

## UDDEVALLA, ANALYSEUR DU FORDISME ET DU TOYOTISME

Michel Freyssenet  
CNRS Paris, GERPISA

L'évaluation des performances de l'usine Volvo d'Uddevalla, caractérisée par le montage complet de véhicules en station fixe par deux à quatre ouvriers, se heurte à deux difficultés. Les données disponibles sont insuffisantes, soit parce que le contexte ne se prête plus ou pas encore à ce que Volvo livre les informations nécessaires, soit parce que ces dernières n'ont pas été recueillies en leur temps. La deuxième difficulté tient au fait que le système était en cours, non seulement de mise au point, mais aussi à proprement parler de découverte par ses propres concepteurs <sup>1</sup>.

Seule certitude, les temps de montage étaient devenues à Uddevalla inférieurs à ceux réalisés sur chaîne classique pour le même modèle dans l'usine mère de Torslanda. Cela n'autorise cependant pas à considérer ce mode de montage industriellement intéressant, voire supérieur. On peut estimer que les performances de Torslanda n'étaient pas fameuses et que faire un peu mieux n'était guère difficile. La référence pertinente est le temps obtenu par les constructeurs japonais pour un véhicule équivalent, et qui serait, si l'on en croit les résultats de l'étude IMVP, deux fois plus court. Quand bien même, les temps d'Uddevalla auraient approché ceux de la Toyota-Cressida, il faudrait encore montrer que les possibilités de gains supplémentaires de productivité étaient importantes pour justifier de "revisiter" cette usine fermée.

Bien que placés en situation d'information insuffisante pour discuter utilement des résultats et des potentialités d'Uddevalla, nous ne sommes cependant pas dépourvus de moyens pertinents de réflexion. Un de ces moyens consiste à analyser les problèmes de la chaîne classique (ou plus exactement dit du montage additif en ligne mobile) que le montage holiste en station fixe d'Uddevalla résout, et d'évaluer les avantages structurels de ce dernier mode de montage par rapport aux inconvénients et problèmes qui lui sont propres. Cette façon de raisonner n'est pas une méthode par défaut. Quand bien même disposerions-nous des données indispensables pour calculer les performances d'Uddevalla, nous devrions de toute façon rechercher les raisons de ces performances et explorer les limites et les potentialités du système, et donc mener l'analyse précédente.

---

<sup>1</sup> Voir les textes ci-dessus de Kajsa Ellegard, Tomas Engstrom et Lennart Nilsson "La réforme du travail industriel. Principes et réalités de la planification de l'usine de montage automobile Volvo à Uddevalla" et d'Elsie Charron et Michel Freyssenet "L'usine d'Uddevalla dans la trajectoire de Volvo".

En procédant analytiquement de la sorte, il est possible de montrer que l'on peut parvenir à des performances supérieures grâce au montage holiste en station fixe, sous certaines conditions sociales, comme toute performance. Ce faisant, nous avons découvert, et ce n'est pas le moindre mérite du cas étudié, que l'usine d'Uddevalla était porteuse de principes industriels originaux de portée générale, et qu'elle fonctionnait du même coup comme analyseur du fordisme et du toyotisme, et de ce qui unit et différencie ces deux modèles productifs.

Uddevalla, par sa conception holiste du travail et son organisation de la production en parallèle, fait apparaître la communauté de principes industriels que partagent le fordisme et le toyotisme, à savoir l'additivité et la production en ligne, et en même temps leur différence, qui résident dans la façon dont ils mettent en oeuvre ces principes. Le toyotisme se montre alors comme un système d'innovations techniques, organisationnelles, gestionnaires et sociales, qui tendent toutes à limiter les conséquences des problèmes structurels de la production additive en ligne dans un marché de renouvellement et de variété, sans pour autant remettre en cause les principes industriels qui sont à l'origine de ces problèmes.

La mise en évidence des paradigmes de la production uddevallienne permet de penser leur application à d'autres tâches que les opérations manuelles, à d'autres activités que le montage et à d'autres branches d'activités économiques que l'automobile. C'est en cela qu'il est porteur d'un modèle industriel possible sous certaines conditions macro-économiques et politiques, comme tout modèle.

Loin d'être un retour à l'artisanat ou un néo-artisanat, Uddevalla peut s'analyser comme un autre processus d'automatisation, pouvant donner naissance à une autre forme sociale d'automatisation, et apporter une solution aux problèmes d'efficacité et de contenu du travail constatables dans les ateliers automatisés <sup>1</sup>.

## **1. Les principes fondateurs du système industriel actuel et leur remise en cause par l'organisation uddevallienne**

Le système productif actuel, quels que soient les modèles industriels dans lesquels il se concrétise (fordien, toyotien...), repose, aussi bien dans ses phases manuelles que dans ses phases automatisées, sur trois principes: la standardisation, l'additivité et la fluidité.

La standardisation et l'interchangeabilité des pièces ont permis de supprimer le travail long et qualifié d'ajustage et de mettre en oeuvre des deux principes suivants. La décomposition du processus de production en opérations élémentaires a été faite dans le but de recomposer ce processus par addition séquentielle des opérations élémentaires selon le principe de l'économie maximale de temps. La mise en ligne et en cycle du processus de production a permis de réduire les temps non-productifs de certaines manutentions, d'alimenter le flux en pièces là où et quand il faut, et de spécialiser les opérateurs ou les machines dans un nombre limité d'opérations, évitant une formation longue pour les premiers et des réglages permanents pour les secondes.

S'il est admis que les deux derniers principes d'additivité et de fluidité ont clairement leur origine dans la recherche de l'économie de temps, d'espace et d'investissement humain, ils se trouvent cependant justifiés a posteriori par des argu-

---

<sup>1</sup> Freyssenet M., "Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique", *Sociologie du Travail*, Paris, 4/92.

ments d'impossibilité pratique de faire autrement, tout particulièrement aujourd'hui. On aurait démontré que les opérateurs ne seraient pas en mesure de mémoriser et d'effectuer efficacement des opérations diversifiées au-delà d'un nombre très limité, et même qu'ils ne souhaiteraient pas du tout qu'il en soit autrement, le travail répétitif leur laissant au moins la possibilité de penser à autre chose. Logistiquement, la limite serait également vite atteinte si l'on voulait monter un véhicule en un ou plusieurs modules. On ne peut imaginer en effet de créer autour de chaque station de montage ou dans chaque atelier un magasin complet de pièces. Enfin, on considère volontiers que l'automatisation enlève au débat sa pertinence, les machines n'ayant pas d'états d'âme. On peut leur faire faire les opérations dans l'ordre qui se révèle le plus productif, sans avoir à se préoccuper de savoir si elles ont un sens pour elles. De plus, la conduite et la première maintenance des installations automatisées requièreraient de par la nature de l'automatisation de la réflexion, de l'imagination et des connaissances variées, et les opérateurs ne seraient plus "sous contraintes de temps".

Certes, reconnaît-on, ces principes industriels s'appliquent particulièrement à une production de masse uniforme, mais le système toyotiste a su les adapter efficacement à une production diversifiée et changeante.

Le système uddevallien <sup>1</sup> remet en question les impossibilités pratiques données comme justification aux principes d'additivité et de fluidité: la mémorisation et la réalisation, sans erreur et dans des temps alloués, d'un montage complexe par quelques individus voire un seul, l'approvisionnement en pièces des postes de travail fixes sans encombrement et immobilisations coûteuses. Ce faisant, il dépasse les problèmes structurels du fordisme dont les innovations toyotiennes ne font, à la réflexion, que limiter les conséquences. Il ouvre enfin une voie de solution aux difficultés rencontrées par le processus et la forme actuels d'automatisation.

Il est possible, en effet, nous disent les concepteurs d'Uddevalla, de s'appuyer sur les compétences cognitives ordinaires des individus pour qu'ils trouvent, sans qu'un ordre de montage soit prescrit sous forme de *check list*, quelles pièces doivent être assemblées et comment, pour autant que celles-ci leur soient présentées regroupées selon la logique fonctionnelle du produit dans des casiers conçus pour cela. De fait, dans la vie courante, chacun est capable de gérer des situations complexes très rapidement. Les mêmes ouvriers affectés sur les chaînes réparent eux-mêmes leur voiture, construisent leur maison, ou ont des activités syndicales ou culturelles. Il n'y a pas a priori de raison pour que les capacités qu'ils mobilisent là disparaissent, le seuil de l'atelier étant franchi.

Il n'est nul besoin de mettre à disposition de chaque équipe montant des véhicules complets un magasin entier de pièces avec leurs variantes. Il suffit de leur apporter sur des chariots filoguidés la totalité des pièces dont ils ont besoin pour monter le véhicule commandé. Six chariots portant des casiers à étagères suffisent pour contenir et présenter d'une manière intelligible toutes les pièces d'un véhicule haut de gamme.

