

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 123 (1997)  
**Heft:** 15/16

**Artikel:** Technologies nanométriques pour vision sans défaut  
**Autor:** Kaestli, Françoise  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79138>

### **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:** 26.11.2024

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

# Technologies nanométriques pour vision sans défaut

Par  
Françoise Kaestli,  
rédactrice

## Une société qui relève le défi du changement

Créée en 1972 par M. Gérard Muller, un opticien lausannois, l'entreprise *Biolens* fabrique des lentilles de contact souples, corrigeant l'astigmatisme. Elle a été rachetée en 1984 par le groupe *Essilor*, un des grands de l'industrie optique mondiale. Présente depuis lors sur les marchés européens, *Biolens* se bat pour offrir un produit sur mesure et d'excellente qualité à ses clients et adapter son outil de production aux derniers développements technologiques. Des centres de recherche, comme l'EPFL, l'Université et l'Hôpital ophtalmique Jules Gonin, pour ne citer que les Lausannois, participent à cette démarche.

## Une innovation pour les astigmates

A sa création, *Biolens* a d'abord fabriqué des lentilles de contact dures, une gamme de produits qu'elle complète en 1976 par l'introduction de matériaux souples. Puis, grâce à une solution ingénieuse de M. Muller, *Biolens* propose dès 1980 une lentille spécifique destinée aux astigmates. Le défaut de vision de ces derniers n'est en effet pas homogène sur l'ensemble de la cornée (fig. 1) et le problème consiste à positionner

la lentille de façon précise sur l'œil. Deux opérations y concourent: d'une part, l'adaptation très précise des rayons de courbure de la lentille à la morphologie de l'œil, d'autre part, le positionnement stabilisé de celle-ci, selon un angle bien déterminé. Pour ce faire, deux bossages ont été modélés dans la lentille, à la périphérie de la zone optique; ils constituent un système de stabilisation dynamique. Sous l'action combinée du clignement et de la pression de la paupière supérieure, les bossages assurent un positionnement précis sur la cornée. Ainsi, pour chaque patient astigmatique, l'opticien commande une lentille sur mesure, appelée «lentille torique de prescription». Quant aux «lentilles TD<sub>i</sub>» (pour «lentilles toriques dynamique interne») introduites en 1990, plus minces, elles augmentent encore le confort de l'utilisateur tout en facilitant la fabrication.

## Le défi du produit sur mesure durable

Évalué à cinq milliards de francs suisses, le marché mondial des lentilles de contact et des produits d'entretien qu'elles nécessitent est extrêmement concurrentiel. Actuellement, l'arrivée des lentilles jetables, à renouvellement fré-

quent, fabriquées en série par moulage et distribuées par de grands magasins à des prix très bas, présente une sérieuse menace pour le marché de la lentille taillée sur mesure, telle que la produit *Biolens*. Pour le groupe *Essilor International*, le secteur de l'optique de contact représente 6% du chiffre d'affaires, avec cinq sites de production dans le monde, dont la firme suisse. *Biolens* vend ses lentilles à travers les filiales de distribution d'*Essilor*, aux opticiens et ophtalmologistes de douze pays européens.

## La phase d'expansion de la société

Le rachat de la société par *Essilor*, en 1984, a entraîné de profonds changements. En peu de temps, *Biolens* a passé du statut de société à caractère artisanal, occupant huit personnes, à celui de filiale d'un grand groupe, avec vingt collaborateurs, un parc de machines quadruplé, et une ouverture sur les marchés européens. L'expansion s'est poursuivie en 1989, avec le déménagement dans des locaux plus spacieux, et de nouveaux investissements, en moyens de production et développement. Actuellement installée dans la zone industrielle des Boveresses, à Lausanne, l'entreprise oc-

