

Microtechniques en Franche-Comté

Gérard Normand, ingénieur-consultant, président d'honneur de Micronora, André Larceneux, THÉMA, UPRESA 6049, CNRS, université de Franche-Comté

Dans le numéro 18 d'*Images de Franche-Comté*, nous avons exploré le passage de l'horlogerie aux microtechniques. Ce passage correspond à un changement de vecteur énergétique, dès lors qu'à l'énergie mécanique, on a adjoint de l'énergie principalement électrique et/ou optique, mais également thermique, chimique et acoustique (transmission d'une vibration dans un milieu élastique : air, sang, eau..).

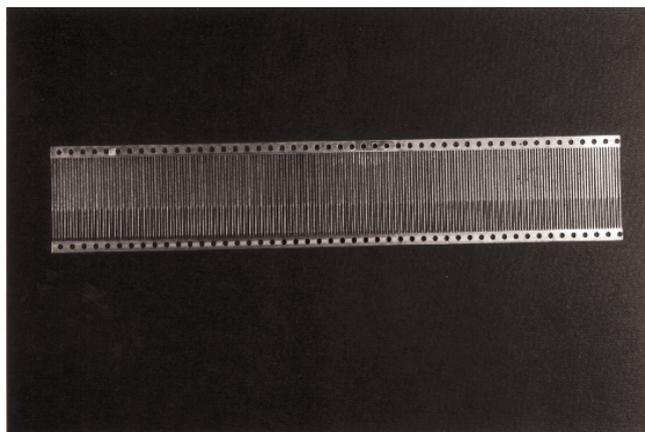
Il est maintenant nécessaire de donner une présentation des microtechniques sous l'angle industriel. Elles sont représentées par :

- des pièces fabriquées sur plan ;
- des composants existant sur catalogue, assurant une seule fonction et interchangeables-;
- des modules assurant plusieurs fonctions, réalisés en principe par le concepteur du produit-;
- des produits tels que pacemaker, télécopieur, appareil photographique, qui sont tous le résultat de développements à forte composante microtechnique.

À ceci, il convient d'ajouter les moyens de réalisation caractéristiques qui sont appelés biens d'équipement ou technologies de fabrication, soit spécifiques, soit universels.

Ce préalable nous amène à décrire le tissu industriel actuel, dans la mesure où l'artisan et la manufacture, qui autrefois réalisaient la totalité du produit microtechnique, n'existent plus du fait de la complexité croissante des objets et de leur technologie de fabrication, du raccourcissement des durées de vie des produits et de l'augmentation des séries.

La division des tâches existait également dans l'industrie horlogère qui a généré une cinquantaine de métiers, tels que le fabricant de spiral, de rubis, d'aiguille. Ces différents fabricants étaient fournisseurs de composants. Aujourd'hui, avec la montre devenue microtechnique, certains composants ont disparu (par exemple, le spiral) et de nouveaux sont apparus, tels que l'oscillateur à quartz ou le circuit intégré horloger.



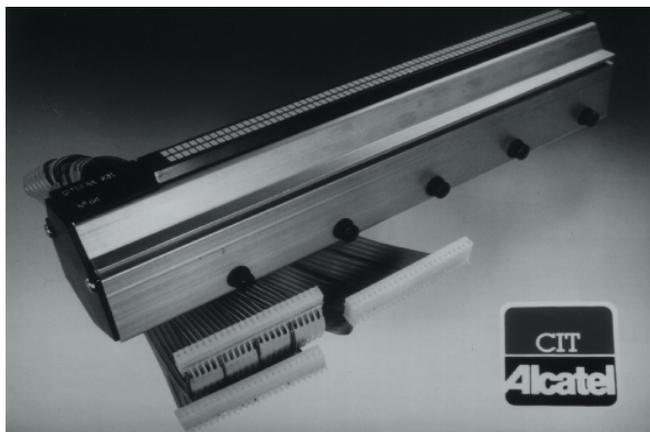
Un élément de la tête d'imprimante d'un télécopieur. Cliché Cabinet Norm.

Les produits microtechniques et les technologies associées

Les éléments microtechniques sont présents dans pratiquement tous les produits actifs mais ils sont souvent masqués par un habillage-: dans l'industrie horlogère, le mouvement de la montre est masqué par la boîte, dans l'industrie automobile, les microtechniques intégrées au véhicule sont masquées par la carrosserie ou les carters, enfin, dernier exemple, les microtechniques du télécopieur sont masquées par le coffrage.

