

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Herausgeber:** Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique  
**Band:** - (1995)  
**Heft:** -: Programmes prioritaires

**Artikel:** Du feeling sur silicium  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-971498>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Du feeling sur silicium

La Suisse a bâti une bonne partie de sa réputation industrielle sur l'instrumentation de mesure et de précision. Mais les rouages et les ressorts ont été remplacés par de l'électronique. Des centaines de petites et moyennes entreprises du pays lorgnent donc vers les micro-capteurs électroniques, un marché mondial de 50 milliards de francs attendu pour l'an 2000.

**D**ominik Jaeggi symbolise parfaitement l'esprit du PROGRAMME PRIORITAIRE «LESIT». A 29 ans, il est en train de finir son doctorat en physique appliquée et fait partie d'une nouvelle volée d'ingénieurs qui a grandi avec les deux pieds sur terre: c'est-à-dire l'un dans le monde académique et l'autre dans l'industrie. Il partage ainsi son temps entre l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich et EM Microelectronic-Marin SA.

Basée à Marin (canton de Neuchâtel), cette fabrique de 275 personnes est, avec Micronas SA (Bevaix, NE), la seule du pays à pouvoir survivre sur le marché mondial des circuits électroniques sur silicium (procédés «CMOS» ou «bi-polaire»). Il ne s'agit évidemment pas des grandes mémoires ou des microprocesseurs pour PC! Ce créneau est réservé à quelques géants japonais et américains qui produisent leurs modèles par millions. La Suisse s'est trouvée une «niche industrielle» dans les puces spécialisées tirées à très basse consommation électrique pour des instruments de mesure ou de télécommunication portables; des circuits de commandes pour machines-outils; ou des circuits capables de manier conjointement faible et forte puissances, notamment pour la gestion de l'énergie électrique – tous ces domaines sont abordés dans le PP LESIT.

Il y a ainsi dans le pays des centaines de petites et moyennes entreprises qui conçoivent – sur ordinateur –

les plans de puces électroniques spécifiquement dédiés à leurs produits (ce qu'on nomme des ASICs). Ces plans sont ensuite envoyés, sur disquette, à une usine qui en maîtrise la fabrication sur silicium.

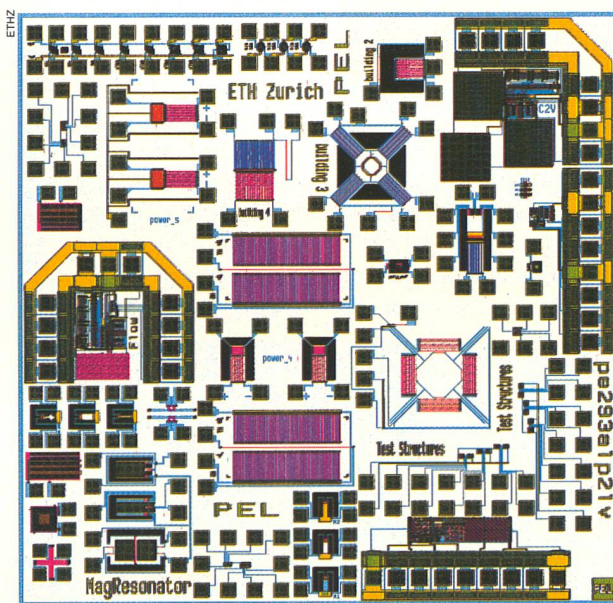
«On ne peut pas envoyer n'importe quoi!» précise Dominik Jaeggi. «Le plan du circuit doit respecter les règles de dessin du processus de fabrication. Notre projet consistait justement à développer des micro-capteurs sur

silicium, en utilisant la technologie déjà en place à Neuchâtel.»

*Micro-capteurs*: un marché mondial qui devrait atteindre les 50 milliards de francs suisses en l'an 2000. Il s'agit de minuscules dispositifs électroniques conçus pour sentir le monde extérieur. Il en existe déjà qui reniflent l'odeur du poisson pourri dans les câbles des bateaux-usines; il y en a qui détectent les émanations d'incendie dans les lieux publics, d'autres encore qui mesurent des accélérations, des températures, l'humidité de l'air, etc. Or, souvent ces capteurs sont réalisés dans des matériaux exotiques, chacun selon son propre

procédé d'usinage. Ce sont des pièces à part, que l'on soude à un circuit chargé de gérer l'information électrique qu'ils délivrent.

Dans le *module 4* du PP LESIT plusieurs groupes de recherche réalisent des micro-capteurs bâtis avec les technologies de fabrication standard sur silicium. Le grand avantage, c'est que le capteur peut être créé en



Une oeuvre d'art contemporaine? Non: ce sont les plans de différents modèles de micro-capteurs, prêts à être livrés au fabricant de circuits sur silicium.

