

## article

### Contributions et démarche de l'ergonomie dans les processus de conception

Alain Garrigou <sup>1</sup> , Jean-François Thibault <sup>2</sup> , Marçal Jackson <sup>3</sup> , Fausto Mascia <sup>4</sup>

1. [Alain.Garrigou@hs-serveur.iuta.u-bordeaux.fr](mailto:Alain.Garrigou@hs-serveur.iuta.u-bordeaux.fr)

IUT Hygiène, Sécurité et Environnement  
Université de Bordeaux 1  
France

2. [Jean-Francois.Thibault@ergo.u-bordeaux2.fr](mailto:Jean-Francois.Thibault@ergo.u-bordeaux2.fr)

Laboratoire d'Ergonomie des Systèmes Complexes  
Université Victor Segalen Bordeaux 2  
France

3. [marcal@fundacentro.sc.gov.br](mailto:marcal@fundacentro.sc.gov.br)

Fundacentro Santa Catarina  
Florianopolis  
Brasil

4. [fmascia@usp.br](mailto:fmascia@usp.br)

Ecole Polytechnique de Sao Paulo  
Sao Paulo  
Brasil

### Introduction

L'objectif de cet article est de présenter une démarche d'intervention en ergonomie dans les projets de conception de systèmes industriels, ainsi que ses contributions tant du point de vue de l'efficacité, que des conditions de la construction de la santé des opérateurs<sup>1</sup>.

Deux fils conducteurs sont proposés. Un premier qui concerne la compréhension des situations "d'usage" des installations par les opérateurs qui sont ou vont être conçues, qu'elles correspondent à des modes de fonctionnement en nominal ou bien en modes dégradés. Le deuxième fil conducteur porte sur les modalités de prise en compte de ces conditions d'usage par les différents acteurs du processus de conception. Il nous amènera à préciser les interactions au sein des collectifs de conception sur lesquels l'intervention ergonomique va se baser. Les enjeux de telles interactions sont multiples pour le projet. Dans la mesure où elles vont permettre d'identifier des besoins des utilisateurs futurs et où elles nourriront assez tôt la réflexion et l'activité des acteurs du processus de conception, elles vont alors "**supporter**" les

utilisateurs dans leurs stratégies de conduite des installations. Dans ce contexte, elles permettront l'élaboration de marges de manœuvre, contribuant ainsi à l'atteinte des objectifs de production et à l'amélioration des conditions de travail. Afin que de telles interactions alimentent l'activité des différents acteurs de la conception, nous soulignerons la nécessité de mettre en œuvre un processus de construction sociale, qui va en élaborer les règles et positionner les différents acteurs les uns par rapport aux autres (concepteurs, utilisateurs, maintenance, représentants des opérateurs, etc.).

Dans un premier temps, nous allons présenter différents retours d'expérience portant sur la conduite de projets, afin de souligner les difficultés couramment rencontrées.

Dans un deuxième temps, nous allons présenter les différentes étapes d'une démarche en ergonomie de conception ainsi que ses liens avec la conduite de projet.

Dans une troisième partie, nous illustrerons les différentes étapes de la démarche à partir d'exemples d'une intervention.

## **1 - Des retours d'expérience portant sur la conduite de projet**

À la fin des années 70, lors de la vague d'automatisation et de modernisation que l'industrie française a connue, différentes études de nature sociotechnique et ergonomique avaient diagnostiqué des dysfonctionnements majeurs dans la conduite de projet (du Roy et al., 1985 ; Laplace & Régnaud, 1986 ; Riboud, 1987 ; Lapeyrière, 1987 ; Pinsky & Theureau, 1985 ; Daniellou, 1988).

Cependant, des problèmes sont toujours présents. Par exemple, il est encore fréquent que le "*projet soit tiré par une solution technique*". Les collectifs de conception, que ce soit du côté de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise œuvre ont alors tendance à réaliser une "belle machine" en faisant référence le plus souvent à un mode de fonctionnement nominal (Eklund, 1991). Dans ce contexte, les questions portant sur l'organisation future du travail, sur la formation des opérateurs, seront à la "remorque" de la technique (Carballeda, 1997 ; Belliès & Jourdan, 1997 ; Jackson, 1998 ; Aubert, à paraître). Les conséquences d'une telle approche sont renforcées lorsque le collectif de maîtrise d'ouvrage<sup>2</sup> rencontre des difficultés pour définir les objectifs du projet. Une définition lacunaire des objectifs va entraîner de gré ou de force le maître d'œuvre<sup>3</sup> ("*qui a pour fonction de traduire ces objectifs et mettre en œuvre des solutions*") à définir ceux-ci par défaut. En fonction des compétences du maître d'œuvre et de ses contraintes temporelles et financières, cette caractérisation des objectifs durant la conception le *surreponsabilise* (Ledoux, 2000) et concourt à sous-estimer l'impact des dimensions sociotechniques du projet. Comment a-t-on anticipé l'évolution potentielle des qualifications des opérateurs en fonction du degré d'automatisation d'une unité de production ? Comment a été anticipé le vieillissement relatif de la population (Gaudart, 1996) ? etc.

Un niveau d'analyse plus fin permet de souligner différentes questions. En effet, de nombreuses études de terrain ont mis en évidence que les concepteurs et les organisateurs du travail ont tendance à sous-estimer la diversité des modes de fonctionnement des installations (Daniellou, 1987). De nombreux travaux (Laville & Teiger, 1972 ; Jones, 1983 ; Wisner, 1989 ; Cavestro, 1989 ; Wall & Davis, 1991 ; Zarifian, 1995 ; Clot, 1998 ; Hubault et al., 1997) ont mis en évidence que dans le quotidien des situations de travail, de nombreuses formes de variabilité sont rencontrées. Le plus souvent ces variabilités ont un caractère *irréductible*. Dans l'industrie, elles peuvent concerner des sensibilités des matières premières, des produits fabriqués, des procédés, à des variations de température ou d'hygrométrie, à des poussières, à des vibrations, etc. De plus, des phénomènes d'usure ou d'environnements agressifs (par exemple dans les processus continus, la chimie, etc.) peuvent venir affecter le bon fonctionnement et la fiabilité

des capteurs, des systèmes de contrôle/commande. Dans ces conditions, ces variabilités, de manière plus ou moins aléatoire, peuvent conduire à des modes dégradés, à des incidents, des pannes voire même à des accidents présentant des risques graves pour les opérateurs, les systèmes de production, l'environnement et les populations environnantes (Daniellou & Garrigou 1991 ; Duclos, 1991).

Or, le fonctionnement des installations repose sur la mise en œuvre par les opérateurs (de conduite, de maintenance, etc.) de stratégies individuelles (prises d'information, raisonnements, élaboration de diagnostic et de pronostics, etc.) et collectives (communications, échanges d'information, coordination des actions, etc.) (de Keyser et al. 1988 ; Wisner, 1990 ; De La Valette & Neboit, 1996 ; Llory, 1996 ; Neuville, 1997). Dans la mesure du possible, ces stratégies cherchent à gérer les différentes formes de variabilités industrielles et à anticiper les conséquences des aléas afin d'éviter les incidents et les accidents. Dans la plupart des cas, à court terme, la performance du fonctionnement des installations est tenue, mais cela ne signifie pas pour autant que cela ne soit pas au prix d'un coût important pour la santé des personnes (Garrigou et al., 1994).