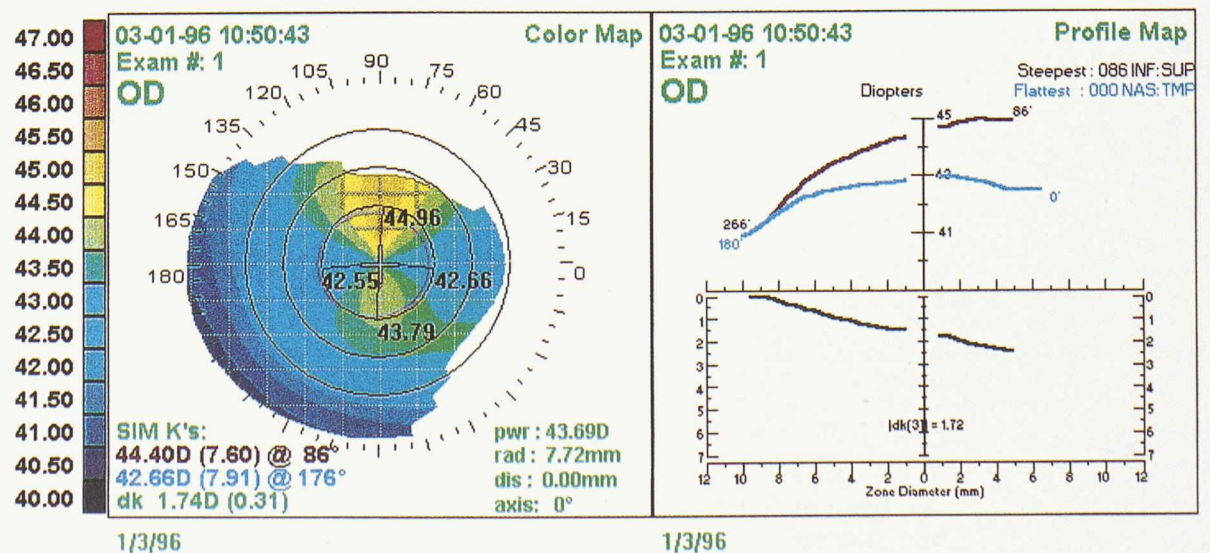
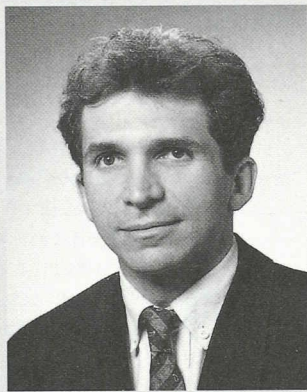


Fig. 1. - Topographie de la cornée d'un patient astigmatique (équipement Eyesys)



### Portrait d'un entrepreneur: action et vision



Alain Barbal n'hésite guère avant de passer à l'action. Sa trajectoire professionnelle le prouve: à peine sorti de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, son diplôme de mécanique en poche, il crée son propre atelier d'études et construction. Une expérience qui lui confère une excellente connaissance des machines et des problèmes techniques liés à l'usinage de formes spéciales. Il entre, après trois ans et demi, chez *Motorola Semiconducteurs* et, très

rapidement, assume la responsabilité de l'usine de nuit (270 personnes). Fort de son expérience de gestion de production, de management de la qualité, de confrontation avec les réalités sociales, il gagne ensuite la Suisse et travaille chez *Ascom Micro-electronics*, à Bevaix, puis chez *AMS Medinvent*, entreprise spécialisée dans les implants chirurgicaux, à Crissier, avant de reprendre la société *Biolens*, à un moment crucial de son développement.

Détenteur d'une vision claire de l'avenir de son entreprise et d'une éthique qui prend en compte la dimension humaine des problèmes, débordant d'idées, M. Barbal a recherché des solutions originales pour motiver ses collaborateurs au changement, et pour susciter des formes de partenariat à l'extérieur de l'entreprise. Communication transparente, responsabilisation des collaborateurs, formation importante de tous, tels sont les ingrédients qui ont permis d'atteindre d'excellents résultats dans un délai court.

cupe une trentaine de personnes et produit 73 000 lentilles par an. L'évolution des techniques de fabrication doit beaucoup aux multiples collaborations avec des centres universitaires et des écoles d'ingénieurs. A titre d'exemple, un ingénieur de l'EPFL, engagé par *Biolens*, a développé une application informatique sophistiquée pour le dessin des lentilles et leur fabrication sur un tour contrôlé numériquement.

L'expansion ne s'est cependant pas faite sans difficultés et M. Alain Barbal, nommé à la tête de l'entreprise en 1995, a pour mission de redynamiser une entreprise en situation critique. Il se donne pour objectifs d'améliorer la qualité, de réduire les délais de livraison et d'abaisser les coûts de production.

Une nouvelle étape doit donc être franchie, celle de la rationalisation et de l'amélioration de l'outil de production, du renouvellement du produit, alors même que les moyens financiers à disposition ne permettent qu'un investissement limité. Une autre contrainte pèse lourdement sur l'entreprise, la nécessité d'obtenir le label de qualité CE d'ici 1998.

