque vis-à-vis du
circuit à percer et enfin en réalisant les perçages au travers
du circuit et du calque superposés à l'aide d'une mini-perceuse
portative.

10 Lorsque l'on songe notamment qu'une carte de circuit imprimé
d'ordinateur comporte couramment près d'un millier de perçages et que
la réalisation manuelle d'un perçage selon les méthodes manuelles pré-
cédentes nécessite plus d'une seconde d'activité humaine, on comprend
que ces procédés de perçage conduisent à des coûts de revient en
main-d'oeuvre tout à fait prohibitifs.

15 Par ailleurs, on conçoit que ces méthodes de perçage manuelles
aboutissent à une reproduction peu fidèle des plans qui rend ultérieu-
rement très difficiles la mise en place et la soudure des composants
électroniques de chaque circuit. En particulier, les broches d'alimen-
tation de ces composants doivent être introduites manuellement une par
une au travers de leurs perçages. On imagine sans peine que ceci
aboutit à une qualité ainsi qu'à une reproductibilité peu fiables des
20 caractéristiques d'une série de fabrication de circuits imprimés et en
tout cas inenvisageables dans les domaines de l'électronique de préci-
sion professionnelle et grand public.

Enfin, on remarque que selon les techniques de perçage :

- 25 . chaque étape de fabrication d'un circuit imprimé doit être
nécessairement effectuée manuellement
. et que toutes ces opérations nécessitant une mobilisation
humaine doivent être reproduites pour chaque circuit imprimé.

30 Ainsi, on comprend que ces procédés manuels de perçage des
circuits imprimés soient actuellement inutilisés dans les fabrications
petites et grandes séries aussi bien artisanales qu'industrielles et
soient uniquement mises en oeuvre par l'amateur pour qui le coût de
revient est un facteur non prépondérant.

2) D'autres techniques procèdent d'une recopie systématique des
renseignements de position de perçage portés sur le plan.

35 - Selon une première forme de mise en oeuvre manuelle de cette
technique, on reproduit tout d'abord la disposition relative des
perçages à effectuer à l'aide d'une série de poinçonnages ménagés
sur l'une des faces d'un gabarit plan, généralement métallique.

On réalise ensuite le perçage des circuits imprimés par recopie du gabarit.

5 Pour ce faire, on utilise une perceuse de recopie constituée essentiellement d'une table de travail dont sont solidaires un doigt de palpation à extrémité en pointe et un outil de perçage. Le doigt de palpation et l'outil sont mobiles en translation sur un même axe perpendiculaire à la table, de part et d'autre d'un évidement ménagé au travers de cette dernière.

10 Par ailleurs, on constitue en empilage d'un ou de préférence plusieurs circuits imprimés semblables à percer, surmontés par le gabarit de perçage (ces poinçonnages étant disposés vers l'extérieur).

15 Enfin, on pose l'empilage sur la table de travail et on vient localiser successivement les différents poinçonnages en déplaçant manuellement cet empilage dans le plan de la table.

20 Dès que l'un des poinçonnages est localisé, on introduit le poinçon à l'intérieur (afin de parfaitement positionner l'outil vis-à-vis de ce poinçon), on manoeuvre l'outil de perçage en direction de la table de façon à ce qu'il traverse l'évidement et effectue un perçage au travers de l'empilage des circuits imprimés en regard du poinçon considéré et l'on répète cette opération pour chaque poinçon.

25 - Selon une autre variante de mise en oeuvre manuelle de cette technique, on utilise le plan de perçage lui-même comme gabarit. A cet effet, on utilise une perceuse de recopie du type précédent mais dont le doigt de palpation est remplacé par un dispositif optique grossissant, muni d'une cible, visant un point fixe situé en regard de l'évidement de la table de travail dans le prolongement de l'axe de translation vertical de l'outil de perçage.

30 De même, on réalise un empilage mobile en surmontant les différents circuits semblables de leur plan de perçage.

35 La localisation des points de perçage est effectuée en déplaçant manuellement l'empilage vis-à-vis de la table de telle manière que les différents points du plan soient successivement placés face à l'axe de visée du dispositif optique.

Comme précédemment, dès qu'un point de perçage est optiquement localisé, on manoeuvre l'outil de perçage perpendiculairement et en direction de la table de façon à ce qu'il vienne percer l'empilage des circuits en regard du point du plan visé.

Ces techniques de recopie apparaissent manifestement beaucoup plus adaptées que les précédentes au perçage de petites séries de circuits imprimés.

5 En particulier, le premier procédé de recopie par palpage à l'aide d'un pointeau permet, par un centrage rigoureux et systématique, de résoudre de façon assez satisfaisante le problème évoqué plus haut de la reproductibilité de la qualité et des caractéristiques de fabrication d'une série de circuits imprimés.

10 Par contre, du fait de l'encombrement latéral inévitable de chaque poinçonnage du gabarit, ce procédé est inapplicable pour la réalisation de circuits imprimés dont certains perçages sont très rapprochés. En effet, la sensibilité de positionnement du pointage devient alors trop faible.

15 Par ailleurs, le second procédé de recopie optique permet théoriquement (en utilisant un grossissement assez important et éventuellement un système de déplacement manuel micrométrique de l'empilage vis-à-vis de la table) d'effectuer la réalisation de perçages quelle que soit leur distance mutuelle.

20 Néanmoins, on imagine sans peine qu'aussi bien l'un que l'autre de ces deux procédés nécessitent une astreinte visuelle intense et permanente de la part de l'opérateur et qu'une tâche aussi répétitive et aussi délicate ne peut être effectuée par un opérateur sans entraîner certaines erreurs inévitables telles qu'oublis ou mauvais centrages du dispositif de visée vis-à-vis de certains des points de perçage du plan.

25 De même, ces erreurs occasionnent des rebuts importants (approchant souvent 10% du nombre des circuits percés) dont les conséquences sont amplifiées du fait qu'il est quasiment impossible de discerner la non-conformité d'un circuit percé avant mise en place de ses composants électroniques.

30 De plus, il est très difficile selon ces techniques de réaliser des circuits imprimés comportant des perçages de différentes dimensions. En effet, il faut dans ce cas

35 soit, selon la première variante de recopie par palpage, constituer un gabarit différent pour chaque diamètre de perçage en rassemblant sur chaque gabarit la série des points de perçage correspondant à ce diamètre et réaliser successivement la série des perçages de chaque diamètre à l'aide du gabarit adéquat en effec-

tuant entre chaque série un changement de l'outil de perçage et une mise en place sur l'empilage d'un nouveau gabarit (mais, ceci occasionne des pertes de temps considérables et un travail fastidieux de la part de l'opérateur) ;

5 . soit, selon la seconde variante de recopie optique, effectuer plusieurs balayages visuels du plan, sélectionner, au cours de chaque balayage, les points de perçage d'un diamètre donné et réaliser concomitamment les perçages correspondants avant de changer d'outil.

10 Mais, on conçoit sans peine que la succession de ces étapes répétitives de différenciation visuelle délicate de diamètre de points ne fait qu'accroître le nombre des erreurs de perçage et par voie de conséquence la proportion de circuits imprimés rebutés.

Au surplus, ces méthodes de perçage par recopie sont très lentes et intégralement mises en oeuvre par l'intermédiaire d'un opérateur. De ce fait, comme les techniques rudimentaires évoquées plus haut, ces méthodes entraînent des coûts de main-d'oeuvre extrêmement lourds qui limitent de façon importante leur utilisation en production de séries.

15 3) Enfin, les techniques de perçage de circuits imprimés les plus élaborées et les plus compétitives dans le domaine industriel de réalisation en grande série mettent en oeuvre un procédé de commande numérique des dispositifs de perçage.

Selon ces techniques, un opérateur effectue et enregistre tout d'abord un programme informatique de commande des séquences de perçage. Ce programme est ensuite introduit et mémorisé à l'intérieur d'un ou plusieurs automates qui effectuent en grande série des perçages de circuits sous la direction d'une unité de commande pilotée par microprocesseur selon les séquences du programme mémorisé.

25 Plus précisément, la préparation du programme de perçage s'effectue selon une technique assez proche de la recopie manuelle optique décrite plus haut.

30 A cet effet, on utilise une table de programmation optique manuelle comportant principalement un banc muni d'un dispositif de visée optique perpendiculairement à un point fixe du plan. Vis-à-vis du banc et face au dispositif optique, un chariot est translaté suivant deux directions X et Y définies par des chemins directionnels, à l'aide de moteurs pas à pas sous le commande d'un manche manuel de déplacement. Sur ce chariot, est déposé et fixé le plan de la série de circuits imprimés.

més à réaliser. Le plan de perçage est généralement constitué d'une feuille blanche sur laquelle sont disposées des pastilles noires symbolisant en grandeur nature les perçages à effectuer.

5 La réalisation du programme de commande numérique de perçage consiste à faire évoluer le plan de perçage vis-à-vis du dispositif optique en utilisant le manche manuel de déplacement du chariot. Un écran vidéo de vérification et de centrage, muni d'une mire, est relié au dispositif optique et permet à l'opérateur de scruter continuellement le plan pour se centrer successivement sur chacun des points de perçage. De plus, un poussoir actionné par l'opérateur lui permet de commander la mémorisation, au sein du programme, des coordonnées X et Y, vis-à-vis du banc, du centre de chaque pastille qui constitue le point correspondant du perçage à effectuer. Eventuellement, l'écran vidéo possède une échelle permettant à l'opérateur de juger visuellement du diamètre de la pastille, c'est-à-dire du perçage à effectuer. Dans ce cas, la table de programmation est dotée d'un clavier alphanumérique permettant à l'opérateur d'introduire au sein du programme le diamètre du perçage en corrélation avec les coordonnées du point correspondant.

20 Toutes ces informations relatives aux caractéristiques géométriques des perçages sont transmises à un microprocesseur qui les organise convenablement au sein d'un programme homogène avant de les délivrer à un système d'écriture sur support mobile de programme tel un perforateur qui enregistre et, si besoin est, duplique le programme sur des bandes perforées.

25 Indépendamment de la table de programmation, chaque automate de perçage est constitué par une simple platine munie d'un porte-outil à déplacement selon Z perpendiculairement au plan de la platine. L'automate de perçage possède en outre un lecteur des supports de programme, notamment un lecteur de bandes perforées ainsi qu'une unité centrale de commande reliée d'une part à différents moteurs pas à pas déplaçant un chariot perpendiculairement à l'outil suivant les directions X, Y, du plan de la platine et, d'autre part, au lecteur dont elle reçoit les informations de perçage issues du programme enregistré.

35 En cours de fonctionnement, les différents circuits imprimés à percer sont successivement mis en place et fixés sur le chariot de l'automate. Sous la direction de l'unité centrale de commande et selon les séquences inscrites sur le programme, le chariot est déplacé dans

les directions X et Y et l'outil est déplacé dans la direction Z du perçage. Ainsi, chaque circuit se trouve automatiquement percé conformément aux indications géométriques enregistrées sur le programme.

5 Cette technique de perçage par commande numérique présente des avantages considérables vis-à-vis des procédés manuels décrits plus haut. Utilisée en grande série de productions, elle divise par dix, voire par cent, la mobilisation humaine nécessaire.

10 Il est certain que ce procédé de perçage a contribué de façon importante à l'abaissement considérable des coûts de fabrication des circuits imprimés qui a occasionné ces dernières années l'explosion et l'avènement de l'électronique grand public.

Néanmoins, on doit admettre que celui-ci présente encore certaines lacunes et défauts inhérents à ses fondements.

15 Tout d'abord, on remarquera que ce procédé comporte deux phases distinctes :

- l'une entièrement réalisée par l'intermédiaire d'un opérateur, la phase de reconnaissance du plan et de programmation,
- et l'autre, intégralement automatisée, la phase de perçage des circuits imprimés, pilotée par commande numérique.

20 La seconde phase apporte toute satisfaction et est difficilement améliorable dans ses concepts ; par contre, on se rend compte que la première présente exactement les mêmes caractéristiques et, de ce fait, les mêmes lacunes que le procédé de recopie manuelle optique d'un plan qui a été analysé plus haut.

25 En particulier, la rapidité d'exécution de cette programmation visuelle est très limitée par les capacités de discernement et de temps de réponse du cerveau humain.

30 Par ailleurs, l'opérateur effectuant la programmation à l'aide du système optique constitué par une caméra reliée à un écran vidéo subit une astreinte visuelle permanente très pénible.

Cette astreinte entraîne des erreurs de visée du centre des pastilles et, de ce fait, des erreurs de programmation extrêmement fréquentes qu'il est humainement impossible d'éviter directement.

35 De même, on imagine aisément que la méthode aléatoire de balayage visuel du plan par l'opérateur, à l'aide de son manche de déplacement manuel du chariot, conduit à des oublis de pastilles nombreux et inévitables.

La technique actuelle a essayé de pallier à ces lacunes en dotant

la table de programmation d'un logiciel, d'un système de visualisation des données de perçage établies et introduites en mémoire de masse ainsi que d'un clavier alphanumérique, afin de permettre à l'opérateur d'effectuer une vérification et une correction du programme de perçage avant enregistrement sur support mobile.

Mais l'analyse d'un poste de travail équipé d'une table de programmation de ce type montre que plus de la moitié du temps de l'opérateur est affecté à des étapes de vérifications et de corrections nécessaires des programmes de perçage qu'il réalise.