Dans les projets, la non prise en compte de ces éléments va avoir des conséquences directes sur les conditions du démarrage des installations au niveau des opérateurs et de l'encadrement (apprentissage difficile, risques d'accidents, absentéisme, etc.). Au niveau de l'entreprise, celles-ci peuvent se traduire par des délais non tenus, des coûts d'exploitation et d'entretien en hausse, de la non-qualité, etc. De plus, le traitement après-coup des questions d'organisation du travail, de formation et de qualification s'accompagne souvent de relations "*tendues*" avec l'encadrement de proximité et les partenaires sociaux ; ces derniers ayant l'impression d'être mis devant le fait accompli. Ce contexte place alors les directeurs des ressources humaines dans des situations difficiles, qui eux-mêmes, très souvent, ont été tenus à l'écart du projet.

Les différents constats portant sur les difficultés de la conduite des projets nous amènent à souligner les enjeux d'une meilleure compréhension des activités individuelles et collectives développées par les opérateurs lors de " l'usage " des installations industrielles (Béguin, 1994 ; Rabardel, 1995). La démarche qui va suivre s'appuiera sur cette compréhension pour alimenter le processus de conception.

## **2 - Une démarche en ergonomie dans la conduite de projet**

L'ergonomie a développé des méthodologies d'intervention dans les processus de conception (Daniellou, 1987 ; Bellemare et al., 1995 ; Daniellou & Naël, 1995) . La démarche que nous présentons articule trois types d'approche (cf. schéma). Dans un premier temps, pour des raisons pédagogiques, elle va être présentée de manière successive ou séquentielle. Dans la réalité de sa mise en œuvre, les différentes étapes de la démarche s'articulent entre elles tout au long du projet de conception ; nous en donnerons un exemple dans la partie 3.

### **2.1 - Une approche descendante**

Elle correspond à une démarche de conception classique en amont des projets. À partir de ses connaissances (sur le fonctionnement de l'Homme en situation de travail, ou issues d'interventions réalisées) l'ergonome va interagir avec les acteurs du processus de conception et plus particulièrement avec les représentants de la maîtrise d'ouvrage. Les enjeux de telles interactions portent sur l'enrichissement de la définition des objectifs du projet ainsi que sur la réflexion concernant les choix technologiques et organisationnels (Jackson et al., 1997 ; Martin, 1998 ; Thibault & Jackson, 1999). À ce stade, les acteurs de la conception y compris les ergonomes mobilisent leurs expertises propres. À des stades ultérieurs du projet, ces interactions vont contribuer à un enrichissement de la rédaction des cahiers des charges qui

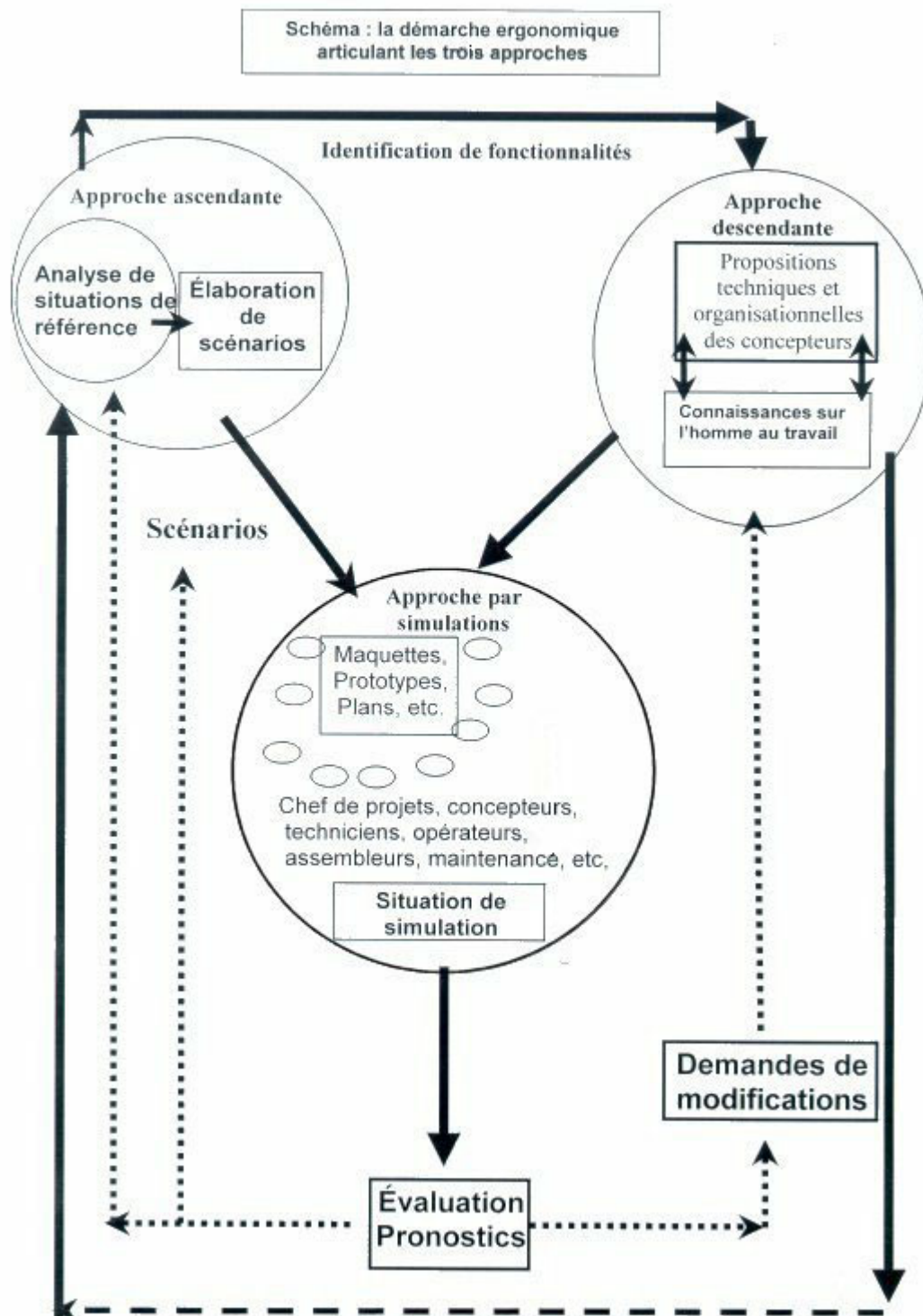
serviront de base aux appels d'offres.

## 2.2 - Une approche ascendante

Si l'on tire les leçons des retours d'expérience présentés dans le §2.1, il est important de souligner que la seule approche descendante faisant appel à des "**experts**" n'est pas suffisante pour appréhender la complexité des situations de travail et la diversité des situations d'usage. Afin d'enrichir cette approche classique, **une approche ascendante** est proposée, pour instruire **des retours d'expérience** issus de situations de référence (système pilote, installations existantes comportant tout ou partie de dispositifs qui seraient utilisés dans le futur, etc.). Pour ce faire, la démarche va "partir à la chasse" des traces des variabilités industrielles, des précurseurs des modes dégradés et des phases incidentes, ainsi que des indicateurs d'atteintes à la santé des opérateurs. Cela nécessite alors des interactions avec de nombreux acteurs : responsables des ressources humaines, service sécurité, médecin du travail, membres du CHSCT, mais aussi responsables et opérateurs de production comme de maintenance, service qualité et client, etc. Lorsque des situations dans lesquelles des problèmes d'efficacité comme de santé sont identifiées, des analyses de l'activité des opérateurs concernés sont menées par les ergonomes. Elles permettent de caractériser différentes situations d'usage et de gestion des variabilités industrielles. Les descriptions de ces situations seront structurées sous la forme de scénarios d'activité future, qui viendront constituer une bibliothèque. Ces scénarios seront utilisés de différentes manières en fonction des étapes du projet. Ils pourront enrichir l'approche descendante en faisant émerger des besoins des opérateurs en termes de fonctionnalités du futur système, de caractéristiques des équipements, mais aussi d'organisation et de formation. Ils alimenteront aussi l'approche par simulation.