(Suite de la page 5)

même temps que son circuit: c'est évidemment moins cher et plus rapide à réaliser – sans compter que le produit fini est plus compact. Mais c'est aussi plus difficile à mettre au point. Parmi les plus avancés de ces projets figure justement celui de Dominik Jaeggi. Il concerne un capteur infrarouge capable de détecter la présence d'un être humain en mouvement.



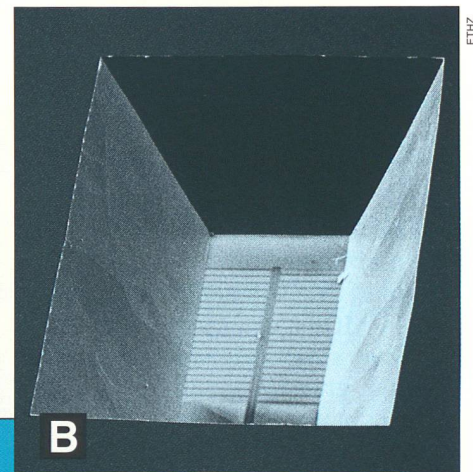
Sur un circuit de silicium, ce capteur occupe seulement un millimètre carré. Il est absolument passif: aucun rayonnement n'est diffusé; il ne fait que sentir la chaleur émise par le corps d'une personne, sans la confondre avec celle d'un chat ni avec les rayons du soleil. Un tel objet peut servir d'organe sensitif à un dispositif électrique chargé de piloter l'ouverture de portes automatiques au

passage du public, ou d'avertir le personnel d'une usine qu'il pénètre dans une zone dangereuse, ou encore de repérer des intrus dans un musée ou une habitation privée.

## Les contraintes du marché

Si ce projet symbolise bien le PP LESTI, cela ne tient pas seulement au fait qu'un jeune ingénieur conçoit une nouvelle génération d'objets électroniques au Poly de Zurich, tout en considérant les possibilités de fabrication de l'usine de Marin. Il y a un troisième partenaire dans l'affaire, qui représente les exigences du marché: Cerberus AG (Männedorf, ZH) qui, avec ses 5000 employés, est l'un des leaders mondiaux des installations de sécurité. Parmi les hits de son catalogue figure un *détecteur de personne*, grand comme un paquet de cigarettes, qui se compose de plusieurs éléments électroniques, optiques et mécaniques. Le capteur de Dominik Jaeggi pourrait réduire la taille et le coût de cet objet, mais il faudrait aussi changer la manière de le produire et de le vendre – du tournevis spécial au prospectus publicitaire.

«Pour remplacer un produit qui se vend bien par une nouveauté technologique radicale, il faut que le prix de revient soit diminué de moitié!» explique le jeune ingénieur en saisissant avec des pincettes une grande tranche brillante et d'apparence fragile. «Ceci est un *wafer*, explique-t-il, c'est-à-

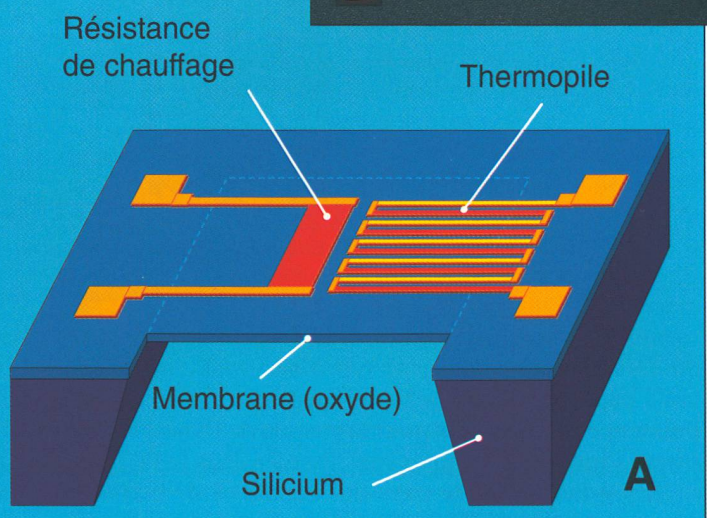


cd/03

## Chaleur en tension

A. Ce schéma présente le principe du micro-capteur thermique sur silicium. Son élément-clé est la *thermopile*, une structure sinueuse qui transforme une différence de température en une tension électrique (mesurable entre les deux contacts de la thermopile). Cette tension est analysée par un circuit électronique intégré sur la même plaquette de silicium que le capteur (non représenté).