De plus, il apparaît quasiment impossible d'être assuré, malgré vérification, d'un enregistrement parfait des coordonnées de l'ensemble des points de perçage du fait que ceux-ci sont nécessairement déterminés par l'intermédiaire de l'oeil humain et qu'une erreur peut demeurer imperceptible au cours des vérifications. Tout au plus, peut-on effectuer une correction itérative du programme après mise en place, soudure des composants électroniques et évaluation des caractéristiques et des qualités des circuits.

Mais cette vérification s'avère très onéreuse.

Au surplus, on comprend que la mise en oeuvre du type de table de programmation ci-dessus et principalement la réalisation des phases de corrections des programmes de perçage ne peuvent être effectuées que par des opérateurs très qualifiés, versés à l'utilisation de claviers de commande du type informatique et à la programmation.

Ces caractéristiques intrinsèques de la programmation industrielle du perçage des circuits imprimés ont des conséquences directes sur le coût global de l'opération de perçage d'une série. Ainsi, l'analyse de ce coût montre que près de 50% sont constitués par les charges de main-d'oeuvre attachées à la réalisation et à la vérification du programme de perçage.

Enfin, on conçoit que du fait du coût d'achat très élevé des appareils sophistiqués de programmation et d'exécution ainsi que de la charge importante et incompressible en personnel qualifié de programmation pour piloter ces appareils qu'elle entraîne, cette technique de perçage de circuits imprimés par commande numérique n'est rentablement applicable que par des grandes séries de fabrication.

En dessous d'un seuil relativement élevé de circuits imprimés d'un même type à réaliser, on doit s'orienter vers des méthodes de perçage manuelles archaïques du type évoqué plus haut et le coût unitaire de

l'opération de perçage croît de ce fait dans des proportions considérables. Cette caractéristique de variation des coûts unitaires inhérente aux différentes méthodes actuelles de perçage limite de façon importante le développement de l'électronique professionnelle.

5 L'objet essentiel de la présente invention est d'apporter une solution globale aux différents problèmes évoqués ci-dessus que pose le perçage industriel en moyenne et grande série des circuits imprimés électroniques.

10 Un premier but de l'invention est de proposer un procédé de reconnaissance et de définition géométrique d'un ensemble de pastilles déposées sur un plan permettant, d'une part, une systématisation de l'opération en aboutissant à un très haut degré de fiabilité par l'absence d'opérations humaines et, d'autre part, une automatisation complète de la définition géométrique des pastilles.

15 Un second but de l'invention est de définir technologiquement divers dispositifs simples et peu onéreux assurant un perçage très précis, automatique et à bas prix, de séries de circuits imprimés par recopie à l'aide du procédé de reconnaissance ci-dessus des caractéristiques géométriques de perçage, portées sur un plan à l'aide de
20 pastilles de centrage.

Un troisième but de l'invention est de proposer des dispositifs de perçage de circuits imprimés par recopie entièrement automatique ne nécessitant quasiment aucune intervention manuelle et ne requérant de ce fait aucune qualification particulière de la part de l'opérateur qui
25 supervise uniquement le bon fonctionnement des appareils.

Un quatrième but de l'invention est de proposer différentes variantes du dispositif de perçage de circuits imprimés par recopie selon le procédé de l'invention, permettant une grande adaptation du matériel utilisé au nombre de circuits d'une série à percer et plus particulière-
30 ment un abaissement des variations du coût unitaire en fonction du nombre des circuits des séries à réaliser.

Ainsi, suivant l'invention, la reconnaissance et la définition géométrique des pastilles de perçage portées sur le plan sont effectuées non pas par une détermination humaine mais, au contraire, entièrement
35 automatiquement selon un procédé particulièrement précis et fiable.

A cet effet, l'invention a tout d'abord pour objet un procédé de reconnaissance et de définition géométrique systématique et automatique d'un ensemble de pastilles P situées dans un plan muni d'un repère

orthogonal $R = (O, X, Y)$ et plus particulièrement du centre de ces pastilles. De façon connue, chaque pastille du plan considéré est définie par des caractéristiques sensibles différentes de celles du support sur lequel elle est déposée.

5 Ce procédé consiste à effectuer une exploration systématique du plan en lacet. Il est remarquable par le fait que dès perception en $G1$, de par ses caractéristiques sensibles, de la limite d'une pastille

- on mesure le segment $G1D1$ de développement suivant X au niveau de $G1$ de la pastille,
- 10 - on détermine le segment $B1H1$ de développement médian à $G1D1$ suivant Y de la pastille, ainsi que le milieu $C1$ du segment $B1H1$,

de façon à éventuellement attribuer pour la pastille considérée

- le point $c = C1$ comme centre théorique
- 15 - et de la distance $d = B1H1$ comme diamètre théorique.

On conçoit qu'un tel procédé automatique permet, à l'aide d'un dispositif de lecture adapté, muni en particulier d'un organe sensoriel susceptible de distinguer les caractéristiques sensibles des pastilles vis-à-vis de leur support, d'aboutir à une précision et à une rapidité

20 inégalables par toute méthode faisant intervenir un opérateur.

Selon une autre forme de mise en oeuvre particulièrement avantageuse d'un tel procédé

- on mesure en outre le segment $G2C1D2$ de développement suivant X au niveau de $C1$ de chaque pastille,
- 25 - et on détermine le milieu $C2$ du segment $G2D2$.

Dans ce cas, on attribue pour la pastille considérée

- le point $c = C2$ comme centre théorique
- et la distance $d = G2D2$ comme diamètre théorique.

On réalise que cette variante assure une précision accrue dans la

30 définition automatique du centre et du diamètre des pastilles. En effet, il apparaît que si la perception d'une pastille est effectuée en un point $G1$ situé dans une position extrême d'une pastille dans la direction Y , la distance $G1D1$ sera très petite. De ce fait, la détermination de $M1$ et donc de $C1$ sera peu fiable selon X . Au contraire, la détermination de

35 $C2$, milieu de $G2C1D1$ sera beaucoup plus précise dans cette direction. De même, on conçoit que la détermination du diamètre par la mesure de $G2D2$ est plus précise que par celle de $B1H1$.

Mais l'invention concerne également divers dispositifs de lecture et

de recopie automatiques de plans de perçage de circuits imprimés, appropriés à la mise en oeuvre du procédé général décrit ci-dessus.

Un tel dispositif comporte tout d'abord une unité de lecture automatique de plans de perçage de circuits imprimés. Généralement et
5 comme cela a été vu plus haut, les plans de perçage sont constitués par une feuille blanche sur laquelle est reporté un ensemble de pastilles noires symbolisant les perçages à effectuer. Ces pastilles ont le diamètre des perçages à effectuer et sont disposées dans la configuration géométrique souhaitée.

10 Une unité de lecture, destinée à analyser les plans de perçage classiques, est constituée :

- d'une platine destinée à immobiliser les plans de perçage à lire,
- d'un organe sensoriel, en l'occurrence une cellule optoélectrique, capable de distinguer les caractéristiques sensibles
15 des pastilles vis-à-vis de celles du support du plan,
- de moyens aptes à assurer le déplacement de l'organe sensoriel, dans deux directions X et Y de la platine, en regard du plan qui s'y trouve fixé pour être lu
- 20 - et d'un dispositif de repérage de la position de l'organe sensoriel vis-à-vis d'un repère fixe OXY de la platine.

Selon l'invention, l'unité de lecture est pilotée par un dispositif de commande de séquences constitué par un microprocesseur relié

- d'une part, à l'organe sensible dont il reçoit les informations
25 de distinction de pastilles ainsi qu'à un dispositif de repérage
- et, d'autre part, à un microcalculateur relié à une mémoire auxiliaire.

Ce microprocesseur active les moyens de déplacement suivant X et
30 Y de l'organe sensoriel de façon à faire effectuer à ce dernier une exploration systématique et complète du plan.

En outre, le microprocesseur est préprogrammé de telle manière que, dès que l'organe sensible S rencontre en G1 la limite d'une pastille au cours des trajets d'exploration du plan qui lui sont imposés,
35 le dispositif de commande de séquences lui impose un trajet à l'intérieur de cette pastille lui permettant de mettre en oeuvre un des procédés de détermination visés ci-dessus.

Ainsi, selon une première variante, le dispositif active les moyens

de déplacement de l'organe sensoriel, de façon à lui faire parcourir à l'intérieur de chaque pastille un chemin segmenté G1B1 constitué par la série de segments bout à bout G1D1, D1M1, M1H1 et H1B1.

5 Par ailleurs, il commande l'évaluation dans le repère R (grâce auxdits moyens de repérage des coordonnées de l'organe sensoriel) d'au moins chacun des points G1, D1, H1 et B1, ainsi que l'enregistrement provisoire des coordonnées de chacun des points G1 et H1 à l'intérieur de la mémoire auxiliaire et la détermination par le micro-

10 Selon une autre variante, le microcalculateur fait effectuer à l'organe sensoriel un trajet comprenant en plus du chemin G1B1 au moins les segments bout à bout B1C1, C1G2 et G2C1D2. Il commande, en outre, l'évaluation par le dispositif de repérage des coordonnées de G2 et D2 ainsi que l'enregistrement provisoire des coordonnées de G2 et aboutit ainsi à une détermination précise de $c = C2$ et de $d = G2D2$.

15 Les dispositifs de perçage automatique de circuits imprimés selon le procédé de l'invention sont de deux types.

Suivant une variante avantageuse pour la réalisation de petites et moyennes séries, il est conseillé d'utiliser un système de perçage par
20 recopie directe constitué par le couplage mécanique direct :

- de l'organe sensoriel d'une unité de lecture du type ci-dessus
- et d'un dispositif classique de perçage, activé par le dispositif de commande de séquences, disposé face à une platine de perçage parallèle à la platine de lecture, et mobile
25 . d'une part, vis-à-vis du plan de la platine de perçage du fait de son couplage avec l'organe sensoriel,
. et, d'autre part, suivant la direction Z perpendiculaire à la platine de perçage, pour réaliser le perçage des circuits imprimés.

30 La détermination du centre c de chaque pastille s'effectue par l'intermédiaire de l'unité de lecture selon l'un des deux procédés décrits ci-dessus.

Cette détermination étant effectuée, le dispositif de commande de séquences est programmé de manière telle qu'il active les moyens de
35 déplacement de façon à amener l'organe sensoriel face au point c déterminé puis il fait marquer un temps d'arrêt à l'organe sensoriel vis-à-vis de ce point.

Au cours du temps d'arrêt, il active le dispositif de perçage de

façon à provoquer son mouvement dans la direction Z du circuit imprimé et assurer le perçage du circuit imprimé au point correspondant. Enfin à l'issue de ce perçage, il fait poursuivre à l'organe sensoriel son exploration systématique des autres pastilles du plan.

5 De la sorte, ce type de dispositif permet d'effectuer automatiquement et concomitamment la détermination des points de perçage et le perçage d'un circuit imprimé quelconque conformément aux indications portées sur un plan. L'opérateur a, dans ce cas, pour seule fonction de surveiller le bon fonctionnement de la machine et éventuellement de
10 mettre en place les différents circuits à percer et leur plan.

Suivant une autre variante avantageuse, principalement pour la réalisation de grandes séries, le dispositif de perçage de circuits imprimés selon l'invention est scindé en deux.

15 Il comporte tout d'abord une unité de lecture et de programmation de plans de perçage du type de celle décrite plus haut, comportant en outre une mémoire de masse sous la commande de l'unité centrale. Cette dernière est remarquable par le fait qu'elle est préprogrammée de façon à assurer l'enregistrement à l'intérieur de la mémoire de masse de l'ensemble des caractéristiques de perçage (position relative et/ou
20 diamètre) déterminées au cours de l'exploration du plan par l'organe sensoriel.

De cette façon, on peut transmettre, ultérieurement à un ensemble de plusieurs automates de perçage indépendants, les informations portées en mémoire de masse de façon à ce que ceux-ci effectuent automa-
25 tiquement en parallèle la réalisation en grande série des perçages de circuits imprimés conformément aux informations portées sur le plan et enregistrées en mémoire de masse par l'unité de lecture.

Ainsi, tout en bénéficiant des qualités de précision et de rapidité de la méthode évoquée plus haut, de programmation préalable et de
30 réalisation ultérieure des perçages par automates, cette technique selon l'invention permet en outre d'éliminer entièrement la nécessité d'une participation humaine à l'élaboration du programme.

De ce fait

- 35 - les temps de réalisation du programme se trouvent fortement réduits et donc l'amortissement des unités de lecture et de programmation est plus rentable,
- les coûts de revient sont considérablement atténués par abaissement de la charge en main-d'oeuvre et de la qualifica-

tion des opérateurs,

- enfin, la qualité (et la précision) des programmes et, par voie de conséquence, des perçages effectués est accrue par la systématisation de la détermination du centre des pastilles des plans qu'entraîne l'automatisation de la phase de programmation.

Au surplus, on conçoit que les applications des deux grands types de dispositifs de perçage automatique de circuits imprimés proposés par l'invention, se complètent et permettent une grande adaptabilité du matériel utilisé au nombre des circuits imprimés d'un même type à réaliser.

En particulier, la charge en main-d'oeuvre devenant, selon l'invention, quasi nulle et l'influence sur le coût de la phase de programmation étant fort réduit du fait de son automatisation, on comprend que le coût de revient d'un perçage devient quasiment proportionnel à l'immobilisation de l'automate de perçage qu'il nécessite. En conséquence, on aboutit selon l'invention à un abaissement des variations des coûts unitaires de perçage en fonction du nombre des circuits à percer.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention se dégageront de la description qui va suivre en regard des dessins annexés, lesquels description et dessins ne sont donnés qu'à titre d'exemple non limitatif.

