

# PRE- ET POST-MANUFACTURING CONCEPT, TYPOLOGIE ET EVALUATION ECONOMIQUE

Philippe-Pierre Dornier\*

---

Résumé. - Dans les phénomènes de déstabilisation des modèles classiques de la logistique, le post et le pré-manufacturing tiennent un rôle particulier. Ils conduisent à une recomposition des flux physiques et à une distribution nouvelle de la valeur ajoutée tout au long de la chaîne logistique. A partir d'un certain nombre d'exemples industriels, cet article tente tout d'abord d'établir une représentation des différentes formes de post et de pré-manufacturing. Ces phénomènes sont ensuite reliés aux concepts de standardisation, de focalisation et de différenciation retardée qui structurent actuellement la gestion industrielle. Puis une approche typologique propose de différencier dans les opérations industrielles plusieurs formes de post et de pré-manufacturing. Enfin, une approche analytique permet de bâtir un modèle quantitatif pour arbitrer les choix en matière de post-manufacturing.

Mots-clés : logistique, différenciation retardée, standardisation, post-manufacturing, pré-manufacturing, copacking.

## 1. Introduction

La croissance de la diversité des produits commercialisés, l'intensification du recours à des outils commerciaux tels que les promotions, l'apparition de politiques de récupération puis de rénovation ou de destruction des produits usagés ont sensiblement modifié les approches logistiques des entreprises concernées. Soumis à des contraintes croissantes d'amélioration des niveaux de service et à des objectifs de réduction des coûts logistiques et particulièrement des coûts de stockage, le logisticien a dû concevoir de nouveaux modèles de circulation des flux afin de concilier ces objectifs et d'intégrer les attentes du marché (Lancaster, 1991) (1).

Les approches industrielles classiques ont cantonné pendant de nombreuses années l'apport de valeur ajoutée sur le produit à l'enceinte des usines. L'unité de fabrication

---

\* Professeur à l'ESSEC, Directeur scientifique de l'Institut des Hautes Etudes Logistiques

transformait ou assemblait ; l'entrepôt stockait, préparait la commande, au sens strict du terme, et expédiait. Une observation des infrastructures d'entreposage révèle aujourd'hui une évolution significative de leurs activités et une extension de leur rôle : l'entrepôt intervient sur le produit et participe à sa transformation, à son assemblage, plus généralement à son adaptation physique aux besoins du client (Ballou, 1992)(2).

En amont des usines ou en aval, on voit ainsi se développer le phénomène de pré-manufacturing ou de post-manufacturing<sup>1</sup>. Il consiste à délocaliser une fraction des productions, en dehors des sites industriels, vers des infrastructures logistiques d'entreposage, voire vers des implantations commerciales réparties tout au long du canal de distribution (Bucklin, 1965)(3).

La forme des activités qui se trouvent ainsi transférées est variée et dépend étroitement des produits, de leur process de fabrication et des besoins des marchés. Cependant, il est possible d'identifier des grandes familles d'opérations de P-Manufacturing, par leur nature même indépendantes du secteur d'activités.

Mais, quel que soit le type de P-Manufacturing, non seulement sa faisabilité technique est à étudier mais également son intérêt économique. Fabriquer en totalité à partir des matières des produits en usine, approvisionner des éléments déjà pré-assemblés au cours du flux d'approvisionnement, ou gérer en grande série des produits semi-finis et les finaliser par des moyens répartis et moins productifs dans les structures de distribution réclame un arbitrage et des critères de choix économiques.

Cet article présente une analyse de P-Manufacturing de manière à apporter aux responsables industriels et logistiques un référentiel sur les différentes approches qui lui sont aujourd'hui consacrées. De plus, il vise à fournir une méthodologie de comparaison des coûts entre un processus qui a recours à une logistique incluant le P-Manufacturing et celui qui n'y fait pas appel.

Trois parties seront développées. Dans un premier temps, nous apporterons un ensemble d'exemples qui permettra de cerner le phénomène de P-Manufacturing et les différentes formes sous lesquelles il se manifeste. Dans un second temps, nous proposerons un positionnement du P-Manufacturing parmi les concepts industriels de focalisation, de standardisation et de différenciation retardée, ainsi qu'une segmentation des différentes approches de P-Manufacturing. Enfin, dans un troisième temps, nous proposerons une méthodologie simple d'évaluation économique de la pertinence du recours au P-Manufacturing.

## **2. Le P-Manufacturing : définition et exemples**

Le P-Manufacturing est un concept d'industrialisation d'un produit qui touche, en principe, tous les secteurs d'activités. On y a recours tant dans le domaine des produits de grande consommation alimentaire, par exemple par la réalisation dans un entrepôt d'offres promotionnelles associant un produit et un échantillon, que dans le domaine du

---

<sup>1</sup> Dans la suite de cet article nous convenons de noter le post- et le pré-manufacturing sous la forme générique de P-Manufacturing.

pneumatique par le montage pneu-jante, le gonflage et l'équilibrage des pneus, le tout réalisé avant livraison en bord de chaîne de fabrication par le transporteur d'un manufacturier.

Quel que soit le produit concerné, le P-Manufacturing se définit comme une activité de production réalisée en dehors des sites d'usine et au cours de laquelle une valeur ajoutée, au sens d'utilité ou de valeur ajoutée attendue par le client, est apportée à un produit. Il porte donc sur une diffusion spatiale de la valeur ajoutée en dehors des usines par éclatement d'une partie des opérations constitutives de la valeur ajoutée sur des sites soit en amont, soit en aval des usines et dont la fonction principale n'est pas de fabriquer le produit concerné (Lambert, 1993) (4). Ces sites peuvent être des entrepôts, des plates-formes de transit, des sites commerciaux ou d'après-vente, des vecteurs de transport, voire les installations mêmes du client destinataire du produit.

Le décideur est donc amené à identifier en première approche des situations pour lesquelles il peut recourir au concept de P-Manufacturing. Trois situations élémentaires types sont identifiables :

- le cas de la recherche d'une différenciation au plus tard du produit. C'est le cas le plus fréquent. Cette transformation peut porter soit sur le produit directement, soit sur l'offre commerciale qui en est faite (promotion),
- le cas du traitement des flux de retour du marché pour des produits ou des pièces usagées et qui nécessitent diagnostic et réparation,
- le cas d'une simplification du process de fabrication par la recherche le plus souvent d'une standardisation de modules en amont des usines.

Chacune de ces situations-types peut être illustrée par des exemples concrets.

## ***2.1 Différenciation des produits***

Prenons quatre exemples dans les secteurs de l'informatique, de l'optique corrective, de l'automobile-moto et de l'industrie cosmétique.

### **2.1.1 Les produits informatiques**

Compaq, constructeur de micro-ordinateurs, vend ses produits par le biais de sa filiale française Compaq France. La distribution physique des produits était opérée à partir d'un dépôt central situé à Mame-la-Vallée. Le stock comprenait environ 200 références actives pour les ventes centrales et 2000 pour les équipements.

Les produits, fabriqués ou approvisionnés à une échelle mondiale, étaient livrés sous une forme standard à l'entrepôt français. Bien évidemment, tout un ensemble d'opérations d'adaptation et de préparation sont à faire sur les matériels réceptionnés pour les adapter aux normes du pays et aux besoins du client. L'adaptation aux normes du pays implique un process de post-manufacturing à partir des produits reçus. Ce sont les opérations dites de "countryfication" qui sont réalisés dans un site d'entrepôt. Elles comprennent l'ajout :

- de la notice d'utilisation en français
- du clavier AZERTY

- du cordon d'alimentation 220 V/50 Hz
- des documents relatifs aux particularités commerciales ou promotionnelles.

Ces opérations sont réalisées maintenant, en grande partie, à partir du site européen en Hollande.

Epson, leader mondial sur le marché de l'imprimante, fait de même en France. Un volume quotidien d'environ 70 palettes/jour, soit 5000 produits, est réceptionné. Le référencement est changé sur le carton d'emballage, l'alimentation est adaptée et la disquette d'installation et de démonstration introduite.

Dans ces deux cas, les industriels ont recours à des prestataires logistiques qui réalisent les opérations dans un entrepôt.

### 2.1.2 Le verre optique

Sur le marché de l'optique corrective, toutes corrections, toutes teintes et toutes matières confondues, on arrive à plus de 230.000 milliards de combinaisons possibles. La fabrication de l'ensemble de la gamme sur prévision et son stockage n'est donc pas envisageable. Si certains verres courants sont fabriqués sous leur forme définitive de produits finis dans les usines, un process de post-manufacturing a été retenu pour répondre à la très grande diversité des autres attentes (cf. schéma 1).