Les deux solutions sont logiquement liées. Un approvisionnement des pièces d'un véhicule sans ordre ou dans un ordre ne permettant pas de comprendre comment il se monte serait sans intérêt. Il faut qu'il y ait concordance entre la manière d'assembler, la disposition des pièces sur les casiers et leur dénomination-description administrative.

---

<sup>1</sup> Uddevalla n'est pas la généralisation des principes de l'organisation de Kalmar. Il y a au contraire une rupture conceptuelle entre ces deux usines. Il faut la connaître pour ne pas reporter sur Uddevalla des analyses qui ne valent que pour Kalmar.

Ces deux solutions non seulement remettent en cause ce que l'on a fini par considérer comme des impossibilités pratiques, mais surtout elles suppriment les problèmes structurels du modèle fordiste et toyotiste qui en limitent les performances. Enfin, le système uddevallien revient à préconiser une autre démarche d'automatisation, consistant à automatiser en priorité la manutention, le stockage et la gestion, laissant aux opérateurs ce qui est à la fois, pour l'instant complexe et coûteux à automatiser, et ce qui fait la qualité du produit.

Pour avancer dans l'analyse et l'évaluation des principes industriels qui ont soutenu l'organisation de la production et du travail de l'usine d'Uddevalla, il nous faut répondre aux questions suivantes:

- comment comprendre que les monteurs puissent mémoriser des opérations nombreuses et variées?
- comment peut-on alimenter des postes fixes avec toutes les pièces nécessaires au montage d'un véhicule?
- comment comprendre que le montage en poste fixe puisse demander moins de temps que le montage en ligne?
- comment comprendre que la performance globale puisse être supérieure sans recourir aux cercles de qualité, au *kaizen*, etc.
- comment automatiser une production fondée sur une conception holiste?

## **2. Comment comprendre que les monteurs puissent mémoriser des opérations d'assemblage nombreuses et variées?**

Cela paraît à première vue peu compréhensible, quand on connaît la fréquence des erreurs des ouvriers sur chaîne, réalisant de 5 à 10 opérations au maximum, alors que le montage complet d'une Volvo 740 ou 940 implique plus de 600 références de pièces, nécessitant chacune plusieurs opérations, avec une variété supérieure à celle des modèles des gammes basses ou moyennes.

Et pourtant les opérateurs n'ont pas de check-list, ni d'ordre de montage imposé. Leur temps de formation à l'assemblage du quart d'un véhicule ne dépasse pas quatre mois. En deux jours, tout en travaillant, ils acquièrent la connaissance d'une variante nouvelle.

Aujourd'hui, dans le travail à la chaîne, la mémorisation est rendue inutilement difficile et nécessairement limitée. Les pièces sont désignées par des codes numériques et non par des mots qui leur donnent sens. L'ordre dans lequel elles doivent être placées sur le sous-ensemble ou le véhicule n'est pas fondé sur la logique intelligible de la structure et du fonctionnement du produit. Les opérations à effectuer n'ont pas de liens entre elles, car elles sont distribuées entre les postes de travail en fonction du temps qu'elles demandent pour être exécutées et du temps de cycle choisi, qui ne doit être ni dépassé par la somme des temps opératoires élémentaires ni être sous-utilisé. La mémorisation ne peut donc s'appuyer sur aucun vecteur cognitif. La structure et le fonctionnement de la voiture et de ses différents organes, ainsi que de leurs nombreuses variantes, sont masqués par le système technique et administratif existant.

Les conséquences sociales d'un tel système et le coût économique de ces conséquences ne sont plus à démontrer et à calculer. Les inconvénients proprement productifs ne sont pas moindres. Ils conduisent tous à réduire la flexibilité de la production et la qualité du travail, dès que la demande devient plus fluctuante et variée.

La solution toyotiste, pour redonner un sens au travail et un support au déploiement de l'intelligence des travailleurs, et ainsi essayer d'obtenir d'eux une plus grande motivation, a consisté à tenter de leur faire intérioriser les principes mêmes d'économie de temps et de flux tendu, en leur demandant de les mettre eux-mêmes en oeuvre. Les ouvriers japonais non seulement apprennent à équilibrer eux-mêmes leur chaîne, mais ils ont à le faire en atelier très fréquemment. Leur rémunération et leur promotion sont liées à leur capacité à réduire les temps standard, à équilibrer entre eux leurs postes de travail, à identifier les causes des défauts et des arrêts de production et à rechercher des solutions. Il a été possible ainsi pendant plusieurs décennies d'obtenir d'eux une polyvalence des chaînes et un rythme de changement et de diversification de la production qui ont stupéfié les constructeurs nord-américains et européens. Le travail n'en a pas pour autant changé de nature. Et les constructeurs japonais reconnaissent aujourd'hui que les jeunes n'en veulent plus. Le modèle toyotiste semble bien rencontrer des limites productives, sociales et politiques, qui amènent certains dirigeants japonais à regarder les expériences européennes et particulièrement suédoises <sup>1</sup>.

La voie suédoise des années soixante-dix a été inverse. Plutôt que de procéder à une fuite en avant dans la logique des principes d'additivité et de fluidité, elle a consisté à relâcher l'emprise de la ligne et du temps de cycle, en sectionnant la première et en augmentant le second. Si elle a produit des résultats économiquement intéressants, elle a été finalement décevante du point de vue des travailleurs. Pas plus que chez Toyota, la nature même du travail n'avait été en effet changée chez Volvo. Accentués par les travailleurs eux-mêmes chez Toyota ou relâchés dans leur application organisationnelle chez Volvo, les mêmes principes restaient cependant en vigueur. La nouveauté radicale d'Uddevalle est de rompre définitivement avec le principe de décomposition-recomposition selon l'économie des temps élémentaires.

La démarche uddevalienne pour rendre intelligible le travail de montage a consisté à mettre à jour la logique de structuration et de fonctionnement du véhicule à assembler, et à faire de cette logique l'axe de réorganisation du montage. Le produit guide ainsi lui-même son propre montage et donne la possibilité au monteur d'anticiper mentalement sur ce qu'il doit logiquement trouver comme pièces <sup>2</sup>.

Le découpage du véhicule est d'abord spatial, selon deux axes perpendiculaires créant un côté droit et un côté gauche, un avant et un arrière, un dessus et un dessous. L'opérateur a ainsi une première représentation du véhicule, sous la forme d'un "éclaté", comme si les pièces étaient mises à plat au sol selon ces deux axes, représentation facilitée par le caractère symétrique de la voiture. La répartition des pièces et des sous-ensembles entre les six chariots qui les contiennent et leur présentation dans chaque chariot reproduisent cette spatialisation. Et de fait la structure du véhicule était perceptible en regardant seulement les chariots et les casiers que ces chariots portaient.

Ensuite, les pièces sont classées par "souches" correspondant à de grandes fonctions perceptibles ou à des ensembles physiques importants. La "souche" délimite un contexte, avec ses contraintes. Déjà au sein de ces "souches", le monteur s'attend à trouver logiquement un certain nombre de fonctions particulières et de groupes de pièces indispensables à l'ensemble concerné. Sur chaque chariot, il y a une ou plusieurs souches.

---

<sup>1</sup> "Un nouveau toyotisme?" *Actes du GERPISA*, Paris, n°8, Décembre 1993.

<sup>2</sup> Kajsa Ellegard, Tomas Engstrom, Lennart Nilsson, Texte ci-dessus.

Les fonctions particulières remplies par, ou localisées dans, ces ensembles sont assurées par des pièces en rapport les unes avec les autres, avec une précision donnée et à une place déterminée. Ces pièces peuvent être ainsi classées par “familles”, définies à la fois par la fonction qu’elles remplissent, le type d’assemblage qui les unira et leur position sur le véhicule.

Les pièces ont dès lors chacune une identité intelligible, descriptible verbalement et visuellement sur des “cartes”, et désignable par des mots qui font sens, à côté des codes numériques.

Les pièces et les familles sont ensuite rangées selon un modèle de croissance aboutissant à la “souche”, donnant à chacune une place temporelle dans un processus de montage holiste et organique, laissant donc la possibilité de modifier l’ordre des opérations, pourvu que la structure et la cohérence de l’ensemble soient assurées. Ainsi une discordance entre la disposition sur le casier et le montage permet de repérer rapidement une pièce erronée ou manquante.

De “l’éclaté” du véhicule à la pièce élémentaire, on change à chaque fois d’échelle dans la position, la description, et la désignation, comme on passe d’une carte au 250.000ème à une carte au 10.000ème. Le classement des “cartes” forme un “atlas géographique d’assemblage”, dans lequel il est possible d’aller du tout à la partie pour revenir au tout, dans l’espace et dans le temps.

Les souches, les familles et les pièces peuvent avoir des variantes correspondant à des variantes du véhicule ou à des options. Sur les “cartes” sont alors tracées des “pistes de variantes”, qui peuvent conduire à modifier le montage de l’ensemble, voire du véhicule, si la variante est d’une grande portée. Ces variantes, loin d’être une complication supplémentaire et parfois une souffrance, remplissent une fonction heuristique. Les différences permettent de mieux comprendre les fonctions essentielles et communes remplies par une pièce ou une famille de pièces.

