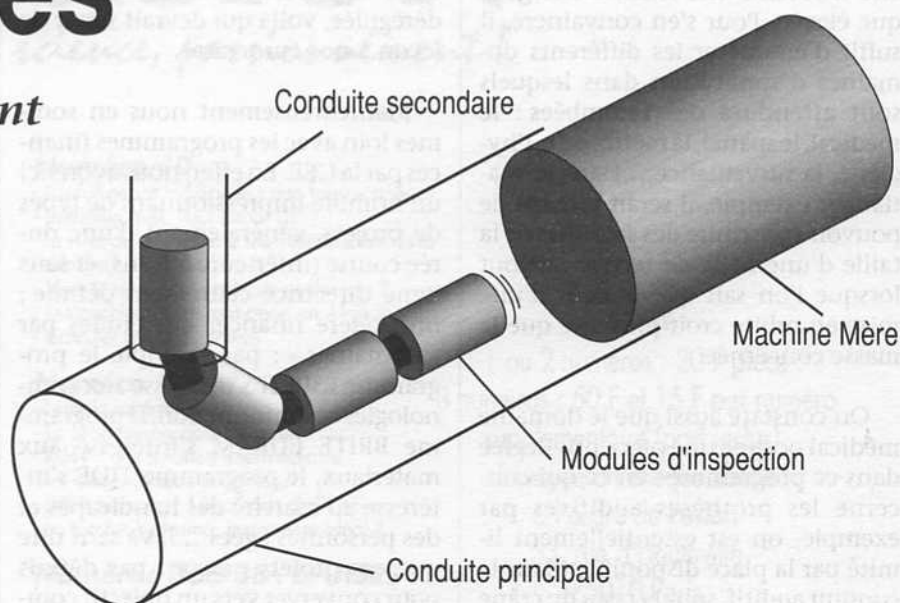


Les micromachines japonaises

Si l'on sait couramment réaliser des micro-moteurs ou des micro-lasers, on a encore du mal à réaliser des ensembles complets et fonctionnels. Un domaine sur lequel les Japonais travaillent très sérieusement.



Qui n'a jamais eu l'occasion de voir un dédale de tuyauteries dans une usine de production quelconque ? Elles sont souvent disposées de la manière suivante : des conduites principales sont parcourues par un fluide qui est distribué à divers endroits par des conduites secondaires en dérivation sur les premières. Pour définir le décor qui nous intéresse ici, nous considérerons une conduite principale de diamètre intérieur de 25 mm et une dérivation de diamètre intérieur de 10 mm.

Imaginons maintenant à l'intérieur de ces tuyaux, une machine portée par le fluide de la conduite principale et commandée par une liaison radio depuis l'extérieur. Cette machine contient des modules d'inspection d'une taille suffisamment petite pour pouvoir explorer les conduites secondaires (voir figure ci-dessus) lorsque l'ensemble passe dans leur voisinage.

Compte tenu de l'état de l'art actuel dans les domaines de la micro-mécanique, de la microélectronique

Pierre Bonnefoy

et des microbatteries, cette description semble provenir d'un mauvais film de science-fiction : en effet, les technologies de densification microélectronique les plus poussées, telles que le montage en surface, ou en volume (3D), même si elles utilisent des puces d'une taille relativement réduite, atteignent des surfaces de l'ordre du centimètre carré et des volumes de l'ordre du centimètre cube, à cause simplement du problème de l'interconnexion.

On voit donc que ces circuits rentreraient péniblement dans nos conduites ; or dans le cas présent, ce sont des machines qui patrouillent les tuyauteries ; ces machines ont besoin d'une électronique de commande et d'une source d'énergie qui sont en général plus petites que les parties mécaniques proprement dites.

D'autre part, les piles et accumulateurs type « bouton » ont une autonomie assez réduite et sont le plus souvent employées pour des circuits

électroniques de faible consommation tels que les montres à quartz ; ces piles cylindriques peuvent avoir des tailles de l'ordre de 2 mm par 0,5 cm² (la taille est proportionnelle à l'autonomie). Il est clair qu'un moteur électrique consomme plus que l'électronique qui le commande.

Tout ceci donne une vague idée des progrès technologiques à faire dans les domaines de la mécanique, de l'électronique et de l'énergie, si l'on veut réaliser les machines décrites précédemment : il faut améliorer d'un ordre de grandeur les performances actuelles ; une telle amélioration n'est sans doute pas possible d'une manière purement linéaire, un saut qualitatif s'impose donc.

Cependant ce projet existe réellement : le ministère de l'industrie et du commerce international japonais (MITI) a lancé en janvier 1992 un programme de recherche de 10 ans sur les micromachines. Un organisme, le MMC (MicroMachine Center) est chargé de coordonner une série de projets du type de celui que nous venons de décrire. Ce programme

concerne une trentaine de sociétés et est financé à la hauteur de 700 millions de YEN.

Le MITI semble, en tous cas, bien avoir compris le principe suivant lequel une société se mesure à sa capacité d'obtenir une densité énergétique élevée. Pour s'en convaincre, il suffit d'énumérer les différents domaines d'application dans lesquels sont attendues des retombées : le médical, le spatial, la métrologie, l'hygiène, la surveillance... Dans le spatial par exemple, il serait tentant de pouvoir construire des satellites de la taille d'une balle de tennis, surtout lorsque l'on sait que le coût d'une mise en orbite croît plus vite que la masse concernée.

