

Spécificités des micro et nanotechnologies liées au biomédical

A. Dittmar, C. Gehin, G. Delhomme

*Microcapteurs et Microsystèmes Biomédicaux, INSA Lyon, Bât. Léonard de Vinci,
CNRS LPM, 20 avenue Albert Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex, France.
Téléphone : +33 (0)4 72 43 89 86, Fax + 33 (0)4 72 43 89 87, dittmar@univ-lyon1.fr*

Une demande sociétale de plus en plus forte s'affirme exigeant :

- Augmentation de la qualité des soins ;
- Développement des méthodes de diagnostic et de traitement, non traumatisantes, non douloureuses ;
- Développement des méthodes non invasives ou mini-invasives ;
- Miniaturisation des dispositifs médicaux, sophistication des fonctions, usage unique, réduction des coûts...

Mais aussi :

- Réduction des durées de séjours hospitaliers ;
- Prolongation de la surveillance et du diagnostic à la maison, sur le lieu de travail, en ambulatoire ;
- Télésurveillance, télémedecine, hospitalisation à domicile.

L'évolution démographique :

L'augmentation de longévité (1 an tous les 4 ans) induit une demande de plus en plus forte en surveillance permanente, en maison spécialisée, en hôpital, etc...

Cette demande ne peut et ne doit pas entraîner de surcoût global en santé totalisant achats de matériel, hospitalisation, heures de personnel médical et soignant...

Face à ces demandes et besoins :

Une convergence de nouveaux moyens apporte de nouvelles offres technologiques et méthodologiques, source de solutions innovantes.

Les micro et nanotechnologies associées aux progrès en Télécoms et en nouveaux matériaux offrent un nouveau champ de possibilités :

- Miniaturisation des circuits de traitement de signaux et conséquemment complexification.
- Sophistication des circuits et des fonctions.
- Réalisations de dispositifs miniaturisés autonomes dont la conception repose sur la miniaturisation, la faible consommation et les progrès en Télécommunications.

Le domaine des capteurs est particulièrement demandeur en microtechnologies :

- Capteurs fixés sur la peau pour le monitoring ambulatoire ;
- Capteurs miniaturisés pouvant être incorporés dans les sous-vêtements, dans les textiles ;
- Capteurs souples : le corps humain est constitué à sa périphérie de tissus mous, de matière molle de géométrie complexe et variable. Les capteurs rigides modifient souvent le phénomène qu'ils doivent mesurer :
 - § par modification du métabolisme et des échanges locaux ;
 - § par modification ou blocage de la microcirculation ;
 - § mauvais contact avec la peau due à la géométrie.

Remarque : la miniaturisation a parfois ses limites dictées par les tissus vivants qui ne sont pas homogènes mais constitués d'organes, de cellules représentant des entités bien définies dont les dimensions vont de quelques mm à quelques cm.

Changer la dimension ou la surface d'un capteur peut changer la dimension d'un champ électrique, thermique, magnétique de mesure et ce ne seront ni les mêmes organes ou les mêmes phénomènes qui seront étudiés. La miniaturisation des capteurs dépend donc de la mesure qu'ils doivent effectuer sur les tissus vivants.

Autre spécificité : les limitations énergétiques

Les tissus vivants ont une puissance spécifique faible : en moyenne 1 Watt/kg soit 1mW/cm^3 . Il ne peut être appliqué de puissance trop élevée sans les détériorer. Au-delà de $43/44^\circ\text{C}$, les tissus commencent à être détériorés...

Les microtechnologies peuvent apporter des solutions pour le diagnostic (capteurs) mais aussi pour le traitement (microinstruments, micropinces, micropompes, etc...). Il est certain que les micro/nano technologies ne doivent pas se cantonner à la microélectronique et au Silicium mais doivent s'appuyer sur la micro/nano (mécanique, thermique, optique, etc...) et tout matériaux souhaitable. Toute la phénoménologie spécifique de ces dimensions doit être réétudiée : les effets d'interface, de capillarité, d'électrostatisme, de modulation de l'hydrophobie, hydrophilie sont prépondérants en petite dimension et riche en potentialité.

