

**REALISATION DE LA GESTION
DE PRODUCTION ORIENTEE DE CHARGE :
Méthodes et Moyens.**

Prof. Dr. Ing e.H. Hans Peter Wiendal

Dipl. Ing. Heinrich Dräger.

Dipl. Ing. Dirk Petermann.

Institut fur Fabrikanlagen.

V

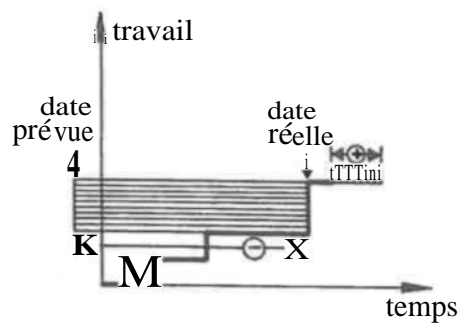
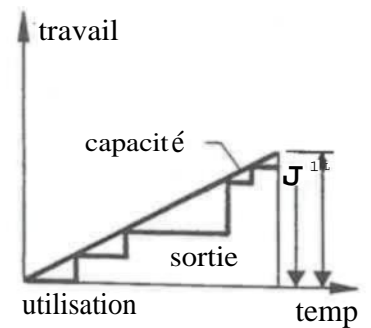
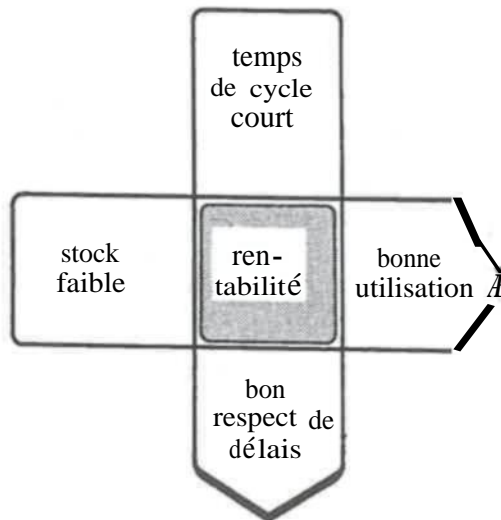
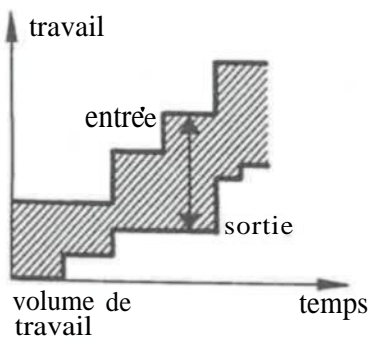
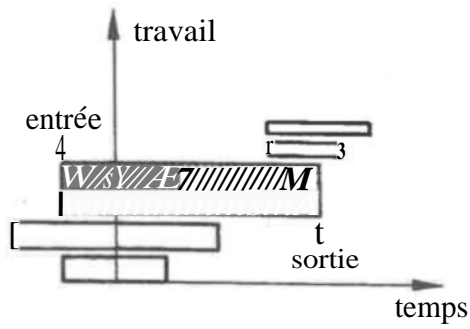
Réalisation de la gestion de production orientée de charge : Méthodes et moyens

Les entreprises industrielles sont aujourd'hui plus que jamais exposées à une concurrence internationale de plus en plus dure. Il n'existe pratiquement plus aucun segment de marché qui n'ait encore évolué du marché vendeur au marché acheteur. Dans ces conditions et afin de pouvoir s'imposer sur le marché, il ne suffit pas d'avoir de bons produits d'un haut niveau technique. Les relations entre production et logistique (mot-clé «just-in-time»), intensifiées par le besoin de rationalisation, attribuent un rôle croissant aux aspects délais et temps de réaction. Dans la gestion et le contrôle de production, les objectifs de volumes sont traditionnellement en opposition avec les objectifs d'une politique économique. Le marché, représenté au sein de l'entreprise par le service des ventes, exige une bonne aptitude à livrer dans de brefs délais et de façon ponctuelle. En revanche, la production essaie d'utiliser de façon intensive et constante les équipements et de limiter dans la mesure du possible les stocks de matières premières, de produits en cours de production et de produits finis (croisée d'objectifs, figure 1).

La pondération des objectifs a subi, en raison de la modification des conditions fondamentales mentionnées au début, une nette évolution en faveur des objectifs guidés par le marché : «respect des délais» et «temps de cycle court». La fabrication avec peu de stock réalisée à l'aide de la «gestion de production orientée de charge» est un moyen efficace pour atteindre ces objectifs, dits de marché, tout en garantissant une bonne utilisation des moyens de production [5].