Sur ces dessins :

- la figure 1 représente la partie inférieure d'un plan de perçage classique de circuits imprimés ;
- la figure 2 représente schématiquement le trajet d'exploration automatique en haut du plan conseillé par l'invention, en vue de la localisation systématique de ses pastilles ;
- la figure 3 schématise, sur une vue de détail du plan de la figure 1, le procédé de détermination automatique du centre et du diamètre des pastilles d'un plan de perçage, proposé par l'invention ;
- la figure 4 schématise le principe théorique de fonctionnement d'un dispositif selon l'invention de perçage entièrement automatique de circuits imprimés, particulièrement adapté pour la réalisation de petites et moyennes séries ;
- la figure 5 représente en perspective un dispositif selon l'invention de perçage automatique de circuits imprimés par recopie di-

recte, dont le fonctionnement est conforme aux principes exposés à la figure 4 ;

- 5 - la figure 6 précise, vue de côté, la position de l'outil de perçage en corrélation avec le chemin, décrit en figure 3, suivi par l'organe sensoriel à l'intérieur d'une pastille d'un plan ;
- la figure 7 schématise les principes théoriques de fonctionnement d'une variante du dispositif de perçage de la figure 4 ;
- la figure 8 représente une vue en perspective d'une unité selon l'invention de lecture et de programmation automatique des séquences de perçage de circuits imprimés, particulièrement adaptée pour une utilisation en grande série ;
- 10 - la figure 9 symbolise les principes théoriques de fonctionnement de l'unité de lecture représentée figure 8 ;
- la figure 10 représente en perspective un automate destiné à effectuer en série le perçage de circuits imprimés, suivant des programmes réalisés à l'aide d'une unité de lecture et de programmation du type de celle de la figure 8 ;
- 15 - la figure 11 symbolise les principes théoriques de fonctionnement de l'automate de perçage de la figure 10 ;
- 20 - la figure 12 décrit en perspective un dispositif de changement automatique d'outil dont peuvent être dotés les systèmes de perçage selon l'invention pour réaliser des circuits imprimés comportant des perçages de différents diamètres.

25 Sur la figure 1, on reconnaît la partie inférieure d'un plan de perçage classique 1 de circuit imprimé. Celui-ci est constitué par un support en papier blanc 2 sur lequel a été déposé un certain nombre de pastilles noires 4, 4' symbolisant chacune un point à percer sur un circuit imprimé 9.

30 Le perçage industriel est généralement effectué par recopie des caractéristiques géométriques des perçages (position et diamètre) portées sur le plan.

Le dispositif 10 selon l'invention de la figure 5 est destiné à effectuer cette recopie de façon entièrement automatique et directe. Il comporte une table rectangulaire plane de travail 11 disposée sur un châssis 12 et répartie en deux zones constituant

- une platine de lecture 13 sur laquelle on fixe les plans 1 à recopier
- et une platine de perçage 14 sur laquelle on place les divers

circuits imprimés 9 à percer.

Sur deux des côtés de la table 11, sont arrimés par leurs extrémités 15a, 15b et 16a, 16b à l'aide de supports de fixation 18, 19, 20, 21 deux rails latéraux de guidage à section circulaire 15 et 16, parallèles suivant x au plan de la table 11.

Par ailleurs, un cadre 25, constitué principalement par deux étriers métalliques en L, 26 et 27, prolongés à leur gauche par les éléments verticaux plats 28 et 29 et solidarisés par les trois rails transversaux à section circulaire 30, 31 et 32, est dirigé en translation suivant x par quatre guides cylindriques 33, 34, 35, ... coopérant avec les rails latéraux 15 et 16.

Par ailleurs, un équipage 38 est mobile en translation suivant y relativement au cadre 25. Cet équipage comporte

- un bloc principal en U, 40 englobant dans son entrefer les deux rails transversaux 31 et 32 du cadre 25,
- de même qu'un bloc secondaire en U, 41 englobant dans son entrefer le rail transversal 30 du cadre 25.

Les deux blocs 40 et 41 sont couplés mécaniquement par l'intermédiaire d'une tige longitudinale 42 dirigée suivant x.

Par ailleurs

- d'une part, le bloc 41 est muni de deux guides cylindriques 43 et 44 glissant sur les rails 31 et 32 du cadre 25,
- et, d'autre part, le bloc 41 est muni d'un guide cylindrique 45 glissant sur le rail 30.

De ce fait, l'équipage 38 est guidé en translation selon y, vis-à-vis du cadre 25 par les rails 30, 31 et 32.

De plus, on remarque la présence

- d'une vis hélicoïdale 50 mise en mouvement de rotation selon r par un moteur pas à pas 51 autour de deux points d'appui extrêmes, constitués par les montants 52 et 53 coiffant les supports 20 et 21 (cette vis entraîne en mouvement sans jeu selon x le cadre 25 par l'intermédiaire d'un écrou à bille 55 solidaire de l'étrier 27),
- et d'une vis hélicoïdale 56 solidaire par chacune de ses extrémités des étriers 26 et 27 et mise en mouvement de rotation selon s grâce à un moteur pas à pas 57 (de façon à assurer la translation selon y de l'équipage 38 vis-à-vis du cadre 25 par l'intermédiaire d'un écrou à bille (non représen-

té) solidaire du bloc 40 et entourant la vis 56.

Une cellule optoélectronique 60 est fixée au bloc secondaire 41, perpendiculairement à la platine de lecture 13, de façon à analyser les plans de perçage qui s'y trouvent. De même, un dispositif de perçage
5 61 est monté coulissant sur le bloc principal 40 et mis en translation selon z grâce au moteur pas à pas 62 de façon à assurer le perçage des circuits 9 fixés sur la platine 14.

Au surplus, le dispositif 10 est muni intérieurement d'un micro-
processeur préprogrammé de commande de séquences, schématisé en
10 76. Ce microprocesseur est relié

- d'une part, à la cellule optoélectronique 60, dont il reçoit les informations concernant la détermination des pastilles,
- d'autre part, aux divers moteurs pas à pas 51, 57 et 62 dont il commande les mouvements et dont il reçoit les informations
15 de position (et de ce fait, les coordonnées X et Y de la cellule 60 et celles Z de l'outil de perçage vis-à-vis d'un repère $R = O, X, Y, Z$ de la table 11) grâce au circuit électronique de repérage schématisé en 77,
- et enfin à un microcalculateur 78 (susceptible d'effectuer des
20 calculs sur les renseignements de position délivrés par le circuit 77)
- ainsi qu'à une mémoire auxiliaire 79 de stockage des informations géométriques se rapportant aux diverses pastilles du plan.

25 Le fonctionnement du dispositif 10 va maintenant être décrit en référence aux figures 1 à 5.

Le plan de perçage est tout d'abord mis en place sur la platine de lecture 13 et positionné finement vis-à-vis du repère $R = (O, X, Y)$ parallèle aux directions x, y.

30 Par ailleurs, on fixe le circuit 9 à percer sur la platine 14 dans une position très précise correspondant à celle du plan, grâce

- à la coopération de deux tétons 80 et 81 solidaires de la platine 14 avec deux évidements 82 et 83 ménagés sur un bord du circuit 9,
- 35 - et à l'appui de diverses pinces auxiliaires 85.

On définit, grâce aux roues codeuses 86 et 87, la largeur et la longueur d'un domaine rectangulaire $D = A1A2A3A4$ du plan à l'intérieur duquel est situé l'ensemble des pastilles 4.

Le microprocesseur 76 est programmé de façon à imposer à la cellule 60, à l'aide des moteurs 51 et 57, un chemin 90 en lacet vis-à-vis du plan 1 tel que décrit sur les figures 1 et 2.

5 A cet effet, on impose le pas p des lacets à l'aide de la roue co-deuse 91. Puis, on met en marche le dispositif 10 à l'aide du bouton 92 du tableau de commande 93.

10 L'exploration du plan par la cellule 60 démarre d'un des sommets A1 du domaine D. Entre deux rencontres avec un des côtés A1A3 ou A2A4 du domaine D ainsi qu'entre deux pastilles 4 et 4' découvertes, la cellule 60 suit un chemin rectiligne parallèle à X, orientée dans une des deux directions f_1 ou f_2 constantes.

Dès la rencontre d'un des côtés A1A3 ou A2A4 par la cellule 60, celle-ci est déplacée d'un pas p suivant Y avant de poursuivre son exploration.

15 Ce déplacement systématique est imposé par le microprocesseur 76 jusqu'à ce que la cellule rencontre le côté A3A4, c'est-à-dire jusqu'à exploration complète du plan 1.

20 Une des originalités principales de l'invention réside dans la méthode de détermination automatique du centre c et du diamètre d d'une pastille 4 du plan.

Cette méthode va être décrite en référence à la figure 3 qui représente le grossissement de la zone K apparaissant en figure 1, sur laquelle se détachent les pastilles 4 et 4'.

25 Comme on peut le voir sur cette figure, avant sa rencontre avec la pastille 4, la cellule 60 est en translation selon x , suivant f_1 vis-à-vis du support blanc 2. En G1, elle décèle une variation de réflexion lumineuse, caractéristique de la présence d'une pastille 4. Le microprocesseur 76 en est informé. Celui-ci fait parcourir à la cellule un chemin segmenté caractéristique G1B1.

30 La cellule continue tout d'abord son trajet suivant x jusqu'en D1 où elle perçoit la limite de la pastille 4. Entre temps, le circuit 77 évalue dans le repère R les coordonnées des points G1 et D1, la mémoire auxiliaire 79 enregistre provisoirement les coordonnées du point G1 et le microcalculateur 78 en déduit les coordonnées du point M1 (milieu de G1D1). La cellule se rend en M1 selon f_2 .

35 Le trajet de la cellule 60 se poursuit alors selon y , suivant k_1 , jusqu'en H1 où elle détecte à nouveau la limite de la pastille 4. Le circuit 77 détermine les coordonnées de ce point et la mémoire 79 les

enregistre. Puis, la cellule 60 est dirigée selon y , suivant k_2 , en B_1 , limite de la pastille 4 opposée à B_1 . Les coordonnées de ce point sont déterminées par le circuit 77. Le microcalculateur 78 en déduit les coordonnées de C_1 (milieu de H_1B_1).

5 Le dispositif 10 est alors en possession d'une première approximation du centre c (C_1) et du diamètre d (H_1B_1) de la pastille 4.

Mais comme cela a été décrit plus haut et afin d'améliorer la précision sur la détermination de c , le trajet de la cellule 60 se poursuit à l'intérieur de la pastille 4 selon x et suivant f_2 jusqu'en G_2 ,
10 puis suivant f_1 jusqu'en D_2 (G_2 et D_2 constituant les limites de la pastille selon x au niveau de C_1). Les coordonnées de G_2 et D_2 sont déterminées par le circuit 77, celles de G_2 sont mémorisées momentanément en 79. Enfin, le microcalculateur 78 en déduit les coordonnées de C_2 , milieu de G_2D_2 .

15 Le dispositif 10 considère alors que $c = C_2$ et $d = G_2D_2$. Ceci constitue, comme nous l'avons vu, une détermination très précise de c et d .

La caractéristique fondamentale du dispositif 10 de perçage de circuits imprimés par recopie directe du plan 1 consiste :

- 20 - d'une part, comme cela a été vu plus haut, en ce que la cellule optoélectronique 60 est couplée rigidement au dispositif de perçage 61 par l'intermédiaire de la tige 42 et, de ce fait, subit les mêmes mouvements de translation suivant x et y ,
- 25 - et, d'autre part, en ce que, après avoir déterminé le centre théorique $c = C_2$ d'une pastille 4, le microprocesseur 76 amène la cellule 60 au niveau de c et lui fait marquer un temps d'arrêt au cours duquel il commande, par l'intermédiaire du moteur 62, le mouvement du dispositif selon z aboutissant au perçage du circuit imprimé 9.

30 Cette dernière particularité est précisée par rapprochement des figures 5 et 6. La figure 6 représente en coordonnées x, z , la position de l'extrémité du dispositif de perçage 61 vis-à-vis du circuit imprimé 9. Celle-ci se trouve en position haute H pendant toute la phase de détermination du centre c , c'est-à-dire jusqu'en C_2 . Puis, elle est descendue en position basse h jusqu'en C_3 pour effectuer le perçage
35 95 en c du circuit 9, avant d'être remontée en position haute H en C_4 pour la poursuite de l'exploration.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention mise en oeuvre par le dispositif 10 et décrite figure 3, l'exploration du plan 1 se poursuit, après analyse d'une pastille 4 et détermination de son centre c selon une direction $D2x = D3x$ passant par le centre c précédemment déterminé de la pastille. En effet, il est très fréquent que
5 des pastilles successives 4 et 4' d'un même plan 1 soient alignées selon une des directions privilégiées x de ce plan et de plus leur diamètre est généralement négligeable devant leur distance. La caractéristique proposée permet dans ce cas de rationaliser le trajet suivi par la cellule
10 60 et de diminuer le temps d'exploration du plan, donc le temps de perçage et le coût de revient unitaire des perçages.

