

Zeitschrift:	Ingénieurs et architectes suisses
Band:	125 (1999)
Heft:	7
Artikel:	Pôle microtechnique: coopération entre les centres de compétence suisses en microtechnique
Autor:	Heinzelmann, Elsbeth
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-79620

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

Pôle microtechnique

Coopération entre les centres de compétence suisses en microtechnique

Par

Elsbeth Heinzelmann,
journaliste technique
et scientifique,
4052 Bâle

La réunion des activités de microtechnique du CSEM à Neuchâtel, de l'EPF Lausanne et de l'Institut de microtechnique de l'université de Neuchâtel, au sein du pôle microtechnique, crée un réseau pour l'enseignement, la recherche et le savoir-faire de fabrication, en micro et nanotechnologie. Ce réseau permet à ses partenaires de profiter de synergies et d'apparaître sur le plan international comme une puissante entité.

La microtechnique recèle un considérable potentiel pour le futur. En intégrant adroïtement l'électronique, l'optique, la technique des capteurs, l'informatique et la science des matériaux, les ingénieurs spécialisés en microtechnique créent des microsystèmes intégrés, aux fonctions de plus en plus complexes et aux dimensions toujours plus réduites. En comparaison internationale, les chercheurs suisses arrivent en tête, car l'industrie horlogère a établi, dans notre pays, une solide tradition de mécanique de précision, de fiabilité et de minutie. Les principaux centres sont le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM SA) à Neuchâtel, le Département de microtechnique de l'EPF Lausanne et l'Institut de microtechnique (IMT) de l'Université de Neuchâtel.

Identifier les problèmes

La microtechnique est une branche très dynamique; elle repose sur des matériaux et des technologies en rapide évolution qui nécessitent un constant renouvellement et une adaptation permanente. Or, les dépenses croissantes de recherche et développement (R&D) font face à des budgets toujours plus limités. Afin de pouvoir maintenir le haut niveau de recherche et fournir à l'industrie des spécialistes bien formés, il faut développer de nouvelles stratégies de recherche et de formation, profiter des synergies et du savoir-faire, quel que soit le lieu d'implantation du centre de compétence.

Conscients de ce fait, les représentants du conseil des EPF, du CSEM et du canton de Neuchâtel se sont réunis autour d'une même table, en été 1996. Leur objectif était de

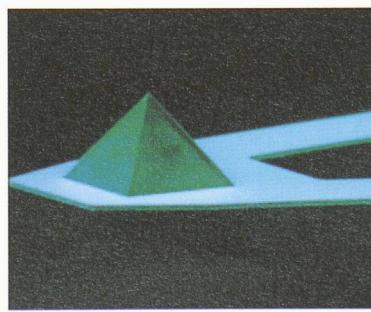
mettre sur pied un groupe de travail pour identifier les conflits potentiels et les éliminer rapidement et simplement. Où fallait-il intervenir? Membre du groupe de travail et responsable de la recherche au conseil des EPF, Heinrich Neukomm explique que certaines lacunes se manifestaient en recherche fondamentale, tandis qu'au niveau de la formation, il s'agissait d'éviter les doublons. Par ailleurs, la lutte pour les subsides risquait d'affaiblir la microtechnique et d'entraver la compétition scientifique et technique. Quant à l'exploitation industrielle des résultats de recherche obtenus par les Hautes écoles, elle laissait beaucoup à désirer, les entreprises faisant preuve d'un manque d'intérêt décevant.

Le diagnostic faisait donc clairement apparaître les faiblesses suivantes: thèmes de recherche trop voisins, portés par des instituts équipés de laboratoires comparables, d'où une concurrence néfaste entre partenaires travaillant sur des projets similaires, alimentés par les mêmes sources de financement et les mêmes entreprises industrielles. Avec des effets négatifs pour les trois institutions concernées: l'EPFL craignait une capacité de formation insuffisante