## 2.3 - Approche par simulation

Lorsque les concepteurs et les ergonomes sont en mesure d'élaborer des concepts puis des solutions plus détaillées, il sera possible d'initier **une approche par simulation**. L'objectif de telles simulations est de produire des pronostics portant sur des difficultés que les opérateurs pourraient rencontrer dans leur activité future. Ces difficultés concernent à la fois l'efficacité du fonctionnement des installations et la santé des opérateurs. Des pronostics défavorables pourront donner lieu à des modifications des installations techniques et de présentation de l'information, ainsi qu'au niveau de l'organisation du travail et de la formation des opérateurs. Ils contribuent à l'instruction des choix et à l'anticipation des modifications. Mais il ne suffit pas de réunir des opérateurs et des concepteurs autour d'une table pour que ces simulations soient efficaces ; des méthodologies d'animation de ces simulations sont nécessaires (Wilson, 1991 ; Maline, 1994 ; Garrigou et al., 1995 ; Béguin et al., 1997 ; Carballeda, 1997 ; Garrigou et al., 1998 ; Thibault, 1998). Ces simulations sont menées sur la base de différents supports (plans, maquettes physiques, maquettes virtuelles, propositions organisationnelles, etc.) et des scénarios élaborés par les ergonomes à partir des analyses de l'activité menées dans les situations de référence. Le processus de simulation fait appel à des groupes de travail multidisciplinaires pour lesquels les enjeux portent sur la possibilité de créer des conditions de mobilisation des compétences qui sont souvent fortement hétérogènes et qui ont une reconnaissance sociale souvent inégale.



La démarche d'intervention en ergonomie que nous avons présentée s'appuie sur une construction sociale qui contribue à une mobilisation des différents acteurs du projet : représentants de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise œuvre, concepteurs, mais aussi représentants des futurs exploitants ou utilisateurs (opérateurs de production, de maintenance, etc.) et instances représentatives du personnel (CHSCT). Elle s'appuie sur des règles négociées par les différents acteurs et sur des structures qui peuvent être mises en place. Il est alors nécessaire de dissocier des structures ayant une fonction de pilotage " politique " par exemple, un comité de suivi et des structures de travail ; par exemple, des groupes de travail ayant une fonction d'alimenter les analyses de l'existant et les simulations. Cette " ouverture d'espaces de discussion " alimente des retours d'expérience qui " croisent " les logiques et les situations

d'usage.

### **3 - Des exemples de contribution de l'ergonomie**

Afin d'illustrer notre propos, nous allons présenter succinctement un projet de conception d'une nouvelle ligne de production. Dans le cadre de la modernisation d'une usine de processus continu, ce projet concerne l'automatisation complète de la ligne de production et représente un investissement de plus de 100 MF. Il doit doter le site d'un outil de production pour les dix années à venir.

En effet, dans un contexte de marchés fluctuants et face à une mondialisation de la concurrence, les objectifs initiaux de ce projet d'investissement relèvent, d'une part, de la volonté de diminuer le coût de production du produit et d'autre part, d'augmenter la capacité de production.

Ce double objectif a donc orienté l'entreprise vers la conception d'une automatisation complète de la ligne de production avec une recherche de productivité à la fois ciblée sur l'augmentation de la performance des équipements mais aussi sur la diminution des coûts de main d'œuvre.

Suite à une première modernisation d'usine " réussie " qui intégrait une démarche en ergonomie, le comité de direction du site a refait appel à une équipe d'ergonomes dès la phase d'avant-projet (soit trois ans avant la reconstruction de l'unité) afin d'accompagner le projet sur le volet " quelle automatisation pour quels opérateurs ? ".

#### **3.1 - Une approche descendante de reformulation des objectifs du projet**

Comme nous le soulignons dans le § 2.1, une démarche en ergonomie va permettre, en collaboration avec la maîtrise d'ouvrage, d'enrichir les objectifs du projet dans la mesure où les marges de manœuvre liées à l'avancement de la conduite de projet sont suffisantes. Ainsi, pendant la phase d'avant-projet, la contribution de l'équipe d'ergonomes s'est principalement centrée sur la définition des objectifs et ceci à partir d'une approche descendante articulée avec une approche ascendante (cf §3.2).

Dans un premier temps, le double objectif initial de gain en capacité a été reformulé à la maîtrise d'ouvrage, sous la forme de quatre familles de critères :

- *Maîtrise de la faisabilité technique* : quel degré d'automatisation à mettre en œuvre du point de vue du travail futur des opérateurs et de la faisabilité technique ? Dans quel contexte (espace de travail, implantation des installations) ?
- *Maîtrise des coûts* : quel taux d'engagement des équipements escompté en fonction du degré d'automatisation retenu ? Quelle compatibilité avec le travail futur des opérateurs ? Quelle fourchette de capacité retenir en fonction des tonnages prévisionnels mais surtout du type de produits sachant que ceux-ci conditionnent les modes futurs de travail des opérateurs ?
- *Maîtrise de l'organisation* : quelle implication dans le projet des opérateurs de production dans un contexte de réduction de 30% des effectifs ? Quelle construction sociale mettre en œuvre entre les futurs exploitants, la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage ? Quel rôle faire jouer aux partenaires sociaux ?
- *Maîtrise des délais* : afin que la maîtrise d'ouvrage puisse établir le programme du projet (qui dans le cas présent a servi à obtenir la validation du montant de l'investissement et à élaborer le cahier des charges destiné à la maîtrise œuvre), quelle démarche mettre en œuvre pour tenir les délais ?

Face à cette reformulation descendante, la maîtrise d'ouvrage du projet a retenu plusieurs choix

impliquant directement ou indirectement l'ensemble des parties prenantes du projet (maîtrise d'œuvre, exploitants, partenaires sociaux, fournisseurs, et les ergonomes ).

Tout d'abord, une nouvelle formalisation des objectifs du projet a été développée autour de 5 axes à savoir les deux initiaux " gain de productivité " et " augmentation de la capacité " enrichis d'un troisième axe " amélioration des conditions de travail " (fondé entre autre sur la diminution des ports de charges et sur les interactions opérateurs / robot), d'un quatrième axe " amélioration de la qualité " (qui reprend la question de l'organisation de la qualité jusqu'à son suivi temps réel) et cinquième axe " participation de l'ensemble du personnel ". Dès l'avant-projet, ceci s'est traduit par des présentations du projet aux cadres, à la maîtrise, aux ouvriers et aux instances syndicales. Ainsi dès le départ, un CHSCT extraordinaire a été mis en place afin de suivre le projet jusqu'au démarrage des nouvelles installations. Côté maîtrise d'ouvrage, un sous-groupe " organisation du travail " a piloté une réflexion sur l'organisation future du travail (en traitant en particulier la question du vieillissement de la population et ses répercussions vis-à-vis de la santé, du travail posté, de la polyvalence, des niveaux de formation, du reclassement, ...) impliquant très en amont la maîtrise du site concerné.