La figure 4 résume le processus de fonctionnement du dispositif 10. Ce dernier est constitué de façon essentielle par le couplage réalisé par l'intermédiaire de la tige 42

- 15 - d'une unité de lecture munie d'une cellule optoélectronique 60
- et d'une unité de perçage muni d'un dispositif de perçage 61.

L'unité de lecture effectue, selon le procédé de l'invention, une reconnaissance systématique et automatique selon x et y du plan 1 et
20 une détermination du centre des pastilles 4. Puis, elle vient se positionner sur chaque centre c de pastilles 4 en entraînant dans son mouvement l'unité de perçage. Le dispositif 61 effectue alors un perçage 95 du circuit 9 dans la direction z.

Ainsi, le dispositif 10 effectue le perçage des circuits imprimés 9
25 par recopie automatique directe du plan de perçage 1.

Sur la figure 8, on distingue un dispositif 100 de lecture automatique, selon l'invention, de plans de perçage 1, destinée à réaliser les programmes nécessaires au fonctionnement de divers automates de perçage indépendants 110 (représentés figure 11), pour que ceux-ci effectuent en grande série le perçage de circuits imprimés 9, conformément
30 aux indications du plan 1.

Ce dispositif 100 comporte, disposées sur une table de travail 101

- 35 - une unité de lecture 102, destinée à effectuer l'analyse de chaque plan 1 selon le procédé de l'invention et à déterminer automatiquement les caractéristiques de perçage qui s'y rattachent (position et diamètre des perçages 95 à effectuer),
- une unité de traitement 103, munie d'une mémoire auxiliaire de masse, qui organise convenablement les informations géo-

métriques se rapportant au perçage sous la forme d'un programme homogène,

- une interface 104 de contrôle visuel à l'aide de l'écran 105 des programmes enregistrés par l'unité 103 et de correction éventuelle de ces programmes à l'aide du clavier alphanumérique 106,
- une imprimante 107, d'établissement de listings des programmes de perçage enregistrés et éventuellement d'enregistrement sous forme de plans d'une simulation de ces perçages à des fins de vérification,
- et enfin, une interface 108 de recopie sur disque souple 109 des programmes de perçage réalisés.

Du fait de son unique fonction de lecture, l'unité 102 a des dimensions très réduites vis-à-vis du dispositif 10. Néanmoins, son procédé de lecture est très voisin et mise à part l'absence d'un dispositif de perçage 61, l'unité 102 comporte les mêmes éléments essentiels que le dispositif 10.

Ainsi, sa cellule optoélectronique 60 est déplacée sous la commande d'un microprocesseur vis-à-vis du repère $R = OXY$ du châssis 111. Ces déplacements sont effectués à l'aide de deux moteurs pas à pas classiques (et non représentés) du type 51 et 57 et de renvois par poulies et linguets.

De même, le procédé d'exploration systématique du plan et de détermination du centre c et du diamètre d des pastilles est identique à celui du dispositif 10 (il ne sera pas détaillé de nouveau).

Au surplus, le fonctionnement du dispositif de lecture 100 est remarquable par le fait que son microprocesseur de commande de séquences est programmé de telle manière que l'ensemble des caractéristiques de perçage des pastilles 4, déterminées par l'unité de lecture 102, sont directement enregistrées et organisées par l'unité de traitement 103.

Par ailleurs, l'interface de contrôle 104 assure diverses fonctions auxiliaires fort intéressantes :

Tout d'abord, elle facilite la mise en place par l'opérateur des divers plans 1 sur l'unité de lecture 102. A cet effet et ainsi qu'on peut le remarquer en se référant aux figures 1 et 3, chaque plan 1 comporte plusieurs mires imprimées 115, 116, 117 appelées mires de centrage. Avant exploration du plan 1, la cellule 60 effectue, sous la commande

du microprocesseur principal, une détermination des coordonnées d'au moins deux des mires de centrage 115 et 116 du plan 1 vis-à-vis du repère OXY de l'unité 102. De plus, l'interface 104 est programmée de façon à effectuer au cours de l'exploration du plan 1 par la cellule 60 une

5 correction des diverses coordonnées des pastilles de perçage 4 déterminées, de façon à compenser automatiquement toute position aléatoire initiale du plan 1 vis-à-vis de l'unité 102 et à rapporter les coordonnées de perçage vis-à-vis d'un repère absolu R. Ainsi, les circuits pourront être ultérieurement systématiquement mis en place sur l'auto-

10 mate de perçage 110 par simple emboîtement de leurs évidements 82, 83 sur les tétons 80, 81.

On conçoit que cette caractéristique accroît considérablement la précision des perçages effectués par l'automate 110 et, de plus, libère l'opérateur d'une astreinte pénible de positionnement du plan 1 vis-à-

15 vis de l'unité 102.

Par ailleurs, le dispositif de lecture 100 est parfaitement adapté pour effectuer la lecture de plans de perçage 1 (tels que décrits figure 1), contenant en plus des pastilles 4 et 4' des symbolisations longi-

20 lignes 120 de portions de circuits sans rapport avec les opérations de perçage à effectuer. Généralement, ces éléments 120 possèdent des caractéristiques sensibles (de réflexion) semblables à celles des pastilles mais ils possèdent une géométrie très différente, car ils sont à la fois très minces et allongés alors que les pastilles 4 sont habituellement cir-

25 culaires.

A cet effet, le microprocesseur de commande de séquences de l'unité de lecture 102 est programmé de façon à activer les moyens de déplacement de la cellule 60 afin de lui faire parcourir à l'intérieur de chaque élément un chemin segmenté G1D1, D1M1, M1H1, H1B1, B1C1, C1G2 et G2C1D2, en déterminant les coordonnées de chacun des points

30 B1, H1, G2 et D2. Par ailleurs, il commande l'enregistrement des coordonnées de H1 et G2 ainsi que l'évaluation par le microcalculateur des longueurs B1H1 et G2D2. L'interface de contrôle 104 compare les longueurs B1H1 et G2D2. A la suite de cette comparaison, l'unité de traitement considère que l'élément rencontré est une pastille si $B1H1 =$

35 $G2D2$.

Enfin, l'interface de contrôle 104 permet à l'opérateur une vérification et éventuellement une correction du programme de perçage enregistré par l'unité de traitement 103 en mémoire auxiliaire.

A cet effet et sous la commande de l'opérateur

- d'une part, le déroulement du programme enregistré s'affiche sur l'écran 105,
- et, d'autre part, une simulation des caractéristiques de perçage enregistrées en 103 est réalisée sur papier calque 125 à l'aide de l'imprimante 107.

5

L'opérateur a ainsi la possibilité de comparer (notamment par transparence) les configurations de perçage portées sur le plan 1 et sur la simulation 125 de perçage. Il corrige éventuellement en conséquence, à l'aide du clavier 106 de l'interface 104, les instructions de perçage du programme porté sur l'écran 105.

10

A l'issue de ces corrections, le programme de perçage est enregistré sur disque souple 109 à l'aide de l'interface 108 pour être exécuté par un automate 110.

15

La figure 9 résume le processus de fonctionnement de l'unité automatique de lecture de plans de perçage 1 et de programmation.

Celle-ci comporte principalement

- une unité de lecture 102, munie d'une cellule optoélectronique 60 qui analyse le plan 1 par déplacement vis-à-vis du repère $R = OXY$,
- une mémoire de masse sur laquelle sont enregistrées (109) les informations de perçage déterminées,
- et un dispositif de visualisation et de correction 104 des programmes ainsi qu'une table traçante 107, permettant les modifications du programme en mémoire de masse.

20

25

La lecture du plan par le dispositif 100 aboutit à l'élaboration d'un programme de perçage transmis sur support mobile 109.

On remarque, en se référant de nouveau à la figure 5, qu'il est possible de munir le dispositif 10, de même que le dispositif de lecture 100, d'une mémoire de masse et d'une interface 108 de recopie sur disque 109 des programmes réalisés. Ainsi, comme le précise la figure 7, le dispositif 10 sera susceptible à la fois

30

- d'effectuer des séquences de perçage de circuits 9 par recopie directe de plans 1,
- et concomitamment d'enregistrer sur supports mobiles 109 des programmes permettant à divers automates indépendants 110 de réaliser des perçages conformément aux indications d'un plan analysé par le dispositif 10.

35

Sur la figure 11, on reconnaît un automate 110 de perçage de circuits imprimés 9 selon un programme de perçage

- préalablement établi par un dispositif tel que 10 ou 100 de programmation par lecture des plans 1
- 5 - et enregistré sur un support mobile tel qu'un disque souple 109, une cassette magnétique 130 ou un ruban perforé 132.

Cet automate rassemble sur un châssis 135 :

- une platine de perçage 136, sur laquelle est fixé un plateau 137 muni de tétons 81 vis-à-vis desquels sont positionnés les circuits à percer 9, dotés à cet effet d'évidements 82, 83 destinés à coopérer avec les tétons 80, 81,
- 10 - un châssis 140, mobile en translation selon x vis-à-vis de la platine 136, par l'intermédiaire d'un moteur pas à pas (non représenté) du type 51 et doté de deux supports latéraux verticaux 141 et 142,
- 15 - un bloc 40, mobile en translation selon y vis-à-vis du châssis 140, par l'intermédiaire d'une vis hélicoïdale 56 coopérant avec un écrou à bille (non représenté), cette vis étant engagée par ses extrémités sur chacun des supports 141 et 142 et mise en rotation par un moteur pas à pas 57,
- 20 - un dispositif de perçage 61, coulissant vis-à-vis du bloc 40 et mis en translation selon z grâce à un moteur pas à pas 62, face aux circuits 9 à percer,
- diverses interfaces 150 et 151 de lecture des supports mobiles 25 109, 130, 132 de programmes de perçage,
- enfin, une unité centrale 155 de commande des séquences de fonctionnement de l'automate 110 conformément aux données du programme lu par l'une des interfaces 150 ou 151,
- 30 - et un étage de puissance 156 alimentant électriquement les divers moteurs et circuits de l'automate 110.

Divers boutons 158 et mini-écrans de visualisation permettent à l'opérateur de régler préalablement l'amplitude des mouvements du dispositif de perçage 61 en fonction des caractéristiques du circuit 9.

En outre, on voit apparaître en 160 la manette de commande globale de l'appareil et en 161 le bouton de réglage de la vitesse de déroulement des séquences de perçage.

Le fonctionnement de l'automate 110 est tout à fait classique et résumé en figure 10.

Les ordres de perçage portés sur le support mobile de programme (109, 130, 132) sont tout d'abord lus par l'une des interfaces 150 ou 151, puis délivrés et enregistrés à l'intérieur d'une mémoire auxiliaire de l'unité centrale 155.

5 L'unité centrale commande les déplacements selon x, y et Z du dispositif 61 conformément aux informations du programme de façon à effectuer les divers perçages du circuit 9.

10 Sur la figure 12, on a représenté un équipement 170 dont peuvent être dotés les dispositifs 10 et 110 selon l'invention pour leur permettre d'effectuer automatiquement sur un même circuit 9 des perçages 171 et 172 de différentes dimensions.

On s'intéressera particulièrement à l'application de cet équipement du dispositif 10.

15 Selon cette variante, il est conseillé de munir le bloc principal 40 d'un outil de perçage 61 muni d'un système 173 de mise en place d'outils 174, du type verrouillable-déverrouillable sous la commande d'un dispositif à dépression 175 piloté par le microprocesseur 76.

20 Un empilage 176 de circuits imprimés 9 étant convenablement mis en place sur la platine de perçage 14 et solidarisé (comme cela apparaît sur la partie écorchée 177) par l'emboîtement des évidements 82 et 83 de chacun des circuits autour des tétons 80 et 81 de la platine 14, le procédé considéré consiste :

- à déposer sur la platine de lecture 13 le plan 1 à réaliser (celui-ci étant muni de pastilles 4 de différents diamètres),
- 25 - à effectuer sous la commande du microprocesseur 76 plusieurs explorations successives du plan selon la méthode de l'invention de détermination des caractéristiques de pastilles,
- et à réaliser sélectivement et successivement lors de chacune desdites explorations uniquement les perçages 171 d'un diamètre prédéterminé, reconnus par la cellule 60.

30 Entre chacune des explorations successives, correspondant à une série de perçages 171 ou 172, le microprocesseur 76 commande :

- le déverrouillage de l'outil 179 utilisé précédemment et son dévêtissement dans une des coupelles correspondantes 185,
- 35 latérales à la platine 14,
- ainsi que la préhension dans une autre coupelle 186, la mise en place sur le dispositif de perçage 170, ainsi que le verrouillage en 173 d'un nouvel outil 174 du diamètre adéquat

pour effectuer la nouvelle série de perçages 171.

Bien entendu, on comprend aisément que l'invention peut être étendue sans peine dans tous les cas où les pastilles 4 du plan 1 sont non pas circulaires mais ont une géométrie quelconque à symétrie cen-

5. trale.

De même, l'invention peut être mise en oeuvre pour des pastilles 4 ayant des caractéristiques sensibles, différentes de celles du support 3 et non perceptibles visuellement mais détectables par un organe sensoriel 60 adapté.

10 L'invention ayant maintenant été exposée et son intérêt justifié sur des exemples détaillés, la demanderesse s'en réserve l'exclusivité, pendant toute la durée du brevet, sans limitation autre que celle des termes des revendications ci-après.