La mémorisation, on le voit, n’a pas dans ce mode de montage le même objet et les mêmes supports cognitifs que dans le montage en ligne cadencée. Au lieu d’être une fonction séparée à mobiliser, la mémoire est partie intégrante d’une intelligence du produit et de ce qui en fait la qualité. À vrai dire, le problème ne se pose même plus en termes de mémorisation d’un nombre plus ou moins grand d’opérations, mais d’apprentissage d’un processus de montage. Il est intéressant de noter d’ailleurs que les concepteurs d’Uddevalla eux-mêmes n’ont découvert que petit à petit et grâce aux ouvriers qu’il ne s’agissait plus de déterminer la part d’un véhicule qu’un ouvrier était capable de monter dans des temps industriels. Dans leurs rêves les plus audacieux au cours de l’élaboration du projet, ils ne pensaient pas qu’il serait possible de dépasser le montage d’un quart d’une voiture par monteur, compte tenu du nombre d’opérations à faire. Bien que récusant la problématique de la mémorisation dans laquelle les tenants de la chaîne de montage enferment le débat, ils en restaient cependant encore prisonniers.

Le travail change de nature. Tout en restant inscrit dans des temps alloués par type de véhicule, le montage devient une activité qui permet aux monteurs d’appréhender intellectuellement l’ensemble du produit et du processus d’assemblage. Ils peuvent opérer des choix et des arbitrages quand à l’ordre des opérations et au temps à consacrer à chacune d’elles, compte tenu d’aléas divers. Ils sont en mesure de percevoir rapidement et de rectifier avec pertinence les défauts produits par eux-mêmes ou par les fournisseurs, parce qu’ils voient dans leur travail même les interférences, les incohérences, les impossibilités et les conséquences non seulement ponctuellement mais aussi globalement

pour le véhicule. Ils constatent les ajustages, les positionnements, les assemblages de pièces insuffisamment ou mal pensés à la conception, non pas en fonction de la vue étroite et tronquée que l'opérateur de chaîne a du produit et qui limite considérablement sa possibilité de penser une amélioration d'une manière pertinente, mais en fonction d'une compréhension de la logique du produit lui permettant de proposer des modifications qui tiennent compte des conséquences dommageables qu'elles peuvent avoir d'un autre point de vue.

### **3. Comment peut-on apporter à chaque station de montage fixe la totalité des pièces nécessaires à l'assemblage d'un véhicule?**

Il était évidemment exclu d'installer autour de chaque station un magasin complet de pièces. C'est même cette impossibilité qui est donnée comme justification au maintien de la chaîne. À vrai dire, la diversification du produit et la polyvalence des chaînes ont posé un problème sérieux d'encombrement. Il n'était pas rare, il y a peu encore, de voir des casiers, des caisses et des conteneurs rangés sur trois profondeurs. Il a fallu trouver des solutions techniques et organisationnelles, que nous verrons plus loin, pour rendre compatibles le montage en ligne et l'accroissement de la variété de pièces à monter à chaque poste.

La solution trouvée à Uddevalla consiste à apporter automatiquement sur des chariots filoguidés d'une part une caisse peinte et d'autre part les pièces et les sous-ensembles correspondants, et cela à la demande des équipes de montage transmise par le réseau informatique de l'usine et gérée par le système informatisé de gestion du magasin et de la production. La noria des chariots moteurs de l'usine classique est remplacée par deux flux de chariots filoguidés, l'un pour les caisses, l'autre pour les casiers de pièces. L'automatisation de ces manutentions s'imposait. Les demandes émanant des équipes ne s'étalent pas régulièrement dans le temps. Il aurait fallu soit disposer de nombreux caristes pour répondre immédiatement aux demandes simultanées et donc les avoir en sous-emploi le reste du temps, soit introduire une planification de l'approvisionnement des postes qui aurait enlevé de la souplesse au système. Enfin la manutention n'apporte aucune valeur ajoutée <sup>1</sup>.

La préparation des casiers et des chariots n'est pas l'application, à proprement parler, du principe du Kit à l'échelle industrielle. Les pièces ne sont pas placées dans les casiers et sur les chariots pour limiter avant tout l'encombrement et ne sont pas accompagnées d'un mode de montage. On a vu que leur disposition et leur présentation selon des principes cognitifs sont essentielles pour permettre aux ouvriers de les assembler.

La possibilité d'un montage complet par quelques ouvriers se joue donc à la préparation des chariots. Est-ce que le travail non qualifié éliminé du montage ne réapparaît pas à cette phase du processus? Les préparateurs ne sont-ils pas contraints d'effectuer le travail fastidieux de remplir les casiers à partir de *check list*, avec d'autant moins d'autonomie et de possibilité d'initiative que le placement sur les chariots doit être très rigoureux sous peine de gêner la compréhension du monteur et que toute pièce manquante ou erronée générera un déplacement magasin-atelier?

De fait le problème s'est posé durement la première année de fonctionnement de l'usine. Essentiellement préoccupé par la reconceptualisation du travail de montage,

---

<sup>1</sup> Kajsa Ellegard, Tomas Engstrom, Lennart Nilsson. Texte ci-dessus.

l'équipe-projet d'Uddevalla n'était pas allée jusqu'à s'interroger sur le travail des préparateurs. De plus, la direction de Volvo, pensant se donner des gardes fous, a préféré que le travail de préparation soit effectué de manière classique, c'est-à-dire à partir de liste administrative des pièces nécessaires à chaque véhicule. Les difficultés sont venues de là: erreurs, retards, tensions avec les monteurs, temps relativement longs de préparation. Les monteurs sont allés jusqu'à demander de faire eux-mêmes la préparation des chariots.

Les préparateurs ont alors reçu la même formation au montage que les monteurs. Il fallait aussi réorganiser le magasin selon les principes holiste et heuristique du montage. Il devait lui-même reproduire spatialement "l'atlas géographique du montage", être un "éclaté" des véhicules, dans lequel les préparateurs puissent se déplacer comme dans un paysage qui a du sens, qui renseigne par sa structure même, qui permet de trouver immédiatement la pièce qu'il faut parce qu'il est logique qu'elle soit là où on la cherche. Une réorganisation était en cours au moment de la décision de fermeture. Les erreurs étaient devenues peu fréquentes et n'étaient plus un problème entre le magasin et les ateliers.

Est ce qu'en revanche le temps nécessaire pour remplir les chariots au magasin central n'est pas supérieur au temps de manutention des pièces pour alimenter les bords de chaîne?

Quelques caristes alimentent un tronçon de chaîne en caisses contenant de quelques dizaines à quelques centaines d'exemplaires d'une même pièce. À Uddevalla, les caisses restent au magasin. Les préparateurs se déplacent dans les allées et prélèvent les pièces une à une pour les mettre ensuite sur les chariots commandés par les équipes de montage. Spécialisés dans une partie du véhicule et donc dans une partie du magasin selon la nouvelle organisation, ils effectuent d'eux-mêmes un circuit optimisant leurs déplacements. L'automatisation du stockage des pièces à l'instar de celui des caisses peintes étaient à l'étude, ainsi que celle du prélèvement de certaines d'entre elles dans les rayonnages et les conteneurs.

Le temps de préparation par véhicule qui était visé au moment de la fermeture correspondait selon nos informations et nos calculs aux temps de manutention pour un véhicule de gamme inférieure d'un constructeur français.

#### **4. Comment comprendre que le montage complet en poste fixe puisse demander moins de temps que le montage sur une chaîne manuelle ou partiellement automatisée?**

Le montage en ligne, parcellisé et cadencé, présente cinq problèmes structurels: l'équilibrage des postes de travail, la réorganisation des tâches et des temps à chaque changement de volume de production journalière, l'adaptation des temps opératoires à la variété du produit, la réaffectation des opérateurs en fonction des absences, les arrêts de chaîne dus à des aléas de fabrication ou à des pannes de machine.

Le temps théorique de montage, ou "temps gamme", correspond à la somme des temps nécessaires pour effectuer les micro-mouvements exigés par chacune des opérations élémentaires dans lesquelles a été décomposé le travail de montage, somme augmentée des temps de repos. Il est obtenu à partir de tables de correspondance entre mouvements et temps, sans observation.



Ce temps théorique est calculé pour la variante moyenne du modèle monté par des ouvriers moyens aux mêmes performances, en nombre juste nécessaire pour une production journalière donnée et stabilisée, ne connaissant pas d'arrêt.

La réalité n'est évidemment jamais celle-là. Les variantes sont nombreuses et leur pondération variable d'un jour sur l'autre. Les ouvriers ont des âges, des caractéristiques et des compétences différentes et donc des rythmes de travail inégaux. L'effectif ne peut jamais correspondre au nombre strictement nécessaire, en raison des absences de natures diverses, des personnes à former, des variations de charge, des pertes d'engagement, des pertes d'enchaînement, des pannes et des retouches. La production journalière varie en fonction du cycle de vie du produit, des fluctuations de la demande au cours de ce cycle, et des arrêts que connaît l'activité, qu'ils soient dus à des pannes, des accidents, des réunions, des grèves ou des ruptures d'approvisionnement.