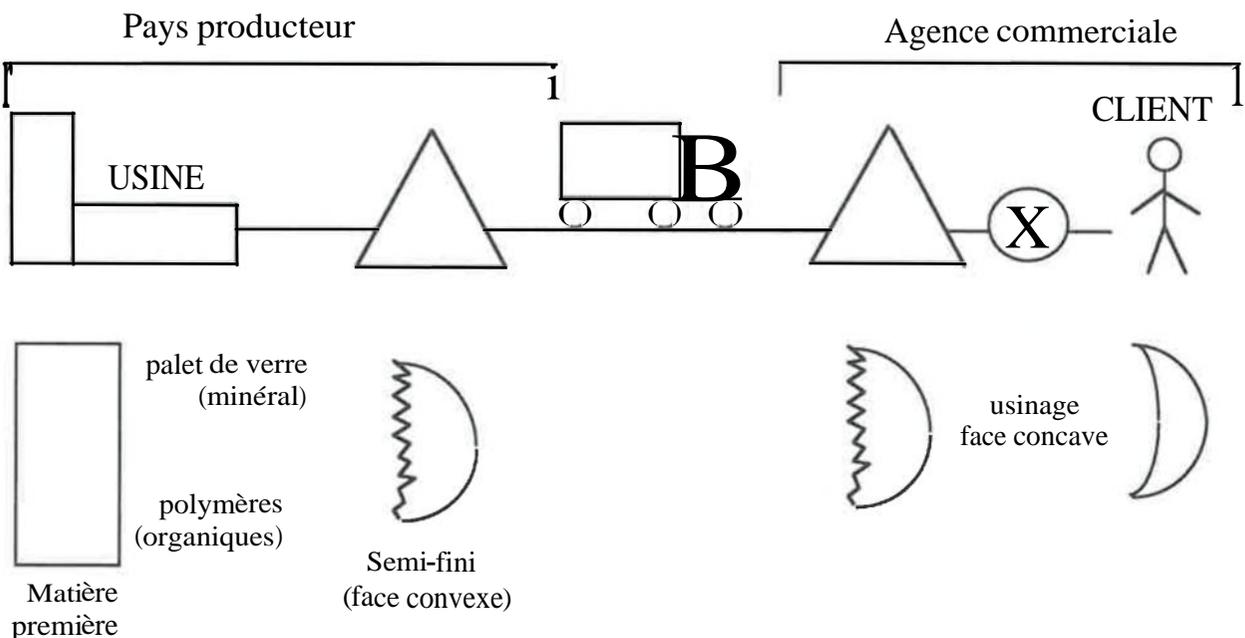


Schéma 1 : Processus post-manufacturing du verre optique

En usine, un verre semi-fini est fabriqué par usinage ou moulage de la face concave. Dans chaque agence commerciale, un stock de ces produits semi-finis est constitué. Selon les prescriptions de l'opticien, la seconde face est usinée puis des traitements éventuels de

surface sont réalisés avant livraison au client par un petit atelier intégré aux sites commerciaux et d'entreposage que représentent les agences.

### 2.1.3 L'assemblage moto et automobile

Les motos, toutes importées en France, nécessitent un travail d'assemblage final important à leur arrivée. Plutôt que de faire réaliser par les concessionnaires, dans des structures peu adaptées, les opérations de montage des carénages, des rétroviseurs, de la roue avant ainsi que d'autres petites opérations, Kawasaki et Triumph ont confié à un prestataire logistique le post-manufacturing respectivement de 3000 motos et de 1000 motos destinées principalement à la région parisienne.

Enfin, Renault procède de manière identique pour la fonction de ses véhicules, souhaitant libérer à la fois les usines et les concessionnaires d'opérations de montage mal adaptées à leurs activités respectives. Sa filiale de distribution, la CAT, prépare ainsi dans l'un de ses centres de distribution de la région lyonnaise près de 30.000 véhicules par an. On y trouve un tunnel de protection pour enlever par solvant le copolymère qui protège le véhicule depuis sa sortie d'usine, une chaîne de préparation où sont effectués 120 points de contrôle, un atelier de montage des accessoires (pose de spoilers, strappings, etc...), ainsi qu'une chaîne de finition pour le nettoyage intérieur et les dernières vérifications.

### 2.1.4 Les opérations commerciales et de distribution pour les produits de grande consommation

L'activité commerciale et promotionnelle pour les produits de grande consommation est devenue d'une grande intensité. Si certaines opérations impliquent une fabrication spécifique en usine (exemple des promotions "girafe", c'est-à-dire d'un flacon du produit standard adapté pour proposer x % de produit gratuit en plus), une partie d'entre elles se constitue après la fabrication. C'est le cas des "3 pour le prix de 2", des assortiments spéciaux, des ajouts d'échantillon, où le produit n'est pas transformé à proprement parler. Il sert plutôt de composant principal à un assemblage réduit qui constitue la promotion. Ces opérations ne sont pas traitées par les usines car elles sont ponctuelles, souvent dédiées à un distributeur, et elles portent sur des quantités qu'il est difficile de déterminer à l'avance. Dans la plupart des cas, elles sont réalisées dans les entrepôts qui stockent les produits finis et qui se sont équipés de chaînes de dépalettisation, d'emballage-assemblage et de repalettisation.

Une première réflexion sur ces exemples permet d'envisager des natures différentes de P-Manufacturing. Certaines opérations apparaissent comme touchant directement le produit. Ce sont des opérations d'ajout d'options, d'assemblage plus ou moins élaboré, de finition du produit ou d'emballage primaire du produit nu. D'autres opérations de P-Manufacturing concernent principalement l'emballage secondaire. Elles portent sur du repacking (changement d'emballage) ou du copacking de produit (emballage de plusieurs produits ensemble). Ainsi, pour les produits du domaine de la confiserie (KJS), il existe des produits dits de co-manufacturing. Ce sont des produits qui sont fabriqués dans une usine (dragée de chewing-gum) mais qui ne sont pas emballés. Ils sont emballés ultérieurement dans des boîtes en carton, dans le circuit de distribution physique chez un prestataire logistique (Faure et Mchet). D'autres opérations concernent le stickerage (mise en place de sticks autocollants sur des emballages) ou, plus traditionnellement, le copacking qui est un conditionnement à façon d'un produit déjà emballé. En particulier, la spécialisation des unités de production,

qui conduit à réaliser sur des sites différents des produits amenés à être vendus simultanément, génère des opérations de copacking.

Nous proposerons au paragraphe 3.3 une typologie plus complète des opérations de P-Manufacturing.

## ***2.2 Le traitement des flux de retour***

Pour des industries qui autorisent la réparation et la rénovation de leurs produits, tout un process industriel est à mettre en oeuvre, de la récupération du produit chez un client, à sa réparation et à sa réaffectation. Dès lors, se pose la question du lieu de diagnostic et d'intervention. Si la réparation n'est pas possible sur le site du client même, le produit est acheminé vers un atelier de réparation, une usine, voire chez le fournisseur initial. Un diagnostic est cependant nécessaire, voire un premier démontage pour évaluer la faisabilité de la réparation ou de la rénovation. Ces opérations peuvent être traitées soit dans les entrepôts, soit dans les usines de réparation. L'intervention en entrepôt permet d'envisager une économie sur les coûts de transport en éliminant systématiquement les produits définitivement détériorés dès leur réception et en évitant ainsi leur remontée vers les usines.

Prenons l'exemple du pneumatique poids lourd. Ces pneus sont susceptibles d'être rechapés une à deux fois dans la mesure où leur état général le permet. Avant d'acheminer le pneu vers une usine de rechapage, il est cependant envisageable d'opérer en entrepôt, avec quelques moyens de test et d'intervention sur la gomme et sur l'armature, un diagnostic sur l'état réel du pneumatique. Si le diagnostic révèle un caractère trop dégradé du pneu, une destruction locale peut être opérée. Ce pré-manufacturing s'avère d'autant plus indispensable que le rechapage est nominatif (particulièrement développé en France). Le pneu ne donne pas lieu à un échange standard. Le pneu reste la propriété de son utilisateur et lui est nominativement rattaché durant l'opération de rechapage et de remise à disposition. Si le diagnostic est fait en usine et se révèle négatif, le propriétaire du pneu est susceptible de réclamer sa restitution. Le rechapeur doit supporter alors non seulement le coût d'acheminement vers son usine, mais également celui de réacheminement de l'usine vers le propriétaire du pneumatique.

En première approche, les opérations de P-Manufacturing sur les flux de retour concernent soit des opérations de réparation et de rénovation avec ou non échange standard, soit des opérations de décomposition des produits pour récupération ou recyclage.