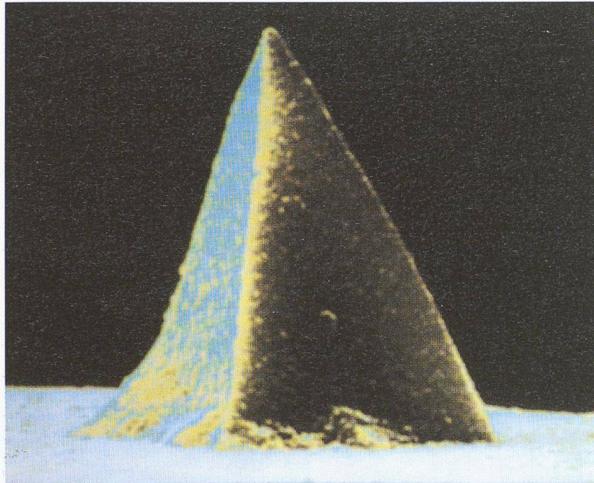
et une duplication des principaux projets de développement; l'IMT – en déséquilibre entre recherche et formation – risquait de connaître des problèmes financiers parce qu'une part importante de ses ressources provient de tiers; quant au CSEM, il souffrait tout simplement de l'absence d'une stratégie globale nationale. Faute d'une répartition des tâches dans le domaine de la recherche appliquée, on aboutissait à des manœuvres d'affirmation de position, se traduisant par des frictions aussi inutiles que néfastes.

Coopérer plutôt que lutter

Pour le groupe de travail, une amélioration de la situation passait clairement par davantage de transparence et la réorganisation des projets dans l'esprit d'une reconception (reengineering). Comme l'affirme Heinrich Neukomm, il s'agissait à plus long terme, de différencier les trois institutions et de créer de nouvelles synergies en vue d'une coopération technique et scientifique efficace. De plus, il fallait optimiser les stratégies au plan national afin de les orienter vers le niveau international et adapter les structures et les instances de soutien. Dans le partage des tâches proposé en vue de la différenciation, le CSEM maintient sa position d'entreprise tournée vers le marché. Son domaine n'est pas en premier lieu la recherche, mais la résolution de problèmes. Ses activités de R&D sont par conséquent axées sur les produits, et ses prestations prennent la forme de prototypes et de développement de solutions pour ses partenaires de l'industrie. En tant qu'institut universitaire, l'IMT est surtout actif en recherche fondamentale, dans le but de comprendre les nouvelles méthodes. Mais il s'occupe également, au même titre que l'EPFL, de projets de recherche appliquée, où il s'agit d'acquérir du savoir-faire et des technologies. Le CSEM couvrira une part de ces dépenses pendant la période 2000-03. Quant à



Pointe de diamant synthétisé par dépôt chimique en phase vapeur, d'une hauteur de 15 microns (Photo H.R. Bramaz)



Pointe de silicium recouverte d'une couche de diamant (Photo H.R. Bramaz, prise à partir d'un microscope électronique à balayage)

l'EPFL, son rôle est d'assurer la formation au niveau universitaire – diplômes d'ingénieur et doctorats – ainsi que la formation continue. Dans ce but, elle modernisera son enseignement en se dotant de l'infrastructure et des équipements de microtechnique les plus modernes. Afin de profiter des synergies interdisciplinaires, l'EPFL a créé le *Centre de Microtechnologie Interdépartemental (CMI)*. Il propose une aide professionnelle et le contrôle de la qualité pour des projets spécifiques nécessitant leur propre technologie, en microtechnique, chimie, physique, électronique et science des matériaux. Les trois partenaires se regroupent dans le *pôle microtechnique* pour exploiter de façon optimale leurs capacités complémentaires. Ce cadre leur permet d'échanger leur savoir et d'opérer en commun pour lancer des projets de recherche, gérer des laboratoires et nouer des contacts avec l'industrie. Cette plate-forme sert également à la coopération dans le domaine de la formation et permet de coordonner les investissements et l'équipement des laboratoires. La nouvelle répartition des tâches est en train de prendre forme. En avril 1998, le COMLAB – le Common Laboratory – a ouvert ses portes à Neuchâtel. Le CSEM et l'IMT y utilisent en commun des

installations coûteuses ou uniques en leur genre. L'étroite coopération entre Haute école et université s'est traduite avant la fin de l'année par la formation d'une centaine d'ingénieurs EPFL en microtechnique, d'environ dix physiciens de recherche appliquée diplômés de l'université de Neuchâtel, et de presque cent docteurs, dont trente issus de programmes communs. Les activités de recherche coordonnées englobent maintenant la micromécanique, la micro-optique, la microbiologie, la micro-électronique, la microfluide et la microgalvanoplastie. Parmi les premiers développements communs ayant déjà franchi le cap de la production industrielle, on peut citer une puce équipée de micro-aimants destinée aux machines à hautes performances pour l'impression de journaux, des microcommutateurs en silicium polycristallin pour l'exposition ultrarapide dans le secteur de l'imprimerie et les pointes en diamant pour la nanotechnologie décrites plus loin. Grâce à la conjonction des forces au sein du pôle microtechnique, les microtechniciens suisses sont en voie de consolider durablement leur réputation au niveau international.