REVENDEICATIONS

1. Procédé

- de reconnaissance
- et de définition géométrique systématique et automatique
- 5 - d'un ensemble de pastilles (4, 4') situées dans un plan (1) muni d'un repère orthogonal $R = (O, X, Y)$, et plus particulièrement du centre c de ces pastilles,
- 10 chacune desdites pastilles étant définie par des caractéristiques sensibles différentes de celles du plan, ce procédé consistant notamment à explorer systématiquement le plan (1),

ledit procédé étant caractérisé en ce que, dès perception en G_1 , de par ses caractéristiques sensibles, de la limite extérieure d'une pastille (4)

- 15 - on mesure le segment G_1D_1 de développement suivant X au niveau de G_1 de la pastille (4),
- on détermine le segment B_1H_1 de développement médian à G_1D_1 suivant Y de la pastille (4), ainsi que le milieu C_1 du segment B_1H_1 ,
- 20 - de façon à considérer éventuellement
 - . que le centre théorique de la pastille (4) est $c = C_1$
 - . et éventuellement que le diamètre de la pastille (4) est $d = B_1H_1$.

2. Procédé selon la revendication 1 de définition géométrique systématique et automatique d'un ensemble de pastilles (4, 4') situées dans un plan (1), destiné

- 25 - à déterminer le diamètre d de ces pastilles
- et à améliorer la précision de définition de leurs caractéristiques géométriques et en particulier du centre c de ces pastilles,
- 30

ledit procédé étant caractérisé en ce que :

- 35 - on mesure le segment $G_2C_1D_2$ de développement suivant X au niveau de C_1 de chaque pastille (4) perçue
- on détermine le milieu C_2 du segment G_2D_2
- et on considère
 - . que le diamètre de la pastille (4) est $d = G_2D_2$
 - . et que le centre de la pastille (4) est $c = C_2$.

3. Procédé selon la revendication 1 de définition des caractéristiques

- d'un ensemble de pastilles (4, 4') situées dans un plan (1),
 suivant lequel on explore systématiquement le plan en déplaçant
 continuellement vis-à-vis de celui-ci un organe sensoriel (60) capa-
 ble de distinguer lesdites caractéristiques sensibles des pastilles
 5 (4, 4'),
 ledit procédé étant caractérisé en ce que, dès que l'on perçoit en
 G1 et à l'aide de l'organe sensible (60) la limite d'une pastille (4),
 - on fait parcourir à l'organe (60), vis-à-vis du plan (1), un
 chemin segmenté G1B1 constitué au moins des segments bout
 10 à bout
 . G1D1, orienté suivant X,
 . D1M1, M1 étant le milieu de G1D1,
 . M1H1, orienté suivant Y et H1 constituant la limite de la
 pastille (4) dans cette direction
 15 . et H1B1,
- et on évalue dans le repère R les coordonnées d'au moins
 chacun des points G1, D1, H1 et B1, en mémorisant au moins
 provisoirement celles de G1 et H1, de façon à définir par le
 calcul des coordonnées des points
 20 . M1 milieu de G1D1
 . C1 milieu de H1B1.
4. Procédé selon les revendications 2 et 3 d'un ensemble de pastilles
 (4, 4') situées dans un plan (1),
 ledit procédé étant caractérisé en ce que, après avoir perçu en
 25 G1 la limite d'une pastille (4),
 - on fait parcourir à l'organe (60), vis-à-vis du plan (1), un
 chemin segmenté G1D2, comprenant en plus du chemin G1B1,
 au moins les segments bout à bout
 . B1C1, orienté suivant Y,
 30 . C1G2, orienté suivant X,
 . G2C1D2, orienté suivant X,
 - et on évalue dans le repère R les coordonnées d'au moins
 chacun des points G2 et D2 en mémorisant au moins provi-
 soirement celle de G2,
 35 - de façon à définir par le calcul
 . les coordonnées du point C2, milieu de G2D2
 . et auxiliairement la longueur de G2D2.
5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4 précédentes d'explo-

ration systématique par bandes du plan (1) à l'aide d'un organe sensoriel (60), destiné à reconnaître et à définir géométriquement les pastilles (4) situées dans ce plan, caractérisé en ce que :

- 5 - avant exploration du plan (1), on définit
- . un domaine D du plan (1) et notamment un rectangle ayant un côté A1A2 dirigé suivant X et un côté perpendiculaire A1A3 dirigé suivant Y, à l'intérieur duquel sont situées les pastilles (4, 4') à reconnaître
- 10 . et le pas p de la trame d'exploration,
- on effectue l'exploration systématique dudit rectangle
- . en démarrant d'un sommet A1 du rectangle A1A2A3A4,
- . en déplaçant l'organe (60), entre deux pastilles (4, 4'), suivant un chemin (90) rectiligne parallèle à X orienté dans une direction f1 ou f2 constante entre deux rencontres avec un des côtés A1A3 ou A2A4 perpendiculaires à X
- 15 . et en faisant suivre à l'organe (60) à l'intérieur de chaque pastille (4) un chemin tel que décrit dans l'une des revendications 3 et 4,
- 20 - dès rencontre d'un des côtés A1A3 ou A2A4, on déplace l'organe (60) d'un pas p suivant Y et on poursuit l'exploration du plan suivant un chemin rectiligne parallèle à X,
- on poursuit ce déplacement systématique de l'organe (60) vis-à-vis du plan (1) jusqu'à atteindre le côté A4A3, c'est-à-dire jusqu'à exploration complète du domaine D.
- 25 6. Procédé selon la revendication 5 d'exploration systématique du plan (1) par bandes, destiné à limiter le trajet suivi par l'organe (60) et donc le temps d'exploration,
- 30 caractérisé en ce que l'on déplace l'organe (60) en lacet, c'est-à-dire en suivant des directions f1 et f2 opposées avant et après une rencontre avec un des côtés A1A4 ou A2A3 perpendiculaires à X du rectangle A1A2A3A4.
7. Procédé selon l'une des revendications 5 et 6 d'exploration systématique du plan (1) par bandes, destiné à rationaliser le trajet suivi par l'organe (60) et donc le temps d'exploration, en tenant compte du fait que les pastilles (4, 4') sont très souvent alignées selon X et que leur diamètre d est négligeable devant leur distance,
- 35

ledit procédé étant caractérisé en ce que, après analyse d'une pastille (4) et détermination de son centre c, on poursuit l'exploration du plan suivant une direction (notamment D3X) passant par le milieu c de la pastille (4).

5 8. Application d'un des procédés selon l'une des revendications précédentes à la réalisation d'une série de perçages (95) de caractéristiques géométriques précises vis-à-vis d'un circuit imprimé (9), ledit procédé consistant notamment

10 - à rassembler sur un plan (1) l'ensemble des caractéristiques de perçages à effectuer pour le circuit imprimé (9), en déposant sur ce plan (1) un ensemble de pastilles (4),

. disposées dans la configuration des perçages à reproduire sur le circuit imprimé (9),

. et notamment du diamètre d des perçages à réaliser,

15 - à saisir l'ensemble des caractéristiques de perçage portées sur le plan (1)

- et à effectuer l'ensemble des perçages (95) dudit circuit imprimé (9) conformément aux caractéristiques saisies sur ledit plan (1),

20 ladite utilisation étant caractérisée en ce que l'on effectue ladite saisie des caractéristiques géométriques (position relative de perçage et/ou diamètre) portées sur le plan (1) selon le procédé d'une des revendications 1 à 7.

25 9. Application selon la revendication 8 d'un des procédés selon l'une des revendications 3 à 7 à la réalisation d'un ensemble de perçages (95) de caractéristiques géométriques précises au travers d'un circuit imprimé (9),

le procédé consistant :

30 - à solidariser dudit organe sensoriel (60), selon les directions X et Y, un dispositif de perçage (61) mobile suivant la direction Z (perpendiculaire au plan X, Y),

- et à placer le circuit imprimé (9) à percer

. dans une position fixe et parallèle à celle du plan (1)

. face à la zone (14) de déplacement du dispositif de perçage (61),

35

ladite application étant caractérisée en ce que :

- on explore le plan (1)

. en déplaçant ledit organe sensoriel (60) dans les directions

- X et Y selon le procédé d'une des revendications 3 à 7
- . en reconnaissant ainsi les pastilles (4) qui se trouvent sur ce plan (1),
 - . et en définissant selon ce procédé leurs caractéristiques géométriques et plus particulièrement la position relative de leurs centres c,
- 5
- après avoir défini le centre théorique $c = C1$ ou $c = C2$ d'une pastille
 - . on amène l'organe (60) au niveau du point c
 - . et on marque un temps d'arrêt dans le déplacement de l'organe (60)
 - . au cours duquel on met en mouvement le dispositif de perçage (61) suivant Z
- 10
- de façon à effectuer le perçage systématique et quasi instantané du circuit imprimé (9) par recopie automatique des caractéristiques de perçage portées sur le plan (1).
- 15
10. Application selon la revendication 9 d'un des procédés selon l'une des revendications 4 à 7 à la réalisation d'un ensemble de perçages (95) de positions relatives précises et de diamètres différents mais dont la variété est connue, au travers d'un circuit imprimé, ladite application étant caractérisée en ce que :
- 20
- on effectue plusieurs explorations successives du plan selon le procédé de la revendication 4,
 - on réalise sélectivement et successivement, lors de chacune desdites explorations, les perçages (171) au travers du circuit imprimé, d'un des diamètres connus,
 - et on effectue entre chacune desdites explorations du plan la mise en place sur le dispositif de perçage d'un outil (174) de diamètre adéquat pour effectuer la série des perçages (171) de l'exploration suivante.
- 25
- 30
11. Application selon la revendication 8 d'un des procédés selon l'une des revendications 3 à 7 au perçage d'une série de circuits imprimés semblables (9), conformes aux caractéristiques de perçages symbolisées par des pastilles (4) disposées sur un plan (1), ladite application étant caractérisée en ce que :
- 35
- on explore le plan (1) selon le procédé de la revendication 8,
 - on enregistre à l'intérieur d'une mémoire de masse (109) l'en-

semble des caractéristiques successives de perçage (position relative et/ou diamètre) issues de l'exploration,

5 - on effectue ultérieurement en série, le perçage des différents circuits imprimés semblables, en pilotant les déplacements du dispositif de perçage vis-à-vis de chaque circuit conformément aux informations enregistrées sur ladite mémoire de masse (109).

12. Application selon la revendication 11 d'un des procédés selon l'une des revendications 3 à 7 pour le perçage d'une série de circuits imprimés (9) semblables,

cette application étant caractérisée en ce que :

- entre

15 . d'une part, les phases d'exploration du plan selon le procédé d'une des revendications 3 à 7 et d'enregistrement des caractéristiques de perçage selon le procédé de la revendication 11,

. et, d'autre part, la phase de perçage en série des différents circuits imprimés,

20 - on effectue une inspection et éventuellement une correction des caractéristiques enregistrées en mémoire de masse, notamment

. après consultation visuelle du plan (1) pour en définir les caractéristiques particulières qui auraient pu échapper à l'organe sensoriel en cours d'exploration

25 . et comparaison avec les caractéristiques enregistrées en mémoire de masse.

13. Application selon la revendication 11 d'un des procédés selon l'une des revendications 3 à 7 pour le perçage d'une série de circuits imprimés (9) semblables, conformément aux caractéristiques de perçage symbolisées par des pastilles (4) disposées sur un plan (1), chaque circuit devant subir des perçages (171, 172) de différents diamètres d ,

ladite application étant caractérisée en ce que :

- on enregistre dans une mémoire de masse (109)

35 . les caractéristiques c de positionnement relatif des perçages à effectuer,

. en corrélation avec le diamètre d de chacun de ces perçages,

- et pour chaque circuit imprimé, on réalise sélectivement et successivement les ensembles de perçage correspondant à chacun des différents diamètres d , en isolant en mémoire pour chacun de ces diamètres les caractéristiques des perçages correspondants et en les transmettant à un équipement approprié de perçage (170) pour qu'il les effectue.
- 5
14. Application selon l'une des revendications 11 et 12 de l'un des procédés de perçage suivant l'une des revendications 3 à 7, pour faciliter la mise en place du plan (1) de perçage avant
- 10 exploration, cette application consistant notamment :
- à doter le plan (1) de perçage d'au moins deux points de repérage (115, 116) (dits mires de centrage) discernables par ledit organe sensoriel (60)
 - et à munir
 - 15 . chacun desdits circuits imprimés (9) à percer
 - . et la platine (14) dudit dispositif de perçaged'un moyen de solidarisation dans une position définie constante
- et notamment
- 20 . à pratiquer au moins deux évidements (82, 83) au travers de chacun des circuits imprimés (9) à percer
 - . et à associer à chacun de ces évidements un téton (80, 81) solidaire de la platine (14) du dispositif de perçage destiné à coopérer avec cet évidement,
- 25 ladite application étant caractérisé en ce que :
- quel que soit le positionnement du plan (1) de perçage vis-à-vis de la platine de lecture (13) de l'organe sensoriel (60) sur laquelle ledit plan (1) est fixé avant exploration selon le procédé d'une des revendications 3 à 7,
 - 30 - on détermine à l'aide de l'organe sensoriel (60) la position des mires de centrage (115, 116) de ce plan (1),
 - on en déduit finement l'orientation du plan vis-à-vis de ladite platine de lecture (13),
 - on effectue l'exploration systématique du plan (1) à l'aide de
 - 35 l'organe (60),
 - puis on réalise en mémoire, une correction des coordonnées des points de perçage destinée à compenser automatiquement la position aléatoire du plan (1) vis-à-vis de la platine de

lecture et ainsi de rapporter ces coordonnées à un repère absolu correspondant à celui lié auxdits moyens de solidarisation entre la platine de perçage (14) et les circuits imprimés à percer (9).