De plus, afin de répondre aux questions soulevées lors de la reformulation, trois sites de référence présentant des options particulières en termes d'automatisation (divers degrés d'automatisation, divers degrés d'implantation des équipements, diverses organisations du travail) ont été choisis afin que l'équipe d'ergonomes puisse y mener des analyses de l'activité (cf. §3.2).

Enfin, des ressources supplémentaires ont été engagées en termes de simulations de systèmes de production (détachement d'un ingénieur, achat et développement d'un modèle de simulations). Nous reviendrons dans le paragraphe 3.3 sur l'apport de l'ergonomie dans ce type de simulation.

### **3.2 - Une approche ascendante d'analyse ergonomique de sites référents**

Dans un deuxième temps, l'approche ascendante d'analyse ergonomique des sites de référence nous a permis de ré-interroger les premières "esquisses" d'automatisation en montrant que contrairement à la représentation initiale des concepteurs et de la maîtrise d'ouvrage :

- En temps réel, les opérateurs agencent leurs modes opératoires développant des stratégies cognitives complexes qui permettent de piloter une machine mais aussi plusieurs machines en parallèle, ceci en s'appuyant sur un collectif informel de travail. Les modes de régulation des situations incidentes mis en œuvre par les opérateurs ont posé directement la question de l'organisation future du travail (quel collectif institué avec des effectifs réduits ?) et de l'activité future de l'opérateur par rapport à une installation automatique conçue pour décharger les produits machine par machine (quelle gestion possible par l'opérateur de plusieurs machines en même temps ?) ;
- Les modes opératoires des opérateurs sont différents en fonction du type de produit illustrant une fois de plus l'importance des variabilités industrielles. Là encore, cette analyse a posé la question de la gestion simultanée d'une vingtaine de références de produits par l'opérateur avec un outil robotique standard (quelle adaptabilité technique des équipements concevoir pour que les opérateurs traitent les différents produits en même temps avec les mêmes robots ?).

Ces analyses issues du terrain et confrontées à la fois aux objectifs du projet et aux options techniques de faisabilité de l'automatisation ont permis à la maîtrise d'ouvrage d'instruire les choix suivants :

Le nombre d'opérateurs sur une partie de la ligne automatisée a été révisé à la hausse avec le choix technique de concevoir un atelier permettant des interactions en temps réel entre les robots et les opérateurs (contrairement à un îlot robotisé entièrement clos où les opérateurs interviendraient très ponctuellement principalement en cas d'incidents). Ce mode d'interactions permet non seulement aux opérateurs d'intervenir sur incidents mais surtout de continuer à développer des stratégies cognitives d'anticipation d'éventuelles dérives du processus et de synchronisation de leurs interventions face aux aléas.

Parallèlement, le nombre de références de produit a été revu et divisé par deux : impliquant des choix stratégiques en termes de développement et d'industrialisation de nouveaux produits génériques mais aussi en termes de marketing prospectif et des besoins des futurs clients.

Vis-à-vis de l'organisation du projet, ce type de décision a pu émerger grâce :

- À une implication forte dans le comité de pilotage du projet, du service développement et du service marketing alors qu'ils ne faisaient pas initialement partie du comité de pilotage.
- À la création d'un comité de direction validant les orientations par rapport à la stratégie mondiale de développement du groupe (transfert de marché entre sites, achat d'usines, etc.).

Ces quelques exemples démontrent qu'une analyse ergonomique de sites de référence alimente à la fois la maîtrise d'ouvrage sur des questions intrinsèques au projet comme la définition du futur cahier des charges à la maîtrise d'œuvre mais aussi sur des questions au premier abord extrinsèques au projet. En effet, c'est bien l'analyse de l'activité des opérateurs qui a montré l'importance de la diversité des produits et ses conséquences sur la flexibilité du système de production. Ceci a conduit à la remise en cause d'un système automatisé bridant cette flexibilité. Les analyses de l'activité ont permis d'éclairer les contraintes de la variabilité des produits impulsant une mise à plat de la gamme des produits existants et futurs.

### **3.3 - Les simulations comme une co-construction de représentations partagées de l'activité future des opérateurs**

Bien que les démarches de simulation soient depuis longtemps ancrées dans la méthodologie d'intervention en ergonomie (cf. § 2.3), nous avons choisi d'illustrer notre propos par un exemple un peu particulier à savoir les simulations de flux.

Comme dans toutes démarches de simulation, l'établissement de scénarios d'activité future constitue l'étape qui prédétermine la simulation en elle-même. Dans le cas présent, l'entreprise a développé en interne un simulateur de flux basé sur un progiciel de modélisation discontinu événementielle. Ainsi, les premières réflexions de la maîtrise d'ouvrage sur les performances à attendre de l'automatisation ont été alimentées par des résultats de simulations issus d'un premier modèle mathématique.

Intéressé par les résultats de l'analyse ergonomique des sites de référence, l'ingénieur responsable des simulations a pressenti des lacunes dans son premier modèle. Un groupe de travail animé par le chef de projet " automatisation " a été mis en place dans le but de concevoir un deuxième modèle mathématique qui dans la mesure du possible tienne compte des déterminants issus des scénarios d'activité future. Ainsi, la collaboration ergonomiste/ingénieur de simulation s'est principalement axée sur l'intégration dans le modèle de tâches futures de l'opérateur (tâches relevant d'un fonctionnement nominal mais aussi dégradé) combinées avec différents types d'aléas (aléas process, pannes, ...) et différents types de plans de production (différents produits, tonnage, répartitions géographiques, ...).

Les résultats mathématiques issus du deuxième modèle " enrichi " ont mis en évidence que le système automatisé tel qu'il était prévu générerait :

- Des disponibilités limitées des équipements provoquant des blocages du système automatisés 15 fois par poste. Il est à noter que la récupération des situations incidentes et dégradées aurait nécessité la prise en charge manuelle de l'ensemble des manutentions par les opérateurs, ce qui est paradoxal quand on automatise pour supprimer les manutentions !
- Une sur-sollicitation des opérateurs, même en mode nominal dans la mesure où ils auraient été contraints par le temps de cycle du robot du fait de la répartition des tâches entre le système automatique et l'opérateur.
- Des conflits d'espace et de temps entre le robot et l'opérateur.

Cette deuxième série de simulations a déclenché une refonte d'un certain nombre d'hypothèses de conception. Par un bouclage itératif, elles ont fait l'objet à chaque fois d'une construction pluridisciplinaire d'un nouveau modèle et d'une validation par simulations.

À titre d'information, nous avons répertorié ci-dessous quelques exemples d'orientations retenues par la maîtrise d'ouvrage :

- L'implantation des équipements automatisés dans le bâtiment a été revue de manière à créer deux pôles de pilotage (construction de deux salles de conduite) pour chaque secteur de la ligne de production (ligne faisant environ 200 mètres de long sur 3 niveaux) ;
- Certaines technologies ont été abandonnées (ex. un robot spécifique à technologie électrique au lieu de pneumatique), d'autres conservées (ex. convoyage mécanique au lieu de chariots filoguidés). Des installations automatiques ont été reconçues en intégrant une flexibilité dans les modes de fonctionnement pour différents types de produit. De plus, une nouvelle répartition des tâches entre le système automatisé et les opérateurs a été retenue en intégrant de nouvelles opérations dans le temps de cycle du robot et en transférant certaines d'entre elles vers l'atelier aval.
- Compte tenu du caractère innovant en termes techniques mais aussi en termes d'organisation du travail, afin d'analyser " grandeur nature " (et ceci dès les études de base) les interactions en temps réel opérateur / robot, la maîtrise d'ouvrage a décidé d'investir dans la conception et la réalisation d'un prototype de robot. Ce dernier a été monté dans des installations existantes et a donc fait l'objet de tests techniques et de tests des moyens de sécurité. Il a surtout permis de commencer à former l'ensemble des opérateurs à ce type d'installations 2 ans en amont !
- Une organisation du travail a été construite sur la base d'une évolution du métier des opérateurs vers des postes de conducteur de ligne automatisée (avec une cible " zéro port de charges ") et visant une polyvalence entre l'atelier amont et aval. De manière individuelle et ce, 6 mois avant le chantier, chaque opérateur s'est vu proposé un nouveau poste avec un bilan de compétences et un cursus de formation personnalisé mis en œuvre avant le démarrage des nouvelles installations.

