

# Vers un changement de paradigme dans l'éducation et la formation techniques

Walter E. Theuerkauf

Gabriele Graube

Roland Hermann<sup>1</sup>

## Résumé

Au cours de ces dernières années, la mécatronique a été introduite. Considérée de près, elle ne représente pas une discipline nouvelle au sens propre du mot, mais s'est développée comme domaine interdisciplinaire à partir de secteurs différents de l'ingénierie. Ce domaine scientifique s'occupe avant tout de processus automatisés complexes de la fabrication du Computer Integrated Manufacturing (CIM). D'une part, la mécatronique implique la mise en réseau des systèmes d'actionneurs mécaniques et électroniques ainsi que la technique de mesure et de régulation intégrée par ordinateur et, d'autre part, elle vise à un perfectionnement du déroulement de processus et de l'interface homme-machine.

Avec la mécatronique et l'intégration du CIM surgit la question suivante: est-ce qu'un changement de paradigme devient nécessaire en matière de compétence dans l'enseignement se caractérisant entre autres par la capacité fondamentale de « penser et agir de façon systémique ? » La mécatronique vise surtout, tant sur le plan professionnel que didactique, à établir l'orientation procédurale comme base fondamentale de la compétence d'agir des professionnels. Et c'est par cette orientation qu'elle se distinguera de l'éducation et de la formation techniques conventionnelles. Étant donné qu'elle prendra en compte non seulement les aspects des disciplines techniques, mais aussi les aspects économiques ainsi que ceux de l'organisation du travail (considération intégrée de processus), il faut établir de nouvelles méthodes d'enseignement et d'apprentissage.

Cet article définit plus en détail quelles sont les qualifications nécessaires pour atteindre une telle compétence procédurale en les illustrant à l'aide d'exemples sur la base desquelles l'accentuation didactique modifiée est évaluée et les conséquences sont mises en relief.

## Mots clés

Mécatronique, changement de paradigme, orientation procédurale, qualifications fondamentales, penser et agir de façon systémique.

## 1 REVENDICATION D'UN CONCEPT INTEGRAL DANS L'EDUCATION ET LA FORMATION TECHNIQUES

La technique fait l'objet d'un développement et d'un changement permanents. Référé au domaine de l'éducation et de la formation, ce fait a des conséquences pour la conception des programmes d'enseignement des disciplines techniques scolaires et universitaires et de la formation professionnelle dans le secteur industriel et artisanal. Évidemment, ce ne sont pas seulement les changements techniques des systèmes et des procédés qui peuvent

Cette exigence ne doit pas se limiter seulement aux processus des systèmes économiques, comme cela se produit souvent, mais doit inclure aussi les processus techniques et leur influence sur les secteurs sociaux, étant donné que leurs changements innovateurs exercent une influence décisive sur ces processus. Sans le développement technique, particulièrement en ce qui concerne la technologie de communication, la globalisation effective dans tous les secteurs de la société n'aurait pas été possible. Chaque technologie nouvelle a des effets rétroactifs et innovateurs sur le développement technique. Donc, si nous parlons de systèmes rétroactifs s'influçant mutuellement, il est tout à fait nécessaire de changer notre manière de voir pour atteindre une évaluation intégrale des systèmes. La notion générale de la considération intégrale de systèmes est une exigence assez répandue dans le domaine de la pédagogie, qui, pourtant, nécessite une différenciation, en particulier au niveau de sa mise en pratique pendant les cours sur site. Des interprétations différentes et peu exactes peuvent entraîner des confusions graves, en particulier en ce qui concerne l'efficacité et la persistance des méthodes d'enseignement et d'apprentissage quand il est question de les mettre en pratique. Si on veut mettre au premier plan la revendication de l'intégralité, le plus important est sans aucun doute de penser et d'agir de façon systémique ou, autrement dit, la compétence d'agir d'une orientation systémique et procédurale. Si on réclame une exploration intégrale de la technique dans l'enseignement technique, selon mon opinion, une formation technique moderne doit avant tout développer cette compétence systémique et procédurale. (Theuerkauf, 1995). Si on suppose en outre que tant dans le secteur de l'économie que celui de la politique, une orientation vers les systèmes et les processus a lieu, selon la théorie systémique, il faut mettre en relation les différents systèmes c'est à dire les intégrer. La mise en relation du changement de paradigme avec les changements que les systèmes et les processus subissent constitue une exigence fondamentale.