## ***2.3 La simplification du process de fabrication et la valorisation d'une rupture de charge***

Pour les usines d'assemblage, l'un des facteurs de complexité de leur gestion provient du nombre de références à approvisionner simultanément pour faire un produit. Quand, par ailleurs, un même composant présente une grande diversité à l'approvisionnement (selon le coloris par exemple), il y a nécessairement une opération de picking à réaliser pour fournir la chaîne d'assemblage. Cette opération de picking consiste dans le prélèvement dans un stock des constituants nécessaires. Déporter en amont de l'usine des assemblages de modules permet de limiter le risque de rupture sur la chaîne d'assemblage final et évite une opération de picking interne. De plus, la livraison en synchrone de l'usine nécessite souvent un stockage

avancé. Dans ce cas, il y a tout intérêt à valoriser la rupture de charge nécessitée par un passage par entrepôt.

Renault, par exemple, a procédé de la sorte pendant un temps, pour le montage de cassettes de porte (système lève-vitres et panneaux de porte) qui présentent plus de 100 références. Elles ont été réalisées par un prestataire logistique en amont de l'usine sous la responsabilité du fournisseur (cf. Schéma 2).

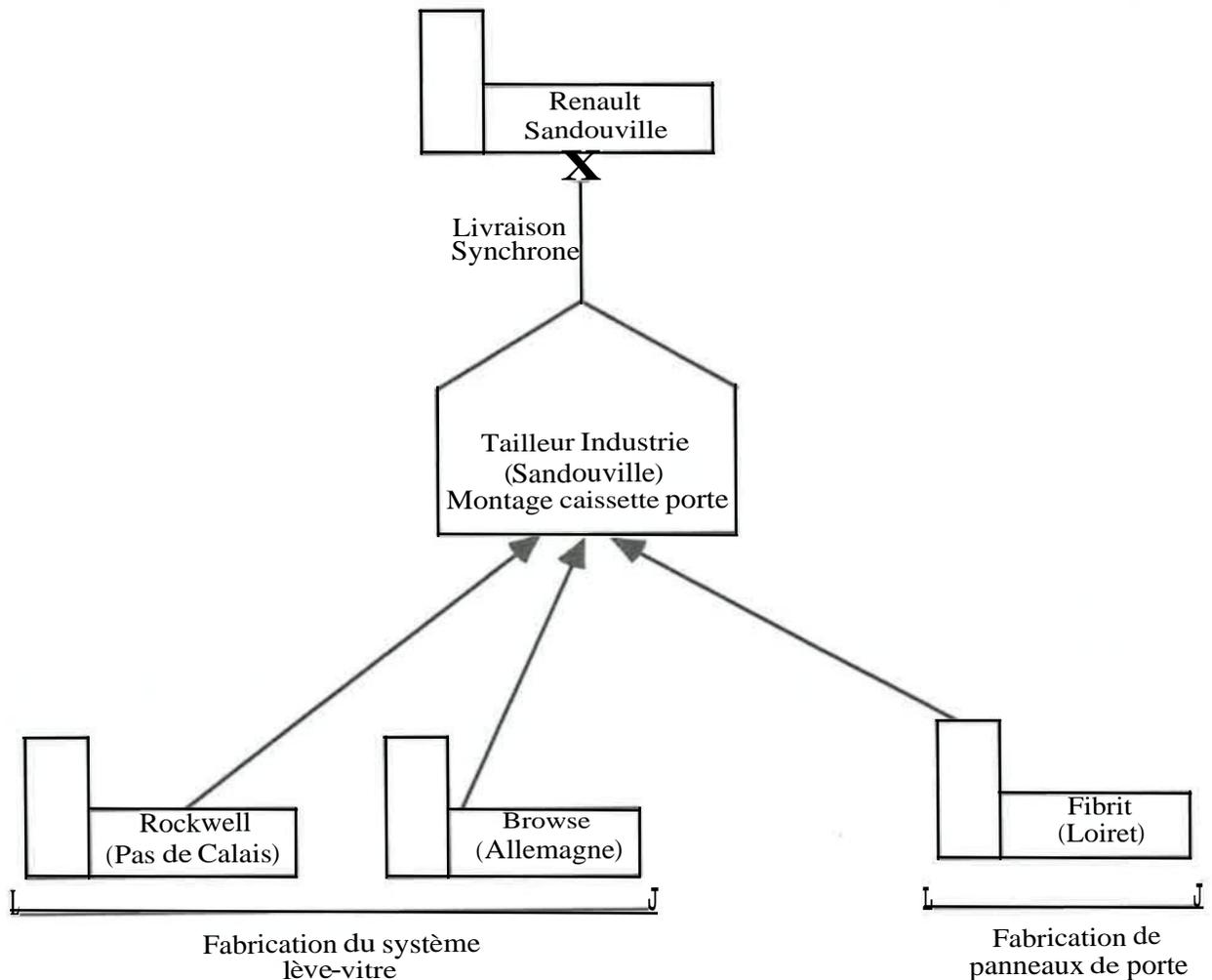


Schéma 2 : Schéma d'un flux pré-manufacturing pour une usine automobile

### 3. Place du P-Manufacturing dans les approches industrielles

#### 3.1 Focalisation - standardisation - différenciation retardée

Si le P-Manufacturing est une réalité en soi, on ne peut bien en définir la portée qui si on le positionne par rapport à trois concepts classiques de la gestion industrielle que sont la focalisation, la standardisation, la différenciation retardée. Ces différentes notions sont même à replacer dans la problématique générale de recherche simultanée de flexibilité (aptitude à répondre à la diversité) et de productivité (aptitude à utiliser au mieux les ressources) (Tarondeau, 1982) (5). La flexibilité vise à répondre à la demande pressante des

marchés pour personnaliser les offres. La productivité a pour objectif, quant à elle, d'utiliser au mieux les ressources dont dispose l'entreprise, et de minimiser ainsi les coûts.

La recherche de productivité s'appuie principalement sur le constat que la diversité et le foisonnement des productions est contraire à l'amélioration même de la productivité (Abernathy, 1978) (6). Changements d'outillage, réglages, pertes de matière sur les premières fabrications, diminution des tailles des lots sont autant de facteurs générés par la diversité, qui dégradent le ratio de productivité. Son maintien et son amélioration passent le plus souvent par le souci constant d'une plus grande homogénéisation des ressources et des opérations du process. Cette recherche est favorisée par une uniformisation des composants qui entrent dans la composition des nomenclatures. Cette uniformité relative, quand elle est atteinte, conduit à une répétition plus grande des opérations, et donc à une certaine massification des flux de production dont découlent l'effet d'expérience et les économies d'échelle.

L'homogénéité recherchée n'est bien évidemment pas la même selon les phases du process. Pour en tirer le meilleur parti, les industriels ont été amenés à segmenter leurs opérations. Ainsi faut-il veiller à la fois à la focalisation des activités de production autour de préoccupations homogènes dominantes en regroupant des activités de même nature (Skinner, 1977) (7) et à la standardisation des composants (Tarondeau, 1982)(8). La standardisation des composants est liée à la conception même des produits. Un produit fini est en général la résultante de la combinaison de plusieurs éléments comme le décrit sa nomenclature. Les composants centraux ont en général une certaine polyfonctionnalité. C'est leur association avec d'autres composants qui détermine la fonctionnalité exacte qu'on en obtiendra. Un même composant est donc susceptible de s'insérer dans des produits différents et de permettre une certaine standardisation. C'est à partir de cette propriété de polyfonctionnalité que se construit la nomenclature inverse. La nomenclature classique décrit un produit fini selon ses différents niveaux d'assemblage. La nomenclature inverse montre l'ensemble des produits susceptibles d'être obtenus à partir d'un même composant central (cf. schéma 3)