Il en résulte des avantages quantifiables tels que des économies sur les intérêts, les frais de stockage, les heures supplémentaires, les équipes supplémentaires, la sous-traitance et les pénalités de retard. Mais il en résulte aussi indirectement, et cela grâce à des stocks bas, des augmentations de rentabilité évaluables telles qu'une plus grande flexibilité et un risque de modification et de commercialisation plus bas, en raison des temps de cycle plus courts.

Les systèmes GPAO (gestion de production assistée par ordinateur) conventionnels reproduisent essentiellement l'organisation sur fiches et fichiers des années 60. La discussion sur le CIM (Computer Integrated Manufacturing) et la GPAO souligne certes l'importance de la GPAO, mais se préoccupe principalement des problèmes d'interface pour l'intégration de la GPAO dans un concept CIM. Il était grand temps d'intégrer de nouvelles idées dans les procédés de GPAO, mais il est à souligner que cela ne s'est produit qu'après les succès remarquables obtenus par l'industrie nippone, par exemple avec KANBAN [6].



Modèle et indices pour la supervision des cycles de fabrication

Le **modèle d'entonnoir** pour la représentation de cycles de fabrication, qui a été développé à l'«Institut für Fabrikanlagen» (institut pour les installations industrielles) de l'Université de Hanovre, s'est imposé peu à peu ces dernières années en théorie comme en pratique. Entre-temps ce modèle a été élaboré et sert aujourd'hui de base pour le GPAO-monitoring et le GPAO-controlling. Dans ce contexte «monitoring» (angl.: surveiller) désigne la reproduction assistée par ordinateur des cycles de fabrication dans le modèle au moyen d'indices pour la description et de graphiques pour l'explication. Les éléments les plus importants de ce modèle sont le **modèle d'entonnoir** pour le système de travail et le **diagramme de passage** pour le cycle de fabrication.

Le modèle d'entonnoir d'un système de travail

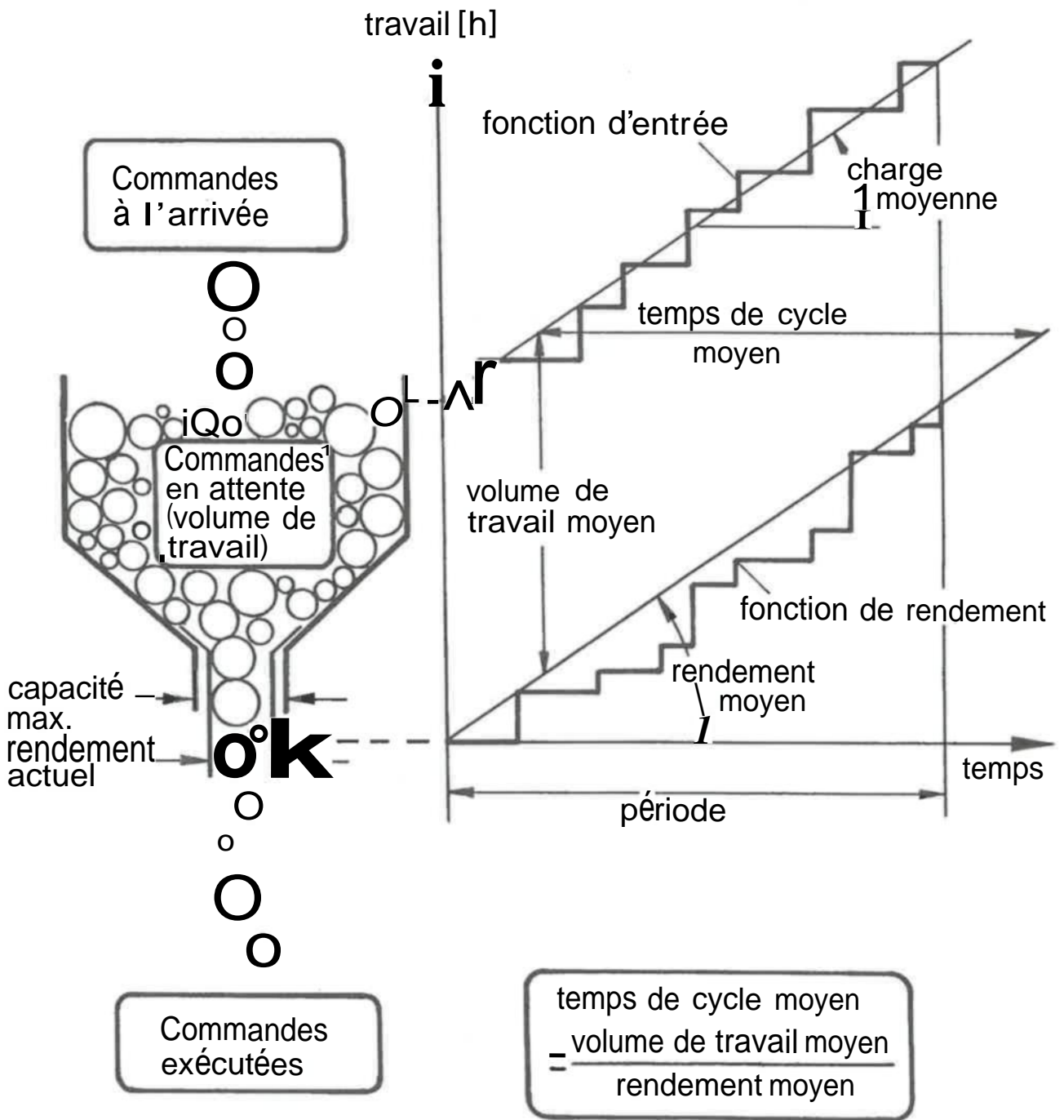
Dans la pratique de la gestion d'atelier, on réunit des machines ayant des caractéristiques techniques identiques dans des groupes de machines. De cette façon, on cumule les capacités pour l'organisation fonctionnelle de la fabrication ; il est alors sans importance de déterminer sur quelle machine l'ordre va être effectivement exécuté.