Dans le cas d'un capteur qui mesure le courant électrique alternatif, une résistance est ajoutée. Plus le courant électrique qui passe dans la résistance est fort, plus elle chauffe et plus la thermopile crée une tension élevée. Pour un détecteur chimique, la thermopile détecte la chaleur dégagée par une réaction chimique se déroulant sur une surface qui remplace la résistance. Et pour un détecteur infrarouge de présence humaine, la thermopile suffit. Dans tous les cas, il faut isoler les capteurs en évitant le silicium autour d'eux, afin d'éviter des échanges thermiques avec le reste du circuit (photo B).



dire une tranche de silicium comme il en sort des usines de production de circuits. Sur ce disque de 15 centimètres de diamètre, il y a des centaines de capteurs infrarouge.

aussi à mettre au point les méthodes de manipulation de ces fragiles objets sur la chaîne de montage, afin de les encapsuler et de les intégrer au reste du détecteur. Le jeune chercheur du Poly attend impatientement les résultats, pour savoir si son doctorat va aboutir sur du réel...

– «Que les choses soient bien claires», précise Franz-Peter Steiner, directeur adjoint du PP LESIT, «le but du programme n'est pas de mettre des ingénieurs de nos hautes écoles à la disposition des industriels en les payant avec de l'argent public! Il vise au contraire à former une nouvelle génération d'esprits créatifs, en utilisant le monde industriel et le marché de l'électronique comme des repères pour leur réflexion. Par ailleurs, la Suisse est vraiment une patrie pour l'éclosion des capteurs, qu'ils soient intégrés sur silicium ou non. Ce domaine correspond non seulement à la tradition industrielle du pays – basée sur les instruments de mesure – mais il permet aussi de fabriquer des produits à haute valeur ajoutée.»

En règle générale, les capteurs intégrés sur silicium sont moins précis que ceux réalisés avec des techniques et des matériaux spéciaux; ils sont aussi moins précis que bien des systèmes de mesure mécaniques pour lesquels il n'existe pas encore d'équivalent électronique. Mais, vu que leur coût est considérablement plus bas, de nouveaux mondes d'application promettent de s'ouvrir à eux lorsque la précision n'a pas besoin d'atteindre un niveau scientifique. Dans le cadre du LESIT, trois autres dispositifs se préparent sur le même principe de détection thermique que le micro-capteur infrarouge cité plus haut: un premier qui détermine la valeur d'un courant électrique alternatif; un deuxième sensible au flux d'un gaz ou d'un liquide; un dernier pour renifler des substances chimiques présentes dans l'atmosphère.

Rien ne vous empêche, d'ores et déjà, d'imaginer une montre bracelet qui vous alarme quand l'air de votre garage souterrain est trop malsain, ou un porte-clés que vous brandissez en l'air pour connaître la vitesse du vent...

Le PP LESIT se compose de 8 modules: semiconducteurs de puissance; circuits électroniques de puissance; systèmes d'électronique de puissance; micro-capteurs; systèmes de communication sans fil; électronique de micro-onde et de Gigabit; matériaux diélectriques pour capteurs; fiabilité et compatibilité électromagnétique.

Gestion: Conseil des Écoles polytechniques fédérales.  
Direction: Prof. Henry Baltes et Dr Franz-Peter Steiner (adjoint),  
Labo. de physique électronique, ETH Hônggerberg, CH-8093 Zurich

Ils ont été réalisés selon les étapes standard de EM Micro-electronic, à une nuance près...»

## L'art du ciselage en plus

La nuance tient de l'orfèverie. Lorsqu'on regarde le wafer a contre-jour, on constate qu'il est ponctué de minuscules fenêtres: on dirait New York by night (voir photo ci-dessus). «Ces ajouements réalisés au dos du wafer sont nécessaires pour isoler chaque capteur. Comme il détecte l'infime chaleur émise par un être humain, il faut qu'il soit parfaitement isolé du reste du silicium.»

Cette impressionnante méthode de ciselage (voir la couverture de ce magazine) a été développée dans le laboratoire du Prof. Henry Baltes, directeur du PP LESIT. Pour l'instant, ce supplément de traitement des wafers est réalisé à l'Institut d'électronique quantique, dans une salle spéciale isolée de la poussière. Dans le but de réaliser ces découpages, un pochoir aux découpes ultra-fines est placées au dos du wafer. Le dos est ensuite soumis, pendant quatre heures et demie, à un bain de soude caustique à 90°C. «Cette méthode de ciselage supplémentaire est maintenant maîtrisée en laboratoire», précise Dominik Jaeggi. «Nous sommes en train de la transférer sur la chaîne de production de EM Micro-electronic.»

De leur côté, les ingénieurs de Cerberus testent actuellement les derniers prototypes de capteurs infrarouge selon des critères de qualification très sévères. Il reste