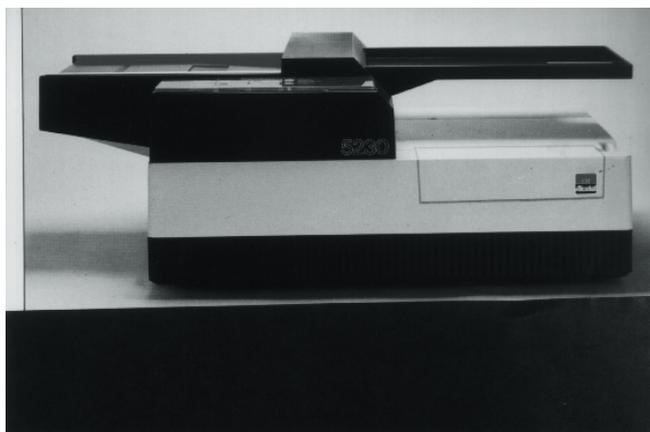


Outillage de séparation des contre-électrodes de tête d'imprimante électrostatique 600 volts. Cliché Cabinet Norm.



Tête d'imprimante électrostatique. Cliché Cabinet Norm.

Pour imaginer le propos, on pourrait dire que les microtechniques sont le «-système nerveux-» des objets actifs présents dans notre environnement et peuvent même suppléer nos propres organes, par exemple dans le cas du pacemaker. Néanmoins, sans aucun habillage, les caractères microtechniques peuvent être masquées à l'œil non averti du fait notamment des dimensions. Prenons l'exemple du télécopieur (fax). Sous son habillage se cache la pièce essentielle qui ressemble à une sorte d'échelle et qui est un des éléments de la tête d'imprimante. Cette pièce ne ressemble pas a priori à une pièce microtechnique et pourtant, elle contient 218 électrodes de section carrée de 125μ de côté. Avec 8 pièces de ce type, il est possible de réaliser les 1 728 électrodes d'une tête d'imprimante électrostatique qui déposent des charges de 600 volts sur un papier spécial, lesquelles charges attireront ensuite de la poudre d'encre appelée toner, qui sera chauffée pour fixer l'image transmise dans un fax.



Photocopieur avec scanner et imprimante Cliché Cabinet Norm.

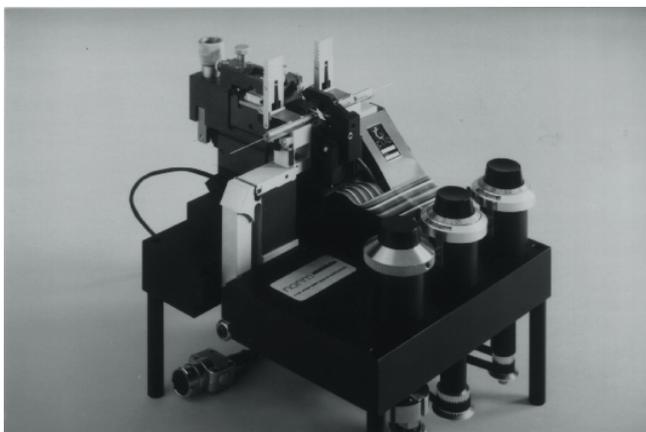
Cette tête d'imprimante est le résultat d'une démarche d'industrialisation qui tient compte de la technologie du découpage, de la technologie de la soudure des électrodes et enfin, de celle des isolements de ce qui deviendra la tête d'électrode. Ces électrodes ne sont séparées par découpage des bandes de rives qu'après réalisation de toutes les opérations d'assemblage. La réalisation de cette tête d'impression nécessite une grande précision de fabrication, en particulier de la part du découpeur qui a droit à une marge d'incertitude de 30 à 40μ sur les 218 mm de longueur de la pièce. Celle-ci nécessitera ensuite, pour être terminée, un ébavurage électrolytique pour faciliter l'assemblage et améliorer l'image. Cette pièce entre ensuite, avec d'autres, dans un «-module microtechnique-» qui sera assemblé par le fabricant de télécopieurs.