#### Une fabrication délicate

Pour maîtriser le façonnage des matériaux plastiques à caractère

hautement hydrophile (contenant 70 % d'eau) nécessaire à la production de lentilles, les locaux de fabrication et de contrôle sont équipés d'installations perfectionnées où température, hygrométrie, contamination bactériologique et taux de poussière sont soigneusement contrôlés.

La matière de départ est une pastille cylindrique de métacrylate de méthyle, de quelques millimètres de hauteur, qui est d'abord usinée à sec: taillage de la base sur un tour, polissage des bords, polissage de la base, déformation et taillage du tore, polissage de la face externe et des bossages. Puis la lentille est hydratée durant environ douze heures et nettoyée dans des bains à ultrasons, avant de passer au contrôle final. L'hydratation importante de la matière et son changement de volume en cours de fabrication rendent très complexe la maîtrise des précisions exigées.

#### Les projets d'amélioration

Une des premières actions de M. Barbal fut de sortir l'entreprise de son cloisonnement et de rechercher des partenaires extérieurs pour mettre en place des actions d'amélioration qui, rapidement, satisfassent mieux le client et augmentent la rentabilité du produit.

Plusieurs projets ont été mis en route, qui visent à améliorer le processus de fabrication, à réfléchir sur la gestion des ressources de l'entreprise à long terme, et à apporter des innovations sur le produit et l'outil de production. Ils ont été réalisés en collaboration avec différentes institutions:

- la démarche d'optimisation des flux, avec l'EPFL et le Centre CIM<sup>1</sup> de Suisse Occidentale;
- la maîtrise de l'informatique, avec l'aide du Centre Microswiss<sup>2</sup>;
- la démarche pour l'obtention de la certification ISO/EN et du label européen CE, avec un conseiller privé;
- la maintenance et l'entretien des infrastructures, avec les sociétés fournisseurs concernées;
- la réflexion sur l'implication sociale des nouvelles technologies, avec l'EPFL, dans le cadre d'un cours postgrade sur le management stratégique de l'innovation.

Toutes ces démarches n'ont pas démarré simultanément. Elles re-

<sup>1</sup> CIM: Computer Integrated Manufacturing ou Fabrication intégrée par ordinateur

<sup>2</sup> Les centres Microswiss et CIM ont été créés dans le cadre de programmes d'impulsion de la Confédération, pour aider les petites et moyennes entreprises.



### COMPARAISON SUR TROIS ANS DU TAUX DE REJET AU CONTRÔLE FINAL

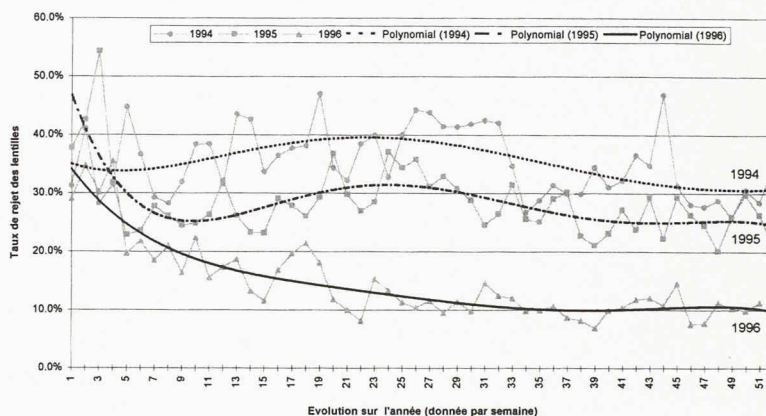


Fig. 2. – Evolution, sur trois ans, du taux de rejet des lentilles, lors du contrôle final