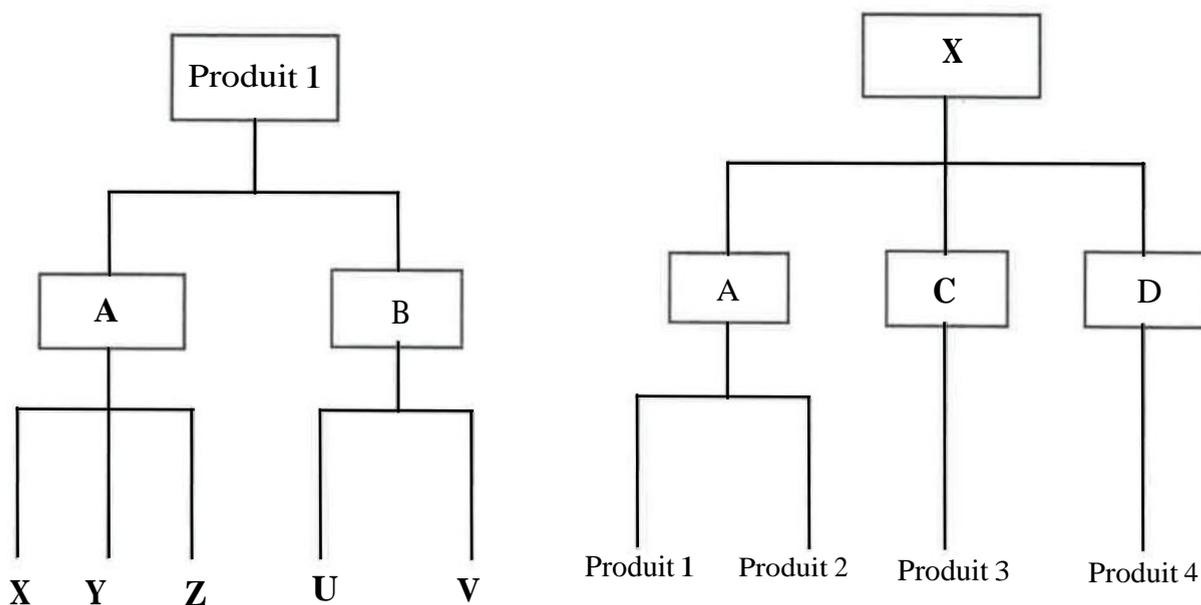
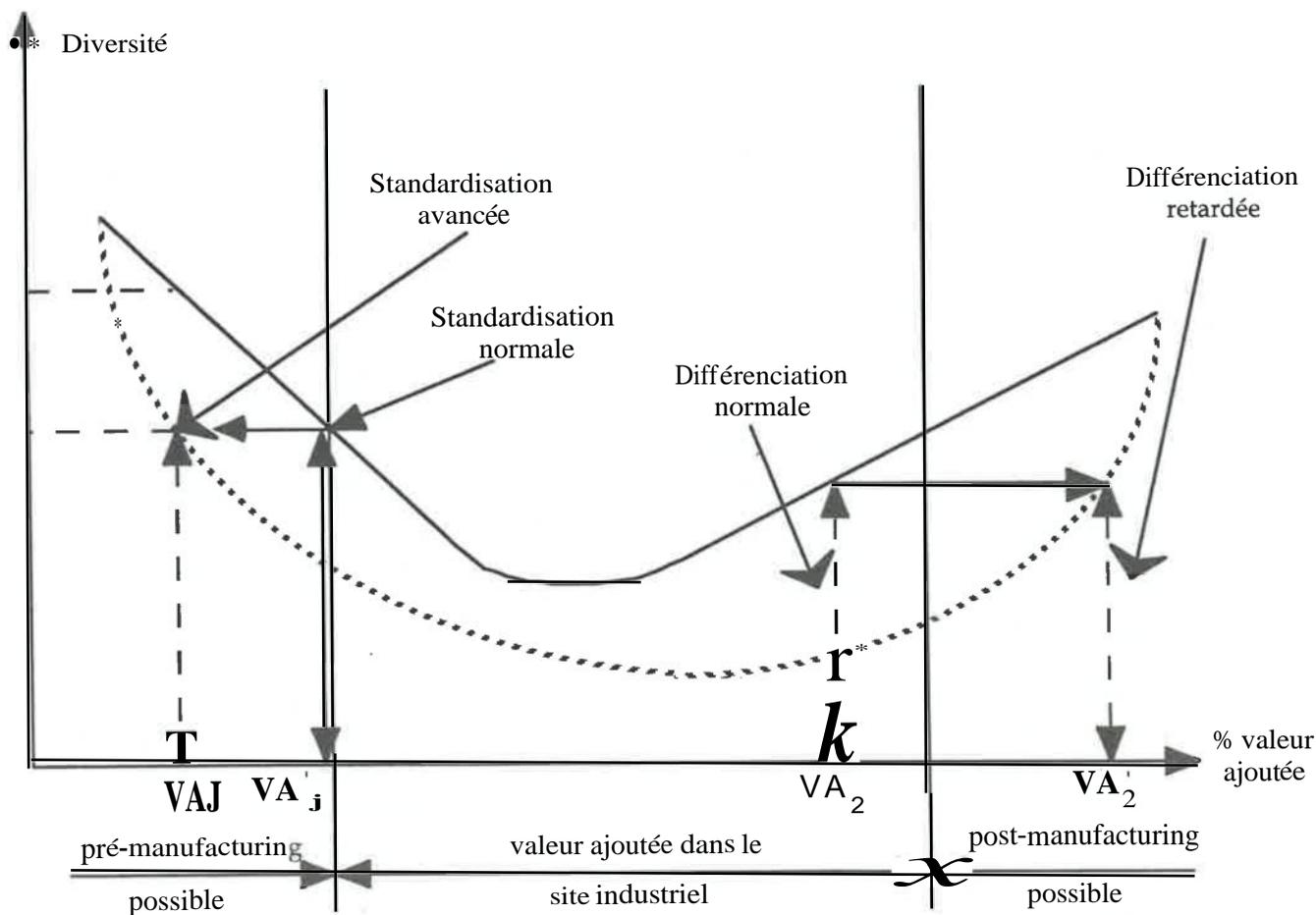


Schéma 3 : Nomenclature directe et nomenclature inverse

C'est la nomenclature inverse qui illustre comment une diversité finale peut s'obtenir à partir d'une homogénéité initiale. Ainsi, à partir de ressources potentielles prises dans des ensembles à grande hétérogénéité, la première étape d'un processus industriel est donc de réduire cette diversité sur les composants, par l'approvisionnement de modules, éventuellement différents, mais présentant la même similitude de montage<sup>2</sup>. Cette étape de "standardisation avancée" permet de passer le plus rapidement possible au stade de standardisation des composants et d'uniformité du process (cf. Schéma 4).



— évolution de la valeur ajoutée du produit sans pré et post-manufacturing

— évolution de la valeur ajoutée du produit avec pré et post-manufacturing

Schéma 4 : Standardisation avancée et différenciation retardée

<sup>2</sup> Par exemple, l'approvisionnement sur les chaînes de montage automobile de planche de bord déjà pré-équipées. Certes, elles sont toutes différentes de par les options choisies sur le véhicule, mais elles n'en présentent pas moins le même process d'assemblage sur le véhicule. L'hétérogénéité du process due à la diversité des équipements possibles a été limitée grâce à un pré-assemblage.

Elle a donc pour vocation de se dérouler en amont des usines et explique en partie le recours à un pré-manufacturing. Dans un deuxième temps, c'est en ayant recours à la propriété de diversité croissante au cours de la transformation d'un composant central qu'est développé le principe de différenciation retardée. Il est susceptible de générer, quant à lui, des activités de post-manufacturing.

Les courbes du schéma 4 représentent l'évolution de la différenciation en fonction de la valeur ajoutée sur les produits. En amont du cycle industriel, la grande diversité des composants donne un degré de différenciation important, malgré une valeur ajoutée encore faible. En aval, le cycle industriel tend à différencier les produits à partir de modules standard au fur et à mesure de l'augmentation de la valeur ajoutée. La courbe en trait plein matérialise une courbe de différenciation tout au long du process industriel sans pré et post-manufacturing. La courbe en trait pointillé matérialise une courbe de différenciation avec pré et post-manufacturing. On voit ainsi que le pré-manufacturing permet d'atteindre un niveau de différenciation équivalent avec une valeur ajoutée apportée directement par l'entreprise moindre. De même en aval, un niveau de différenciation élevé peut être atteint à partir d'un niveau de valeur ajoutée plus important grâce au post-manufacturing.

### 3.2 *Différenciation retardée et P-Manufacturing*

Le concept de postponement (différenciation retardée) a été présenté explicitement il y a une cinquantaine d'années (Alderson, 1950) (9). On remarque alors que les produits tendent à se différencier lorsqu'ils se rapprochent du point de pénétration de la commande qui est le point du flux où les produits sont associés à une commande client. Ainsi, plus le produit progresse le long de la chaîne qu'il parcourt pour augmenter sa valeur ajoutée, plus il a tendance à se différencier. Ce concept peut être défini comme un process au cours duquel un ensemble de produits chemine le long d'une chaîne de fabrication qui reste commune à tous, aussi longtemps que possible.

La différenciation retardée est un des recours envisageables pour trouver une plus large compatibilité entre flexibilité et productivité. Face à une demande de plus en plus diversifiée qui réclame une aptitude croissante à la diversité du système de production, l'industriel voit les risques de perte en productivité que lui fait encourir la multiplication des séries de fabrication (accroissement des réglages, des changements d'outillage, baisse de la taille, des séries...). Agir dès la conception du produit pour permettre sa différenciation aussi tard que possible dans la chaîne logistique de mise à disposition du produit présente le double avantage :

- de prendre bien évidemment en compte le besoin de différenciation du produit,
- de produire en amont de la différenciation des séries longues de produits indifférenciés.

