

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 123 (1997)  
**Heft:** 25

**Artikel:** ETEL: croissance accélérée pour moteurs linéaires  
**Autor:** Kaestli, Françoise  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79163>

### **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:** 15.05.2025

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

# ELECTROTECHNIQUE

## ETEL: croissance accélérée pour moteurs linéaires

Par Françoise Kaestli,  
rédactrice

« Que diable alliez-vous faire dans le Val-de-Travers? » a-t-on envie de demander à Nicolas Wavre, directeur de la société ETEL, lorsque l'on parcourt la route sinueuse qui mène de Sainte-Croix à Môtiers. Pourtant, malgré son implantation à l'écart des grands centres, cette entreprise de belle dimension s'est taillé une réputation internationale dans la branche des semi-conducteurs, l'industrie aérospatiale et le monde industriel en général, avec ses moteurs linéaires et ses moteurs couple. Créée il y a plus de vingt ans, cette entreprise de cent personnes, aborde un nouveau virage: avec enthousiasme et créativité elle consolide son destin en affinant son offre de produits et en s'orientant sur des marchés à forte croissance.

### Du moteur linéaire au système de commande complet

Parti en 1974 dans la création de son entreprise, avec la conviction que les moteurs linéaires allaient révolutionner l'entraînement électrique, Nicolas Wavre devra néanmoins attendre plusieurs années avant d'obtenir ses premiers gros mandats. Depuis 1994, la réputation d'ETEL n'est plus à faire et le personnel a triplé ces trois dernières années.

Moteurs embarqués dans des satellites pour actionner un bras robotique ou déplier un panneau solaire en apesanteur, ou moteurs utilisés pour leurs performances de vitesse et précision dans des machines à monter les circuits intégrés, les exemples d'applications réussies des moteurs linéaires ne manquent pas. Ils illustrent les solutions originales, sur mesure, qu'ETEL apporte à ses clients: de l'étude électromécanique à la fabrication de petites séries.

Les moteurs linéaires (ou à entraînement direct) offrent notamment une intégration facilitée au reste de l'entraînement, une grande souplesse d'utilisation, ainsi que précision et accélération. La durée de vie en est augmentée et le service après vente facilité. Leur prix reste cependant encore élevé comparé à d'autres moteurs, et il faut souvent vaincre les résistances du client à opter pour une solution technique encore novatrice en milieu industriel.

A terme, le métier de la société connaîtra une évolution considérable: outre les moteurs, ETEL sera de plus en plus appelée à offrir des systèmes complets, avec électro-

nique de commande, capteur de mesure et système de guidage. Le développement de l'électronique de commande devrait également prendre de l'ampleur pour devenir un produit à part entière de l'entreprise.

### Consolidation de la stratégie

Avec une notoriété bien établie dans le domaine spatial et une activité industrielle en forte croissance, la société entre dans une phase de consolidation de son organisation. Après les phases de diversification des premières années, ETEL s'oriente très clairement vers deux lignes de produits:

les moteurs linéaires, qui commencent à être reconnus, et les moteurs couples, dont les applications se profilent. Dès le départ, elle s'est spécialisée dans les développements destinés à des besoins particuliers et la fabrication de moteurs en petites et moyennes séries, de quelques pièces à quelques dizaines de milliers par année, selon les produits.

Les ventes sont réalisées principalement en Suisse (64 % du chiffre d'affaires), en Europe et aux Etats-Unis. Quant aux marchés asiatiques, ils restent à conquérir.

Le chiffre d'affaires a atteint près de quatorze millions de francs, en 1996. Il se répartit principalement entre les applications spatiales (environ 40 %) et industrielles (environ 60 %). De nouveaux défis se présentent avec la fusée européenne et l'avionique, où certains moteurs hydrauliques sont progressivement remplacés par des moteurs électriques.