Par le nom **système de travail**, on désignera dans la suite les capacités cumulées d'un tel ensemble. Il peut s'agir alors de machines seules, de groupes de machines, de secteurs de l'entreprise ou bien d'usines entières.

Tout système de travail peut être décrit par le modèle d'entonnoir (figure 2). Les lots à l'entrée constituent un volume de travail qui est mesuré en heures d'usinage et ils se partagent la capacité totale. Celle-ci est représentée par la sortie de l'entonnoir et symbolise ainsi la limite de rendement. On appelle «temps de cycle» les délais d'exécution des tâches à l'entrée du système de travail. Les tâches exécutées sont mesurées en heures d'usinage, puis on établit leur quotient avec le temps d'observation (période) : c'est le **rendement** du système de travail.

Le diagramme de passage d'un système de travail

L'analogie entonnoir/système de travail est une image instantanée. Le modèle dynamique est dit diagramme de passage. La partie droite de la figure 2 explique le principe du diagramme de passage : on représente l'arrivée et la sortie du travail en fonction du temps pour obtenir la fonction d'entrée et la fonction de rendement.



La fonction d'entrée part du volume initial de travail et indique les dates d'arrivée et les volumes de travail des tâches arrivant au système. En homogénéisant la fonction d'entrée on obtient une droite, dont la pente correspond à la **charge moyenne** du système de travail. La fonction de rendement est obtenue de la même façon, commençant à l'origine. La pente de cette courbe représente le **rendement moyen** du système de travail. La distance verticale des deux droites représente le **volume de travail moyen**, la distance horizontale le **temps de cycle moyen**. Si la fonction d'entrée et la fonction de rendement sont parallèles, (ce qui veut dire que pendant un certain laps de temps la même quantité qui sort du système rentre à l'entrée, ce qui devrait être normalement le cas pour des périodes plus longues) l'équation suivante peut être appliquée à l'entonnoir :

Temps de cycle moyen = volume de travail moyen/rendement moyen [5].

Le diagramme de passage permet de bien visualiser les quatre objectifs de la fabrication, mentionnés au début. A ce propos on montre en haut de la figure 1 les temps de cycle des différentes tâches sous forme d'élément de passage. L'élément de passage est le rectangle dont la longueur est définie par les **dates d'arrivée et d'exécution** de la tâche au système de travail et dont la hauteur est définie par le **volume de travail** de la tâche.