### *Des repères pour la conception*

L'analyse du travail en lien avec les simulations va permettre de fournir aux concepteurs une description précise des futures situations de travail en termes d'équipements (ex. machines, interfaces informatiques, etc.), d'espaces de travail (ex. accès, poste de travail) et d'organisation du travail (ex. répartitions des tâches homme / machine). Ces *repères de type descriptif* sont principalement issus de l'analyse des situations de référence et permettent aux concepteurs mais aussi à la maîtrise d'ouvrage d'intégrer les caractéristiques importantes de l'activité des opérateurs.

Ils sont complétés par des *repères de type prescriptif* qui imposent aux concepteurs le respect de principes ou normes. Les repères prescriptifs s'appuient sur une large bibliographie (ergonomie, sécurité, toxicologie, ...) et vont permettre, d'une part, que les choix de conception tiennent compte de l'état de l'art en termes de normalisation en sécurité et ergonomie, et d'autre part, qu'ils ne soient pas remis en cause lors de processus de certification.

Dans le cas de notre exemple de conception d'une ligne de production automatisée, ces repères se sont traduits par un travail d'enrichissement des analyses fonctionnelles en collaboration avec la maîtrise d'œuvre au travers :

- La définition des différentes situations de travail regroupant l'ensemble des modes de fonctionnement (nominal, transitoire et dégradé) du futur système de production ;
- L'explication des besoins et leur transcription sous la forme de fonctions générales relatives au fonctionnement futur des installations et à l'activité future des opérateurs ;
- La définition précise des différentes fonctions de services et de contraintes en traduisant celles-ci en une description en termes de fonctionnement des futurs équipements, machines, logiciels ou opératoires (activités futures probables des opérateurs).

De même, ces repères en ergonomie ont alimenté de manière complémentaire la démarche d'Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC ; Norme X60-150, 1986) par :

- Un recensement des modes de défaillance et des facteurs à leur origine (élaboration de scénarios mettant en évidence des modes de défaillance des diverses fonctions) ;
- Des études des effets à partir des scénarios d'activité future traduisant différents modes de régulation de la part du système technique et/ou des opérateurs ;
- Des études des modes de détection afin de concevoir des environnements permettant aux opérateurs d'anticiper les effets et de prévenir les modes de défaillance (prise en compte des stratégies cognitives des opérateurs de la perception à l'action).

Ainsi, au travers de repères pour les concepteurs, l'ergonome va petit à petit introduire les éléments liés au travail futur des opérateurs dans les démarches d'ingénierie.

#### **4.- Les évolutions de la pratique des ergonomes**

Historiquement, les bases de la démarche ont été élaborées dans le milieu des années 80 par Daniellou (1987). À cette période, elle a été conçue afin de s'introduire dans les processus de conduite de projet dont la modélisation dominante était de type séquentiel et ce, avec un positionnement plutôt d'assistance à la maîtrise d'œuvre. Par la suite, cette démarche a fait l'objet de différentes évolutions liées d'une part à un changement de la nature des demandes des industriels (avec des interventions de plus en amont des projets) et d'autre part, suite à des tentatives de modélisation de la pratique des ergonomes.

À partir des années 90, les résultats de la démarche ayant donné satisfaction à des industriels, des chefs de projet et des partenaires sociaux, des demandes d'intervention d'ergonomes dans les phases d'avant-projet sont apparues. Le fait d'intervenir, bien en amont de la rédaction des cahiers des charges, a conduit les ergonomes à se rapprocher de la maîtrise d'ouvrage et à transformer leur rôle initial. En effet, ils ont été amenés à passer d'un rôle de " critique " par rapport aux propositions des concepteurs à un rôle d'acteur du processus de conception. Ceci a exigé d'eux d'être " dans le même bateau " que les concepteurs : c'est-à-dire de se prononcer, de s'engager sur des choix de concept, d'orientation ou de solutions. De plus, la nature des demandes a évolué, amenant les ergonomes à intervenir aussi dans des projets de

transformation des organisations. Dans ces différents mouvements, l'objet d'étude qui était autrefois centré sur des travailleurs dans des milieux industriels s'est ouvert à l'encadrement de proximité, aux cadres supérieurs, ainsi qu'aux activités de service. Les différents acteurs des situations de travail (travailleurs, cadres, etc.) sont alors considérés comme des **opérateurs** avec des caractéristiques spécifiques du point de vue de leurs activités. L'ouverture de l'objet d'étude s'est traduite par le développement de nouvelles approches d'analyse de ces activités.

Le deuxième type d'enrichissement de la démarche est en lien avec une perspective de recherche portant sur une réflexion a posteriori du déroulement des interventions et sur la pratique des ergonomes (Daniellou, 1992 ; Garrigou, 1992 ; Thibault, 2000). Le point de départ de cette perspective de recherche réflexive a été "*le constat d'écart importants entre la méthodologie retenue en début d'intervention et celle réellement mise en œuvre*". Il est à noter qu'à l'époque les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de la démarche étaient vécues comme un mode dégradé, ce qui témoigne des influences fortes du paradigme de l'application des connaissances alors dominant dans la modélisation de la pratique des ingénieurs. Cette perspective de recherche a été influencée par différents auteurs dont Argyris & Schön (1974), Schön (1983), Bucciarelli (1988) et Granath (1991).

Ce champ de recherche a donné lieu à des modélisations de la pratique de l'ergonome dans :

- La transformation des organisations sur la base de la compréhension de l'activité des cadres (Carballeda, 1997) et de l'encadrement de proximité (Mascia à paraître);
- La conduite de projets architecturaux (Martin, 1998 ; Ledoux, 2000) ;
- La conduite de projet de formation (Aubert à paraître).

## 5 - Des évolutions des connaissances sur les activités de conception

Une prise de recul des pratiques de conception traditionnelles (fortement marquées par le paradigme de l'application des connaissances (Pahl & Beitz, 1984)) a permis de souligner les limites des processus de conception présentés comme séquentiels (Dertovzos et al., 1989 ; Moisdon & Weil, 1992 ; Charue-Duboc, 1997 ; Midler, 1997 ; Bossard et al. 1997), en particulier du point de vue de l'efficacité du déroulement de projet. Différents modèles d'ingénierie, basés sur une rupture par rapport à la séquence ont été proposés : ingénierie simultanée, intégrée, concourante, etc.

En parallèle, les connaissances sur la conception et l'activité des concepteurs ont été développées en particulier par des disciplines comme la psychologie cognitive, l'ergonomie, la gestion ou la sociologie de l'innovation. Le modèle du concepteur génial qui dans son bureau concevait des installations en appliquant des connaissances issues des sciences dites " dures " a été sérieusement mis à mal.