Dans le secteur industriel, on les trouve dans les machines à assem-

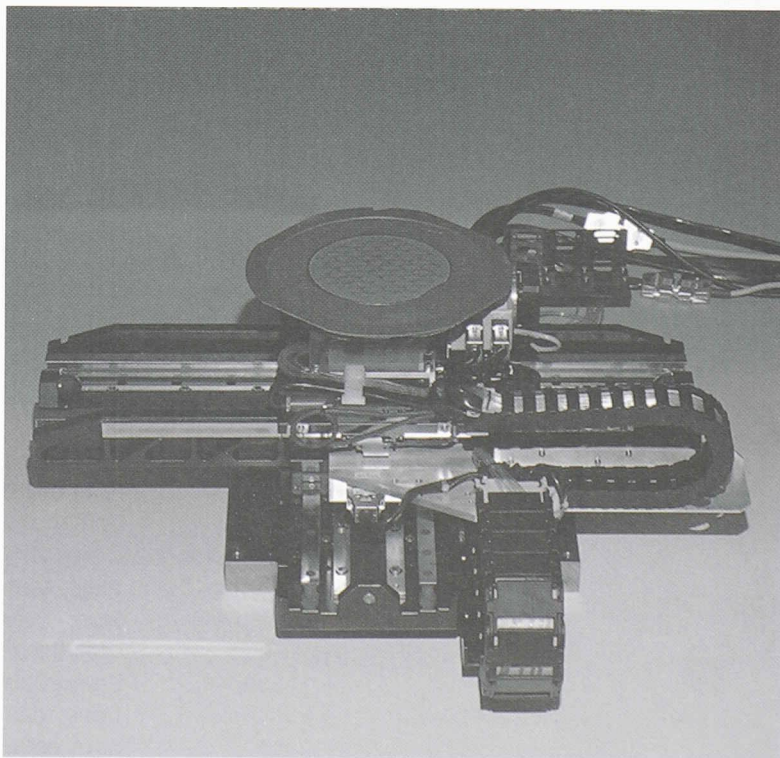
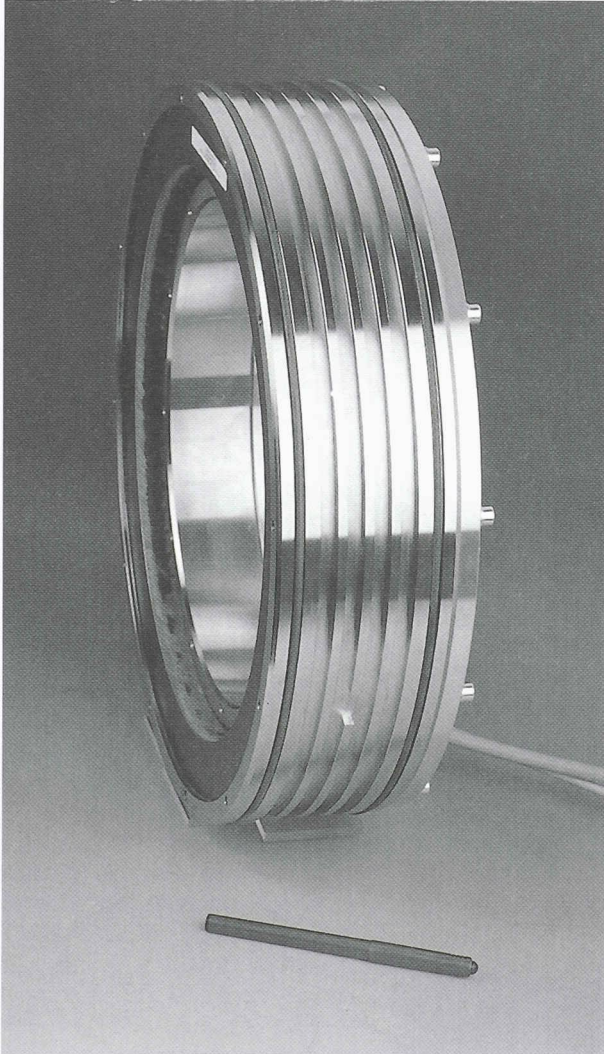


Table de positionnement pour le montage et le test de circuits intégrés avec deux moteurs linéaires ETEL. Les précisions atteintes sont de l'ordre du nanomètre.



Moteur couple avec refroidisseur

bler ou tester des composants pour les semi-conducteurs, dans le domaine médical, pour la motorisation d'appareillages, dans la machine-outil, pour le déplacement de tables d'indexage ou, depuis peu, l'enlèvement de matière, dans le secteur robotique, pour la manipulation de pièces et, encore, dans des machines destinées à l'industrie textile, au transport, etc. Cela est principalement dû au fait que, depuis quelques années, le prix des moteurs électriques synchrones à haute performance et des moteurs linéaires a fortement baissé et que les performances ont évolué. Ces améliorations ont été amenées par les progrès réalisés sur les aimants permanents et

l'électronique (voir notre complément sur l'évolution des moteurs électriques). Alors qu'ils étaient principalement réservés à des marchés de niche (industrie aérospatiale, applications médicales, équipements militaires) où les performances primaient sur le paramètre économique, les moteurs synchrones à entraînement direct touchent de plus en plus le secteur industriel.