## **2 CONSIDERATION INTEGRALE DE PROCESSUS ET SYSTEMES TECHNIQUES**

Lorsqu'on s'occupe avec les systèmes et processus techniques, on est confronté avec les ensembles techniques complexes dont les déroulements sont imbriqués et d'une interdépendance logique étroite. Les processus individuels autrefois séparés sont maintenant mis en réseaux. Par exemple, une moissonneuse-batteuse de nos jours avec ses différents procédés et fonctions est une petite usine à roues. Un autre exemple d'une grande complexité et de mise en réseau est la production assistée par ordinateur, connue entre autres sous le nom de systèmes de production intégrée. Les caractéristiques les plus importantes de ce développement technique peuvent être mises en relief à l'aide de l'exemple d'un îlot d'usinage pour la fabrication de pièces tournées. A part le processus fondamental d'usinage, ici celui de tournage, c'est pratiquement tout le procédé de traitement qui est réalisé au sein de cet îlot. Cela signifie que les procédés d'ajustement et de montage ainsi que le contrôle de qualité sont également intégrés dans ce processus de fabrication et que toutes les opérations à effectuer pour l'accomplissement de ces fonctions se déroulent de façon automatique, c.-à-d. pilotées par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques.

L'article présent considère de plus près la conduite d'une pièce à usiner. Cette opération fait partie de toute une procédure de transport et de serrage. Afin de saisir les états et de

considération du processus de tournage dans un îlot de fabrication comme configuration typique de la mécatronique, nous dépassons les limites étroites des disciplines individuelles. Et c'est seulement si nous dépassons ces limites, que nous serons en mesure de prendre en compte, de comprendre, de concevoir et de mettre en pratique le processus entier. A part la technologie générale, qui, de temps en temps, reste sur un niveau assez théorique, seule la mécatronique part d'une position interdisciplinaire. Peut-être, est-il exagéré de parler d'une métathéorie, mais c'est enfin un tel point de départ qui rend possible d'influer et de concevoir les procédés. L'automatisation donc n'est pas seulement une nécessité imposée par les faits, mais également une tâche créative considérant tant les travaux humains que les travaux automatisés comme forces productives qui se complètent mutuellement.

Les opérations automatisées peuvent servir à expliquer la mécatronique dont une application simple de manutention, comme, par exemple, l'ouverture automatique d'une porte, est représentative. Si on classifie les opérations se déroulant dans cet îlot de fabrication, en comparaison avec une ligne de fabrication automatisée complexe, nous ne trouverons pas de différences structurelles, car les fonctions fondamentales comme le transport, la mémorisation etc. en font également partie. Même si les opérations dans l'îlot de fabrication, ici l'ouverture de la porte, sont simples, nous rencontrons une multitude de liaisons. Pour cela, en somme, les opérations simples peuvent atteindre un degré de complexité élevé. La compréhension des ensembles complexes ne peut être atteinte que par l'analyse des liens logiques entre les fonctions et par la synthèse de ces fonctions pour former le tout. Il est donc possible de développer par l'analyse et la synthèse la capacité de penser et d'agir de façon systémique comme qualification fondamentale. Les réseaux complexes des systèmes de production intégrée comptent parmi leurs caractéristiques importantes. Déjà les opérations au sein d'un îlot individuel de fabrication, principalement au niveau de la technologie de fabrication, sont liées les unes aux autres. Dans le cas des systèmes de production intégrée, la notion du réseau acquiert une signification bien plus large. La considération de l'îlot de fabrication s'oriente vers les opérations à effectuer. Mais si on considère les systèmes intégrés de production, il faut adopter un point de vue se trouvant au-dessus du niveau de l'îlot de fabrication. Par conséquent, la revendication d'une considération intégrale de l'enseignement et de la formation mène impérativement à une orientation vers les aspects différents esquissés ci-dessous.