Il est ressorti de différentes études que la séparation entre les phases de construction et de résolution de problème n'est qu'artificielle et illusoire. Dans la réalité des pratiques individuelles, même si les concepteurs ont parfois du mal à l'admettre, la définition du problème est menée conjointement à sa résolution (Visser, et al., 1987 ; Falzon et al. 1990). Schön (1983) avait souligné l'importance des stratégies de *réutilisation* de solutions antérieures développées par les concepteurs. D'après cet auteur, à partir de leur pratique , les concepteurs élaborent des bibliothèques de cas traités qu'ils pourront mobiliser en partie dans de futures situations de conception.

La dimension collective de la conception a été mise en avant, le processus de conception étant porté et nourri par un processus d'interactions, voire de négociation ou de " troc " entre les différents acteurs (Bucciarelli, 1988 ; Wallace et Hales, 1987 ; Béguin, 1994). Vinck & Jeantet

(1995), Jeantet (1998) ont mis en avant le rôle des objets intermédiaires (schéma, plans, maquettes, prototypes, etc.) produits par les différents "mondes" de la conception et des "traductions" nécessaires lors d'un passage d'un monde à l'autre (par exemple du Bureau d'Etudes vers l'atelier de fabrication). Cette traduction permet aux différents acteurs d'avoir "prise" sur ces objets. Ils deviennent alors le support structurant des interactions entre les acteurs du projet. Ces objets sont à chaque fois transformés, ce qui justifie leur appellation d'objets intermédiaires.

Tiger (1991) a souligné que le cahier des charges ne peut être considéré comme un simple document de formalisation des besoins, ou de consultation de prix. Il est illusoire, voire dangereux de trop le figer. Il est important de le considérer comme un outil de communication entre le client et les fournisseurs, qui doit pouvoir évoluer tout au long du projet. Hatchuel (1996) décrit ces activités sous la forme de prescriptions réciproques : chaque décision a un niveau engendrant des contraintes vers l'aval. Pour le bon déroulement du projet, il est important que chaque concepteur puisse évaluer et prendre en compte les contraintes que ses décisions vont générer aux concepteurs situés en aval. Les enjeux de la coopération entre les concepteurs deviennent déterminants pour le bon déroulement du projet (de Tersac & Friedbeg, 1996).

### 6- Des défis pour l'ergonomie

Face à ces transformations de l'organisation des processus de conception et à partir de nouvelles connaissances produites sur l'activité des concepteurs, les derniers développements de l'approche de l'activité future positionnent la question du travail futur comme un des **médiateurs** entre les représentants de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre et ceux de l'exploitation ou de la maintenance. La démarche d'approche de l'activité future alimente alors un processus de construction des problèmes de conception, basé sur une négociation entre volonté politique (portée par les représentants de la maîtrise d'ouvrage) et faisabilité technique (portée par les représentants de la maîtrise œuvre et les concepteurs du bureau d'étude) (cf. schéma).

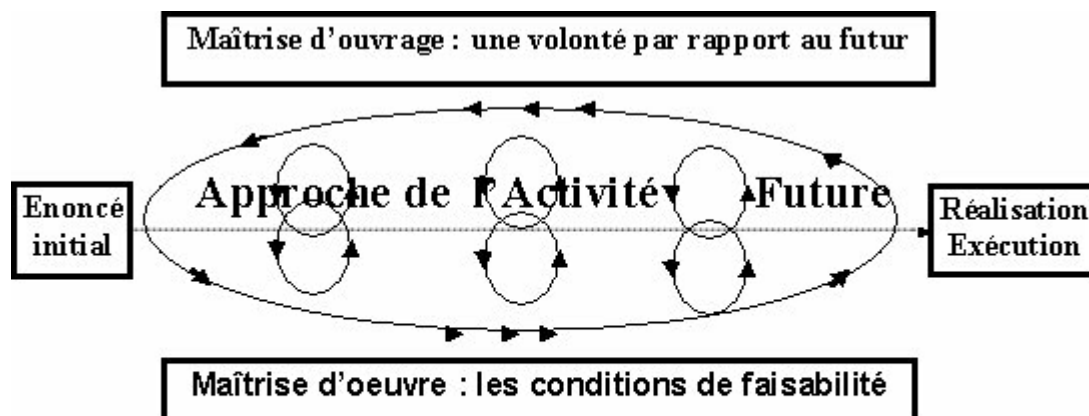


Schéma : La construction du problème structuré autour de l'approche de l'Activité future (Martin, 1998)

Cette démarche va alors chercher à établir des liens mais aussi des différences entre les situations passées, actuelles et futures ce qui va nourrir le processus de conception. Cette démarche facilite la projection des opérateurs et de l'encadrement dans le futur en évitant de faire table rase sur le passé, ce qui est couramment rencontré dans les projets (Tourraine, 1992 ; Guiho-Bailly, 1998 ; Garrigou et Thibault, 1999). Mais ce type de démarche va au-delà de la préparation des personnes aux activités futures. Elle va aussi influencer les relations entre les représentants de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre, entre les différents membres du collectif de conception et aboutir à de nouveaux choix techniques comme organisationnels.

Dans cette conclusion, nous nous proposons de souligner différents défis que les développements actuels des démarches en ergonomie de conception doivent être capables de relever :

- Pour influencer le processus de conception qu'il soit traditionnel ou simultané (Daniellou, 1997) et y introduire le " point de vue du travail ", les ergonomes doivent être capables de structurer des rendez-vous (Zarifian, 1995) entre les acteurs de la conception, de façon à pouvoir, au sein de ces interactions, influencer le processus de choix et de décision. Cela signifie de développer une compétence d'intervention " dans " et " sur " les situations de *gestion* dans lesquelles les orientations et les décisions de projets se prennent. Celle-ci renvoie à la capacité d'identifier voire de créer des espaces de discussion et de délibération, de s'introduire dans ces lieux à des moments qui sont des tournants du processus de conception.
- Assumer pleinement le fait que l'ergonome dans son intervention est aussi un prescripteur, qui vient ajouter ses prescriptions à celles déjà produites par les autres membres du collectif de conception (Daniellou & Six, 2000). Dans les situations de délibération citées plus haut, il s'agit alors de trier, de hiérarchiser au sein du collectif de conception et en lien avec les représentants de la maîtrise d'ouvrage, ces différentes prescriptions. Le risque est aussi que le rôle de l'ergonome soit instrumenté et qu'il devienne un " technicien " au détriment de son rôle de construction sociale de l'intervention. Cet équilibre fragile doit faire l'objet de la part des ergonomes d'un positionnement éthique et d'une vigilance particulière ;
- De pouvoir alimenter des discussions sur les critères sous-tendant la gestion des entreprises qui guident le processus de conception des nouvelles installations industrielles, en particulier en ce qui concerne les critères : de planification du projet, de maîtrise des coûts, de management des hommes, et de faisabilité technique. Il devient alors indispensable d'enrichir les notions traditionnelles d'efficacité (Blazejewski & Hubault 1999). Pour cela, il devient incontournable d'établir des liens entre des familles de problèmes traités de manière fragmentée dans les entreprises. Un des enjeux pour les ergonomes est alors de montrer comment des difficultés rencontrées dans des installations ont des répercussions à la fois sur l'efficacité (en particulier au niveau du taux de marche), la qualité et les conditions de travail, mais aussi au niveau des conditions de maintenance, de la gestion du personnel tout comme sur des atteintes possibles à l'environnement . Comme le rappelait le directeur d'une usine, il y a un intérêt des entreprises pour l'amélioration des conditions de travail, mais, elle n'est qu'un moyen parmi d'autres dans la recherche de l'augmentation de la productivité. Il est alors nécessaire de tenir fermement les questions de santé dans les projets industriels (Laville, 1998). De plus, la volonté des ergonomes de s'immiscer dans les débats concernant l'efficacité des organisations nécessite une meilleure compréhension de l'activité des cadres qui doivent être considérés comme des travailleurs faisant face à des contraintes descendantes (provenant de la direction supérieure) et remontantes (provenant des personnes qu'ils ont à gérer) (Carballeda et Garrigou, 2001).