La part des développements sur mesure ira croissant et devrait atteindre 40 % de l'activité industrielle. Pour le sur mesure, *ETEL* supporte les risques de conception du moteur et de l'électronique de commande. Dans ce secteur, la société se profile surtout dans les spécifications suivantes: moteurs à entraînement direct, excellente précision et répétabilité, avec des forces ou des couples couvrant les besoins du marché. Ces moteurs conviennent parfaitement aux domaines nécessitant le positionnement de charges avec une grande dynamique, une grande précision, et une durée de vie importante. Dans l'industrie spatiale, *ETEL* est leader dans son domaine, mais les commandes y demeurent imprévisibles et, contrairement au secteur industriel, il faut essayer de standardiser et de trouver des marchés récurrents (moteurs développés pour une constellation de satellites de communication par exemple).

Au niveau financier, une entrée en bourse de la société est maintenant envisagée.

En ce qui concerne l'organisation interne, l'entreprise poursuit sa structuration: si la division spatiale a en effet toujours été soumise à des normes de qualité extrêmement sévères (normes de l'ESA), la division industrielle n'est pas encore certifiée ISO 9000. Ce devrait être chose faite en 1998, un ingénieur qualité ayant été engagé pour cette raison.

Au niveau du personnel, enfin, il n'a pas toujours été aisé pour cette entreprise du Val-de-Travers

de trouver des collaborateurs suisses, mais le bassin de recrutement jurassien a pu fournir une main d'oeuvre motivée et fiable, essentielle à la réalisation de commandes risquées et difficiles. Avec la notoriété actuelle de la société, conjuguée aux effets de la crise, l'embauche est toutefois plus facile. Et bien que la question de la délocalisation se pose de façon récurrente en fonction de la cherté du franc suisse et des conditions cadres offertes aux entreprises, Nicolas Wavre souhaite maîtriser en interne la plus grande partie des opérations de fabrication. « Les coûts, il faut les diminuer en améliorant la conception, en diminuant les délais de production, et en contrôlant la qualité » affirme-t-il. L'objectif est de pouvoir livrer un produit semi-standard en moins d'un mois, le double étant requis actuellement. Cette démarche s'accompagne de mesures de rationalisation, principalement au niveau du produit, que l'on cherche à rendre plus modulaire, de certaines fonctions, qui sont standardisées, et de la gestion, qui s'informatise. Un réseau reliant les collaborateurs affectés à la conception, à la production et à la vente devrait bientôt être réalisé, avec la mise sur pied d'une base de données commune.

La communication entre personnes est, quant à elle, déjà établie. *ETEL* a toujours intégré deux métiers: la mécanique et l'électronique. Dans les locaux ouverts de l'entreprise, les gens se côtoient aisément et des équipes pluridisciplinaires réunissent les collaborateurs de plusieurs départements pour travailler ensemble sur les projets. Cette PME prône une culture d'entreprise ouverte, efficace et créative, essentielle pour le maintien d'une avance technologique.

#### Innovation et ouverture

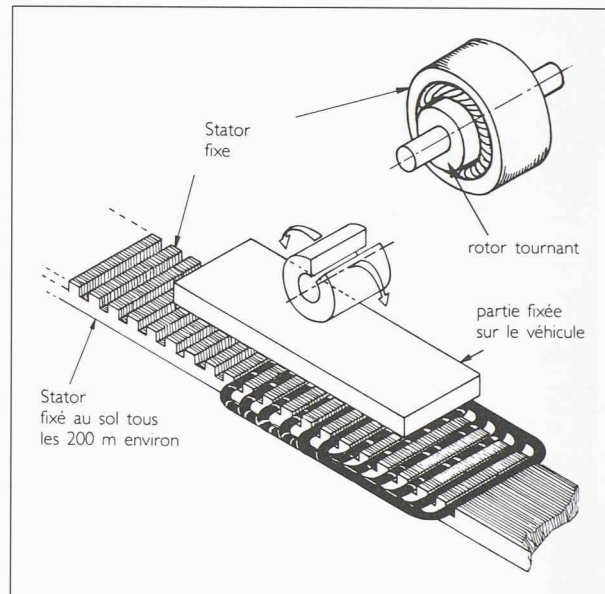
Aujourd'hui, *ETEL* est formée de collaborateurs jeunes (la moyenne d'âge est de trente ans), dont un quart environ sont des universi-