Un coefficient, appelé "rendement de l'atelier", est introduit pour rendre compte de l'écart entre le calcul théorique et la réalité prévisible. Or cet écart peut être considérable, vidant de sens le "temps gamme". Il n'est pas rare qu'il atteigne en effet 50% de ce temps. Il comprend des temps non travaillés, communs à toutes sortes d'organisation, comme les pauses payées et les temps de délégation syndicale. En revanche, il est constitué aussi par des pertes de temps, dont l'ampleur dépend de la rigidité ou de la souplesse du système technico-organisationnel face aux différents types d'aléas.

L'analyse des temps réels de montage a été faite par Christophe Midler à la fin des années soixante-dix lorsqu'il comparait économiquement le travail sur chaîne et le travail à poste fixe<sup>1</sup>. Il a montré alors qu'ils dépendent de l'impossibilité technique d'équilibrer complètement les postes de travail de la chaîne, et des temps de gestion des différents types de perturbation par rapport au régime moyen stabilisé qui a servi de base au calcul des temps théoriques. Ces temps de gestion sont eux-mêmes dépendants des modes de régulation mis en oeuvre, modes liés à l'organisation technique des postes de travail, mais aussi au niveau de polyvalence des ouvriers et aux critères de gestion des ateliers. Son analyse comparative a porté sur trois types de perturbations: les variations de la demande, la diversification du produit, l'absentéisme. Elle doit être complétée aujourd'hui par un quatrième type de perturbations: les pannes et incidents, qui à l'époque avaient peu d'importance, le montage était complètement manuel, mais qui maintenant avec l'insertion de tronçons automatisés affectent considérablement le rendement des chaînes de montage.

---

<sup>1</sup> Midler C., "L'organisation du travail et ses déterminants. Enjeux économiques et organisationnels des réformes de restructuration des tâches dans le montage automobile", Thèse de 3ème cycle en gestion, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 1980, p. 177. L'auteur montre notamment que la valeur donnée au coefficient de "rendement d'atelier" est évidemment essentielle pour tout calcul de rentabilité d'un projet et pour toute comparaison entre projets. Il est établi sur la base des écarts observés dans des organisations du travail comparables existantes, si possible dans la même usine et pour un type de véhicule de même segment de gamme. En l'absence et vraisemblablement en raison de l'impossibilité de disposer de techniques de calcul formalisées du rendement de l'atelier, le coefficient retenu est souvent qualifié de "pari", signifiant par là qu'il s'agit plus d'un niveau d'écart à atteindre que de la prise en compte de tous les facteurs qui vont influencer sur cet écart. Pour cette raison, la comparaison entre projet se fait habituellement à "rendement" égal, coulant de ce fait dès le départ tout projet organisationnel radicalement nouveau dont le mérite essentiel est précisément de réduire très sensiblement l'écart, et cela d'autant plus que le temps théorique est généralement plus élevé.

#### 4.1. L'équilibrage des postes de travail

La chaîne repose sur la décomposition du processus de montage en opérations élémentaires afin de définir par recombinaison des postes de travail, ayant un espace-temps identique. En règle générale, la longueur des postes sur une même chaîne est identique. Le temps d'arrêt ou de défilement à chaque poste, appelé temps de cycle, est égal à la production horaire divisée par 60 minutes.

La recombinaison du processus à partir des opérations élémentaires consiste à faire en sorte que le temps de cycle soit pleinement utilisé à chaque poste. C'est ce que l'on appelle l'équilibrage de la chaîne. D'où l'attribution aux différents postes d'opérations qui peuvent n'avoir aucun lien entre elles. Toutefois la répartition des opérations doit répondre à d'autres exigences qui limitent les possibilités d'une répartition indifférenciée. Certaines opérations ne peuvent être effectuées qu'après que d'autres aient été réalisées, ou bien ne peuvent l'être qu'à certains postes, parce qu'elles demandent des équipements particuliers. D'où le découpage de la chaîne en tronçons et l'établissement pour chaque tronçon d'un graphe des antériorités.

Ces différentes contraintes empêchent de parvenir à un équilibrage parfait. Le temps de cycle ne peut être pleinement utilisé à tous les postes. À l'inverse, il peut dans quelques cas rares ne pas suffire pour réaliser des opérations indissociables. Il peut aussi être volontairement dépassé pour ne pas créer un poste supplémentaire qui serait "sous-engagé". Il y a donc un écart entre le temps de cycle et le temps opératoire théorique à chaque poste. La somme de ces écarts s'ajoute au temps théorique global, le temps gamme, et constitue une perte appelée "perte d'engagement".

Les différents découpages admissibles peuvent être économiquement comparés en fonction des pertes d'engagement qu'ils génèrent. Le lancement d'un véhicule au montage consiste donc essentiellement à rechercher le découpage qui va minimiser les pertes d'engagement. Ces dernières doivent être augmentées dans cette logique du temps des remplaçants prévus pour permettre aux ouvriers de chaîne de prendre les repos auxquels ils ont droit.

Le système toyotien a cherché à réduire au maximum les "pertes d'engagement", en apprenant aux opérateurs à équilibrer eux-mêmes en équipe leurs postes de travail et en confiant aux contremaîtres la charge de pousser les opérateurs à le faire et à le faire lui-même en cas contraire. Les opérateurs sont en effet les mieux placés pour savoir comment améliorer l'équilibrage et décider rapidement de l'appliquer. Encore faut-il que les opérateurs acceptent de le faire. Les conditions pour y parvenir ont été chez Toyota une conjoncture historique, un mode d'encadrement et un système de salaire <sup>1</sup>.

Le problème de l'équilibrage des temps ne se pose pas, ou alors de manière très différente, avec le montage parallèle en poste fixe de véhicules complets. Il n'est pas nécessaire de définir un véhicule moyen. Le groupe de deux ou quatre ouvriers qui monte un véhicule à en charge collectivement le montage complet dans un temps alloué selon la variante. Chacun n'a pas et ne peut avoir à faire que sa part de véhicule: le quart ou la moitié suivant le mode de montage décidé par l'équipe. Si un quart ou une moitié se trouve être un peu plus long à monter, ou bien si un opérateur est un peu moins expérimenté, le ou les autres monteurs interviennent pour tenir dans les temps. Une équipe, qui met un peu plus de temps avec une variante mieux équipée, n'oblige pas à aligner

---

<sup>1</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op cité

les autres sur son temps de production ou à trouver des moyens pour combler les temps morts.

#### **4.2. La montée en cadence et le changement de volume de production horaire**

Le travail de découpage est, on vient de le voir, long et complexe sur une chaîne. Il est fait à chaque lancement de véhicule, c'est-à-dire à une fréquence plus grande depuis les années soixante-dix, étant donné le renouvellement accéléré des modèles imposé par la concurrence et les attentes de la clientèle. Le découpage doit être également repris à chaque changement de production horaire. La fréquence de ces changements varie en fonction de la demande et de la polyvalence des chaînes, d'une fois par an à une fois par mois. À chaque fois, un agent technique est mobilisé pendant plusieurs jours. La longueur du redécoupage empêche aussi de s'adapter immédiatement à la demande et donc oblige soit à trop produire ou soit à rallonger les délais de livraison.

Les opérateurs doivent apprendre à chaque fois les nouvelles opérations à faire à leur poste de travail et à les réaliser immédiatement durant le nouveau temps de cycle. Avant qu'ils y parviennent, il faut les doubler, soit en recourant à des intérimaires, soit en faisant appel à du personnel indirect. Ce moment est très important, car se joue alors le compromis entre les opérateurs et l'encadrement sur la norme de travail. Que ce dernier soit obligé par l'attitude des opérateurs de maintenir certains postes doublés, et le temps de montage en sera considérablement accru et deviendra une référence pour de futurs redécoupages <sup>1</sup>. Si la demande du ou des modèles baisse et si la production horaire doit être diminuée, le personnel temporairement surnuméraire doit

Le système toyotien là aussi a essayé de limiter ces inconvénients, inhérents au montage en ligne, parcellisé et cadencé. Lors de la montée en cadence, contremaîtres et équipes de travail redéfinissent, sur la base de temps standard assez lâches calculés par les services techniques, des temps opératoires toujours plus serrés. Les opérateurs sont incités à s'entraider d'un poste à un autre. La polyvalence des personnes et des chaînes permet de maintenir le même temps de cycle lorsque la demande d'un modèle augmente ou baisse. Les pertes de temps et les coûts supplémentaires dus à la chaîne ne peuvent cependant être totalement éliminés.