### **3 ORIENTATION VERS LE PRODUIT**

Étant donné que l'activité technique est toujours liée aux procédés créateurs, les actions sont liées aux résultats c-à-d. aux produits qui, par conséquent, jouent un rôle central. Une orientation vers le produit est donc indispensable. Le processus de fabrication du produit représente un système subordonné au sein du système d'une entreprise de production. Ce système est composé des îlots de logistique, de construction, de production et de montage, chacun conçu d'après un objectif déterminé, autonome et mis en réseau. Les fonctions de ces îlots peuvent être classifiées comme principalement techniques ou principalement économiques et gestionnaires. Ici, il faut, d'une part, considérer le complexe du processus de production et, d'autre part, le complexe des abords de la production avec les marchés. Sur ce niveau, penser et agir de façon intégrante doit donc s'entendre comme rattachement des facteurs économiques et techniques.

permettant un accès simultané aux ressources d'informations et aux paramètres d'état de l'entreprise (entre autres à l'aide de bases de données existantes) il est possible de perfectionner et de mieux adapter les mesures prises, le système technique étant l'outil pour atteindre les buts de l'entreprise.

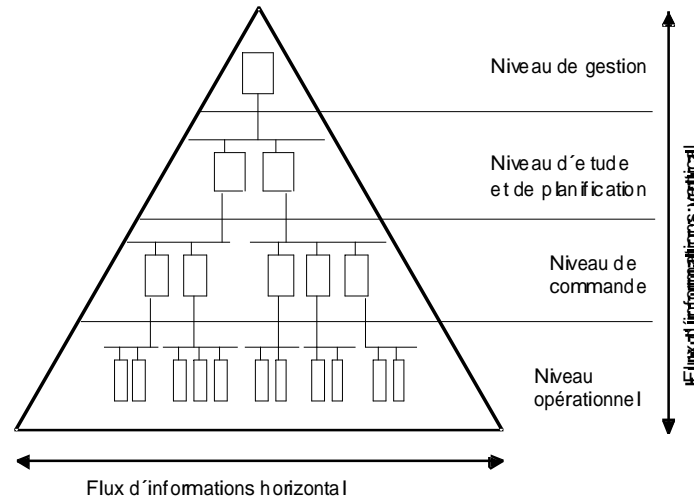


Figure 1: Modèle des niveaux

## 5 ORIENTATION VERS L'HOMME

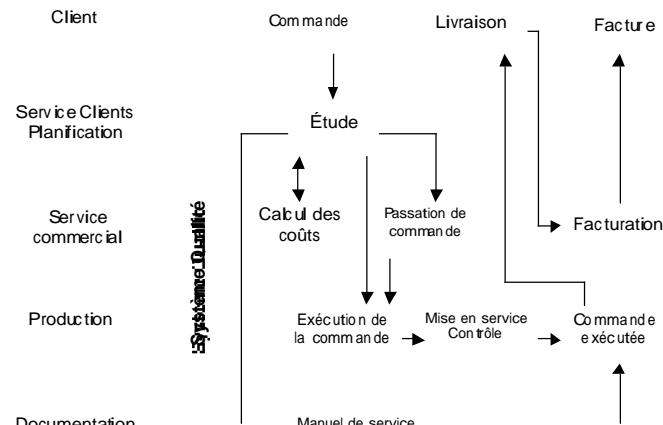
Si on veut considérer les systèmes de production en tant que systèmes humains, il manque jusqu'à présent dans nos considérations la mise en relation avec l'homme, qui, au bout du compte, doit maintenir et exploiter les systèmes et concevoir et mettre en pratique les procès. Pourtant, dans le cadre des mesures de qualification professionnelle dans le secteur de l'industrie, on ne trouve pas du tout ou que rarement cette orientation. Tout au contraire, ici, les procédés de qualification professionnelle s'orientent avant tout vers le processus. Un objectif principal de l'orientation vers l'homme est le développement de la personnalité en faveur d'une réflexion intégrale sur la manière de penser et d'agir. L'orientation vers l'homme implique, contrairement à la définition du travail selon Taylor, que les activités des individus soient marquées par une compréhension intégrale et une participation au processus entier inspirée par un sentiment de responsabilité. C'est-à-dire que ces activités ne se réfèrent pas seulement aux opérations vues séparément. Responsabilité signifie ici maîtriser les procédés et exercer une influence sur leurs résultats.