### Le moteur linéaire: un moteur plat

Les performances des moteurs classiques (précision, vitesse, dynamique) sont limitées par l'élément de transmission de la force entre le moteur et l'objet à mouvoir, que ce soit une table de machine-outil ou un bras de robot, un plateau tournant orientant un radar ou un télescope, ou une tête d'imprimante. L'élément de transmission, généralement une courroie, une vis à bille, une boîte d'engrenage ou une boîte à vitesses, induit une certaine inertie dans l'application de la force, y ajoutant en outre de l'élasticité et de l'imprécision. De plus, toute la maintenance liée à l'usure des éléments de transmission augmente d'autant les coûts d'exploitation et diminue la fiabilité. Il fallait donc trouver comment supprimer cet intermédiaire mécanique. Partiellement intégrés à l'objet à mouvoir, de géométrie plane, le moteur linéaire et le moteur couple, assurent la transmission directe du mouvement; on y gagne en vitesse et accélération, en souplesse d'utilisation. Ce système occasionne un gain très important de performances: un facteur de 50 à 100 pour la précision, un facteur 1000 pour la résolution.

Si le principe du moteur linéaire a prouvé sa validité dans les années septante déjà, les composants alors à disposition ont posé certaines limites aux applications: aimants permanents d'une puissance insuffisante, développements électroniques chers et ne répondant pas, en 1974, à tous les problèmes techniques à résoudre.

De même, si des applications spécifiques existent depuis plus longtemps, ce n'est qu'à partir de 1990 que l'on assiste réellement à un emploi généralisé de ce type de moteurs dans la chaîne de production des semi-conducteurs, dans les entraînements de robots ou de machines-outils et, plus récemment, dans les machines textiles et les équipements destinés à l'enlèvement de matière.



Du moteur tournant au moteur linéaire: le stator est déroulé et fixé sur l'objet à déplacer, avec comme avantage une vitesse élevée sans limite d'adhérence

taires et des ingénieurs ETS. Ceux-ci sont encouragés à maintenir leurs connaissances à jour, à prendre rapidement des responsabilités et à prouver leur valeur, ce qu'ils font d'ailleurs. M. Wavre re-

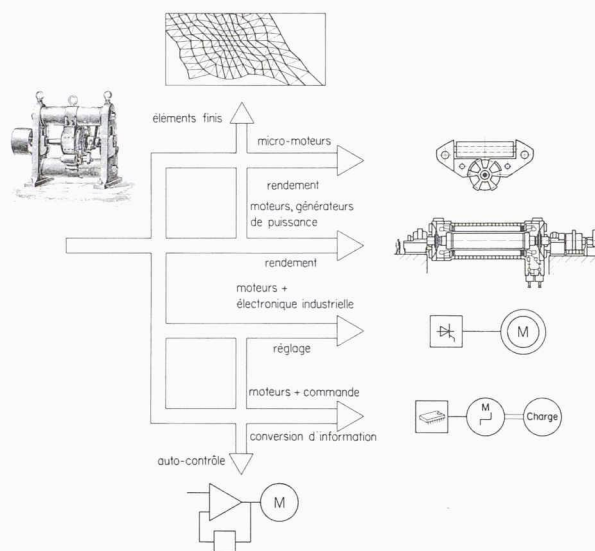
connait être entouré d'une équipe efficace, sur laquelle il peut s'appuyer. Il recherche également des compétences à l'extérieur de son entreprise. Des collaborations avec des instituts universitaires s'éta-

blissent de façon régulière: travaux de semestre, de diplôme ou thèses avec l'EPFL, projet CTI (Commission pour l'innovation et la technologie) avec l'EPFZ, projet européen avec le *Hemoltz Institut*, à Aix-la Chapelle. Nicolas Wavre a d'ailleurs toujours gardé une charge de cours sur les entraînements électriques à l'EPFL, où il a été nommé professeur titulaire récemment.

Devenir un chef d'entreprise accompli est un apprentissage enrichissant mais éprouvant, qui s'étend sur plusieurs années. Cela implique d'acquérir, à côté du savoir d'ingénieur, la maîtrise d'autres domaines constitutifs de la gestion d'entreprise, et aussi de savoir s'entourer de personnes compétentes, en sachant que l'évolution n'est jamais terminée et que chaque phase comporte ses remises en question, ses réajustements. Aux jeunes qui se lancent, M. Wavre souhaite de pouvoir bénéficier de l'encadrement de personnes expérimentées, afin de passer plus rapidement les caps difficiles et d'éviter certains faux pas qui lui ont certainement coûté des années de développement.