Avec le montage parallèle en station fixe de véhicules complets, la montée en cadence lors d'un lancement d'un véhicule peut s'effectuer progressivement à la fois au niveau de chaque opérateur et au niveau de l'atelier par adjonction de postes. La négociation de la norme de production peut être étalée dans le temps, alors que sur chaîne elle doit être décidée rapidement. L'adaptation à la variation de la demande se fait facilement par ouverture-fermeture de certaines stations de travail, sans avoir à modifier le travail des opérateurs de l'ensemble de l'atelier comme sur une chaîne, et sans que la productivité soit affectée. Lorsque les commandes baissent, le personnel surnuméraire, ayant une compétence élargie, peut être plus facilement affecté, sans formation supplémentaire, à des tâches de préparation, d'entretien ou d'administration. Lorsque les commandes sont ponctuellement plus nombreuses, le passage en 2x8 peut se faire sur quelques stations par exemple. L'ajustement à la demande peut être millimétrique, alors qu'elle est grossière avec la chaîne.

---

<sup>1</sup> Midler C., op cité.

### 4.3. La diversification du produit

Avec le renouvellement accéléré des modèles et les variations plus fréquentes de la demande, l'augmentation du nombre de variantes et d'options a été un facteur puissant de stagnation ou de moindre progression de la productivité du travail à la chaîne et de baisse de la qualité. La diversification du produit est la troisième cause d'écart entre le temps gamme et le temps réel de montage.

Le temps gamme a été établi pour un véhicule moyen. Quand passe un véhicule d'une variante "bas de gamme" avec peu d'équipements, les ouvriers auront moins d'opérations à faire. Cela se traduira par des pertes d'engagement. À l'inverse s'il passe une variante "haut de gamme", le temps de cycle est insuffisant pour réaliser les opérations supplémentaires. Soit les opérateurs descendent alors la chaîne puis la remonte en essayant de rattraper le temps perdu sur les autres véhicules plus simples, mais il faut pour cela que le mixage des variantes selon les temps d'engagement des opérateurs soit possible, ce qui n'est pas toujours le cas, car les ateliers de peinture ou la tôlerie ont d'autres impératifs de mixage. Soit on introduit dans le temps gamme une marge de manoeuvre permettant de faire face aux opérations supplémentaires. Soit enfin, on prévoit une personne qui vient donner un coup de main lorsque passe un véhicule plus chargé, une personne prélevée dans la main-d'oeuvre indirecte a l'avantage de ne pas être comptabilisée dans le "rendement" aux yeux de l'encadrement. Mais dans tous les cas, on a des pertes d'engagement.

À l'accroissement des écarts de temps opératoires d'un véhicule à un autre dû à la diversification du produit, analysé par Christophe Midler, il faut aussi ajouter l'augmentation des temps de déplacements, sans valeur ajoutée et les erreurs. Les fournisseurs internes ou externes amènent dans un magasin central ou décentralisé les benes ou les casiers remplis de pièces ou de sous-ensembles. Là, des caristes alimentent les bords de chaîne, au fur et à mesure des besoins. L'idéal de faire alimenter directement et sans stockage intermédiaire les bords de chaîne par les fournisseurs n'est réalisé que pour quelques éléments. Ensuite les opérateurs prennent dans les présentoirs les pièces dont ils ont besoin. Avec la diversification du produit, le nombre de présentoirs et de casiers à augmenter, nécessitant souvent de les mettre sur trois profondeurs. Le temps de déplacement s'est accru tant pour les fournisseurs et les caristes que pour les opérateurs. Aujourd'hui, en moyenne les déplacements de l'opérateur représentent 10% de son temps de travail. Cela allonge son temps d'engagement, sans qu'il y ait valeur ajoutée supplémentaire.

Le système toyotiste a recherché des moyens pour limiter l'accroissement des pertes de temps. La coopération entre opérateurs au sein des équipes de travail, leur formation à la "répartition économique" des tâches entre eux ont permis d'atténuer les différences brutales de charge de travail d'un véhicule à un autre. Les pertes de temps en déplacement ont été diminuées en réduisant la taille des caisses et des stocks en bord de chaîne, en alimentant les postes plus fréquemment, en préparant des sous-ensembles et en les encyclant, en mettant en place des "servantes" portant les petites pièces usuelles qui accompagnent les opérateurs ou sur lesquelles ils sont "embarqués".

La diversité du produit ne crée pas ces problèmes avec le montage parallèle en station fixe. Une variante qui demande plus de temps pour être montée n'a pas de répercussion sur le temps de montage de véhicules plus simples. Le temps alloué est simplement augmenté pour cette variante. Ainsi le temps opératoire peut être ajusté au temps effectivement nécessaire, sans recourir à une moyenne jamais adaptée et créant

de ce fait des tensions. Les opérateurs ont, de chaque côté de leur station de travail, à portée de mains, les casiers de pièces dont ils ont besoin pour le véhicule qu'ils montent. Au lieu de se déplacer à chaque cycle et parfois plusieurs fois dans un cycle vers les différentes caisses pour prendre les pièces, ils saisissent les pièces déjà groupées dont ils ont besoin, et les amènent en bloc là où ils effectuent leur travail.

Les erreurs et les oublis, dans le travail à la chaîne, dus au manque de temps pour les véhicules spéciaux ou très équipés et la difficulté de mémoriser des opérations spécifiques, sans lien entre elles et peu fréquentes, pénalisent la production, par la mauvaise qualité et par les retouches à effectuer. Les erreurs et les oublis en poste fixe apparaissent à l'opérateur soit par des pièces restantes sur le casier soit par une impossibilité de montage. Ils peuvent être rectifiés dans le cours même du travail par le même opérateur, ou par appel au magasin pour un échange. L'attente éventuelle n'est pas pénalisante dans la mesure où l'opérateur peut faire autre chose en attendant, alors que sur chaîne tout erreur ou oubli implique l'intervention d'au moins une personne supplémentaire. La perte de temps est accrue, comme on le verra plus loin, quand des tronçons automatisés sont introduits sur les chaînes.

#### 4.4. Les variations de l'effectif

Dans une usine classique, l'effectif réel peut être inférieur à l'effectif théorique dans 80% des journées de production<sup>1</sup>. Et pourtant la production est réalisée, sans qu'il y ait pour autant accélération des cadences. La solution est de disposer d'un personnel de réserve occupé à des postes non enchaînés d'où il puisse être retiré et affecté aux postes enchaînés sans titulaires. Le volume de ce personnel va dépendre du nombre de postes hors chaîne, de leur autonomie en stocks amont et aval possibles, de leur surcapacité par rapport aux besoins moyens, et de la polyvalence de ce personnel. Il s'agit le plus souvent de postes de préparation ou de retouche. La diminution des stocks et la suppression des retouches en bout de chaîne diminuent le nombre de remplaçants possibles. L'atelier est en permanence en sous ou en sur-effectif, se traduisant là aussi en baisse de rendement. L'analyse faite par Christophe Midler montre que cette baisse peut être cachée en imputant le temps du personnel supplémentaire aux dépenses de formation à la polyvalence ou au contrôle qualité, ou bien encore en recourant à de la main d'oeuvre indirecte.

Le système toyotien n'a pas, semble-t-il, trouvé de moyens différents de ceux imaginés par les autres constructeurs pour limiter les conséquences productives des absences: contraintes ou incitations diverses au présentéisme et polyvalence des opérateurs pour faciliter les remplacements éventuels. Les pratiques des contremaîtres pour que le personnel de remplacement soit le moins possible imputé à leur secteur paraissent sensiblement les mêmes que celles mentionnées plus haut<sup>2</sup>

Alors que dans le cas du montage en ligne, le remplacement des absents est indispensable pour que la production se fasse, il est possible dans le cas du montage en parallèle de ne pas procéder au remplacement, le reste de la production pouvant se faire. Dans ce cas, la non-production sera reportée sur les véhicules qui sont au plan de production mais qui n'ont pas fait l'objet d'une commande ferme. Le personnel est parfaitement polyvalent. Les ouvriers peuvent passer d'une équipe à une autre sans problème.

---

<sup>1</sup> Midler C., op cité,

<sup>2</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op cité

#### 4.5. Les arrêts de fabrication

Depuis l'introduction de tronçons automatisés dans les ateliers de montage au cours des années quatre-vingt, les aléas de fabrication et les pannes de machines sont devenus une cause importante de perturbations<sup>1</sup> de la production en ligne.

Les pannes proprement techniques, si elles ont pu être très pénalisantes au début de l'automatisation du montage, ne représentent plus qu'une proportion très faible des temps d'arrêt de chaîne aujourd'hui. Les micro-arrêts sont généralement facilement absorbés par le fait que les temps de cycle des machines sont inférieurs aux temps de cycle des postes manuels. En revanche, le mauvais placement des pièces sur les sous-ensembles à assembler automatiquement est une cause d'arrêts fréquents et parfois longs, en raison du manque de tolérance des machines automatisées à tout ce qui n'est pas rigoureusement en place. De même, l'oubli d'une pièce ou sa défectuosité, comme son mauvais positionnement, ne peuvent plus être immédiatement rectifiés comme cela est possible sur une chaîne entièrement manuelle, où les opérateurs rectifient ce qui les empêche d'effectuer les opérations qui sont les leurs. Les arrêts ainsi provoqués sont d'autant plus longs, que le conducteur de l'installation automatisée est souvent dans l'incapacité de connaître leurs causes en raison de l'opacité de l'installation, et d'autant plus pénalisants qu'il est amené, pour cette raison, à intervenir en aveugle et à exécuter des manoeuvres qui entraînent souvent une détérioration progressive du produit, de la machine et de l'outillage. Pour absorber ces arrêts, des stocks tampons doivent être ajoutés. Pour réduire les temps d'arrêt, il est souvent fait appel aux ouvriers d'entretien alors que le fonctionnement de la machine n'est pas en cause.