Enfin un des enjeux majeurs de la contribution des ergonomes est de contribuer à une construction sociale au sein de projets qui permettent la participation d'une diversité de logiques (conception, maintenance, exploitation, y compris les représentants du personnel par exemple du CHSCT, etc.) au sein du processus de conception et ce, sur la base de règles négociées entre les partenaires.

## **Bibliographie**

- Argyris, C. & Schön, D. (1974).** *Theory in practice. Increasing professional effectiveness*. San Francisco : Jossey Bass.
- Aubert, S.** *Rôles de l'ergonomie dans la conduite de projets de formation*. A paraître. Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM.
- Béguin P., (1994).** *De l'individuel au collectif dans les activités avec instruments*. Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM.
- Béguin P., Weill-Fassina A. et coll., (1997).** *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*. Toulouse : Octarès,
- Bellemare, M., Garrigou, A., Ledoux, E. & Richard, J.-G. (1995).** Les apports de l'ergonomie dans le cadre de projets industriels ou architecturaux. *Relations Industrielles*. vol. 50, n°4.
- Belliès, L. & Jourdan, M. (1997).** Le retour d'expérience : un outil pour aborder les questions organisationnelles. In *Recherche, pratique, formation en ergonomie : évolutions et interactions dans le contexte sociale, économique et technique*. Actes du XXXII<sup>e</sup> Congrès de la Self, pp. 159-170. Lyon, septembre.
- Blazejewski, F. & Hubault, F. (1999).** De la gestion comme contexte à la gestion comme domaine d'intervention. In Actes du XXXIV<sup>e</sup> congrès de la Self. Caen, septembre.
- Bossard, P., Chanchevrier, C. & Leclair, P. (1997).** *Ingénierie concourante, de la technique au social*. Paris : Economica.
- Bucciarelli, L. (1988).** An ethnographic perspective on engineering design. *Design Studies*, vol. pp. 185-190.
- Cambon de La Vallette, B. & Neboit, M. (1996).** *L'erreur humaine : question de point de vue ?* Toulouse : Octarès.
- Carballeda, G. (1997).** *La contribution des ergonomes à l'analyse et à la transformation de l'organisation du travail : l'exemple d'une intervention dans une industrie de process continu*. Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM.
- Carballeda, G. & Garrigou, A. (2001).** Derrière le stress : un travail sous contraintes. In P. Bouffartigue (s/d) *Cadres : la grande rupture*. Paris : La Découverte
- Cavestro, W. (1989).** Automation, new technology and work content, pp. 219-234. In S. Wood (Ed.), *The transformation of work*. London : Unwin Hyman.
- Charue-Duboc, F. (1997).** Maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage et direction de projet : pour comprendre l'évolution des projets chez Rhône-Poulenc. *Gérer et Comprendre*. N° Septembre, 1997.
- Clot, Y. (1998).** *Le travail sans l'homme ? Pour une psychologie des milieux de travail et de vie*. Paris : La Découverte.
- Crozier, M. & Friedberg, E. (1977).** *L'acteur et le système*. Paris : Le Seuil.
- Daniellou, F. (1987).** *Les modalités d'une ergonomie de conception : introduction dans la conduite de projets industriels*. Note documentaire. ND 1647-129-87. Paris : INRS.

- Daniellou , F. (1988).** Ergonomie et démarche de conception dans les industries de process continu, quelques étapes clefs, *Le Travail Humain*, 51,2,184-194.
- Daniellou, F. (1992) .** *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception.* Thèse d'Habilitation à diriger des recherches. Université de Toulouse.
- Daniellou, F. (1997).** Postface. In P. Bossard, C. Chanchevrièr et P. Leclair (Eds.), *Ingénierie concourante : de la technique au social.* Economica : Paris.
- Daniellou, F. & Garrigou, A. (1991).** Human Factors in Design : Sociotechnics or Ergonomics ? pp 55-63. In M. Helander, (Ed.), *Design for Manufactorability and Process Planning.* Londres : Taylor & Francis.
- Daniellou, F. & Naël, M. (1995).** *Ergonomie.* In Traité de Génie industriel. Paris : Techniques de l'ingénieur .
- Daniellou, F. & Six, F. (2000).** Introduction aux journées de la pratique en ergonomie " L'ergonome et les prescriptions ". Bordeaux, mars.
- De Keyser, V., De Cortis, F. & Van Daele, A. (1988)** The approach of Francophone Ergonomy : studying New Technologies. In V. De Keyser, T. Quale, B. Wilpert & S. A. Ruiz Quintilla (Eds.), *The meaning of work and Technological options .* London : John Willey & Sons.
- Dertovzos, M.,L., Lester, R., K., & Solow, R., M. (1989).** *The MIT Commision in industrial productivity.* Boston : MIT Press.
- Duclos, D. (1991).** *L'homme face au risque technique.* Paris : L'Harmattan.
- Du Roy, O., Hunault, J.-C. & Tubiana, J. (1985) .** *Réussir l'investissement productif.* Paris : Editions d'Organisation.
- Eklund, J., A & Daniellou, F. (1991).** Ergonomics and project management : important aspects in the planning management, pp 1329-1331. In Y. Quéinnec & F. Daniellou (eds), Proceedings of the 11 th congress of IEA. London : Taylor and Francis.
- Falzon, P., Bisseret, A., Bonnardel, N., Darses, F., Détienne, F., et Visser, W. (1990).** Les activités de conception : l'approche de l'ergonomie cognitive. Actes du colloque Recherches sur le Design, Compiègne.
- Garrigou, A. (1992)** *Les apports des confrontations d'orientations socio-cognitives au sein de processus de conception participatifs.* Mémoire de Thèse de doctorat de 3° cycle d'Ergonomie. Paris, Laboratoire d'Ergonomie et de Neurosciences du Travail, C.N.A.M.
- Garrigou, A., Carballeda, G., Daniellou, F. (1994).** The contribution of activity analysis to the understanding of maintenance difficulties in high-risk process control plant. In **F. Aghazadeh,** *Advances in Industrial Ergonomics and Safety VI .* Taylor & Francis, London, pp. 199-206
- Garrigou, A., Daniellou, F., Carballeda, G., Ruaud, S. (1995).** Activity Analysis in Participatory Design and Analysis of Participatory Design Activity. In *International Journal of Industrial Ergonomics.* 15, pp. 311-327.