- 5 15. Procédé et application selon l'une des revendications précédentes
- de reconnaissance
 - et de définition géométrique systématique et automatique de pastilles (4) situées dans un plan (1) pouvant éventuellement
 - 10 contenir des éléments (120) possédant les mêmes caractéristiques sensibles que ces pastilles (4) mais une géométrie différente et plus particulièrement des symbolisations longilignes d'interconnexion de plots de circuits imprimés,
 - ledit procédé et ladite application étant caractérisés en ce que :
 - dès perception en G1 d'un élément sensible quelconque
 - 15 - et mesure
 - . de G1D1 (développement selon X de l'élément en G1)
 - . de B1H1 (développement médian à G1D1 selon Y de l'élément)
 - . détermination du centre C1 de B1H1
 - 20 - on mesure en C1 le développement G2D2 selon X de l'élément,
 - on compare les longueurs B1H1 et G2D2
 - et on considère que l'élément est une pastille (4) si B1H1 = G2D2.
- 25 16. Procédé ou application selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que :
- on utilise comme organe sensoriel une cellule de lecture optoélectronique (60)
 - et on utilise comme pastilles (4) de petites figures à symétrie centrale, disposées sur un support (2) et possédant un
 - 30 indice de réflexion de la lumière différent de celui du plan (1) et discernable de ce fait par ladite cellule de lecture optoélectronique (60)
 - de façon à discerner ces pastilles (4) par cette différence de réflexion.
- 35 17. Unité de lecture de plans (1) de perçages de circuits imprimés (9), ces plans
- rassemblant les caractéristiques de perçage à effectuer
 - sous la forme de pastilles (4)

- . possédant des caractéristiques sensibles différentes de celles du support (2),
- . disposées sur ce support (2) dans la configuration desdits perçages à effectuer,
- 5 . et notamment du diamètre d des perçages à réaliser, destinée à mettre en oeuvre le procédé de la revendication 3, cette unité comportant, pour ce faire,
 - une platine (13) destinée à immobiliser les plans (1) à lire,
 - un organe sensoriel (60) capable de distinguer les caractéristiques sensibles des pastilles (4)
 - 10 - des moyens de déplacement (50, 51, 56, 57, 62) de cet organe sensoriel
 - . dans deux directions perpendiculaires X et Y de la platine,
 - 15 . en regard du plan (1) qui s'y trouve fixé pour être lu,
 - et un dispositif de repérage (77) dudit organe sensoriel (60) vis-à-vis d'un repère OXY de la platine (13), ladite unité étant caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de commande de séquences (76) et notamment un microprocesseur
 - 20 - relié
 - . d'une part, audit organe sensible (60) et à son dispositif de repérage pour être tenu au courant des informations que ce dernier recueille,
 - . et, d'autre part, à un microcalculateur (78) muni d'une
 - 25 mémoire auxiliaire (79),
 - activant lesdits moyens de déplacement suivant X et Y de cet organe sensoriel (60) de façon à faire effectuer à ce dernier une exploration systématique et complète de chaque plan (1),
 - programmé de telle manière que
 - 30 . dès que l'organe sensible (60) rencontre en G1, au cours des trajets qui lui sont imposés, la limite extérieure d'une pastille (4),
 - . ledit dispositif (76) de commande de séquences lui fait parcourir vis-à-vis du plan (1) en activant en conséquence lesdits moyens de déplacement (51, 57, 62), un chemin segmenté G1B1 constitué d'au moins les segments
 - 35 bout à bout
 - G1D1 constituant le développement suivant X au ni-

- veau de G1 de la pastille,
- D1M1, M1 étant le milieu de G1D1,
 - M1H1 orienté suivant Y et H1 constituant la limite de la pastille dans cette direction
- 5 - et H1B1 constituant le développement suivant Y au niveau de H1 de la pastille,
- et commandant
 - . l'évaluation successive dans le repère R par ledit dispositif de repérage (77) des coordonnées d'au moins
- 10 chacun des points G1, D1, H1, B1,
- . l'enregistrement au moins provisoire des coordonnées d'au moins chacun des points G1 et H1 à l'intérieur de ladite mémoire auxiliaire (79),
 - . la détermination par ledit microcalculateur (78) des
- 15 coordonnées de M1 puis de C1, milieu de H1B1 de façon à déterminer le centre $c = C1$ de chaque pastille (4).
18. Unité de lecture de plan de perçage selon la revendication 17, destinée à mettre en oeuvre le procédé de la revendication 4, de façon à améliorer la précision de définition des caractéristiques
- 20 des pastilles (4),
- et caractérisée en ce que son dit dispositif (76) de commande de séquences est programmé de telle manière que :
- après que l'organe sensoriel (60) ait rencontré en G1, au cours de trajets qui lui sont imposés, la limite extérieure
- 25 d'une pastille (4),
- ledit dispositif (76) de commande de séquences lui fait parcourir vis-à-vis du plan (1) en activant en conséquence lesdits moyens de déplacement (51, 57)
 - . au moins un trajet G1D2 comprenant en plus du chemin
- 30 G1B1, au moins les segments bout à bout
- B1C1, orienté suivant Y,
 - C1G2, orienté suivant X, G2 constituant la limite de la pastille P dans cette direction,
 - G2C1D2, développement suivant X de la pastille P
- 35 au niveau de C1,
- et ce même dispositif (76) de commande de séquences commande
 - . l'évaluation successive dans le repère R, par ledit dis-

- positif de repérage (77), des coordonnées d'au moins chacun des points G2 et D2,
- . l'enregistrement au moins provisoire des coordonnées du point G2
- 5 . et la détermination par ledit microcalculateur (78)
- des coordonnées du point C2, milieu de G2D2
 - et auxiliairement de la longueur G2D2,
- de façon à permettre d'évaluer
- . le diamètre de la pastille (4) $d = G2D2$
 - . et le centre de la pastille (4) $c = C2$.
- 10 19. Unité de lecture de plans de perçage selon l'une des revendications 17 et 18, destinée à mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 5 et comportant, pour ce faire :
- un dispositif (86, 87) d'enregistrement préalable au sein de
- 15 la mémoire auxiliaire des longueurs de côtés
- . A1A2, dirigé suivant X
 - . et A2A3, dirigé suivant Y,
- d'un rectangle $D = A1A2A3A4$, à l'intérieur duquel sont situées les pastilles (4) à reconnaître
- 20 - et un dispositif (91) d'enregistrement préalable du pas p de la trame choisie pour l'exploration systématique du plan (1) à l'aide de l'organe sensoriel (60), suivant des bandes orientées suivant X,
- ladite unité de lecture étant caractérisée en ce que son dispositif
- 25 (76) de commande de séquences est programmé de telle manière
- qu'il active lesdits moyens de déplacement de façon à faire parcourir à l'organe sensoriel (60) vis-à-vis du plan (1) un trajet (90)
- . démarrant du sommet A1 du rectangle D,
- 30 . constitué entre deux pastilles (4, 4') par un chemin rectiligne parallèle à X et orienté dans une direction f1 ou f2 constante entre deux rencontres avec un des côtés A1A4 ou A2A3, perpendiculaires à X
- . et constitué à l'intérieur d'une pastille (4) par un chemin comportant au moins le déplacement G1B1 décrit
- 35 à la revendication 3,
- et que, dès rencontre dudit organe sensoriel (60) avec un des côtés A1A4 ou A2A3 du rectangle, il impose à cet organe

- de se déplacer d'un pas p dans la direction Y avant de poursuivre son exploration suivant un chemin rectiligne parallèle à X ,
- enfin, qu'il assure l'activation continue des moyens de déplacement (50, 51, 56, 57) afin d'effectuer cette exploration systématique du plan (1) par ledit organe sensoriel (60) jusqu'à atteinte par ce dernier du côté A4A1 du rectangle D, c'est-à-dire exploration complète du plan (1).
- 5
20. Unité de lecture de plans de perçage selon la revendication 19, destinée à mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 6, pour limiter le trajet suivi par l'organe sensoriel (60) et caractérisée en ce que son dit dispositif (76) de commande de séquences est programmé de façon
- à activer lesdits moyens de déplacement (50, 51, 56, 57) afin de déplacer ledit organe sensoriel (60) vis-à-vis du plan (1) suivant un trajet en lacets,
 - c'est-à-dire de façon à lui imposer des directions de déplacement f_1 et f_2 opposées avant et après une rencontre avec un des côtés A1A4 ou A2A3 du rectangle D, perpendiculaires à X .
- 10
- 15
- 20
21. Unité de lecture de plans de perçage selon l'une des revendications 19 et 20, destinée à mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 7, afin de rationaliser le trajet suivi par l'organe sensoriel (60),
- 25
- et caractérisée en ce que son dit dispositif (76) de commande de séquences est programmé de façon
- à activer lesdits moyens de déplacement (50, 51, 56, 57) afin
 - de terminer le chemin effectué par l'organe sensoriel à l'intérieur de chaque pastille (4) en un point (D2 ou D3) situé à l'extrémité d'un diamètre de la pastille (4), orienté suivant X ,
 - et de lui faire poursuivre l'exploration du plan (1) entre deux pastilles (4, 4') suivant une direction (D2X) passant par le milieu c de la pastille (4) précédemment explorée.
- 30
- 35
22. Unité de lecture de plans de perçage selon l'une des revendications 17 à 21, destinée à mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 15, pour lire des plans de perçage (1) pouvant éventuellement contenir, en plus des pastilles de perçage, des

éléments (120) possédant les mêmes caractéristiques sensibles que les pastilles (4) mais une géométrie différente, et notamment des symbolisations longilignes d'interconnexions de plots de circuits imprimés,

5 ladite unité étant caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un comparateur et en ce que :

- son dispositif de commande de séquences est programmé de façon à activer lesdits moyens (50, 51, 56, 57) de déplacements afin
- 10 - de faire parcourir à l'organe sensoriel (60) à l'intérieur de chaque élément et après rencontre de celui-ci en G1, au moins le chemin segmenté G1D2 constitué selon le procédé de la revendication 4
 - . de G1D1
 - 15 . de D1M1
 - . de M1H1
 - . de H1B1
 - . de B1C1
 - . de C1G2
 - 20 . et de G2C1D2,
- de déterminer à l'aide dudit dispositif de repérage (77) les coordonnées d'au moins les points B1, H1, G2, D2,
- de mémoriser au moins provisoirement à l'aide de la mémoire auxiliaire (79) les coordonnées de H1 et de G2,
- 25 - de commander audit microcalculateur (78) l'évaluation des longueurs B1H1 et G2D2,
- de faire effectuer audit comparateur (104) la comparaison entre les longueurs B1H1 et G2D2
- de façon à ne considérer comme pastilles (4) que les éléments pour lesquels B1H1 = G2D2.
- 30 23. Unité (10, 110), selon l'une des revendications 17 à 22, de lecture selon le procédé de la revendication 16, de plans de perçage de circuits imprimés, constitués par des pastilles (4) disposées sur un support (2) dans la configuration des perçages (95) à
- 35 réaliser et possédant un indice de réflexion de la lumière différent de celui du support (2),
ladite unité étant caractérisée en ce que son dit organe sensoriel est constitué par une cellule (60) de lecture optoélectronique.

24. Dispositif (10) automatique intégré
- de lecture de plans (1)
 - et de perçage instantané par recopie conformément à ce plan (1) de circuits imprimés (9),
- 5 ce dispositif, destiné à mettre en oeuvre l'utilisation de la revendication 9, étant constitué de façon caractéristique par le couplage mécanique (42) selon X et Y
- de l'organe sensoriel (60) d'une unité de lecture selon l'une des revendications 17 à 23,
- 10 - et d'un dispositif de perçage (61) activé par ledit dispositif de commande de séquences (76), disposé face à une platine de perçage (14) parallèle à la platine de lecture (13) et mobile
- . d'une part, dans le plan de la platine de perçage du fait de son couplage (42) avec l'organe sensoriel (60)
 - . et, d'autre part, suivant la direction Z, perpendiculaire à la platine de perçage (14),
- 15 son dispositif de commande de séquences (76) étant en outre programmé de telle manière que :
- après avoir commandé et défini selon le procédé d'une des revendications 3 et 4 le centre c d'une pastille (4) reconnue,
 - il active lesdits moyens de déplacement (50, 51, 56, 57) de façon à amener l'organe (60) au niveau du point c,
 - il fait marquer à cet organe (60) vis-à-vis du point c, un
- 20 temps d'arrêt
- au cours de ce temps d'arrêt, il active ledit dispositif de perçage (61) de façon
 - . à provoquer son mouvement dans la direction Z du circuit imprimé (9)
 - . et à assurer le perçage du circuit imprimé au point
- 25 correspondant,
- enfin, après ce perçage, il fait poursuivre audit organe sensoriel (60) son exploration systématique des pastilles (4) du plan (1).
- 30
- 35 25. Dispositif intégré (10) selon la revendication 24
- de lecture de plans (1)
 - et de réalisation conformément à ce plan et selon le procédé de la revendication 10 d'un ensemble de perçages (171, 172)

- de diamètres différents, au travers de circuits imprimés, le dispositif intégré (10) comportant en outre un dispositif (170), activé par ledit dispositif de commande de séquences (76), de changement d'outils (174, 179) suivant une panoplie de diamètres
- 5 comportant au moins l'ensemble de ceux signifiés sur le plan (1), ledit dispositif intégré étant caractérisé en ce que son dispositif (76) de commande de séquences est programmé de façon
- à imposer
 - 10 . par l'intermédiaire desdits moyens de déplacement (50, 51, 56, 57)
 - . plusieurs explorations successives du plan (1) selon le procédé de la revendication 4, à l'aide de l'organe sensoriel (60)
 - 15 . ainsi que l'évaluation au cours de ces explorations par ledit microcalculateur (78) du diamètre des pastilles (4) du plan et donc du perçage correspondant à effectuer,
 - et à commander au cours de chaque exploration successive
 - 20 . la mise en place d'un outil (174) de diamètre déterminé
 - . et la sélection ainsi que la réalisation par ledit dispositif de perçage (171) muni de son outil (174) des seuls perçages (171) correspondant au diamètre de l'outil (174) monté.
26. Unité (100) de lecture de plans de perçage selon l'une des revendications 17 à 22, destinée à mettre en oeuvre l'utilisation selon la
- 25 revendication 11 et comportant en outre une mémoire de masse, notamment à cassettes (130), à rubans perforés (132) ou à disques (109), sous la commande dudit dispositif de commande de séquences (76),
- ladite unité étant caractérisée en ce que son dispositif de commande de séquences (76) est programmé
- 30 - pour assurer l'enregistrement à l'intérieur de ladite mémoire de masse (109) de l'ensemble des caractéristiques de perçage (position relative et/ou diamètre) des pastilles (4), déterminées au cours de l'exploration du plan (1) par ledit organe sensoriel (60)
 - 35 - afin de permettre ultérieurement le perçage en série de circuits imprimés (9), en pilotant les séquences d'automate (110) de perçage vis-à-vis de chaque circuit (9) conformé-

ment aux informations portées sur ladite mémoire de masse (109).