On connaît les solutions toyotiennes pour limiter les arrêts de chaîne. Au lieu de procéder à des interventions rapides pour relancer la production et de reporter à plus tard le traitement en profondeur des causes, on préfère des arrêts longs pour éliminer sans retard ces causes, afin que l'aléa ou la panne ne se reproduise pas, et ainsi obtenir une montée en fiabilité constante. Cette stratégie repose sur une implication des ouvriers dans la détection et le traitement des défauts, obtenue par un système de salaire et de promotion fondée sur la participation à l'amélioration de la productivité, soit au sein des équipes de travail, soit dans des structures ad hoc.

Mis à part les pannes très rares des chariots filoguidés ou des visseuses à réglage automatique des couples de serrage, la production à Uddevalla n'était pas perturbée par des problèmes techniques. Elle l'a été en revanche dans une première phase par le système de gestion informatisé et par les erreurs commises dans la préparation des casiers et des chariots. On a vu précédemment la solution trouvée à ces problèmes, dans l'esprit même des principes cognitifs au fondement de la conception de l'usine.

#### 4.6. Quelles sont les conditions sociales pour que le montage holiste en poste fixe puisse réaliser les performances potentiellement supérieures qui sont les siennes?

En conclusion, on peut dire que les écarts entre les temps théoriques et les temps réels sont structurels dans le cas du montage en ligne et que leur ampleur est souvent masquée par des pratiques de régulation au niveau de l'atelier, consistant à transférer les

---

<sup>1</sup> Freyssenet M., Thénard J-C., "Choix d'automatisation, efficacité productive et contenu du travail", *Cahiers de recherche du GIP Mutations Industrielles*, Paris, n°22, Décembre 1988.

pertes de temps sur d'autres postes budgétaires. Les moyens utilisés pour réduire ces écarts ont souvent eu des effets pervers, en raison de l'interdépendance de toutes les phases du système. Les méthodes toyotiennes se sont révélées plus efficaces, mais n'ont pas réussi pour autant à les supprimer. Surtout les difficultés actuelles du modèle semblent indiquer que les méthodes employées rencontrent des limites organisationnelles et sociales, obligeant à réintroduire des stocks, à donner de l'autonomie aux équipes, à alléger la pression à la détection des défauts et à la productivité <sup>1</sup>.

Le temps de montage en poste fixe peut-il encore être réduit? N'y a-t-il pas des limites? Elles sont celles de l'activité manuelle, que l'on soit sur chaîne ou sur poste fixe. Mais alors que l'on sait que l'on peut aujourd'hui difficilement réduire encore plus les temps de cycle et les pertes de rendement dans le cas du montage en ligne, que ce que les constructeurs japonais ont pu faire, les marges paraissent encore grandes pour le montage complet manuel en poste fixe. Tout d'abord, la moitié seulement du personnel d'Uddevalla avait eu le temps d'apprendre à monter la moitié d'un véhicule. Deux ateliers sur cinq seulement étaient équipés de portiques permettant le montage à deux ouvriers. Or, c'est ce niveau de compétence et cette organisation qui se sont révélés les plus efficaces. Enfin, la norme de production était encore à discuter et à négocier. Elle avait été fixée au niveau du temps théorique (gamme+objectif de rendement) du montage sur chaîne du même véhicule, parce que c'était l'objectif fixé par la Direction de Volvo, celle-ci ne pensant pas qu'il soit possible de faire mieux que sur chaîne. L'objectif n'était pas fondé sur ce qui était réellement possible. Après la décision de fermeture, le personnel a amélioré substantiellement les résultats pour démontrer les possibilités du système.

C'est là que se situe la condition sociale à la réalisation des performances potentielles du montage holiste en poste fixe. La direction de l'usine doit négocier le temps alloué pour chaque modèle et variante, car elle ne dispose plus de moyens matériels (techniques et organisationnels) pour imposer un rythme de travail. Il lui faut donc instaurer des "relations professionnelles" telles que les exigences de compétitivité et d'acceptabilité du rythme de travail soient rendus compatibles.

Si ce qui précède est pertinent, est ce que pour autant la production holiste, "réflexive" disent nos collègues suédois, peut avoir un avenir industriel? Le montage selon les principes du flux et de la recomposition additive des opérations n'aurait-il pas l'avantage essentiel de permettre l'automatisation, alors que le montage en poste fixe à partir des pièces nécessaires apportées automatiquement et cognitivement ordonnées et présentées rendrait ce passage à l'automatisation impossible? Nous verrons plus loin comment on peut imaginer une automatisation à partir des principes uddevalliens.

## 5. Les potentialités de performance globale

La méthode de raisonnement appliquée au temps de montage est utilisable pour les autres aspects de la performance d'une usine ou d'une firme. On sait que ces aspects, rarement pris en compte dans les comparaisons inter-entreprises, sont plus importants que les ratios de productivité physique.

Les entreprises et les modèles qu'elles incarnent sont comparés en fonction des temps de montage, observés pour un véhicule moyen, en période stabilisée de produc-

---

<sup>1</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op cité.

tion. Une firme peut présenter des ratios inférieurs à d'autres et être néanmoins globalement plus performante, si les temps de lancement de véhicule sont plus rapides, si l'ajustement à la demande peut être instantané, si toute modification n'induit pas un travail indirect coûteux, si les coûts de fonctionnement sont plus bas...

### 5.1. L'investissement initial

L'investissement initial est nettement plus faible que dans une usine classique, tant en surface qu'en équipements. L'équipement se réduit à des portiques, du petit outillage, des chariots filoguidés et manuels, des casiers, un magasin de pièces, un stockage automatisé de caisses, des banc-tests pour les contrôles, un atelier de finition peinture, et un système informatisé de gestion des pièces. Aucun travail de génie civil n'est nécessaire pour faire passer des fluides ou des chaînes à tablier.

Surtout, il n'est pas nécessaire de construire d'emblée une usine de grande capacité, imposée par la structure même du montage en ligne et par les économies d'échelle recherchées. Le point mort étant bas, des unités de 100 à 200 véhicules/jour sont rentables. Celles-ci ont l'avantage de supprimer des surcoûts directs et indirects (parfois supportés par la collectivité) générés par la concentration.

De même, tout agrandissement ne peut être qu'un doublement de capacité dans le cas de la ligne de montage, alors qu'il peut se limiter à une zone-équipe, c'est-à-dire à quatre portiques, dans le cas du montage en station fixe. L'augmentation de capacité peut suivre l'augmentation de la demande, alors qu'avec le montage en ligne il faut faire un pari sur la demande à venir. Inversement les réductions de capacité peuvent se faire d'une manière progressive, alors qu'elle ne peut être que brutale dans une usine classique. Le système toyotien ne semble pas avoir inventé de solution particulière à ce problème structurel de la production en ligne. Comme les autres constructeurs, les constructeurs japonais sont contraints d'être en surcapacité lorsque la demande baisse, et de fermer brutalement une usine dès que le seuil de rentabilité est par trop dépassé.

### 5.2. Le coût de lancement des véhicules

Le lancement d'un véhicule dans une usine produisant en ligne implique des études et des travaux plus ou moins importants selon le redécoupage des postes qu'il nécessite, les préparations hors chaîne que l'on prévoit et les automatisations que l'on souhaite introduire. Il est l'occasion pour modifier le process afin de mieux l'adapter à une production de variété et le cas échéant à la population des ouvriers. Pour ce faire, les constructeurs japonais ont longtemps privilégié la ligne unique de montage polyvalente avec une main-d'oeuvre préparée à gérer la diversité et les aléas, alors que les constructeurs européens notamment ont eu recours plus fréquemment à une ligne découpée en tronçons organisés en arête de poisson et disposant de préparation hors chaîne, afin de donner de l'autonomie, atténuer les effets des aléas, et permettre aux opérateurs de mieux maîtriser la diversité. Dans des usines récentes, Toyota en vient à cette dernière formule, la précédente n'étant plus acceptée par les travailleurs et se révélant finalement coûteuse <sup>1</sup>.

Avec la production en parallèle, le lancement d'un véhicule se réduit, sauf si c'est l'occasion d'introduire de nouvelles automatisations, au perfectionnement de l'outillage et aux temps de redistribution des pièces dans le magasin, d'adaptation de leur présenta-

---

<sup>1</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op. cité



tion dans les casiers et sur les chariots, et de formation du personnel aux différences du nouveau modèle par rapport au précédent. L'expérience est de plus ici totalement cumulative, tant pour la réorganisation que pour le personnel, qui se forme largement lui-même. Il n'est pas nécessaire de tout reprendre.