L'approche multidisciplinaire n'est non seulement souhaitable mais indispensable.

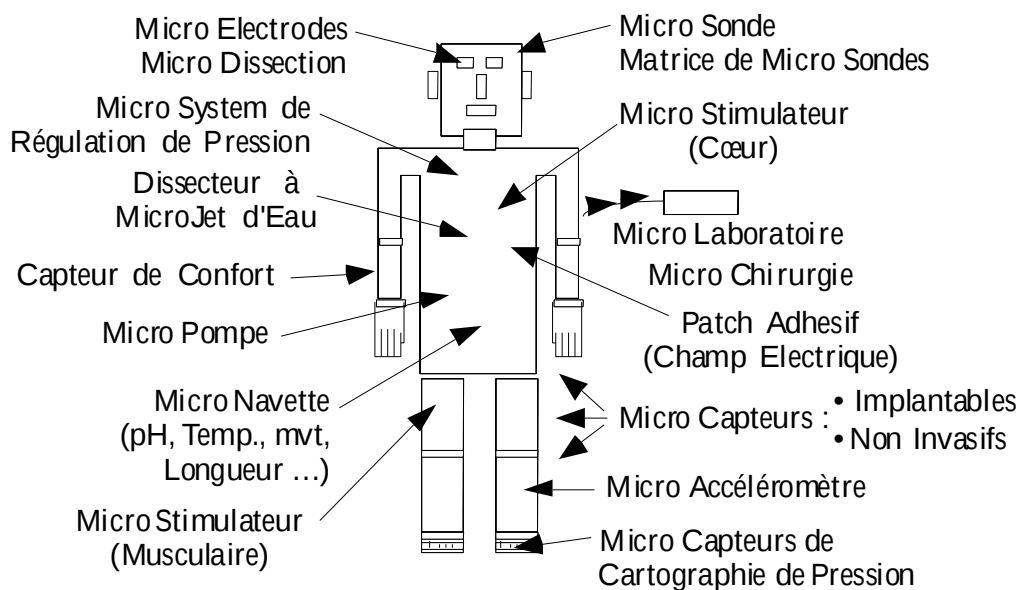


Figure 1 : Quelques exemples de microtechniques en génie biologique et médical

Les microtechnologies apportent de nombreux avantages et de nouvelles possibilités :

- réalisation de dispositifs miniaturisés qui ne pourraient exister sans les microtechnologies ;
- possibilité de complexification des systèmes, diminution de consommation, augmentation de robustesse, utilisation de phénomènes n'existant qu'à petite dimension ;
- réduction des coûts de fabrication en série par fabrication collective ;
- réalisation d'objet complexe jetable.

Les réalisations peuvent être intégralement en microtechnologie mais de plus en plus, les solutions hybrides sont retenues, les microtechnologies n'étant pas une fin en elle-même. Elles doivent être utilisées à cause de leurs apports et avantages qui sont en croissance rapide. Tout le domaine des dispositifs ambulatoires est lié aux microtechnologies.

Conception : la complexité et l'hétérogénéité des tissus vivants font que leur modélisation est difficile et généralement réductionniste, c'est pourquoi le dialogue microtechnologue / spécialiste du vivant doit être très intense lors de la conception de la phase d'essai et d'expérimentation.

Médecine citoyenne :

Enfin, les dernières évolutions tendent vers la « médecine citoyenne », dans laquelle le patient devient acteur et procède à des mesures sur lui-même.

Cela implique :

- que les résultats puissent être directement utilisables par le patient ;
- que les résultats soient transmis au centre de télédiagnostic ;
- que l'appareil soit intelligent, c'est-à-dire qu'il puisse vérifier lui-même que le capteur est bien posé et que les mesures sont validées.

Toute chose effectuée habituellement par le médecin ou l'infirmière.

Vêtements et gants intelligents

Avec près de $1,5\text{m}^2$ de contact avec la peau, les vêtements permettent d'intégrer des capteurs et dispositifs de proximité de presque tous les organes.

Les micro/nanotechnologies couplées avec les technologies textiles permettent de réaliser des électrodes en microfils métalliques, d'obtenir des fibres et textiles possédant des fonctions nouvelles : mesure de température locale ou de surface moyenne, mesure de contraintes mécaniques de pression d'interface, d'angulation de segments corporels.