27. Unité (100) de lecture de plans de perçage selon la revendication 26, destinée à mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 5 12 et caractérisé en ce qu'elle comporte en outre
- un dispositif de contrôle (104), notamment à écran vidéo (105)
 - et un dispositif de modifications (106), notamment un clavier alphanumérique, des informations portées sur la mémoire de 10 masse ;
- tous deux reliés à ladite mémoire de masse pour permettre une inspection et éventuellement une correction des caractéristiques de perçage enregistrées en mémoire de masse.
28. Unité de lecture (100) selon la revendication 27 de plans de perçage (1) munis d'au moins deux points de repérage (115, 116) (dits 15 mires de centrage), discernables par l'organe sensoriel (60), destinée à mettre en oeuvre l'utilisation de la revendication 14 afin de faciliter la mise en place du plan (1) de perçage avant exploration,
- 20 ladite unité de lecture étant caractérisée :
- en ce que son dit dispositif (76) de commande de séquences est programmé de façon à commander avant toute exploration du plan une détermination par l'organe sensoriel (60) de la position des mires de centrage (115, 116) de ce plan,
 - 25 - et en ce qu'elle comporte en outre un dispositif de calcul (104), effectuant au cours de ladite exploration une correction en mémoire des coordonnées de points de perçage,
- de façon à compenser automatiquement toute position aléatoire du plan (1) vis-à-vis de l'unité de lecture (102) et ainsi de rapporter ces coordonnées à un repère absolu R afin de permettre ultérieurement une mise en place systématique des circuits imprimés (9) dans une position fixe vis-à-vis des automates de perçages 30 (110).

FIG. 1

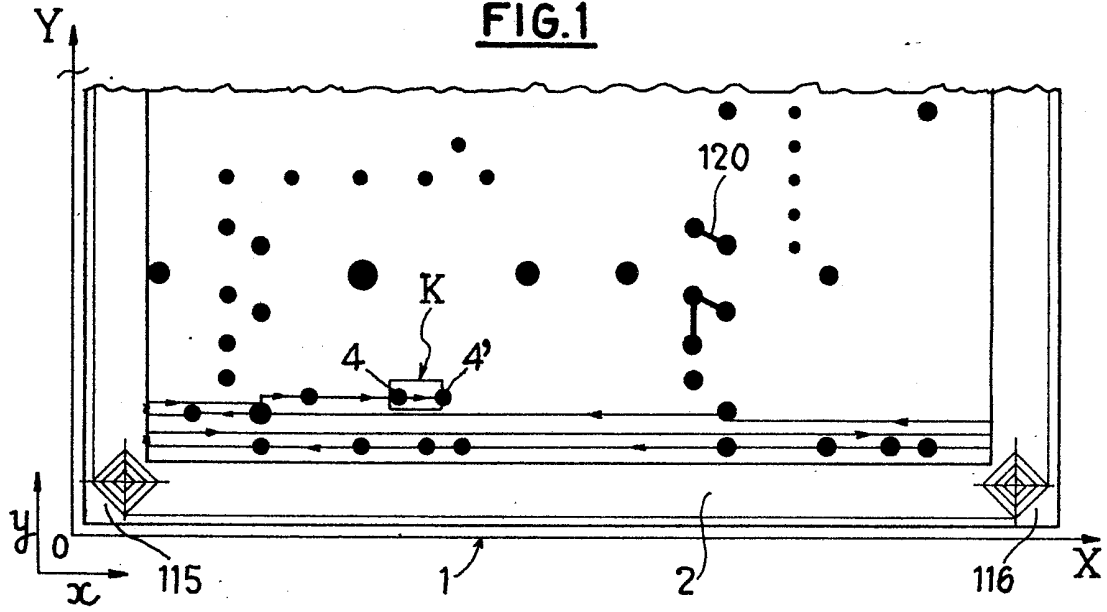
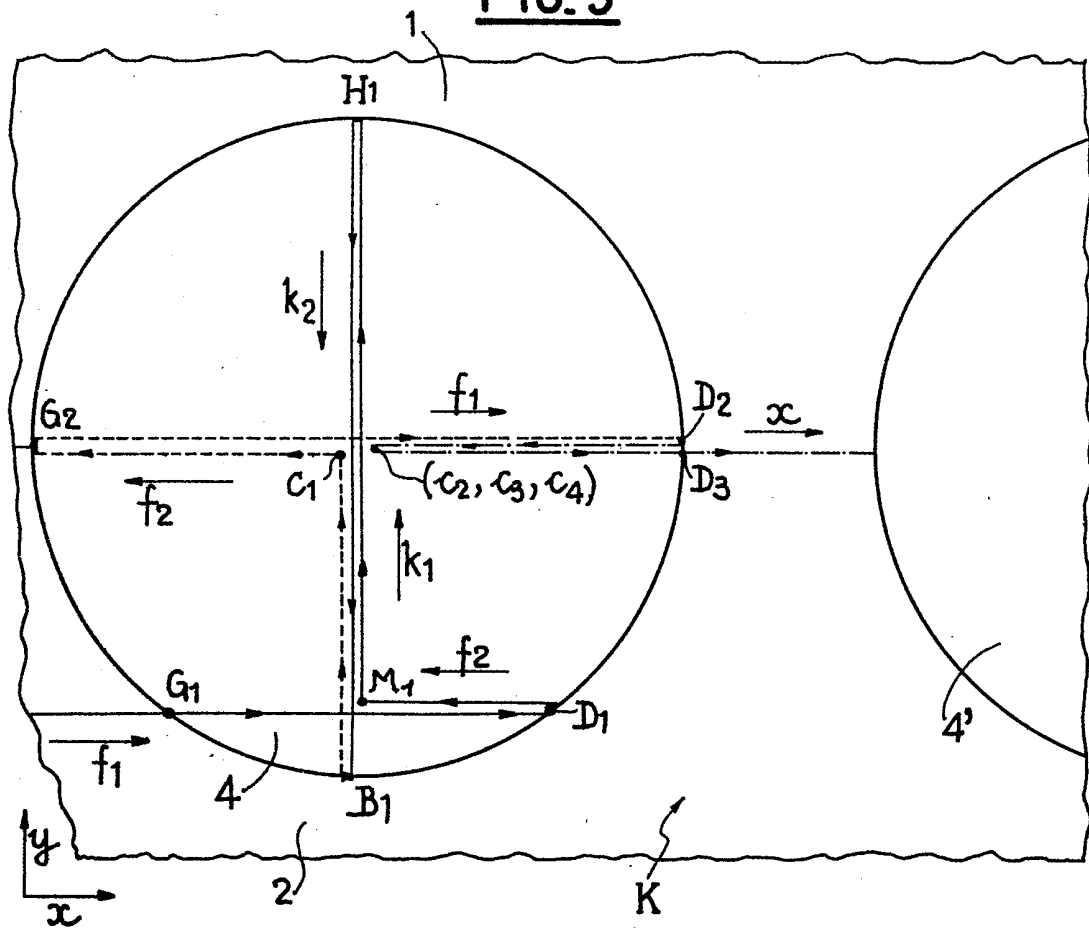


FIG. 3



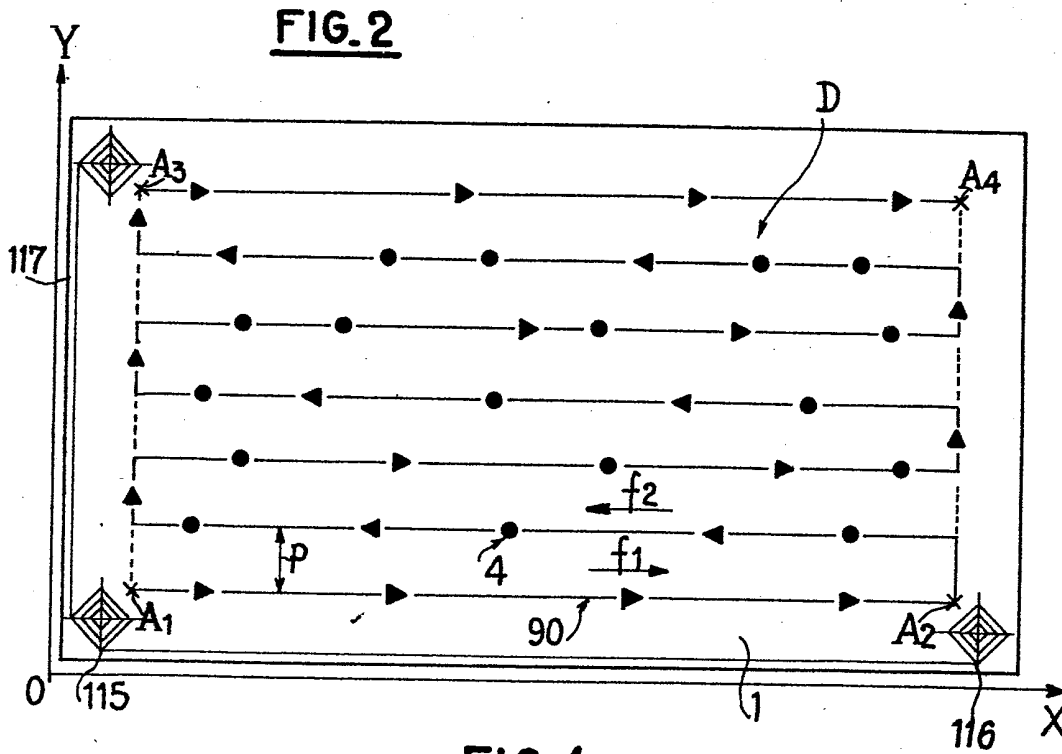


FIG. 4

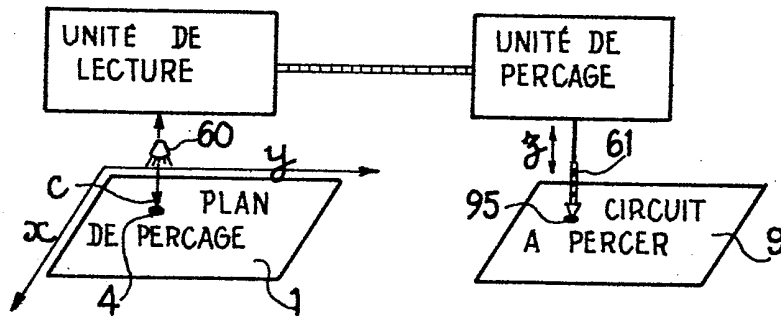
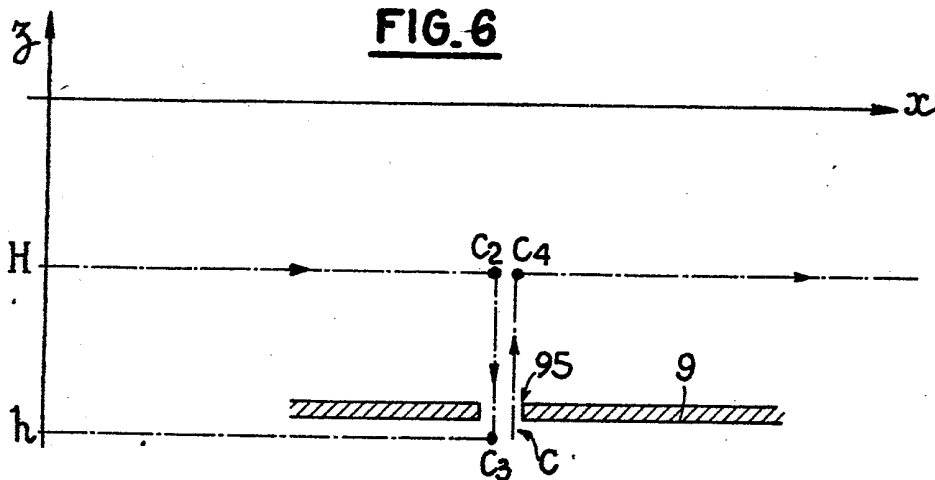