Plusieurs domaines sont proposés pour introduire la différenciation retardée dans un produit (Tarondeau, 1993) (10) :

- le domaine de l'utilisateur. Les produits sortent à l'identique des usines mais sont adaptés physiquement à leur besoin par les utilisateurs eux-mêmes (meubles en kit, chaussures thermo-moulantes...),

- le domaine perceptuel. Les produits sont fabriqués à l'identique mais la publicité, la promotion ou la politique de prix les positionnent différemment selon les segments de marchés,
- le domaine de la distribution. Les produits sortent identiques de l'usine et ils sont différenciés dans le canal de distribution (entrepôt, moyens de transport, points de vente),
- le domaine de la production. Les produits sont alors différenciés dans l'usine même, mais plus ou moins tôt dans le process de fabrication.

Lorsqu'une différenciation au niveau de la distribution est mise en oeuvre, il y a relocalisation d'opérations de transformation du produit dans les sites de distribution. C'est un cas de post-manufacturing. Il présente deux avantages en termes logistiques :

- c'est un facteur d'économie d'échelle en amont. Dans le cas d'une différenciation retardée au niveau de la production ou de la distribution, à des séries longues et peu différenciées succèdent des séries plus courtes et beaucoup plus différenciées (cf. Schéma 5)

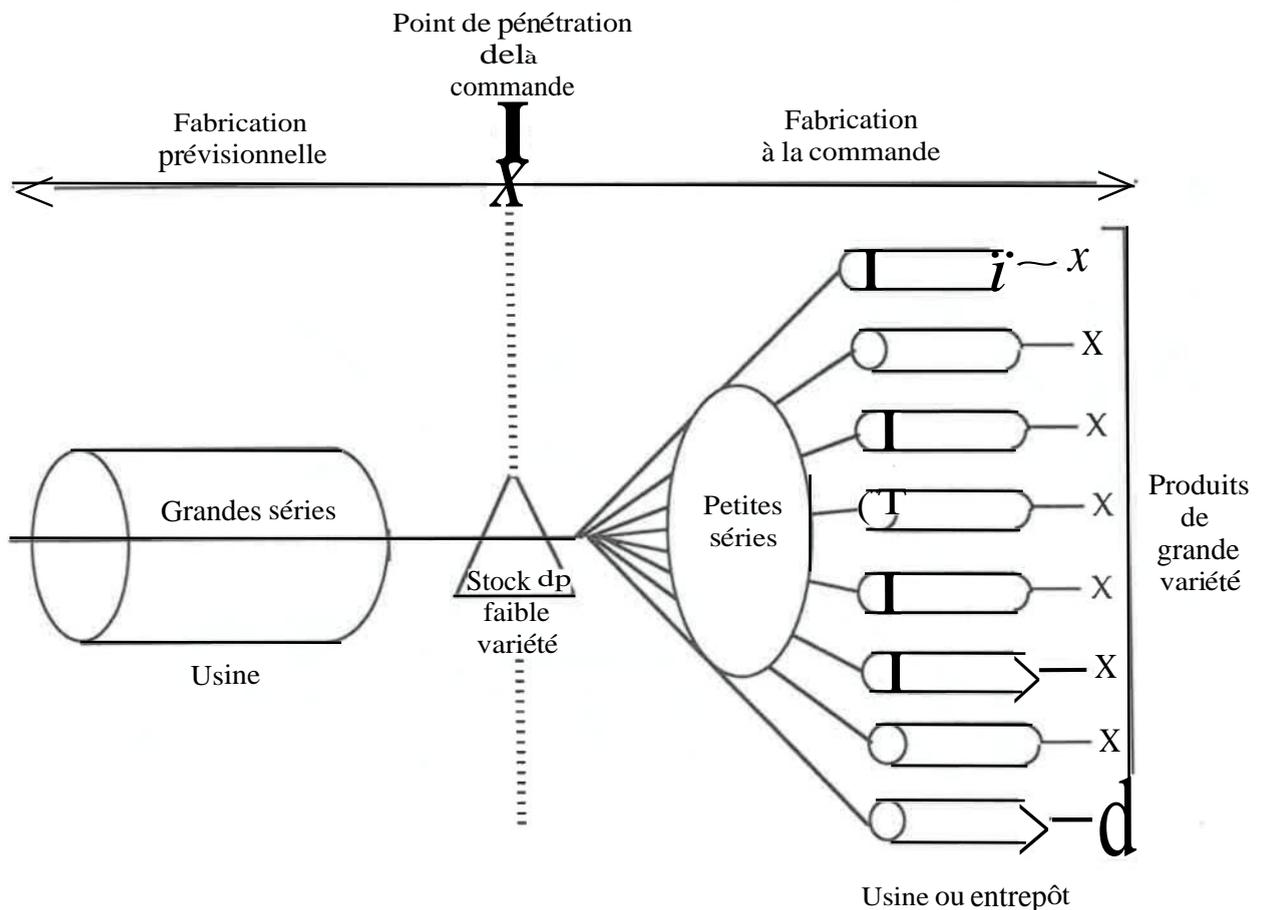


Schéma 5 : Différenciation et taille des séries

- il apporte une plus grande stabilité des flux en amont du fait d'aléas moindres sur les modules communs standardisés, fabriqués en faible diversité, que sur les références finales.

### 3.3 Typologie des activités de P-Manufacturing

Les quelques exemples précédents montrent qu'il existe des natures de P-Manufacturing très différentes. D'une opération d'usinage d'une surface complexe dans le cas du verre optique au collage d'une étiquette promotionnelle sur un emballage de produit de grande consommation, le process mis en oeuvre, et donc l'impact sur l'organisation d'un dépôt, n'ont rien de commun: dans un cas, il faudra consentir à créer un véritable espace de production permanent avec des machines et y affecter les compétences humaines nécessaires à leur bon fonctionnement: dans l'autre, au gré d'une préparation de commande avec du personnel d'entrepôt et avec des moyens de production réduits, les opérations pourront être réalisées.

On constate que plusieurs natures d'opérations existent. Les prestataires, dans un souci d'optimisation de leurs infrastructures, ont aujourd'hui tendance à spécialiser leurs unités sur un type de modèle ou sur un autre. Deux critères conduisent à l'identification de formes différentes d'intervention. L'un concerne le produit, et l'autre le process :

- un critère d'intensité de la différenciation apportée au produit.
- un critère de complexité du process à mettre en oeuvre.

Le schéma 6 présente les cinq natures d'activités P-Manufacturing que nous pouvons retenir.