Cette manière de penser et d'agir exige des employés une qualification dépassant les connaissances techniques et spécialisées. Cela signifie que tous les collaborateurs doivent entendre le but fixé comme tâche à accomplir en commun et exercer leurs travaux en toute conscience de ce fait. Un comportement des individus qui s'oriente vers les buts d'une entreprise est donc un comportement intégré dans l'accomplissement d'une tâche collective. Et cela implique que les individus doivent être encouragés à participer à la décision et à l'action.

Toutes ces unités subordonnées sont autonomes et agissent comme producteur et client. Et c'est cette structure qui les rend intelligibles pour la perception humaine. C'est particulièrement dans le secteur de l'industrie automobile, que ce développement peut être observé en matière de profondeur de production. Les centres de coûts s'orientent généralement vers le processus industriel et commercial. Ceci est l'idée directrice qui, dans le domaine de la formation professionnelle influe de plus en plus la culture d'enseignement. Ce principe directeur de la didactique ne s'imposera comme fondamentale pas seulement pour les nouvelles professions de la technique d'information (Heldt et al., 1998), mais aussi pour les autres professions nouvelles en développement dans la République fédérale d'Allemagne. La mise en œuvre de cette directive est mise à l'épreuve au sein d'essais prototypes menés en collaboration avec grandes entreprises sélectionnées.

L'orientation vers le procès commercial doit s'entendre comme prise en charge du procédé entier de l'exécution d'une commande (Scheer, 1995). Dans un sens plus large, le démarchage en fait également partie. C'est-à-dire que le terme commande doit s'entendre dans un sens plus large. Il peut se référer à la production, à la conception d'un produit ou bien à la réparation d'objets. Dans le domaine de la formation professionnelle le client peut être un département quelconque d'une entreprise ou une entreprise extérieure. La structure fondamentale d'un tel processus commercial est représentée dans la figure 2. On peut déduire de cette structure un algorithme à suivre pour résoudre un problème. L'exécution d'une commande requiert une façon d'agir ciblée, qui, selon la théorie de régulation des actions, doit s'entendre comme opération complète. Dans ce contexte, nous renvoyons explicitement au modèle PETRA (Boretti 1988). La directive didactique de ce modèle vise en particulier au développement de qualifications dites clés. Ces qualifications sont, pour ainsi dire, la clé pour pouvoir trouver avec succès les solutions dans un monde du travail en perpétuel changement.

Production d'un système représentée  
comme procédé commercial



que préparation aux études universitaires. (Moczadlo, 1995). Ce projet est un exemple de la culture d'enseignement modifiée du secteur de la formation scientifique et technique.