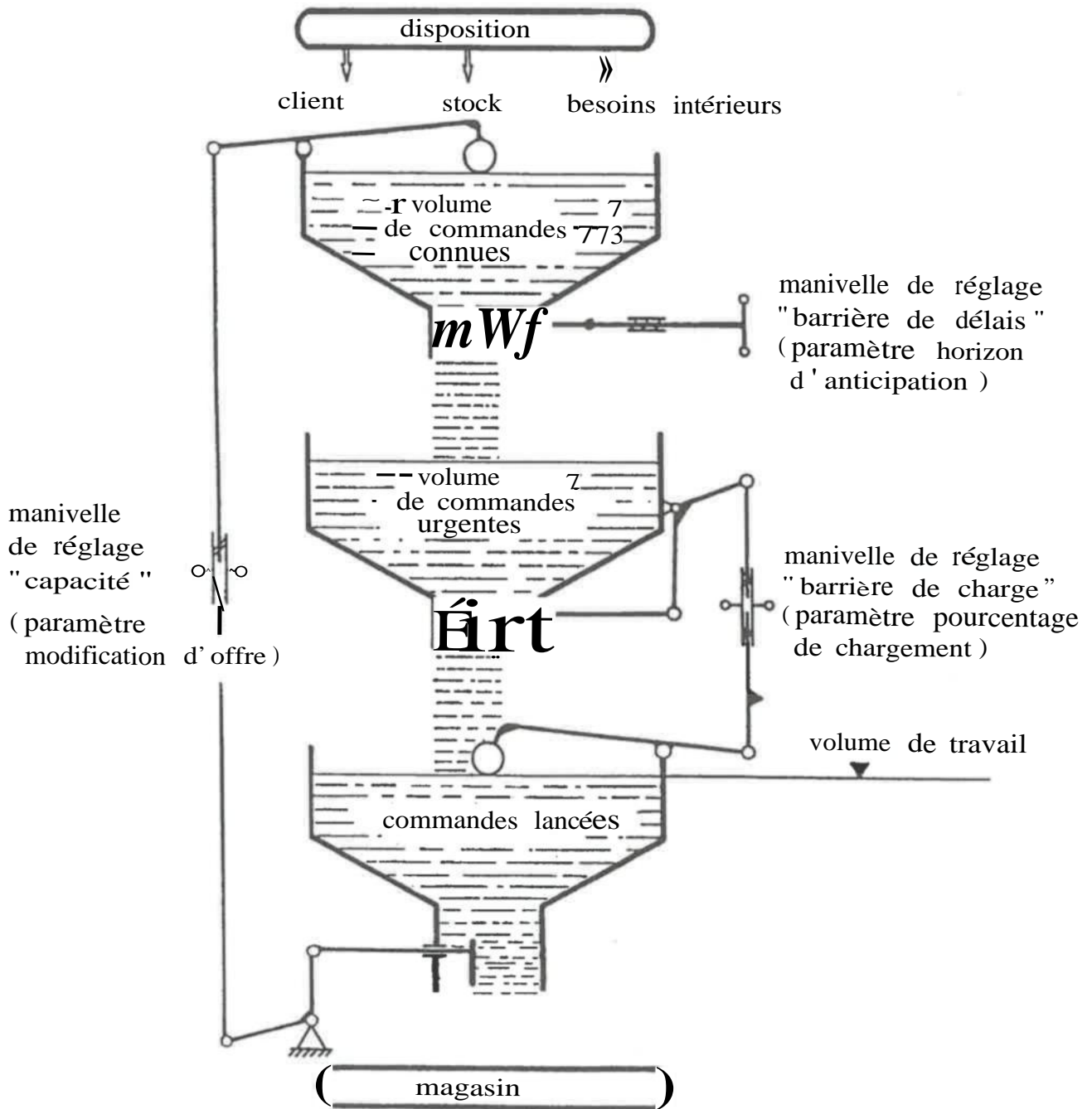
En bas on voit **l'écart de délais** ; dans la fonction de rendement on a marqué les dates d'exécution réelles et les dates demandées. A gauche, on a représenté le volume de travail comme surface entre les fonctions d'entrée et de rendement. A droite, on voit **l'utilisation du système de travail** en comparant la courbe de capacité à la fonction de rendement.

Le procédé du lancement orienté de charge

Les méthodes conventionnelles de la gestion d'atelier passent par la détermination des délais de fabrication et des temps d'utilisation de la capacité de production. On essaie par des techniques de calcul sophistiquées de générer de façon déterministe, le cas échéant en diminuant les temps inter-opérations et en appliquant des règles de priorité, un **plan de déroulement et d'utilisation des machines**. Dans la pratique l'expérience montre que ces plans, générés le week-end, ne sont souvent plus valables le lundi après-midi.