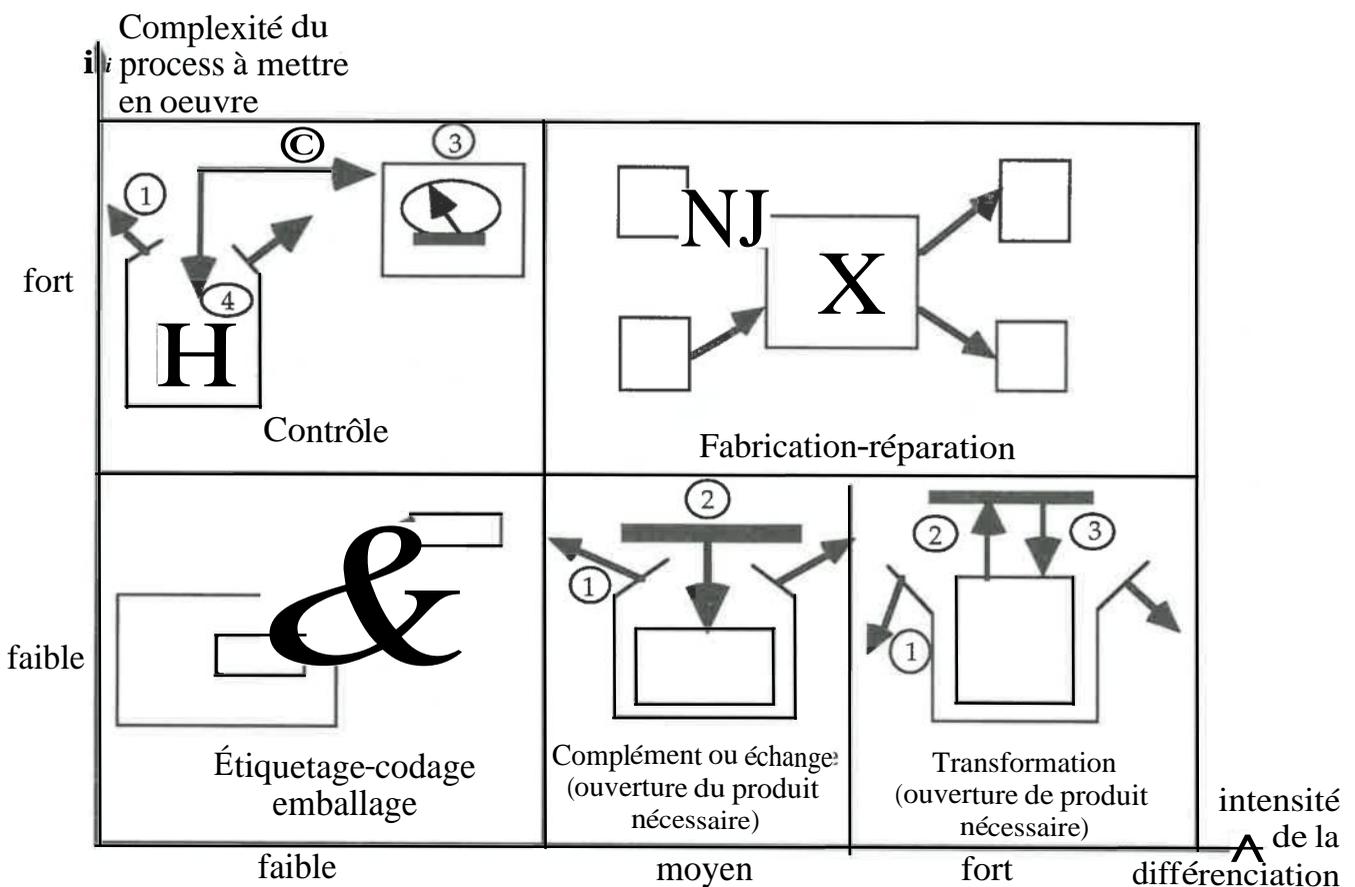


Schéma 6 : Les différentes formes de P-Manufacturing

Prenons chacun de ces modèles et donnons-en les principales caractéristiques :

### **3.3.1 Emballage, étiquetage, codage**

C'est le modèle qui différencie le moins le produit, mais qui réclame généralement des moyens limités. Il s'apparente aux opérations traditionnelles de manutention et a été identifié depuis longtemps comme l'une des natures d'activités du P-Manufacturing (Zinn, 1990) (11). Le produit générique n'est pas modifié. On se contente, dans ces opérations, de l'associer à un autre produit dans un suremballage (échantillon gratuit, trois pour le prix de deux...). Des opérations de collage d'étiquette ou de codage peuvent également être mises en oeuvre soit pour répondre aux exigences du marketing (étiquette promotionnelle), soit pour répondre à des exigences du client qui souhaite voir les produits qu'il reçoit, codés à ses propres normes.

### **3.3.2 Le complément/échange**

Les opérations type "complément/échange" réclament par rapport aux précédentes une ouverture du packaging du produit pour pouvoir compléter ou échanger des parties périphériques au produit. Ces opérations ne nécessitent pas en général de démontage ou de montage. Elles concernent donc une partie limitée du produit. Elles s'apparentent à une préparation de commande de nature un peu plus complexe. Un approvisionnement de la chaîne doit être réalisé avec les composants nécessaires au complément.

### **3.3.3 La transformation**

Pour les opérations de transformation, le produit est extrait de son emballage. Il est modifié ou complété. Il y a nécessité de procéder à l'ouverture du produit lui-même pour opérer sur les modules ou les composants concernés. Ces opérations sont susceptibles de se contenter encore d'un appareillage simple et donc d'un process de fabrication peu complexe. Cependant, elles recourent déjà à du montage et à du démontage et réclament, de ce fait, de véritables postes de travail.

### **3.3.4 Les contrôles - diagnostic**

Ils visent à tester le produit avant qu'il ne soit expédié chez le client ou une fois qu'il en est revenu du fait d'une panne ou d'une usure. Il y a nécessité alors de disposer de matériel plus sophistiqué type banc tests qui a besoin d'une mise en oeuvre complexe. Cependant, le résultat en termes de différenciation est limité et s'exprime souvent sous forme binaire : oui/non, en marche/en panne.

### **3.3.5 La fabrication-réparation**

Le produit subit un véritable process de fabrication avec des opérations d'assemblage, de démontage, de montage de composants ou de sous-ensembles.

De véritables ateliers sont alors nécessaires avec une gestion de production qui est susceptible de s'insérer dans celle d'une unité de fabrication proche. Ces types d'activités sont en effet souvent de nature pré-manufacturing. Elles dépendent d'un cycle de fabrication synchrone avec les ateliers d'une unité de fabrication aval qu'elles approvisionnent.

### 4. Méthode d'évaluation économique

Si le P-Manufacturing peut être justifié a priori par des raisons de faisabilité technique ou de capacité, la décision de traiter une référence produite en usine ou selon un process P-Manufacturing nécessite une évaluation économique. Des travaux sur la différenciation ont proposé des modèles qui permettent de calculer le niveau de différenciation optimale d'un produit (Tarondeau, 1993). Nous proposons ici un modèle simple complémentaire qui permet d'évaluer les seuils quantitatifs de ventes annuelles à partir desquels il est ou non justifié de passer par une organisation que nous limiterons ici au post-manufacturing. Deux cas de figure se présentent :

- Premier cas : passage total en post-manufacturing  
Un produit fabriqué en usine, une fois différencié, donne p références commerciales. On cherche ici à évaluer le volume des ventes V sur le produit et donc sur la somme des références commerciales, à partir duquel il est préférable de traiter toutes les références en P-Manufacturing de telle manière à dégager l'usine de toutes ces opérations de différenciation.
- Second cas : passage partiel en post-manufacturing  
L'usine est susceptible de continuer à faire des opérations de différenciation. Pour un produit on recherche les volumes de vente  $V_j$  à partir desquels une référence commerciale j issue d'un processus de différenciation doit être traitée en P-Manufacturing.

#### 4.1 Passage total en post-manufacturing

Le produit se présente sous la forme d'un semi-oeuvré, toujours fabriqué dans une usine. Ce semi-oeuvré est transformé en p produits finis par un processus de finition exécuté à l'usine ou dans les n centres de distribution. Les deux schémas envisagés de circulation physique du produit sont donc les suivants : (cf. schéma 7 et schéma 8)