- Garrigou, A., Bellemare, M. & Richard, J.-G. (1998)** Une démarche de simulation des activités futures au sein des projets de conception d'installations industrielles. *Performances Humaines et Techniques*. N° spécial simulations. Toulouse : Octares.
- Garrigou, A. & Thibault, J.-F. , (1999)**. Le rétablissement de liens entre les connaissances et savoir-faire passés, actuels et futurs : Un exemple issu d'une intervention ergonomique. In Actes du XXXIVème congrès de la Self. Caen : septembre.
- Gaudart, C (1996)**. *Transformation de l'activité avec l'âge dans des tâches de montage automobile sur chaîne* . Thèse de doctorat d'ergonomie de l'EPHE. Paris : EPHE.
- Granath, J., A. , (1991)**. Architecture, technology and human factors : design in a socio-technical context. Thesis for PhD : Architecture. Göteborg : Chalmers University of Technology.
- Guiho-Bailly, M.-P. (1998)**. Des temps du travail à l'histoire singulière : Apports de la clinique psychiatrique. In Actes du 33 ° Congrès de la Self. Paris, septembre.
- Hatchuel, A. (1996)**. Coopération et conception collective. Variétés et crises des rapports de prescription. In G. De Tersac et E. Friedberg (Eds), *Coopération et conception* . Toulouse : Octarès.
- Hubault, F., Langa, P. & Mélier, B. (1997)**. Les questions industrielles changent : l'ergonomie peut-elle y répondre sans revenir sur certains concepts ? In Actes du XXXII° congrès de la Self. Lyon, Septembre.
- Jackson, M. (1998)** . *Entre situations de gestion et situation de délibération : l'action de l'ergonome dans les projets industriels* . Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM.
- Jackson, M., Thibault, J.-F., Daniellou, F. (1997)**. Helping managers to find a better compromise between coherence and relevance : an intervention in an industrial project. in *Actes IEA 97*, Tampere, Finlande.
- Jeanet, A. (1998)**. Les objets intermédiaires dans la conception : éléments pour une sociologie des processus de la conception. *Sociologie du Travail*. Paris : PUF.
- Jones, B. (1983)**. Division of labour and distribution of tacit knowledge in the automation of metal machining, p 19-22. *Proceedings of IFAC congres : Design of work in automated manufacturing system*. Karlsruhe.
- Lapeyrière, S. (1987)**. Les aventures de Substance et de Cohérence au pays des Projets. *Le Travail Humain*, tome 50, n°2.
- Laplace, J., Régnaud, D. (1986)**. *Démarche participative et investissement technique - la méthodologie de Rhône Poulenc*. Cahiers techniques de l'UIMM, no 52.
- Laville, A. (1998)**. Les silences de l'ergonomie vis-à-vis de la santé. In Actes des 2° Journées " Recherche et Ergonomie ". Toulouse, février.
- Laville, A. & Teiger, C. (1972)** . Nature et variations de l'activité mentale dans les tâches répétitives : essai d'évaluation de la tâche de travail. *Travail Humain* , 35, 1-2, 99-116.
- Ledoux, E. (2000)**. *Projets architecturaux dans le secteur sanitaire et sociale - du bâtiment au*

- projet : la contribution des ergonomes à l'instruction des choix*. Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM.
- Llory, M. (1996).** *Accidents industriels : le coût du silence* . Paris : L'Harmattan.
- Maline, J. (1994).** *Simuler le travail*. Paris : Editions de l'ANACT.
- Martin, C. (1998).** *La conception architecturale entre volonté politique et faisabilité technique : Le positionnement de l'intervention ergonomique*. Thèse de doctorat d'ergonomie. Paris : CNAM.
- Mascia, F. (1994).** *La gestion de la production : une approche ergonomique du chef d'atelier*. Mémoire de DEA d'Ergonomie. Paris : EPHE.
- Mascia, F.** *L'activité de l'encadrement de proximité : entre intégration et dissociation*. Thèse de doctorat d'Ergonomie. Paris : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM. A paraître.
- Midler, C. (1997)** . Evolution des modèles d'organisation et régulation économiques de la conception. *Gérer et Comprendre* . N° de Février. Paris : Annales des Mines.
- Moison, J.-C. & Weil, B. (1992).** L'invention d'une voiture : un exercice de relations sociales ? *Gérer et Comprendre*, Septembre 1992.
- Neuville, J.-P. (1997).** *Le modèle japonais à l'épreuve des faits*. 241 p. Paris : Economica.
- Norme française (1986).** Norme X60-150. *Fiabilité, maintenabilité et disponibilité* .
- Pahl, G. & Beitz, W. (1984).** *Engineering Design* , London : the Design Council.
- Pinsky, L. & Theureau, J. (1985)** . Signification et action dans la conduite de systèmes automatisés de production séquentielle, Rapport n°83, Laboratoire d'Ergonomie. Paris : CNAM.
- Rabardel, P. (1995).** *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Riboud, A. (1987)** *Modernisation mode d'emploi*, Rapport au Premier Ministre. Paris : Collection 10/18.
- Roy, O. du, Hunault, J.-C. & Tubiana, J. (1985).** *Réussir l'investissement productif*. Paris : Editions d'organisation.
- Schön, D. (1983).** *The reflexive practionner : how professionals think in action*. New York : Basic Books, Harper Collins publishers.
- Tersac (de), G., Friedbeg., E. (1996).** *Coopération et conception*. Toulouse : Octares.
- Thibault J.F., (1998)**, Instrumenter les simulations, *Performances Humaines et Techniques n° 97*, p. 14-22. Toulouse : Octarès.
- Thibault J.F., Jackson M. (1999)**, L'ergonomie face aux critères de gestion des processus de conception industrielle. In *Actes du 34<sup>e</sup> congrès de la SELF*, p. 555-564. Caen, septembre.
- Thibault J.F., (2000)**, Practice of ergonomics management in industrial design, in *Proceedings*

of the IEA 200/HFES 2000 Congress, vol 2, San Diego, pp.297-299.

**Tiger, H. (1991)**. L'établissement du cahiers de charges des équipements automatiques : une procédure complexe qui doit faire appel à de nouveaux concepts. In *Actes du colloque ARRP du MRT*, Paris, janvier 1991.

**Touraine, A. (1992)**. *Critique de la modernité*. Paris : Fayard.

**Vinck, D. & Jeantet, A. (1995)**. Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design : a conceptual approach. In D. MacLean, P. Saviotti and D. Vinck (eds), *Management and new technology : design, networks and strategy*, Bruxelles, Commission of European Union (Cost social science serie).

**Visser, W. (1987)**. Abandon d'un plan hiérarchique dans une activité de conception. *Actes de Cognitiva 87*, Paris.

**Wall, T., D. & Davids, K. (1991)**. Shopfloor work organisation and AMT. To appear in : I. Cooper & C. L. Robertson (Eds.), *International Review of Industrial and Organisational Psychology*. Chichester : John Wiley & Sons.

**Wallace, K. & Hales, C. (1987)**. Detailed analysis of an engineering design project. Proceedings of International Conference on Engineering Design, ICED 87, August.

**Wilson, J. (1991)**. Participation : A framework and a foundation for ergonomics? In *Journal of Occupational Psychology* , (1991), 64, 67-80 British Psychological Society, UK.

**Wisner, A. (1990)**. Cognition at work, influence of cultural and technical conditions. In K. Noro & O. Brown (Eds.), *Human Factors in Organizational Design and Management*. pp. 445-449. Amsterdam : Elsevier.

**Zarifian, P. (1995)**. *Le Travail et l'événement*. Paris : Harmattan

---

<sup>1</sup>Par opérateur nous comprenons certes des travailleurs au sens classique du terme, mais aussi les agents de maîtrise et l'encadrement.

<sup>2</sup>Le maître d'ouvrage (MO) est défini comme " la personne physique pour le compte de qui les travaux sont réalisés ".

<sup>3</sup>Le maître d'œuvre est la personne physique ou morale qui, par sa compétence, est chargée par le maître d'ouvrage de diriger et de contrôler la réalisation du projet.