On sait que la première année de lancement d'un véhicule est décisive pour sa rentabilité. On estime que durant cette année-là, un client qui ne peut être satisfait immédiatement est un client qui se tourne vers la concurrence. D'où l'importance de réussir le lancement. Or bien souvent, dans une usine classique, la montée en cadence rencontre des difficultés et les délais de livraison ne sont pas respectés durant cette période. Tout problème qui n'a pu être anticipé entraîne en effet une perturbation de l'ensemble ou oblige à des régulations temporaires coûteuses. Les constructeurs japonais testent leur process en vraie grandeur jusqu'à ce qu'ils le maîtrisent complètement avant de commercialiser le premier véhicule, ce que les autres constructeurs commencent juste de faire. Toutefois certains problèmes ne se manifestent qu'à partir d'une certaine cadence de production, et donc après le lancement commercial du véhicule, et cela est vrai pour tous les constructeurs.

La production en parallèle n'a pas a priori le même type de difficultés. La livraison de certains véhicules peut être retardée par la montée en compétence moins rapide de certaines équipes, mais pas la livraison de tous les véhicules.

### 5.3. Le pilotage par l'aval

Ne mettre en production que ce qui est commandé par le client et pouvoir le livrer sans délai est un rêve de tout constructeur. Le temps nécessaire à la fabrication des pièces, le coût des changements d'outil et la production en flux ont imposé à l'industrie automobile une planification longtemps rigide des véhicules à monter. Nombre d'innovation japonaises ont eu pour but de réduire cette rigidité inhérente au travail en ligne et de tendre vers l'ajustement quotidien du plan en fonction des dernières commandes: *kanban*, flux tendus et synchrones, changement rapide d'outil par pré-réglage hors site, chaîne et ouvriers polyvalents, etc. Cependant, le pilotage par l'aval rencontre une limite structurelle: la modification de l'ordre de fabrication des voitures n'est plus possible une fois que les véhicules sont engagés dans le flux. S'il y a modification, et cela arrive souvent, ce n'est pas pour mieux répondre aux attentes du client, mais au contraire en raison de perturbations intervenues au sein du flux: ruptures d'approvisionnement, erreurs d'encyclage, blocages, etc., qui empêchent de tenir les engagements pris ou de réduire plus les délais de livraison.

Le montage en poste fixe permet de faire passer les commandes fermes avant les véhicules au plan de production. Une commande urgente peut être mise en production dans le délai de préparation des chariots et dans les limites de disponibilité des pièces nécessaires au magasin et du temps de livraison par les fournisseurs en cas de stocks insuffisants. Le *kanban* est particulièrement adapté et applicable au montage en parallèle pour éviter les ruptures d'approvisionnement comme les stocks qui dorment. Il est possible d'interrompre, cela s'est fait à Uddevalla, le montage de certains véhicules pour assembler en urgence des voitures dont la livraison sans délai est impérieuse. Le changement de production ne dure pas plus de deux minutes à deux personnes, les autres manutentions se faisant en temps masqué. Le véhicule peut être livré au bout de trois heures, si six membres d'une équipe s'y consacrent.

#### 5.4. Les coûts indirects

Le système toyotien a fait de la chasse aux dépenses non indispensables une des clés de sa réussite, au point d'avoir été dénommé *lean production*: notamment grâce à la prise en charge par la main-d'oeuvre directe de certaines activités relevant d'autres fonctions dans l'entreprise, réduction de la ligne hiérarchique (qui toutefois a été moins importante qu'on ne l'a dit <sup>1</sup>)...

Le montage holiste en parallèle devrait entraîner des coûts indirects structurellement plus bas. Un examen systématique est à faire. Mentionnons à titre illustratif quelques aspects. Si la formation initiale est plus longue, elle s'effectue en produisant. Elle n'a pas besoin d'être reprise complètement à chaque lancement de modèle, introduction de variantes ou changement de temps de cycle. La hiérarchie peut être réduite à deux niveaux, comme cela a été le cas à Uddevalla la dernière année: les équipes et leur porte-parole, un chef d'atelier et le directeur de l'usine. De par sa structure, le montage en ligne impose un plus grand nombre de niveaux de coordination, indépendamment de toute préoccupation de contrôle du travail qui surajoute généralement d'autres niveaux. La gestion de production n'a pas besoin d'être une lourde machine devant faire respecter le "film" qu'elle a établi et veiller constamment à la fluidité de la production. Le système s'auto-régule en principe facilement. Il n'est pas nécessaire de procéder à de longues et coûteuses études pour rechercher l'origine de dysfonctionnements ou pour dimensionner des stocks tampon.

#### 5.5. Les limites à la diversification du produit repoussées

La production additive en ligne impose des limites à la diversification du produit, et aux combinatoires possibles. Les difficultés que provoquent certaines variantes ou options sur les chaînes conduisent même à les faire monter ou pré-assembler en module, tant les arrêts de chaîne ou les retouches qu'elles entraînent coûtent chères.

Les limites à la diversification semblent pouvoir être repoussées plus loin, avec le montage en station fixe. Au coût d'étude et de gestion près, une option peut être ajoutée au montage sans que cela perturbe le flux ou les monteurs, les variantes remplissant une fonction heuristique, comme on l'a vu. Il n'est pas besoin d'équipements nouveaux ni de réétudier l'équilibrage des postes. Une commande spécifique personnalisée est envisageable, et a été réalisée à Uddevalla.

Surtout, la diversité peut ne pas être seulement d'apparence ou n'être que ce qui est perceptible par l'acheteur moyen, comme l'ont conçue jusqu'à présent les constructeurs japonais. Cette conception de la diversité s'impose bien sûr pour faire des économies d'échelle sur les pièces et les organes pour lesquels cela est possible commercialement. Mais elle s'impose aussi en raison des limites physiques propres au montage en ligne énoncées plus haut. Si la première cause reste valable quel que soit le mode de montage, la deuxième joue beaucoup moins avec la production en parallèle, et devrait offrir la possibilité d'une diversité plus substantielle à coût égal.

---

<sup>1</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op cité, p.124

## 5.6. La qualité

Suivant le mode de montage adopté, les conditions de la qualité et surtout la nature de la qualité changent.

Sur chaîne, l'autocontrôle est une contrainte supplémentaire que l'opérateur doit intérioriser pour être en mesure d'en respecter la procédure formelle. Il semble que les constructeurs japonais allègent la pression en ce domaine en réintroduisant le contrôle-qualité et les retouches au bout de chaque tronçon de ligne<sup>1</sup>. Avec le montage en poste fixe, l'opérateur éprouve lui-même la correction de ses actes par les difficultés qu'il rencontre ou non dans les opérations suivantes qu'il a à faire. Il peut identifier du même coup les causes de ses erreurs et les supprimer immédiatement si cela est dans son pouvoir et s'il en a les moyens, ce qui est rarement le cas sur chaîne.

La différence la plus importante réside vraisemblablement dans la nature de la qualité et de ses critères. Au lieu de porter seulement sur des points considérés comme essentiels, la qualité peut être appréhendée aussi globalement, la somme de contrôles formellement et ponctuellement positifs ne garantissant pas en effet automatiquement une qualité globale. Il ne suffit pas que la qualité soit respectée sur des points dûment répertoriés. Elle doit résulter d'un tout cohérent et ajusté.

## 5.7. L'amélioration du produit

Nombre de modifications du produit résultent de la nécessité de simplification pour faciliter le montage en flux, sans qu'elles accroissent la qualité ou qu'elles apportent des prestations supplémentaires pour le client. Elles peuvent même avoir un effet inverse. La très grande flexibilité d'un monteur permet d'introduire une amélioration, même si le montage en est un peu plus compliqué.

Il est souvent reproché aux suggestions émises par les opérateurs sur chaîne ou par les conducteurs d'installations automatisées concernant le produit et le process, de ne pas prendre en compte les conséquences que l'application de leurs suggestions pourraient avoir sur d'autres éléments du véhicule ou les impossibilités de montage qu'elles entraîneraient. De fait, avec le montage en ligne, l'opérateur ou le conducteur ne peut avoir une vue d'ensemble. Cette limitation intellectuelle devrait disparaître logiquement avec le montage fixe et complet.

Les monteurs devraient même avoir un avantage sur le bureau d'études. Au cours de la vie du véhicule, ils peuvent avoir une vue d'ensemble et systématique de toutes les variantes et options, de leurs incohérences éventuelles, que les ingénieurs d'études perdent souvent après la phase de conception, ne serait-ce que parce que souvent ce ne sont pas les mêmes qui étudient les variantes.

## 5.8. Le rapport au client

Dans une usine classique, il apparaît d'un intérêt commercial incertain que les clients viennent regarder comment les voitures sont montées. Il semble encore plus irréalisable, voire impensable, qu'un client puisse venir voir assembler la voiture qu'il a commandée. Le client n'a à connaître sa voiture qu'une fois terminée et contrôlée, livrée par le service commercial.