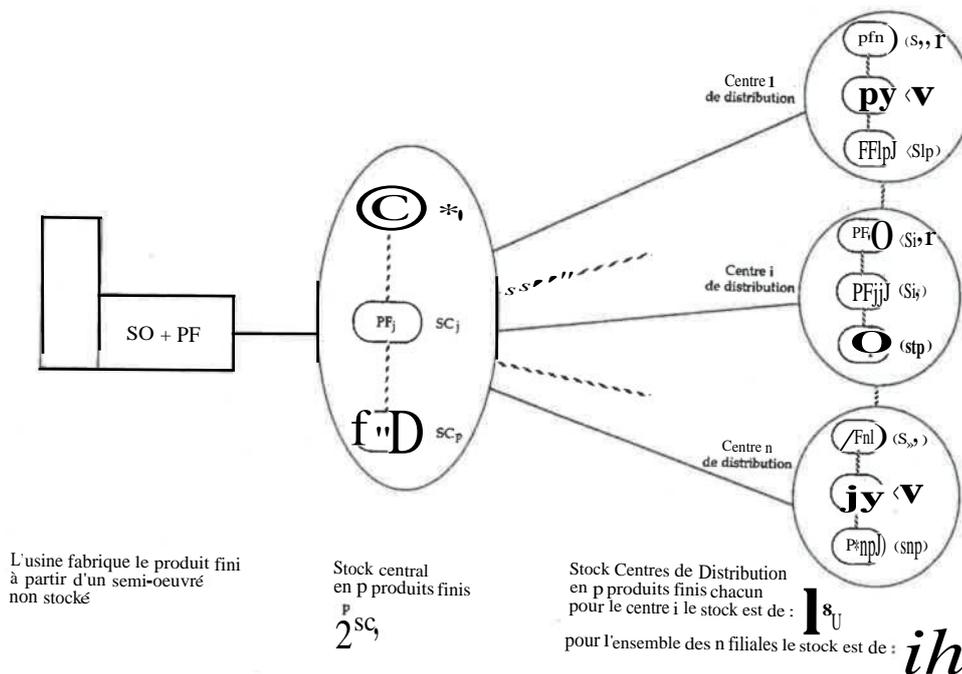


Schéma 7: Fabrication de produits finis à l'usine

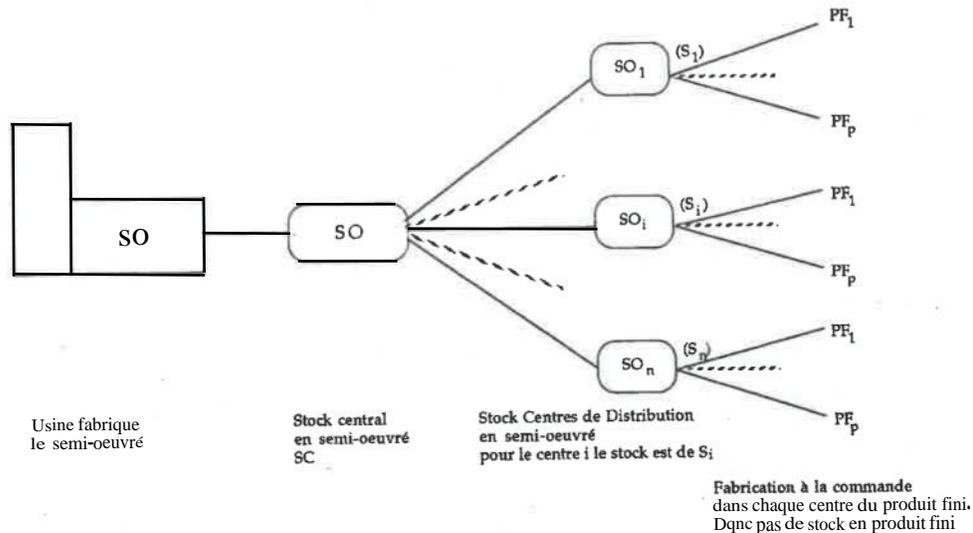


Schéma 8: Fabrication des produits finis en post-manufacturing

Dans un premier temps, nous formulons les hypothèses suivantes :

- les investissements sont faits en moyens de transformation dans les centres de distribution. Ils traitent déjà des références commerciales en post-manufacturing.
- les capacités sont supposées disponibles et le transfert éventuel des nouvelles références ne justifie pas de nouveaux investissements.
- tous les stocks sont décomposables en stock outil (SCO pour le central et SO pour les centres de distribution) et en stock de sécurité (SCS pour le central et SS pour les centres de distribution). Le processus de consommation et de commande des centres de distribution au stock central éteint similaire, qu'il porte sur du semi-ouvré ou sur des produits finis, le stock outil central en semi-ouvré est égal à la somme des stocks outils centraux en produits finis, soit :  $SCO = \bigwedge_{j=1}^P SCO_j$ .
- de même, pour les stocks en centres de distribution, nous avons le stock outil en semi-ouvré qui est égal à la somme des stocks en produits finis.

Les coûts que nous évaluons sont les suivants :

- le coût des produits (finis ou semi-ouvrés) à l'usine à partir des volumes annuels des ventes

Le coût de revient du produit fini à l'usine est noté :

$$Pf = P_{s0} + \hat{o}Pi \quad \text{ou} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_{s0} \text{ est le coût de revient du semi-ouvré à l'usine} \\ \hat{o}Pi \text{ est le différentiel de coût pour obtenir à partir} \\ \text{du semi-ouvré le produit fini en usine} \end{array} \right.$$

Le coût de revient du produit fini en post-manufacturing est noté :

$$P_{pm} = P_{s0} + \delta P_2 \quad \text{ou} \quad \begin{cases} P_{s0} \text{ est le coût de revient du semi-oeuvre à l'usine} \\ \delta P_2 \text{ est le différentiel de coût pour obtenir à partir} \\ \text{du semi-oeuvre le produit fini en centre de distribution} \end{cases}$$

- le coût financier du stock valorisé avec un taux annuel de l'argent, noté  $T$
- le coût d'entreposage. On l'évalue ici de manière globale :
  - coûts administratifs et coûts de surface confondus
  - entrepôt central et centre de distribution confondus.
 On le suppose en première approche proportionnel au nombre de références stockées.
- le coût d'obsolescence. Les produits ont des durées de vie limitées. On suppose que l'amortissement du stock résiduel, équivalant dans une situation médiane à un stock moyen ( $1/2 \times \text{stock outil} + \text{stock sécurité}$ ) est proportionnel à la durée de vie  $D$ , en année, du produit.

La décomposition des coûts est donnée dans le tableau 1.

Le volume  $V$  à partir duquel il est plus intéressant de passer par un process post-manufacturing est donné par la résolution de :

$$c_{pm} - c_f > 0$$

Soit à partir du tableau et des deux équivalences de stock outils retenus

$$\left( \text{SCO} = \sum_{i=1}^p \text{SCO}_i \quad \text{et} \quad \text{ISO} = \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{ISO}_{ij} \right)$$

nous obtenons :

$$\begin{aligned} & (\delta P_2 - \delta P_1) \times V - \delta P_1 \times \left[ t + \frac{i}{D} \right] \times \left[ \text{SCO} + t \text{SO} \right] - \left[ t + \frac{L}{D} \right] \times P_{s0} + \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SCS}_{ij} + t \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SS}_{ij} \\ & - (T \times \frac{V}{2}) \times \left( \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SCS}_{ij} + \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SS}_{ij} \right) + P_{s0} \times \left( \frac{1}{D} + \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SCS}_{ij} + \sum_{i=1} \sum_{j=1} \text{SS}_{ij} \right) + C \times (1 - \frac{1}{p}) > 0 \end{aligned}$$

Appelons  $\hat{OP}$  le différentiel de coût de revient entre le coût des produits finis usine et le coût des produits finis en post-manufacturing.

		Prix de revient	Coût financier stock		Coût obsolescence	Coût entreposage
			fabrication produit fini	Semi-ouvré		
Cf  (Coût des produits finis fabriqués en totalité à l'usine)	Usine	$(P_{S0} + SP) \times V$	= 0	$\frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^p SCO_i \right)$ $\times (P_{S0} + \hat{O}P_i) \times T$ (outil) $+$ $GH$ $\times (P_{S0} + SP_i) \times t$ (sécurité)	$\frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^p ISC_{oi} \right]$ $K P_{S0} + \hat{O} P_{oi}$ $+$ $\left[ \sum_{i=1}^p ISCS_i \right]$ $\times (P_{S0} + SP_i) \times \frac{1}{D}$	= Ce
	Centres de distribution	0	0	$\frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p SO_{ij} \right]$ $\times (P_{S0} + SP_i) \times t$ (outil) $+$ $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p ISS_{ij} \right]$ $\times (P_{S0} + SP_i) \times T$	$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p XES_{oi} \right]$ $\times (P_{S0} + SP_i) \times \frac{1}{D}$ $+$ $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p IIS_{ij} \right]$ $\times (P_{S0} + SP_j) \times \frac{1}{D}$	

CpM  (Coût des produits finis obtenus en post-manufacturing)	Usine	PsoXV		0	$\frac{SCO}{2} \times R_{so} \times \frac{1}{D}$ + $SCS \times P_{\wedge} \times \wedge$	$C'_e = C_e / p$
	Centres de distribution	SP <sub>2</sub> x V	$\frac{i}{2} (\sum SO_i) \times R_{, x}$ (outil) + $(\sum_{i=1}^n SS_i) \times P_{soXT}$ (sécurité)	0	$\frac{1}{2} (\sum_{i=1}^n SO_i) \times P_{so} \times \frac{1}{D}$ + $(\sum_{i=1}^n SS_i) \times P_{, \rightarrow} \times \frac{i}{D}$	

Tableau 1 : Décomposition des coûts pour la production de toutes les références commerciales issues d'un même semi-oeuvre.

Nous faisons l'hypothèse supplémentaire que le stock de sécurité semi-oeuvre va diminuer de x % par rapport au stock de sécurité des produits finis en dépôt central et de y % en centre de distribution (effet de globalisation des stocks) :

$$SCS = (1 - x) \wedge_{j=1} SCS_j \quad \text{et} \quad I * - MS^{\text{®}}_i$$

Nous obtenons alors :

$$V > \frac{(T + D)}{SP} \left[ \frac{I}{2} p_{, x} (SCO + \sum SO_i) + p \wedge SCS + \hat{1} \wedge \sum SS_i \right] + \left[ \delta P_1 \left( \frac{1}{1-x} SCS + \frac{1}{1-y} \sum_{i=1}^n SS_i \right) - C_e \left( \frac{1}{p} - 1 \right) x \frac{D}{DT + 1} \right]$$

Prenons un cas réaliste où

$$\begin{aligned} \tau &= 10\% & p &= 300 \\ D &= 2 \text{ ans} & \text{et} & \quad x = y = 30\% \end{aligned}$$

On a:

$$V > \frac{I}{5P} \left[ 0,3 SP_i (\text{Stock total outil produits finis}) + (0,26 \times P_{SO} + 0,84 \times SP_j) x \right] \\ + C_e$$

Une fois connues les valeurs de  $\hat{P}, 8P_1, P_{SO}, C_e$  et les niveaux des stocks, le volume  $V$  à partir duquel la fabrication en P-Manufacturing est préférable est déterminé.