FIG. 6



3/6

FIG.5

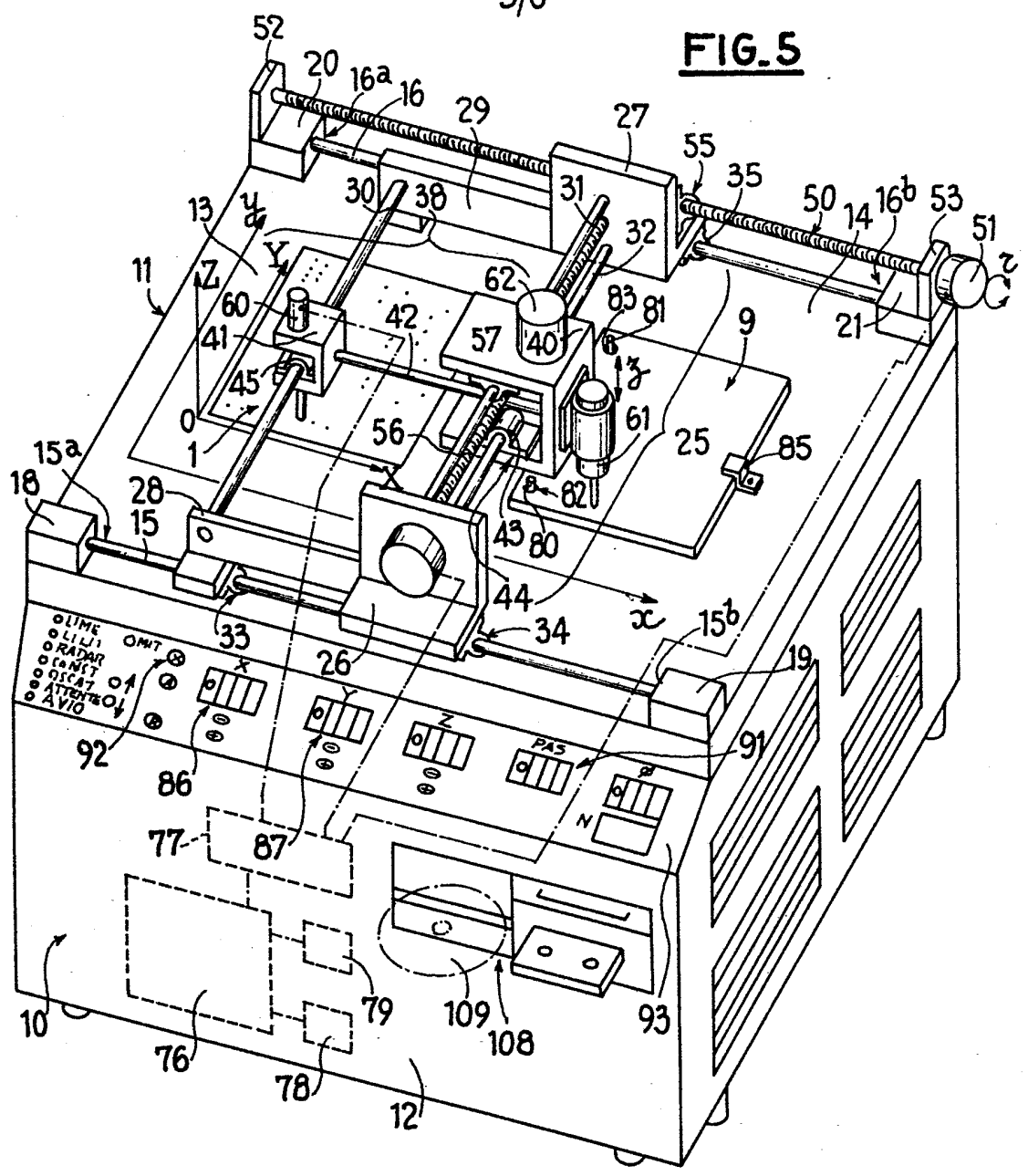
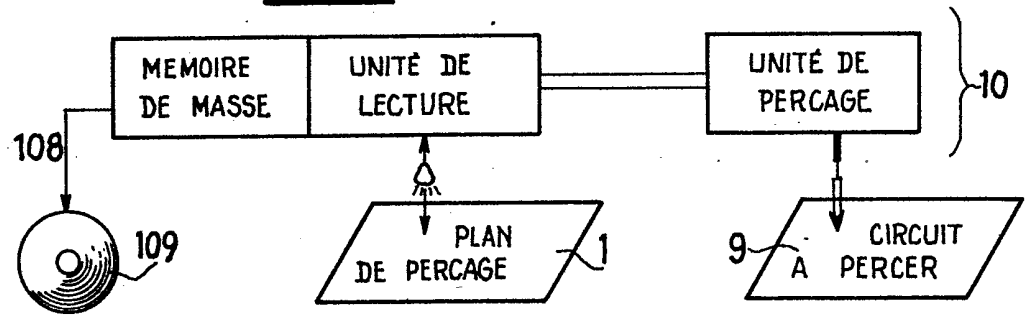


FIG.7



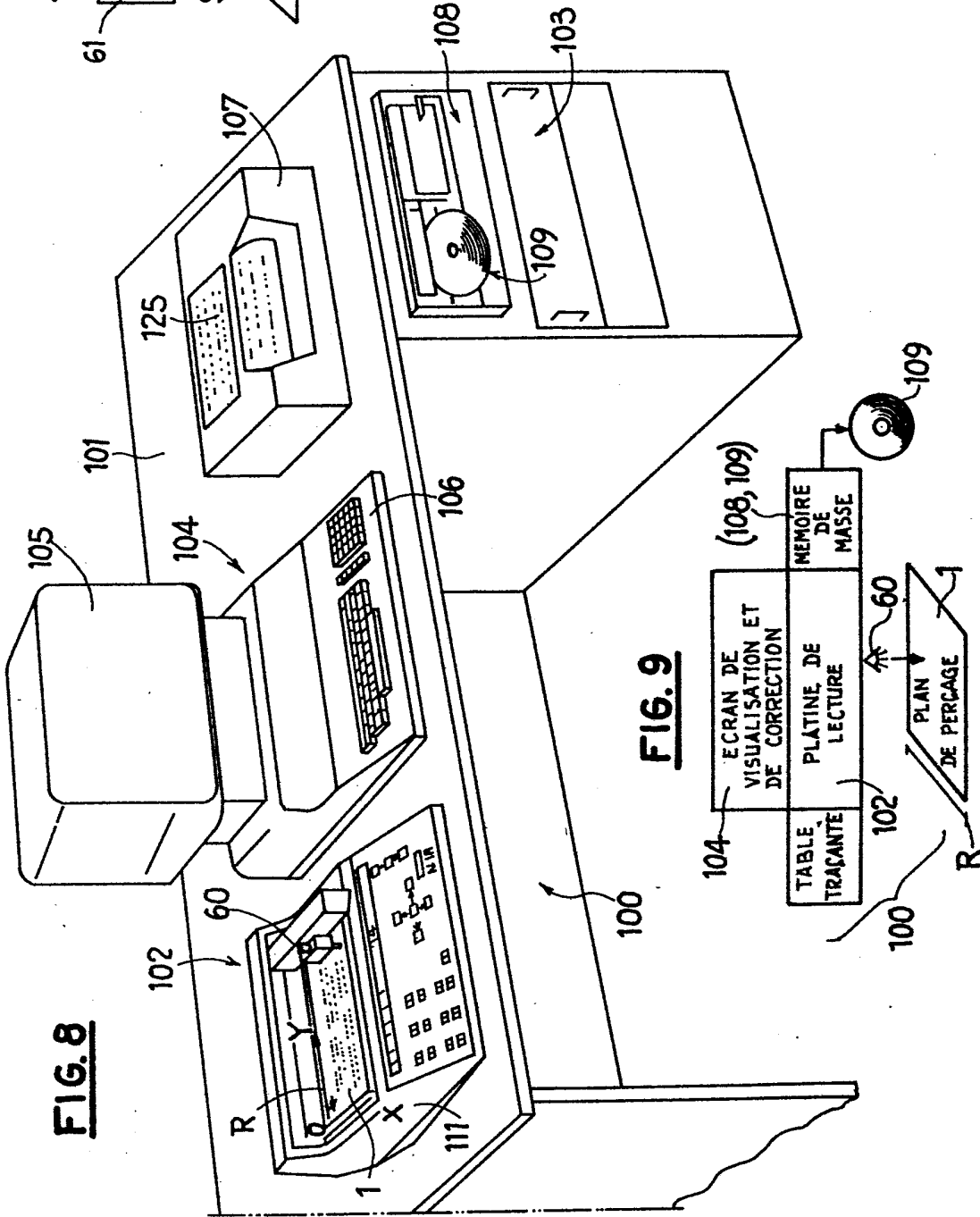
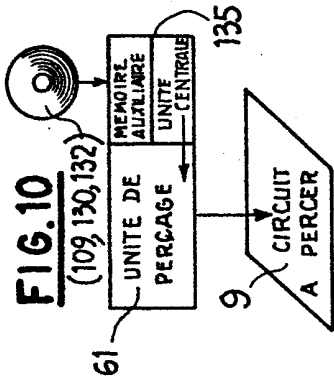


FIG. 8

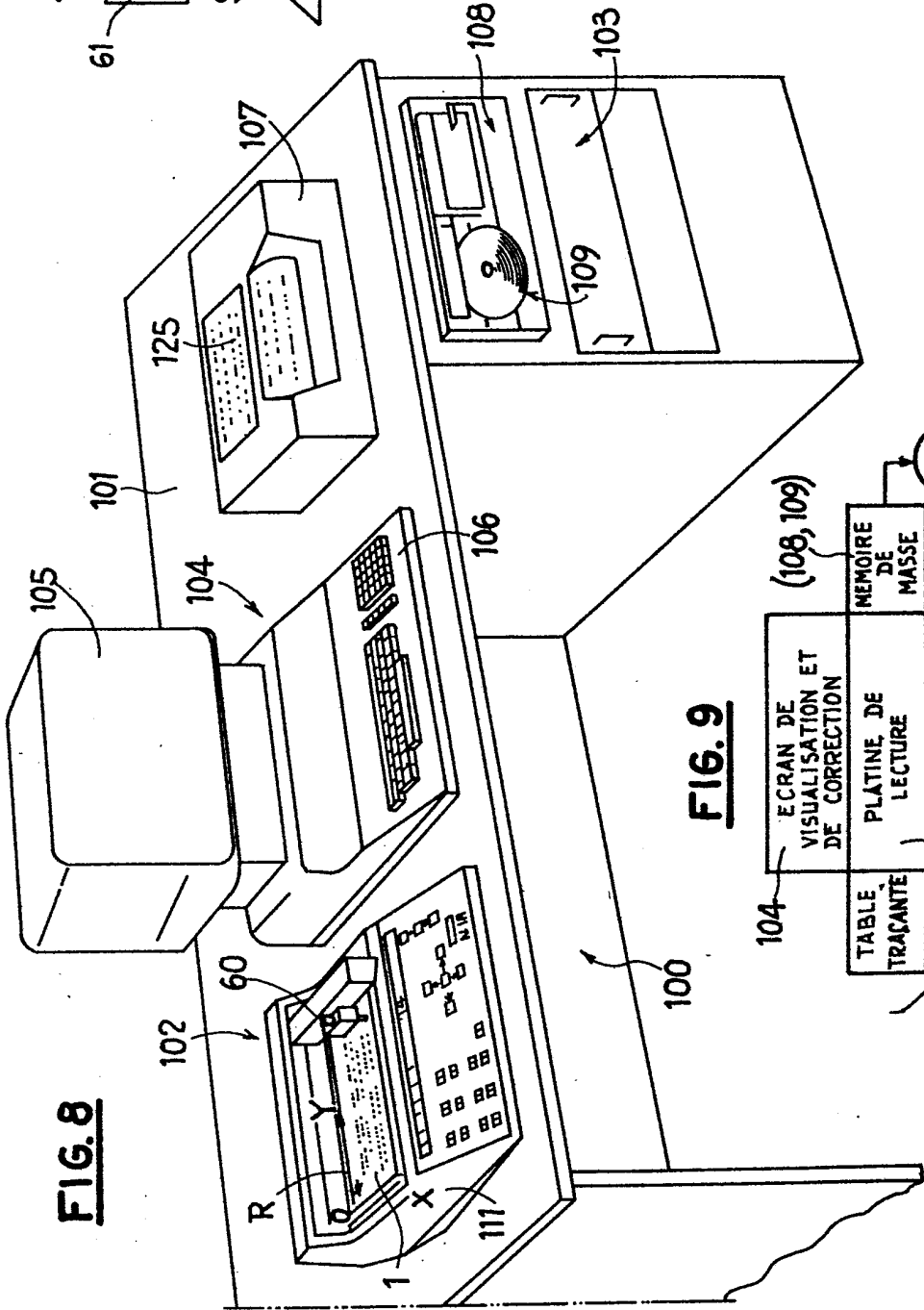


FIG. 12