Le **lancement orienté de charge** prend en compte le **caractère aléatoire** des événements dans le procédé de fabrication, sans planification minutieuse des arrivées et des exécutions des tâches. Il répartit les charges aux systèmes de travail par période tout en considérant les probabilités d'arrivée et **d'exécution de tâche**.

La gestion d'atelier orientée de charge comme système de réglage



Cette méthode permet des décisions décentralisées à court terme «sur place», là où la situation est bien connue et bien évaluée. Ce qu'il faut retenir est que selon **l'équation d'entonnoir**, le temps de cycle moyen augmente quand le volume de travail moyen augmente et il baisse quand le rendement moyen augmente [5].

Le procédé du lancement orienté de charge peut être expliqué par un mécanisme de réglage du débit d'un système d'entonnoirs (figure 3) [6].

Après la détermination des délais de fabrication de toutes les commandes de l'atelier (en considérant les temps de cycle moyens des systèmes de travail). On génère le «volume de commandes d'atelier urgent». La barrière de délai retient toutes les commandes d'atelier qui ont une date de lancement de plan trop éloignée. La détermination des délais de fabrication est alors uniquement utilisée pour évaluer **l'urgence des commandes d'atelier**. Les dates de lancement peuvent tout à fait être dans le passé étant donné qu'il n'y a pas de réduction de temps interopérations.

Dans l'étape suivante, les commandes d'atelier urgentes sont placées selon leurs temps opératoires sur ce qui est appelé comptes de charge. Il faudra alors considérer si la commande au début de la période de planification observée se trouve vraiment (physiquement) dans le système de travail (= volume de travail direct) ou si elle se trouve toujours dans d'autres systèmes de travail préposés (= volume de travail indirect.). Le volume de travail direct sera chargé avec 100% du temps opératoire sur le compte de charge, tandis que le volume de travail indirect sera **déprécié** selon sa probabilité d'arrivée pendant cette période de planification au système de travail. La probabilité d'arrivée peut être calculée avec les temps de cycle des systèmes de travail préposés. Le volume de travail admissible d'un système de travail est limité par la **barrière de charge**. Elle est indiquée en pourcentage du rendement de plan. Quand une commande d'atelier arrive à un système de travail dont le compte de charge est déjà plein, elle sera alors refusée. Seules des commandes d'atelier n'ayant pas été refusées à aucun système de travail seront lancées et arriveront alors dans l'atelier.

Les conséquences sont illustrées dans le diagramme de passage (figure 2, à droite). Avec le volume de travail moyen diminuant, les fonctions d'entrée et de rendement se rapprochent, donc le temps de cycle moyen diminue aussi.

Dans la pratique il s'agit alors de régler le volume de travail moyen afin d'obtenir, d'une part, une utilisation correcte et, d'autre part, d'éviter des volumes de travail inutilement trop élevés. Il faut aussi respecter les délais avec un écart le plus petit possible. Cependant des simulations ont prouvé qu'il n'existe pas de volume de travail répondant de la même façon à tous les objectifs. Par conséquent, dans la pratique on baisse peu à peu les **barrières de charge**. Il est alors possible que les barrières de charge soient différentes pour des systèmes de travail individuels [6].