Les pointes en diamant du CSEM, des outils pour l'univers nanométrique

Le nanomètre est en passe de devenir synonyme de haute qualité et de servir de référence pour les produits industriels de pointe. Pour accéder au monde nanométrique on utilise des microscopes qui, à l'aide de capteurs ultrafins, palpent mécaniquement les surfaces à étudier et en donnent une image agrandie. Un tel capteur se compose d'une pointe, d'une languette élastique et d'un support. Il est fait de silicium monocristallin soumis à des techniques d'attaque chimique, et grâce aux pointes réalisées dans de nouveaux matériaux, tel le diamant CVD, les microscopes à force atomique ouvrent la voie à des applications

industrielles hier encore insoupçonnées. **123**

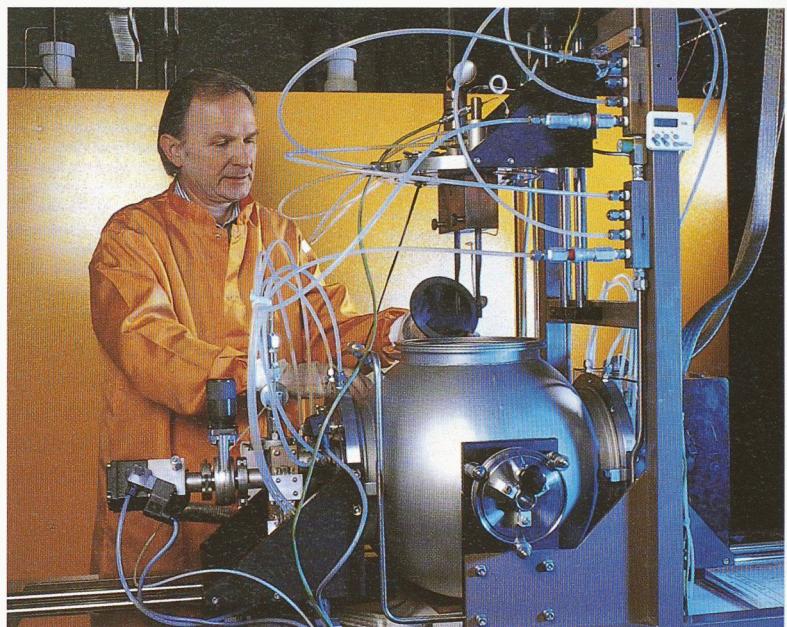
La pointe est la pièce maîtresse de toute mesure par nanosonde. Son profil et les propriétés du matériau constitutif déterminent la qualité des résultats de mesure. C'est pourquoi les chercheurs du monde entier sont en train de réaliser des pointes à partir de nouveaux matériaux à hautes performances. Le diamant polycristallin répond à cette définition : obtenu par dépôt chimique en phase vapeur ou CVD (« chemical vapour deposition »), il présente des caractéristiques analogues à son pendant monocristallin. Grâce à ses propriétés – extrême dureté, solidité, résistance à l'abrasion, inertie chimique – il se prête idéalement à la fabrication de pointes très fines, dont il augmente considérablement la durée de service. De plus, le diamant ne présente pas de couche d'oxyde superficielle et, dopé au bore, il devient conducteur et peut ainsi mesurer les propriétés électriques locales. Enfin, sa haute conductivité thermique, supérieure à celle du cuivre, présente également des avantages spécifiques. Reste à trouver le moyen d'appliquer du diamant sur une pointe dont le rayon de courbure ne dépasse pas quelques nanomètres !

Produits de technologie de pointe pouvant être fabriqués en masse

Un tel artifice n'est possible que moyennant une étroite collaboration pluridisciplinaire comme celle qui existe entre le CSEM Neuchâtel et l'Institut de Microtechnique (IMT) de l'université de Neuchâtel. Deux procédés industriels fort intéressants ont ainsi pu être développés, en combinant le savoir-faire du CSEM dans le domaine des couches minces de diamant très denses, et l'expérience de l'IMT dans la fabrication microtechnique. L'un de ces procédés consiste à réaliser des pointes à revêtement en diamant, ce dernier étant déposé par CVD sur des plaquettes de silicium de 4 pouces de

diamètre. Cette méthode permet une fabrication industrielle peu coûteuse. Sur le substrat, porté à une température de 830°C, il se forme des couches de diamant polycristallines, très denses et de haute qualité, ne présentant qu'une très faible teneur en graphite. Philippe Niedermann, qui fait partie de l'équipe des micro-systèmes biochimiques du CSEM, précise : « Les couches ont environ 100 nm d'épaisseur, ce qui est l'épaisseur minimale nécessaire pour garantir une bonne homogénéité. Dopées au bore, elles présentent une résistance spécifique de 0,03 à 0,1 W/cm ». Et à quelle demande répondent de telles pointes de silicium revêtues de diamant ? « De nombreux laboratoires universitaires et industriels les utilisent dans leurs microscopes à force atomique, par exemple pour déterminer les caractéristiques électroniques de la surface ».