---

<sup>1</sup> *Actes du GERPISA*, n°8, op cité, p.55

Avec le montage en station fixe, il est possible de dire au client quand sa voiture sera montée et de l'inviter à suivre l'opération, s'il en a le loisir. Cela se faisait à Uddevalla. Les équipes de travail peuvent rencontrer ainsi certains futurs utilisateurs des véhicules qu'elles construisent et ainsi être responsabilisés par rapport à ces derniers. L'impact publicitaire de telles pratiques semble très important.

La connaissance des clients, de leurs contraintes, de leurs exigences et de leurs souhaits peut non seulement amener les monteurs à plus d'attention sur tel ou tel point ou aspect du véhicule, mais aussi à voir les modifications qui pourraient être apportées à la conception du produit. Ce lien direct avec le client devrait renforcer encore leur capacité de dialogue non subordonné avec le bureau d'étude, et en faire des interlocuteurs utiles pour les services marketing. Non seulement, ils auraient une perception globale du véhicule, des variantes et des évolutions, mais en plus ils pourraient connaître directement certaines attentes d'une partie de la clientèle.

## **6. Quelle est la nature du système uddevallien? “une régression technique”, “un cul-de-sac de productivité”? ou bien une voie nouvelle possible pour penser et développer autrement l'automatisation?**

“Régression technique”, “cul-de-sac”, telles sont les expressions utilisées par les ingénieurs-méthodes de Renault à la fin des années soixante-dix pour parler des quelques expériences de travail en module tentées dans cette firme, dans la lignée des réalisations suédoises, ainsi que le rapporte Christophe Midler dans la thèse citée<sup>1</sup>. Les mêmes expressions reviennent aujourd'hui à propos d'Uddevalla dans la bouche de nombreux responsables de firmes automobiles.

Les modules étaient alors présentés comme un retour à l'atelier d'autrefois, comme un danger pour la productivité à long terme et pour l'équité sociale, comme un système dont les performances ne sont pas évaluables et surtout comme bloquant le processus inéluctable de l'automatisation. Le retour à un montage fixe et complet aurait empêché d'acquérir l'expérience nécessaire pour automatiser, car on ne pourrait le faire qu'en décomposant les opérations selon la logique de l'économie de temps comme on le fait actuellement.

On sait combien l'automatisation réalisée dans les années quatre-vingt par les constructeurs européens et américains n'a atteint les objectifs visés de productivité et de qualité, quand elle y est parvenue, qu'après bien des difficultés, des modifications et des mises au point longues et coûteuses en investissements, en pertes de production et en réductions d'effectif prématurées. Ces constructeurs ont voulu alors, en automatisant des opérations apparemment simples effectuées par de la main-d'oeuvre directe non qualifiée, augmenter d'un coup la productivité et la qualité. Mais ils l'ont fait sans que leurs ingénieurs aient une connaissance et une maîtrise suffisantes des paramètres à prendre en compte en situation de production réelle. Le résultat a été inverse à celui escompté, au point qu'il n'a pas été pour rien dans les difficultés financières de ces constructeurs durant les années quatre-vingt. Ces derniers sont revenus depuis à plus de réalisme, voire même ils désautomatisent dans certains cas. Ils n'ont pas pour autant remis en question la priorité à la réduction de la main-d'oeuvre directe qui est au fondement de leur stratégie d'automatisation.

---

<sup>1</sup> Midler C, op cité. p177.

Les constructeurs japonais ont été dans l'ensemble moins présomptueux et de ce fait plus économes de leurs investissements. Ils ont automatisé pas à pas, au fur et à mesure qu'ils maîtrisaient, non seulement la technologie, mais surtout tous les aspects des opérations concrètes en situation de production à pleine cadence. Ils n'en partagent pas moins toujours la philosophie productive consistant à automatiser d'abord les opérations directes de fabrication et de montage.

Le système uddevallien n'est pas un système artisanal, ni le retour à un travail "naturel", comme certains de ses défenseurs l'ont imprudemment qualifié. Il a pour condition la standardisation et l'interchangeabilité des pièces, principe qu'il partage avec les autres modèles industriels existants. Surtout, il doit être analysé, nous semble-t-il, comme une autre stratégie d'automatisation. Sont automatisées en effet toutes les opérations sans valeur ajoutée, à savoir les manutentions et la gestion. En revanche ce qui est complexe, coûteux et prématuré à automatiser, à savoir la préparation et le montage de véhicules de plus en plus équipés et variés, est laissé pour l'instant en manuel.

Toutefois, si ce système devait rester figé dans cette répartition entre le manuel et l'automatique, il aurait peu d'avenir dans un contexte économique régi par les rapports capitalistes, ou il ne pourrait survivre, et encore temporairement, que dans une production de "niche". Comment les principes holistes pourraient être appliqués à la conception de l'automatisation du montage et de la production en général? Les recherches sur les conceptions du travail et les schémas organisationnels qui sont matérialisés par les machines commencent à peine à être reconnues comme recevables et pertinentes et à faire l'objet de programmes publics de recherche. Il est donc encore tôt pour apporter une réponse développée à la question précédente. On peut toutefois entrevoir des éléments de réponse.

On sait que les difficultés rencontrées dans la mise au point des installations automatisées et les résultats décevants dans un premier temps et moyennement satisfaisants aujourd'hui proviennent de ce que les installations sont conçues, dans leur architecture mécanique et informatique, pour réduire au maximum les temps d'arrêts dus à des dysfonctionnements, à partir d'un nombre déterminé à l'avance d'incidents imaginés comme pouvant se produire. Les incidents non prévus sont plus importants et fréquents que ce qui avait pu être pensé. Les interventions rapides des conducteurs et dépanneurs pour relancer au plus vite la production conduisent à reporter à plus tard et à faire traiter par d'autres les causes premières des dysfonctionnements<sup>1</sup>. Une conception holiste du travail appliquée à la conception des installations automatisées conduirait à penser ces dernières de telle sorte que leurs conducteurs soient en mesure matériellement et cognitivement de repérer et de participer à l'analyse des causes premières des aléas de fabrication et des pannes-machine. C'est en créant les conditions techniques et organisationnelles d'une intelligence d'ensemble du produit et du processus automatisé pour les conducteurs d'installations, sur le modèle de ce qui a été fait pour le montage manuel à Uddevalla, que l'on peut espérer voir se développer une forme d'automatisation socialement "anthropocentrée", et s'enclencher un processus social réel et durable d'inversion de la division de l'intelligence du travail. On a analysé ailleurs les conditions sociales et politiques pour qu'un tel mouvement ait des chances de se développer<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Freyssenet M., art. cité.

<sup>2</sup> Ibidem

## **Conclusion. Faut-il réexaminer l'histoire industrielle?**

Si ce qui précède a quelque pertinence, le cas d'Uddevalla pose de très nombreux et importants problèmes à la représentation de l'histoire industrielle que nous nous sommes construits.

En effet, à la réflexion, rien n'empêchait à l'aube du XX<sup>ème</sup> siècle de concevoir de la même façon la production: approche cognitive, et approvisionnement en une seule fois de toutes les pièces du véhicule à assembler. Comment a-t-on été conduit à considérer comme une évidence les nécessaires décomposition/recomposition et fluidification du processus productif pour accroître la productivité? Pour répondre à cette question, il faut au préalable expliquer les gains de productivité considérables qui ont été réalisés, si ces deux principes n'étaient pas essentiels à la production industrielle.

Des trois principes fondateurs du système industriel actuel, on peut se demander si la standardisation des pièces et aujourd'hui des procédures de leur conception n'a pas été et n'est pas le plus important, les deux autres étant plus des principes de "disciplinarisation" de la main-d'oeuvre et de recours à des salariés non ou moins qualifiés, que des principes visant fondamentalement et directement à réduire les coûts.

Le modèle toyotiste, si on le considère comme étant la recherche pragmatique des causes premières des dysfonctionnements en impliquant les ouvriers dans cette recherche, n'est pas allé jusqu'à la remise en cause des principes productifs qui apparaissent à l'origine d'un grand nombre de ces dysfonctionnements. Il a contenu la dynamique organisationnelle, technique et sociale qu'il pouvait engendrer. T. Ohno aurait oublié un sixième pourquoi! Le toyotisme a essayé de réduire les conséquences économiques des problèmes structurels de la production additive en ligne. La pression exercée sur les salariés pour y parvenir amène Toyota à faire aujourd'hui quelque peu machine arrière, en allégeant la charge. Le système uddevallien, en se fondant sur des principes cognitifs et sur la production en parallèle, supprime les problèmes structurels que le toyotisme n'a pas cherché à analyser et à dépasser. On peut penser alors qu'il contient, paradoxalement eu égard à la fermeture de l'usine d'Uddevalla, les potentialités d'une plus grande efficacité productive, sous certaines conditions sociales.