#### 4.2 *Passage d'une référence commerciale en P-Manufacturing*

Une approche similaire peut être conduite dans le cas où il est envisagé, non pas de transférer la totalité des références attachées à un semi-ouvré en post-manufacturing, mais seulement certaines d'entre elles. La question est de savoir à partir de quel volume de vente une référence commerciale issue d'un même semi-ouvré est transformable en P-Manufacturing.

Prenons une référence  $y$ , dont le volume de vente annuelle est  $V_j$ , la décomposition des coûts selon les deux schémas de production est donnée dans le tableau 2.

Nous faisons les mêmes hypothèses sur les niveaux de stock :

- la quote-part du stock central semi-ouvré est égale au stock central outil de produits finis, soit  $SCO'_j = SCCf_j$
- la somme des quotes-parts du stock outil de semi-ouvré en centre de distribution est égale au stock outil de produits finis en centre de distribution soit :

$$\sum_{i=1}^n SO_{ij} = \sum_{i=1}^n SO_{ij}$$

- de plus l'effet de globalisation des stocks sur le semi-ouvré aura pour conséquence de réduire les stocks de sécurité de  $x$  % en central et de  $y$  % en centre de distribution, soit:

$$SCS'_j = (1-x)SCS_j$$

$$\ast \sum_{i=1}^n sS_i = (1-y) \sum_{i=1}^n sS_i$$

Moyennant des calculs similaires, nous obtenons :

$$V_c > \left( \frac{I}{D} + \frac{I}{D} \right) \left[ SCS_j ((2-x)P_{SO} + SP_j) + \sum_{i=1}^n SP_i + \sum_{i=1}^n SO_{ij} SP_i + \sum_{i=1}^n sS_i (P_{SO} + SP_i) \right]$$

		Prix de revient fabrication produit fini	Coût fournisseur stock		Coût obsolescence	Coût entreposage
			Semi-Oeuvre	Produit fini		
Cf.  (Coût des produits finis fabriqués en totalité à l'usine)	Usine	$(P_{S0} + SP_j)V,$	$\approx 0$	Stock outil $\frac{SCO_i}{2}(P_{\ll} + 5P_{\gg})$ + Stock sécurité $SCS, (P_{S0} + SP_1)_T$	$\frac{SCO_i}{2}(P_{S0} + SP_j) \wedge$ + $SCSJ(P_{S0} + SP_1) \frac{1}{D}$	
	Centres de distribution	0	0	Stock outil $\left( \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=1}^n SO_{ij} \right) (P_{S0} + \delta P_1)_T$ + Stock sécurité $\left( \sum_{i=1}^n XSS \wedge + SP_{JT} \right)$	$(iJso.) (r_{..} + 5r_1) \frac{1}{D}$ + $(\sum_{i=1}^n SS_1) (r_2 + 6P_1) \frac{1}{D}$	= Ce

<p>CPM</p> <p>(Coûts des produits finis obtenus</p>	<p>Usine</p>	<p><math>P_{so}X_j</math></p>	<p>Quote part du stock outil semi oeuvre pour j</p> $\frac{f}{2} \bigwedge_{so} P_{so} X_j$ <p>+</p> <p>Quote part du stock de sécurité pour j</p> $SCS \bigwedge_{\tau}$	<p>0</p>	$\frac{SCO_j}{2} P_{so} \frac{1}{D}$ $SCST_{so} \bigwedge$	
<p>en post-manufacturing)</p>	<p>Centres de distribution</p>	<p><math>5P_2X_j</math></p>	<p>Quote part du stock outil semi oeuvre pour j</p> $\left( \frac{1}{j} \bigwedge_{so} \right) \bigwedge$ <p>+</p> <p>Quote part du stock de sécurité semi oeuvre pour j</p> $\left( \frac{tss}{i} \right)_{psaT}$	<p>0</p>	$\left( \frac{1}{2} SS_{so} \right) P_{so} \frac{1}{D} +$ $fe_{\alpha} \bigwedge_{ii} \frac{1}{ii}$	$= C_i \cdot \frac{C}{P}$

Tableau 2 : Coûts pour la référence j

Dans le cas où

$$x = 10\% \quad \text{et} \quad x = y = 30\%$$

$$D = 2 \text{ ans} \quad p = 300$$

Nous arrivons à la formule

$$V_i > \prod_{i=1}^n \left[ SCS_i(1, 7P_i, + 8P_i) + 0,5SC(1, 6P_i + 0,5 \prod_{i=1}^n SCS_i(1, 5P_i) \prod_{i=1}^n SCS_i(0, 3P_i, + 5P_i) + Ce \right]$$

La croissance des prix de revient industriel et des différents stocks permettent de déterminer également dans ce cas les volumes seuils. Dans les deux cas, les formules s'appliquent parfaitement à des exemples comme celui de la fabrication de verre optique.

## 5. Conclusion

L'intensification du phénomène de P-Manufacturing révèle une évolution certaine dans la répartition du processus de fabrication.

Aux avantages et aux spécificités que nous avons déjà décrits s'ajoute un ultime phénomène : celui de l'apparition et de la structuration d'un nouveau secteur économique, celui de la prestation logistique. En gestation depuis de nombreuses années, sous des formes hybrides et balbutiantes, ce secteur était composé d'entreprises qui étaient pour certaines avant tout des entreprises de transport et pour d'autres des entreprises de stockage ou d'emballage.

Aujourd'hui, un certain nombre d'entre elles ont compris que leurs contrats au gré des demandes de leurs clients prenaient tous un dénominateur commun : celui de comprendre des opérations de post ou de pré-manufacturing. Cependant, le périmètre et la nature même des opérations réalisées en P-Manufacturing seront amenés à évoluer. Ainsi, l'apparition de lots virtuels dans la grande distribution consiste à créer les lots promotionnels en caisse, à la sortie du magasin chez le distributeur, moyennant une information adaptée au sein du magasin et du linéaire. Ce développement amènera inévitablement une diminution des opérations de copacking ou de stickage en post-manufacturing. A l'opposé, on voit apparaître des opérations encore plus intégrées en matière de production. Tailleur Industrie assemble à la demande, dans l'un de ses entrepôts, des vélos à partir de modules élémentaires, pour le compte des magasins de la distribution spécialisée du sport, Décathlon.

Le P-Manufacturing conduit ainsi à une meilleure intégration des flux entre approvisionnement, production, distribution et soutien après-vente et à une meilleure flexibilité de l'ensemble de la chaîne logistique. Il concourt à mettre à la disposition de la logistique un modèle d'organisation des flux particulièrement intégré qui conduit à s'interroger sur l'évolution à terme de la chaîne de valeur ajoutée industrielle.

## 6. Bibliographie

- (1) Lancaster K., (1991), "L'analyse économique de la variété des produits : une revue de la littérature" Recherche et applications en marketing, vol. 6, (1).
- (2) Ballou H.B., (1992), Business Logistics Management, Englewood Cliffs, Prentice Hall, pp. 44-46.
- (3) Buklin L.,(1965), "Postponement, speculation and structure of distribution channels", Journal of Marketing Research, Vol. 2, (1), Feb., pp. 26-31.
- (4) Lambert D.M., (1993), Stock J.R. "Strategie logistics management", Boston, Irwin, pp.79-80.
- (5) Tarondeau J.C., (1982), "Les trois âges de la stratégie industrielle", Revue Française de Gestion n° 36, pp. 29-38.
- (6) Abernathy W., (1978), The productivity dilemma, Baltimore, John Hopkins University Press.
- (7) Skinner W., (1977), "Supériorité de l'usine spécialisée" Harvard Business Review, Mai-Juin, pp. 82-87.
- (8) Tarondeau J.C., (1982), "Produits et technologies, choix politique de l'entreprise industrielle", Dalloz, Paris.
- (9) Alderson W., (1950), "Marketing efficiency and the principle of postponement" Cost and profit outlook, Sept, pp.3-14.
- (10) Tarondeau J.C., (1993), Stratégie industrielle, Vuibert, Paris.
- (11) Zinn W., Bowersox D., (1990), "Planning physical distribution with the principle of postponement", Journal of Business Logistics, Vol. 9, n° 2, pp. 117-135.