À l'époque du développement de cette pièce, «-l'asymptote-» de développement technologique dans ce secteur n'était pas atteinte. Le prix du terminal était encore de 30-000 F alors qu'aujourd'hui il est de 3-000 F. La future asymptote technologique, en cours d'étude depuis une vingtaine d'années, sera probablement l'impression sur papier ordinaire pour un coût identique. Les microtechniques évoluent sans cesse. Elles doivent être remises en cause tous les deux à trois ans pour ce qui concerne les «-modèles de produits-» et tous les 20 à 30 ans, pour les grandes étapes technologiques, en version industrialisée bien entendu.

L'exemple de la soudure des fibres optiques

La réalisation de ces pièces de très haute précision nécessite un matériel lui-même hautement performant. Avec l'exemple de la machine à souder les «-fibres optiques monomode à saut d'indice-», on peut constater que les moyens de production peuvent également être microtechniques : la fibre est longue de 10 à 25 km, d'un diamètre de cinq microns pour le cœur, c'est-à-dire, le 1/10 du diamètre d'un cheveu, de 120μ pour sa gaine en verre, soit deux diamètres de cheveux et de 240μ , soit quatre diamètres de cheveux, pour la gaine en plastique qui environne la fibre optique ; les caractéristiques techniques de la machine à souder ces fibres sont d'une extrême précision.

La machine à souder, en tant que moyen microtechnique, permet, à l'aide de moteurs piézo-électriques d'une course de 10 microns, de positionner radialement les fibres avec des incréments d'avance de 1/100 de micron nominal. Cette précision n'est possible qu'à l'aide de solides déformables rendus solidaires les uns des autres par des rubis afin de substituer des frottements de roulement aux frottements de



Module mécanique d'une machine à souder les fibres optiques embarcable sur navire câblé - force 1 000 dN - résolution 0,01 micron Cliché Cabinet Norm.

glissement. Le résultat est une soudure qui engendre une atténuation du signal inférieure à celle produite dans un kilomètre de fibre.

La fibre optique comporte également un habillage avec une enveloppe de 30 mm comprenant des fils d'acier, des fibres textiles, une gaine de cuivre et différents polymères, l'ensemble permettant de résister à une charge de cinq tonnes, pour assurer une liaison transatlantique sous-marine par exemple. On notera enfin que la fibre optique résiste à une traction de plusieurs centaines de grammes et permet la transmission d'environ 25 000 conversations téléphoniques. La gaine de cuivre alimente en électricité les amplificateurs présents tous les 50 km ; le retour étant assuré par la mer.

Une industrie franc-comtoise

La production microtechnique en Franche-Comté va de la pièce au produit, en passant par les composants et les modules. Cette production tient compte, non seulement de la Recherche-Étude-Développement, mais également de l'industrialisation. En effet, plus l'objet à fabriquer est simple, plus les moyens de production classiques existent. À l'inverse, plus l'objet est compliqué, plus sa fabrication nécessite des moyens de production spécifiques, de coûts élevés, que les industriels donneurs d'ordre, responsables du produit, préfèrent acquérir.

Les pièces.

De toutes les productions microtechniques, la pièce est la plus simple à réaliser dans la mesure où, au niveau de l'industrialisation, la plupart des moyens de production existent. Tous les fabricants de pièces en Franche-