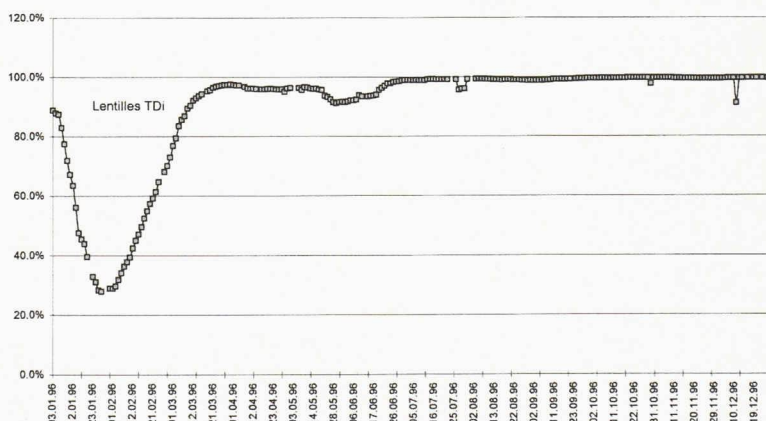


Fig. 3. – Evolution du taux de lentilles livrées en sept jours et moins (moyenne glissante sur 20 jours, en 1996)

flètent cependant bien la volonté d'approcher le développement de la société de façon globale, – et non par le seul biais des impératifs financiers –, en bénéficiant du plus grand nombre d'appuis possibles. Durant ces étapes du changement, l'information des collaborateurs, leur implication, la prise en compte de leurs propositions et de leurs réactions furent primordiales. Un groupe de projet a été constitué en interne pour travailler sur l'amélioration des flux. Il avait pour rôle d'assurer la coordination avec les prestataires externes, d'effectuer les améliorations décidées et d'assurer le transfert de compétences à l'intérieur de l'entreprise. Pour mieux suivre l'évolution de la production, des indicateurs de

performance ont été posés : temps de passage entre la commande et la livraison, taux de rebut, quantité de lentilles livrées par jour. « C'est une façon d'intéresser le personnel au travail réalisé dans l'entreprise et de l'impliquer dans les améliorations. Ces indicateurs font partie de la communication visuelle mise en place dans l'atelier » précise M. Hervé Bourrier, chef de projet pour le Centre CIM de Suisse Occidentale.

Une simulation des flux de production a ensuite été réalisée pour déterminer les goulots d'étranglement de la production, le parcours minimal des composants et la taille optimale des lots. En déplaçant quelques machines et en simplifiant le flux matière, le chemin ef-

fectué par la lentille a diminué de moitié, avec une incidence positive sur le temps de passage, première étape avant de viser une production en « juste-à-temps ». Une des décisions les plus surprenantes fut la diminution du nombre de machines au polissage, alors qu'il y avait là un temps d'attente important. En effet, en simplifiant le flux, en modifiant la taille des lots et en assurant une maintenance préventive sur les machines non utilisées, on a augmenté la cadence et la durée de fonctionnement de l'outil de production.

Pour le chef d'entreprise, ces changements, à priori mineurs, ainsi que l'application de règles d'organisation simples et la mise sur pied d'une documentation claire des processus, ont redonné confiance et dynamisme à l'équipe : « on a fait tourner la roue et elle tourne de plus en plus vite » s'étonne-t-il. Les résultats parlent d'eux-mêmes : entre 1994 et 1996, le taux de rejet des lentilles, au contrôle final, a diminué de moitié (fig. 2). En quelques mois, le délai de livraison est descendu au-dessous d'une semaine (fig. 3). Ces améliorations se sont traduites par une progression des ventes et une plus grande satisfaction des clients.

### Le départ vers les nouvelles technologies

A la suite de ces premiers résultats, l'entreprise a démarré des projets sur le développement de ses produits. Actuellement, tous les problèmes d'astigmatisme ne peuvent pas être corrigés complètement ; aussi, afin d'augmenter encore le confort des utilisateurs de lentilles et de pouvoir traiter les cas spéciaux, d'importantes améliorations doivent être réalisées. En amont du processus, des outils de diagnostic analysant une plus large portion de l'œil sont nécessaires à l'ophtalmologue pour aboutir à une représentation plus précise de son patient. En aval, les tours – machines-outils servant à façonner



la matière en lui imprimant un mouvement de rotation – doivent pouvoir usiner les lentilles non-symétriques ainsi prescrites, avec des précisions de quelques nanomètres (fig. 4).

Un projet de recherche et développement a été déposé par plusieurs partenaires, l'Hôpital ophtalmique Jules Gonin de Lausanne, un expert scientifique, M. Jedwab et *Biolens*, dans le but de démontrer la faisabilité d'une liaison entre un appareil de mesure de la topographie cornéenne et la nouvelle génération de tours nanométriques pilotés par ordinateur. La Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), à Berne finance une partie de cette recherche.