Montage chez ETEL du moteur destiné au bras robotique embarqué dans la station spatiale internationale



Phases d'évolution des systèmes de moteurs et commandes: l'informatique et l'électronique permettent au moteur de remplir un plus grand nombre de fonctions (transfert d'information, contrôle) et de se miniaturiser

## L'évolution des moteurs électriques

Si la fonction de conversion d'une énergie électrique en mouvement d'ensembles mécaniques est maîtrisée depuis des décennies, elle s'est complexifiée ces dernières années et l'on parle désormais plus volontiers d'entraînement électrique plutôt que de moteur, tant, à côté de ce dernier, d'autres composants ont pris de l'importance. Outre le moteur qui assure la fonction première, on trouve en effet une série d'éléments périphériques tels que l'alimentation de puissance, constituée de thyristors ou de transistors, la commutation du courant d'alimentation, le dispositif de réglage de vitesse, les protections (thermiques, mécaniques), la transmission du mouvement (engrenages, vis, poulies et courroies) et un frein auxiliaire éventuel. L'avenir est à l'intégration de ces différentes fonctions, au remplacement progressif des composants mécaniques par de l'électronique, pour réaliser un moteur « intelligent » (*smart motor*). Sous sa forme intégrée, l'entraînement électrique allie de nouvelles fonctions à son rôle primaire de convertisseur d'énergie, dont celle de convertisseur d'information ou de capteur (position, couple, etc.).

Au fil de son évolution et des besoins auxquels il devait répondre, le moteur électrique a pris différentes formes et trois types de mo-

teurs sont à la base des entraînements électriques actuels: le moteur à courant continu (et aussi le moteur universel), le moteur synchrone et le moteur asynchrone.

Le moteur à courant continu et le moteur universel, développés pour fonctionner à partir des sources d'énergie continues disponibles à la fin du siècle dernier (batteries électrochimiques), sont des équipements encore très prisés, aussi bien dans des applications de faible puissance (robotique, automatique) que de forte puissance (traction électrique) à vitesse variable et courte durée de vie. On le trouve principalement dans l'électroménager et la voiture. Peu à peu, il intègre de l'électronique.

Le moteur synchrone, et plus spécifiquement le moteur synchrone auto-commuté (communément appelé à courant continu sans collecteur) est alimenté par un courant bi- ou tri-phasé et piloté par électronique. Il est apprécié pour sa souplesse de réglage et son rendement élevé et sa longue durée de vie, dans les pompes de circulation par exemple, ou sur les machines-outils pour le déplacement des tables de réglage. Pour les moteurs asynchrones, les applications à vitesse quasi constante priment, avec cependant un axe de développement touchant des moteurs à fréquence variable pilotés par électronique. On les trouve dans les pompes, les ventilateurs, les auxiliaires de machines à laver et les équipements destinés à l'arrachement de matière.

Trois facteurs conditionnent l'évolution de ces moteurs: les matériaux et techniques de construction, les méthodes de conception et l'électronique.

Au niveau des matériaux, d'une part les performances des circuits magnétiques ont été améliorées par la qualité des tôles, ce qui diminue les pertes, d'autre part, la technologie des aimants permanents recourant à la ferrite et aux terres rares permet d'obtenir de

très hautes densités d'énergie et une grande stabilité du produit. Avec les isolations actuelles, on gagne en encombrement et la durée de vie des moteurs est prolongée.

La géométrie du moteur est conçue en fonction de l'usage auquel il est destiné. Ainsi, l'ordinateur est de plus en plus utilisé pour le calcul, le dimensionnement et la simulation dynamique des moteurs, au profit d'une réduction des volumes et d'une plus grande intégration des composants. « Pour concevoir un moteur de disque dur d'ordinateur, il faut en calculer 2500 » lance le professeur Jufer.

De même, l'avènement de l'électronique et les développements informatiques améliorent les performances des moteurs, et accroissent la souplesse de réglage, à un coût qui devient acceptable.

Une révolution subie par le moteur a été son intégration à l'organe entraîné (moteur à entraînement direct). Pour le projet *Swissmetro*, le moteur proposé est un moteur linéaire; « c'est la seule solution qui permette d'atteindre les vitesses de déplacement prévues, en limitant les phénomènes d'usure qui y sont liés », commente le professeur Jufer.

Dans un domaine technique plus que centenaire, mais qui a surtout évolué ces dernières années, le maintien d'une formation à l'EPFL, et l'émergence d'entreprises issues des écoles, a permis de maintenir en Suisse une compétence forte, là où d'autres pays ont arrêté les développements. On trouve ainsi plusieurs entreprises suisses, spécialisées dans la conception de moteurs électriques particuliers: *Portescap*, *Etel*, *Sonceboz*, *Maxon* ou *Minimotor*.

### Références

MARCEL JUFER: « Cours sur les entraînements électriques », LEME, EPFL

MARCEL JUFER: « Des premiers moteurs à l'électromécanique moderne », MSM N°19/1989