De nombreuses applications requièrent cependant des pointes encore plus acérées. Pour réduire

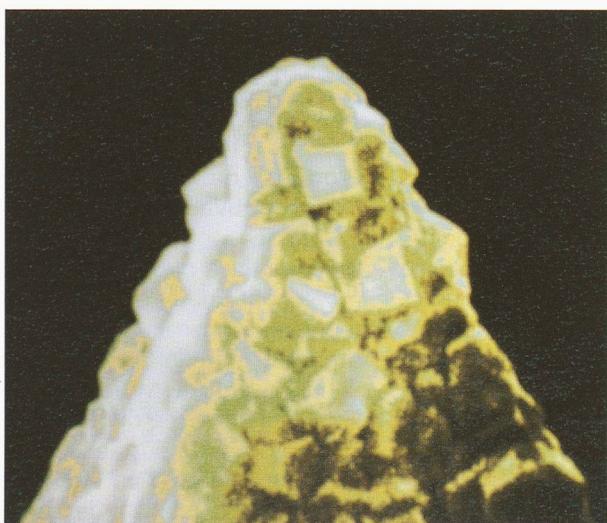


Installation pour la production de couches de diamant (Photo H.R. Bramaz)

met de fabriquer directement des pointes pyramidales sur languettes élastiques. Pour obtenir le « moule » nécessaire à la réalisation de ces pointes, les chercheurs pratiquent des excavations pyramidales, par attaque anisotrope, dans des plaquettes de silicium ; encore une condition indispensable pour une production en masse à un prix abordable. Ils déposent ensuite une couche de diamant CVD de 1 mm et la recouvrent d'une couche d'oxyde CVD portant le dessin des languettes (voir graphique). Ils dégagent ensuite, par attaque chimique, les languettes élastiques avec leur pointe, avant de les monter sur des puces, en vue de leur utilisation sur des microscopes à force atomique. « Ce procédé nous fournit des structures en diamant, régulières et précises », commente Philippe Niedermann, « les meilleures pointes ont un rayon de courbure de 10 à 20 nm ». Et comment le CSEM se situe-t-il en comparaison internationale ? Notre interlocuteur estime que la Suisse est dans le peloton de tête pour le moulage, et leader à l'échelle mondiale en ce qui concerne la densité des cristallites déposées.

Nanotechnique pour nouvelles applications industrielles

Quelles sont les applications possibles de ces superpointes ? Dans les microscopes à effet tunnel et les microscopes à force atomique elles permettent, par exemple, d'étudier localement les membranes d'ultrafiltration chargées de nickel. Une pointe revêtue de diamant conducteur peut, dans cet exemple, visualiser simultanément la conductivité et les forces perpendiculaires à la surface. Elle évite ainsi le recours aux calculs complexes, effectués jusqu'ici à l'aide de modèles mathématiques de flux à travers les pores ou de concentration dans la membrane. Les pointes en diamant sont très utiles pour étudier les propriétés électriques de couches minces isolantes que l'on rencontre partout dans la technique des semi-conducteurs. Aujourd'hui, ces couches se font de plus en plus minces, si bien que leur caractérisation prend une importance croissante. Or cela n'est possible qu'avec le diamant, car il est conducteur, robuste et non oxydant. Les pointes sont également utiles pour modifier la structure mécanique et électronique des surfaces, car elles permettent



Les grains polycristallins du diamant sont clairement visibles sur cette pointe destinée à un microscope à force atomique (Photo H.R. Bramaz)

davantage encore le rayon de courbure de la pointe et réaliser des structures pures en diamant, l'équipe du CSEM se sert d'une technique de moulage qui lui per-

d'oxyder localement le silicium, d'étudier l'effet directement sur le composant ou de fabriquer un prototype. En technologie des semi-conducteurs, les microscopes à force atomique à pointe de diamant permettent également d'établir un profil bidimensionnel, à haute résolution, de la concentration du dopant. Le diamant, connu pour être le matériau le plus dur, est encore indispensable pour la nano-indentation, une technique servant par exemple à caractériser les couches minces dures sur substrats plus tendres, qui jouent un grand rôle en technologie. Enfin, des pointes en diamant sont appliquées à la nanorayure («nanoscratch»), une méthode qui étudie la résistance à l'abrasion aux plus petites dimensions, pour révéler à l'échelle microscopique, la solidité et l'adhésion, par exemple de couches minces tribologiques.