Depuis le démarrage de ce projet, les performances de plusieurs appareils de mesure de la cornée ont été évalués. En partant de mesures réelles faites sur l'œil, un algorithme informatisé a été réalisé qui traite ces données et les traduit en langage machine, pour assurer le pilotage de la fabrication. Quant au tour nanométrique, il a été adapté aux besoins de l'usinage de lentilles toriques. De façon générale, pour réussir le taillage de formes non-symétriques, il faut adjoindre, simultanément à la rotation, un déplacement horizontal, à fréquence élevée, dans un système possédant une rigidité suffisante. Cet usinage doit garantir une bonne qualité de surface et un rapport coût/performance acceptable. Une des solutions utilisées à ce jour est une technique d'oscillation de l'outil de coupe. Elle a été améliorée par l'introduction de deux axes de mouvements supplémentaires. En cordonnant le déplacement linéaire de l'outil avec la position angulaire du support générant le mouvement rotatif, des surfaces extrêmement proches de la topographie réelle de la cor-

née ont été générées. L'installation du tour nanométrique a fourni, comme attendu, de meilleurs états de surface et les opérations de polissage ont été réduites. Le nouvel outil de coupe est maintenant fonctionnel. Le topographe cornéen, l'algorithme et le tour nanométrique ont pu être intégrés en un seul système. Si la faisabilité d'un tel projet a été prouvée, reste encore à faire les tests cliniques appropriés et à industrialiser le système.

### Conclusion

La remise en question d'une petite société qui passe d'un développement protégé à la confrontation avec un environnement fort changeant, complexe, concurrentiel, n'est pas chose aisée. Sa réussite passe par une accélération du développement technologique et un renforcement de la valeur ajoutée apportée aux ophtalmologues et opticiens. Le directeur s'appuie, comme il le dit lui-même, sur des

gens atypiques, qui n'ont pas forcément la formation adéquate au départ, mais qui ont envie de relever des défis. Il insiste sur un apprentissage continu de son personnel, qu'il soit spécifique au domaine de l'ophtalmologie ou des techniques de fabrication, ou qu'il touche une culture industrielle élargie. Les efforts consentis ont permis d'assurer un transfert des nouveaux acquis à l'intérieur de la société.

Les menaces pouvant peser sur l'avenir n'en sont pas pour autant écartées: réussir l'adaptation aux nouvelles technologies, prouver la viabilité, en Suisse, d'une petite entité appartenant à un grand groupe sont des défis reposant sur le dynamisme et l'optimisme du chef d'entreprise et sur la cohésion et le professionnalisme de l'équipe de collaborateurs. Gageons que M. Barbal, par la confrontation intense qu'il a instaurée avec l'extérieur, saura garder le cap de l'innovation.

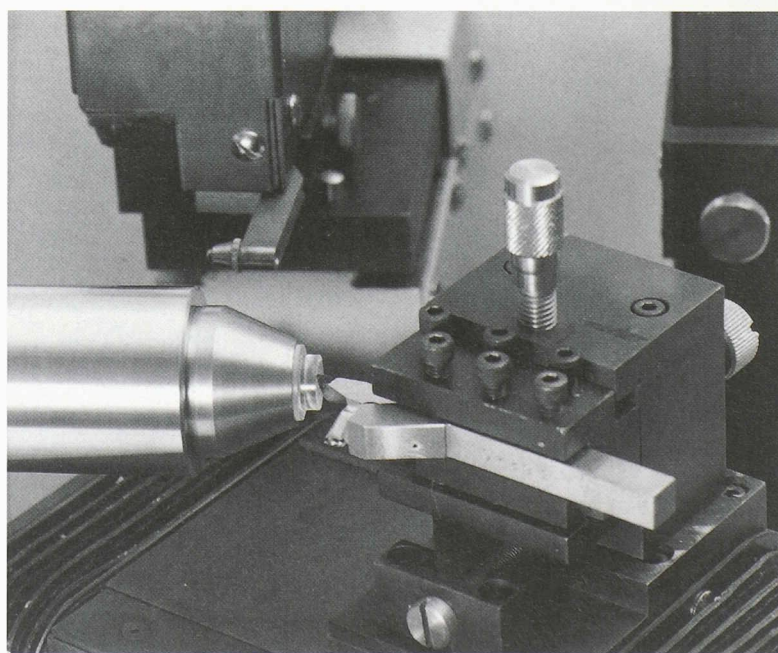


Fig. 4. – Le tour nanométrique