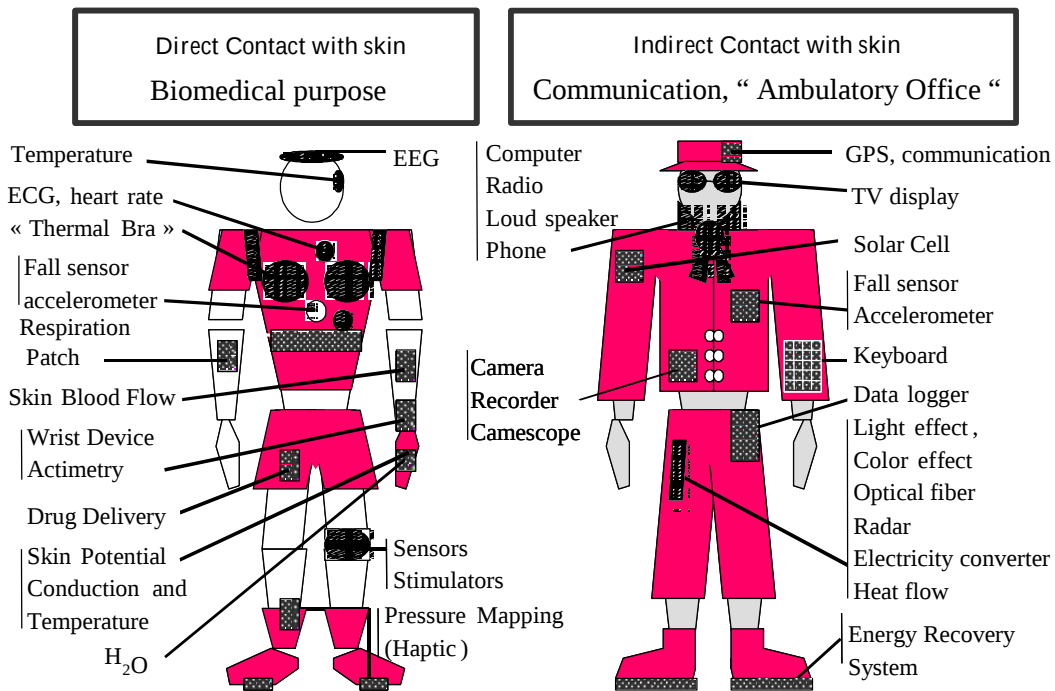


Figure 2 : Capteurs en contact direct ou indirect avec la peau

Il existe deux types d'habits intelligents :

Les habits munis de capteurs proche de la peau, utilisés à des fins médicales. Les capteurs sont insérés dans les vêtements ou fixés à leur surface ou directement tissés lors de leur fabrication.

Les avantages des ce type d'habits intelligents sont :

- le placement des capteurs est simplifié (pas d'infirmière),
- les capteurs sont protégés, peu visibles, discrets...,
- ils sont adaptés au monitoring dans le cas de maladies chroniques, pour la surveillance de personnes handicapés, de personnes âgées, ou durant des activités professionnelles, sportives ou militaires.

Les habits munis de dispositifs ou capteurs sur les vêtements :

Les microtechnologies, micro émetteurs/récepteurs, écrans de télévision souples, claviers souples, micro téléphones cellulaires mais aussi cellules solaires, systèmes de conversion d'énergie (dans les chaussures par exemple), etc... permettent de rajouter de nouvelles fonctions.

Ces dispositifs sont principalement utilisés pour la communication, l'affichage d'indicateurs sous forme de messages ou d'images.

Certains dispositifs ou capteurs, utilisés pour le monitoring peuvent être ajoutés aux vêtements, dans une poche par exemple : dispositifs GPS, détecteurs de chutes, accéléromètres, détecteurs d'activités...

Conclusion :

Les micro/nano technologies apparaissent comme une des principales sources de progrès en génie biomédical, à la condition d'exploiter toutes les ressources liées aux microphénomènes grâce à l'approche multidisciplinaire.