En résumé, les pointes en diamant se prêtent à la caractérisation et à la manipulation de matériaux à l'échelle submicronique. Ce sont des outils précieux pour les mesures par sondes atomiques, partout où il est important de veiller à une faible usure, une grande inertie de réaction, une surface conductrice noble et une grande solidité. Et le rôle croissant que la microscopie à sondes atomiques joue dans la production industrielle pourrait bien conduire à de toutes nouvelles applications pour les pointes en diamant. Les possibilités sont en effet nombreuses, comme l'explique Philippe Niedermann: «on peut par exemple modifier considérablement l'énergie de surface des pointes par des traitements de surface spécifiques ce qui pourrait être intéressant pour étudier les effets des forces capillaires. Le diamant possède également d'intéressantes propriétés thermiques et optiques. Ces dernières sont encore peu exploitées, mais pourraient s'avérer fort précieuses pour les instruments d'optique en champ proche».

Entretien avec Thomas Hinderling, directeur du CSEM à Neuchâtel

Q. Le CSEM¹ se considère comme l'interface active entre Haute école et industrie. Que faut-il entendre par là?

R. L'industrie a de plus en plus besoin de solutions spécifiques. Or, les entreprises ont souvent beaucoup de peine à suivre un développement technologique toujours plus complexe et évoluant toujours plus vite. Quant aux Hautes écoles, leur priorité est la formation scientifique et technique, ainsi que la recherche fondamentale. Par conséquent, il leur manque très souvent les spécialistes pouvant valoriser les nouveaux acquis. Le CSEM, avec ses activités de production et de recherche, est l'instrument idéal pour améliorer les relations entre les divers acteurs et pour mettre à profit les spécificités de toutes les personnes impliquées.

Q. Comment le CSEM se situe-t-il par rapport à l'univers technologique suisse?

R. Le rôle du CSEM est le prédéveloppement d'idées et de technologies afin de permettre aux innovations de percer. Son programme est comparable à celui d'un Fraunhofer-Institut, avec la production en sus, qui sert partiellement à financer la recherche. Le CSEM veut intervenir de trois manières dans l'économie suisse: par l'interaction directe avec l'industrie, par la création de spin-offs – nous avons jusqu'ici créé deux entreprises de ce type – et par la création de nouveaux emplois dans les entreprises start-up.

Q. Quel rôle joue ici le pôle microtechnique?

R. La coopération avec l'EPF Lausanne et avec l'IMT Neuchâtel sera au cœur de notre activité. Les autorités européennes à Bruxelles ont décerné au CSEM la qualification de «Center of Excellence in Manufacturing» pour la microtechnique, et à l'IMT celle de «Center of Excellence for Demonstrators»; une excellente base pour nouer d'intéressantes relations. Depuis l'intégration de l'ancien institut Paul Scherrer de Zurich au CSEM, ce dernier a intensifié sa collaboration avec l'EPF Zurich, surtout dans le domaine de la micro-optique et de la biotechnologie.

Dans le domaine de la micro- et de la nanotechnologie, il se noue ainsi un réseau de compétences, entre l'enseignement, la recherche et l'industrialisation, qui affermit la position de la Suisse sur les marchés mondiaux.

Q. La répartition des tâches au sein du pôle microtechnique, ici l'enseignement, là la recherche, plus loin la R&D industrielle, n'est-elle pas nuisible et ne conduit-elle pas à cimenter des structures rigides à une époque où le mot d'ordre devrait être la flexibilité?

R. Non, car ces projets doivent seulement placer des accents, afin de nous permettre de réaliser la complémentarité et de tirer profit des synergies, au lieu de faire les mêmes choses à trois endroits différents. L'EPF Lausanne et l'IMT Neuchâtel doivent maintenir leurs contacts avec l'industrie comme par le passé, mais sans oublier pour autant la recherche fondamentale.

Q. La coordination au sein du pôle microtechnique se traduit-elle aussi par une réduction des coûts?

R. Oui, surtout pour ce qui est des installations très onéreuses. Le CSEM utilise entre autres trois technologies qui évoluent extrêmement vite: le silicium, les matériaux III-V et la réplication en optique. Il est très coûteux de maintenir l'infrastructure nécessaire au niveau le plus moderne. Grâce à une coordination efficace entre EPFL, EPFZ, IMT et CSEM, il est possible de réduire sensiblement les dépenses.

¹Centre suisse d'électronique et de microtechnique SA