On constate aussi que le domaine médical occupe une place privilégiée dans ce programme ; en ce qui concerne les prothèses auditives par exemple, on est essentiellement limité par la place disponible (dans le conduit auditif, sous la peau du crâne ou... dans la bouche). Une autre micromachine pourrait aussi nettoyer l'intérieur des vaisseaux sanguins. Sur ce dernier point, même si l'objectif

n'est pas atteint dans les délais prévus, il est évident cependant qu'en travaillant dans cette direction, l'on arrivera à construire la machine d'exploration de conduites dont il était question plus haut. Un tel programme de recherche n'est pas concevable dans une perspective d'économie dérégulée, voilà qui devrait servir de leçon à nos eurocrates.

Malheureusement nous en sommes loin avec les programmes financés par la CEE. En effet, nous avons ici un nombre impressionnant de types de projets, généralement d'une durée courte (inférieure à 5 ans) et sans ligne directrice clairement définie ; on préfère financer des études par « domaines » : par exemple le programme ESPRIT s'intéresse aux technologies de l'information, le programme BRITE EURAM s'intéresse aux matériaux, le programme TIDE s'intéresse au marché des handicapés et des personnes âgées... Il va sans dire que ces projets ne sont pas définis pour converger vers un objectif commun ; au contraire, si l'on regarde par exemple le premier principe du programme TIDE, l'on peut lire textuellement :

« Orienté Marché : les projets doivent prendre avantage des opportunités présentées par la réalisation du Marché Unique et conduire à court terme au développement de produits et services basés sur des technologies ayant un bon potentiel commercial dans un environnement compétitif ».

En somme, on ne va pas travailler pour l'aide aux handicapés parce que l'on poursuit un progrès technique, économique ou humain, mais simplement parce que la conjoncture permet à ceux qui sauront battre les autres de réaliser un bénéfice commercial.

Il ne s'agit pas de transformer l'environnement en l'améliorant mais de s'adapter à une situation donnée, aussi inconfortable soit-elle. Ceci se vérifie sur la prose des appels d'offre européens par des déclarations du type :

« Dans les années 2020, une personne sur quatre [dans l'Europe des Douze] aura plus de 60 ans et pourra s'attendre à faire l'expérience de déficiences perceptuelles » ...

Vision surprenante de l'avenir !

Par ailleurs, nous n'avons rien à attendre non plus de la part des dirigeants actuels au niveau national : face aux programmes japonais, l'attitude des français semble plutôt être d'envoyer des industriels au pays du soleil levant pour des séjours de trois semaines afin qu'ils observent les méthodes nippones ; mais ne vous y trompez pas, il s'agit simplement de « voyeurisme », non de mettre en place des projets similaires.

Le ministère de l'industrie française veut sans doute faire le plein de paperasses puisqu'il demande aux industriels de répondre à des questions du type : *« Pourquoi le secteur médical semble-t-il être le marché privilégié des micromachines au Japon (...) ? Est-ce conjoncturel ou intuitif ? »*

Une telle attitude prête à rire... jaune. Souhaitons plutôt que nos industriels sachent tirer profit de l'exemple que nous donnent leurs collègues japonais. ■

L'infiniment petit au CEA

L'un des principaux problèmes de l'industrie française est sans doute qu'elle ne profite pas suffisamment des retombées de la recherche, en dépit des percées spectaculaires auxquelles cette dernière nous a habitué. Cela semble être en tous cas l'avis des chercheurs du CEA qui s'intéressent plus particulièrement aux micro-technologies et aux micro-matériaux. Les chercheurs du LETI, par exemple, maîtrisent des procédés de lithographie qui permettent de tailler des microstructures sur des tranches de silicium avec une précision meilleure que le micron. Parmi les applications, citons des micro-capteurs (accéléromètres, capteurs de pression, capteurs optiques...) très sensibles, associés sur une même puce à leur électronique de commande.

Cette exploration de l'infiniment petit, ou plus généralement toute exploration de conditions extrêmes, nous conduit fatalement à découvrir de nouvelles propriétés de la matière. C'est ainsi qu'historiquement la supraconductivité fut découverte à basse température. Dans le même ordre d'idée, en réalisant des dépôts d'épaisseur nanométrique, les chercheurs du CEA ont mis en évidence des comportements nouveaux. Par exemple, avec des couches alternées, en grand nombre, de nickel et d'argent, ils obtiennent un composant à magnétorésistance géante (une résistance très sensible au champ magnétique), ce qui ouvre d'énormes perspectives en métrologie. L'opto-électronique (détecteurs infrarouges, microlasers impulsions...) bénéficie également d'une telle approche de dépôts moléculaires. Le fin du fin consiste peut-être à générer des conditions extrêmes dans un espace de taille extrême ; c'est ainsi qu'au DRFMC, ils ont construit un micro-réfrigérateur à gaz pulsé, de la taille d'un stylo, et pouvant atteindre 26K !