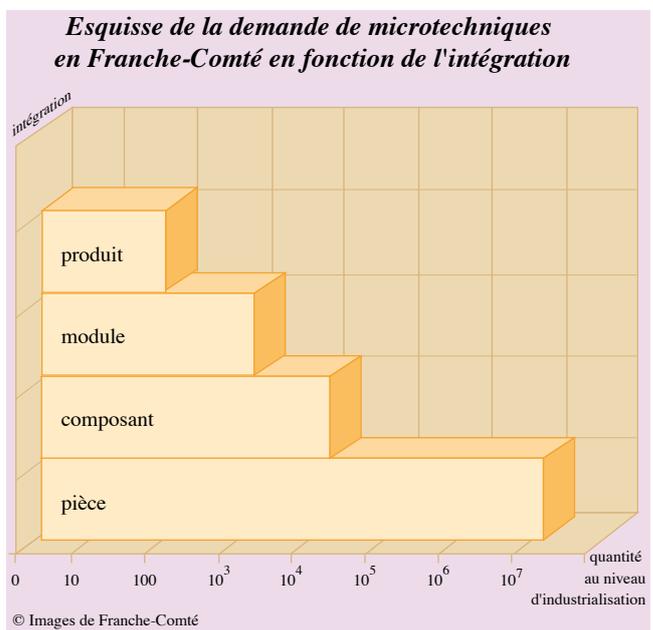
Comté, qu'ils soient mouleurs, découpeurs, décolleteurs, outilleurs, réalisent des séries plus ou moins importantes de pièces microtechniques. Néanmoins, on observe que la Franche-Comté produit peu ou pas de pièces en silicium en tant que composants actifs parce que cette pièce nécessite des biens d'équipement spéciaux, d'un coût très élevé et un savoir-faire relativement nouveau. En revanche, la pièce en silice de forme tourmentée est fabriquée en Franche-Comté : oscillateurs à quartz, lentilles optiques, etc. On constate également que la culture microtechnique existant depuis très longtemps en Franche-Comté, de nombreux industriels n'ont pas véritablement conscience de leur savoir-faire microtechnique, ce qui a pour conséquence, une sous-évaluation des pièces microtechniques et une pénalisation des courants d'affaires dans le domaine microtechnique.

Les composants.

Les composants électroniques traditionnels sont peu présents en Franche-Comté. En revanche, on trouve des connecteurs (sous réserve que ces composants multicanaux soient considérés comme des modules multifonctions). On fabrique cependant des pièces entrant dans les nouveaux composants tels que radiateurs de diode ou transistor de puissance.

Les modules.

Ils sont peu réalisés en Franche-Comté sauf les têtes d'imprimantes à aiguilles électromagnétiques. La cause de



cette rareté est liée aux coûts de développement et d'industrialisation très élevés de ces modules ; à titre d'exemple, une société japonaise a engagé environ deux milliards de francs pour développer une tête à jet d'encre. Il existe néanmoins en Franche-Comté des modules en petites séries dans le matériel professionnel, telles que les imprimantes magnétographiques développées à Belfort.

Les produits.

Il s'agit principalement des équipements de l'automobile dont le «-système nerveux-» comprend plus de

800 liaisons, lesquelles sont aussi onéreuses qu'une boîte de vitesse. Le multiplexage, nouveau mode de raccordement en cours de développement, devrait permettre de ramener le nombre de ces liaisons à quelques dizaines, en séparant les commandes à courant faible (électronique) des actions à courant fort (alimentation). Les équipementiers francs-comtois, qui travaillent sur ce multiplexage, produisent des modules et composants entrant dans le produit «-voiture-». D'autres produits à base microtechnique sont réalisés en petite série : il s'agit, par exemple, des terminaux destinés aux hippodromes.

Les biens d'équipement

Destinés à la fabrication, ils sont également présents en Franche-Comté : presses et environnements de presse --lasers d'usinage, perçage et gravure--, rectifieuses de précision, etc. Il en va de même pour la présence de bureaux «-d'ingénierie produits-» qui réalisent des développements et industrialisations de produits pour le compte de grands groupes industriels. Il faut savoir que ces derniers sont situés majoritairement en Ile-de-France et en Rhône-Alpes, qu'ils représentent 80 % de la demande dont les fabrications sont réalisées à 80 % en Franche-Comté.

La partie recherche et faisabilité

Elle est assurée par de nombreux laboratoires franc-comtois travaillant sur des programmes de mécanique, optique et électronique et sur des transducteurs permettant de passer d'un vecteur énergétique à l'autre.

Cet inventaire des microtechniques en Franche-Comté est-il exhaustif ?

Non, car la diffusion de ces techniques de pointe est effectué par le biais des laboratoires, du Centre de transfert des microtechniques (CTM), des établissements d'enseignement des microtechniques, des écoles d'ingénieurs, par l'organisation de manifestations, telles que Colloques microtechniques, salon Micronora et édition de revues spécialisées qui tous tendent à augmenter des applications potentielles.

La complexité de la distribution des microtechniques en France est illustrée par une carte montrant les différentes positions géographiques des industriels, dont 328 industriels francs-comtois, qui ont exposé lors du salon Micronora 1998 ■

L'origine des exposants du salon Micronora 1998 en fonction de leur région