Le travail au sein de projets se prête particulièrement à la mise en pratique de cette directive didactique. Mais une définition exacte de l'enseignement au sein des projets au niveau de la méthode et des sujets enseignés n'est guère possible. Le travail au sein des projets dépasse les limites d'un procédé ou d'une méthode (Kath 1996). Même si on est d'accord avec une certaine flexibilité et liberté en ce qui concerne le contenu des cours, il me semble qu'il faut une direction méthodique claire dans laquelle l'enseignant joue un rôle de médiation. Ainsi, il abandonne la compréhension classique de sa fonction d'après laquelle il se voit comme enseignant initié. Sans aucun doute, la réalisation concluante d'une tâche requiert des activités de gestion de projet, ce qui évidemment peut être référé également au domaine scolaire (Hahne, 1993).

## **7 CONCLUSION**

En raison de la mise en oeuvre de systèmes de production intégrée, une nouvelle discipline, la mécatronique, s'est développée. Elle a provoqué un changement de paradigme, parce que la considération des processus techniques doit se baser impérativement sur une façon systémique de penser et d'agir. Seulement ainsi, il est possible de les saisir en prenant en charge leur complexité et l'interdépendance de leurs réseaux. Les systèmes techniques sont des moyens ou des outils, dont il faut se servir de façon responsable pour atteindre des buts certains. C'est ce message qui doit être transmis dans les écoles pour rendre clair que l'individu participe aux processus de conception et à la réalisation des systèmes techniques qui, en général, peuvent être influencés. Par conséquent, il est nécessaire d'atteindre une qualification qui le rende en mesure de participer au processus de conception et de mise au point lors de l'organisation et la détermination des travaux à effectuer, ainsi qu'à l'étude de systèmes techniques et des interfaces entre les systèmes et l'homme qui réalise des travaux. (Rauner 1988).

Le changement de paradigme incité par la mécatronique a des effets sur l'enseignement dans les facultés scientifiques et technique. La connaissance des phénomènes de la nature nous aide à comprendre les relations et les interdépendances techniques fondamentaux. Mais pour pouvoir résoudre un problème concret, il n'est pas forcément nécessaire de comprendre toute la profondeur et la largeur des bases scientifiques. Lors de la création des conditions cadres, il faut veiller à ce que les élèves et les étudiants acquièrent, pendant le processus d'apprentissage, les qualifications fondamentales pour pouvoir résoudre les problèmes réels. Ceci implique entre autres, d'acquérir la capacité de décrire les problèmes et d'identifier les informations nécessaires, de se les procurer, les structurer et de les traiter. Le développement explosif des connaissances disponibles rend de plus en plus difficile à l'enseignement des connaissances détaillées et pertinentes, même s'il s'agit de disciplines limitées. Pour cela, lors de la planification de l'enseignement, il faut mettre l'accent sur le développement des capacités fondamentales.

L'activité technique implique toujours un processus créateur. Les disciplines universitaires de l'ingénierie ainsi que les phases d'éducation antérieures doivent en tenir compte de façon adéquate. Je suis convaincu que les difficultés de recrutement de jeunes ingénieurs vont

Kath, F.M.: Arbeiten mit Projekten. Dans: Ingenieurpädagogik: Bildung durch Kommunikation. Hrsg. Adolf Melezinek; Ivan Kiss. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag 1996. S. 451-462. (=Leuchtturm-Schriftenreihe Ingenieurpädagogik; Bd. 36).

Moczadlo, Regina: Leitfaden integrierte Projektstudien. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag 1995. (=Schriftenreihe Report / Lenkungsausschuß der Studienkommission für Hochschuldidaktik an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg; Bd. 35).

Rauner, F.: Gestalten - eine neue gesellschaftliche Praxis. Forschungsinstitut der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn: Verlag Neue Gesellschaft, 1988

Scheer A.-W.: Wirtschaftsinformatik- Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

Theuerkauf, Walter E.; Weiner, Andreas: Network Teaching of Key Qualifications as Instanced by the Flexible Learning Lab System (FLS). Dans: Rauner, Felix (Ed.). Qualification for Computer Integrated Manufacturing. Berlin, New York: Springer 1995

Ulrich, H.; Probst, G.J.B.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart 1988