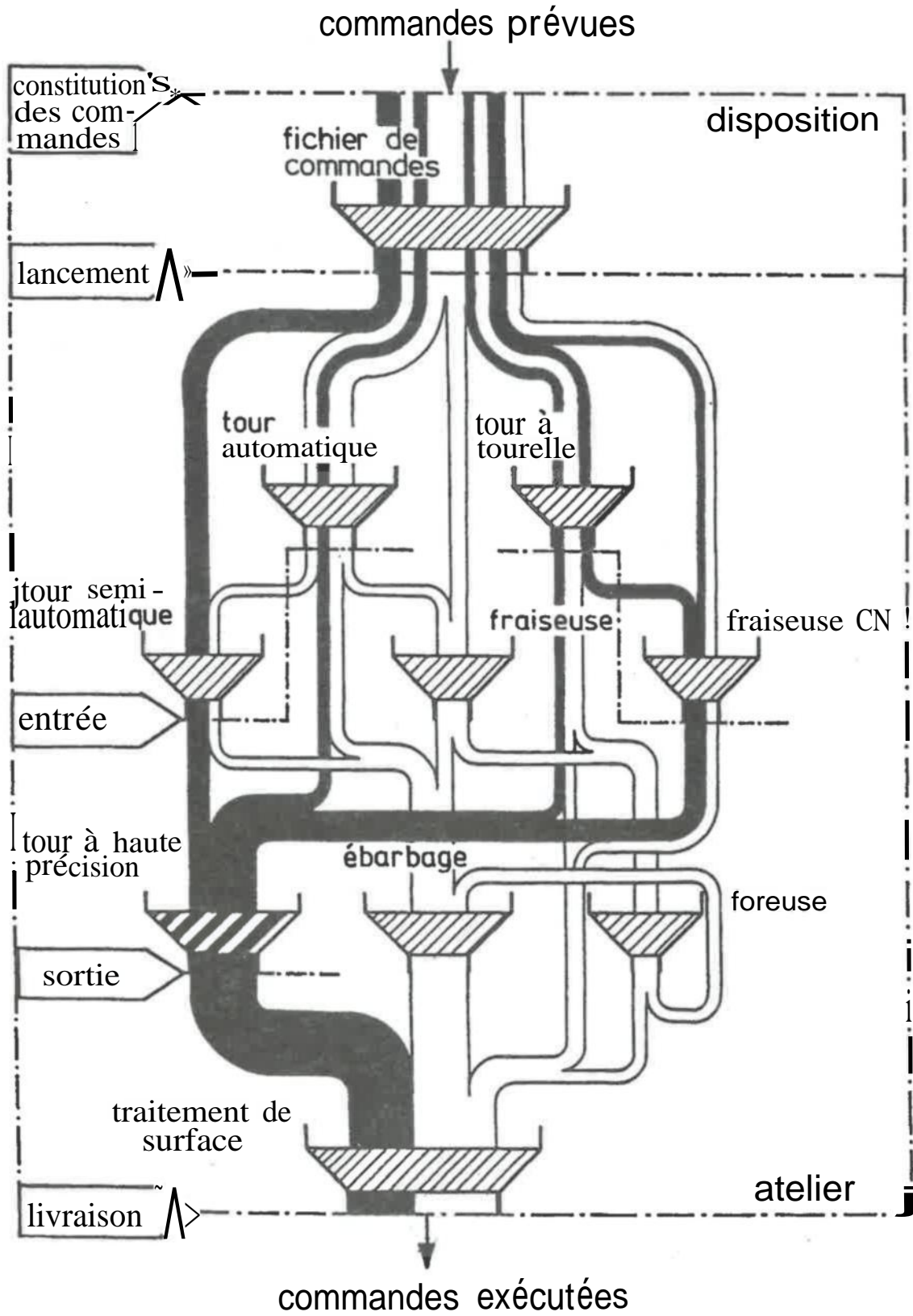
Une conséquence importante de la fabrication avec peu de stock est le fait qu'avec les volumes de travail faibles les changements de séquence des commandes d'atelier perdent leur raison d'être. Ainsi on parvient à une séquence de réalisation «first in - first out» (Fifo), **ce qui mène à des temps de cycle ayant toujours moins de dispersion et donc à une sécurité de planification croissante pour la détermination des délais de fabrication et pour le calcul de lancement**. Ceci a également un effet positif sur le respect des délais.

Le lancement orienté de charge part du principe que l'offre de capacité correspond en moyenne à la demande de capacité. Si ce n'est pas le cas, il faut adapter la capacité ou reporter des commandes d'atelier. Ces deux mesures sont à déduire à partir de la liste des commandes d'atelier refusées. Il est aussi possible d'évaluer la demande de capacité directement après la détermination des dates de fabrication. Ceci est indiqué dans la figure 3 par la manivelle de réglage «capacité», et sera plus amplement développé par la suite.

Evolution vers la gestion d'atelier orientée de charge

L'extension du lancement orienté de charge vers une gestion d'atelier orientée de charge peut être démontrée à l'aide d'un atelier décrit par des modèles d'entonnoir interdépendants (figure 4) [1]. On y trouve la représentation d'un poste de travail singulier (tour à haute précision) avec ses liaisons avec le reste de l'atelier. On peut distinguer trois niveaux de planification (constitution de l'ordre, lancement, système de travail) ayant cinq points de mesure :

- constitution de commande (génération des dates de commande)
- lancement (démarrage du cycle de fabrication)
- arrivée (arrivée de tâches au système de travail)
- sortie (exécution de tâches au système de travail)
- livraison (fin du cycle de fabrication)



NOUVEAU à l'automatisation d'un atelier
[SAONER]

Lors de la constitution de commande (niveau de planification 1) les commandes seront définies la première fois selon le type, la quantité et le délai de livraison, ensuite elles seront mémorisées dans le fichier de commande (volume de travail de disposition).

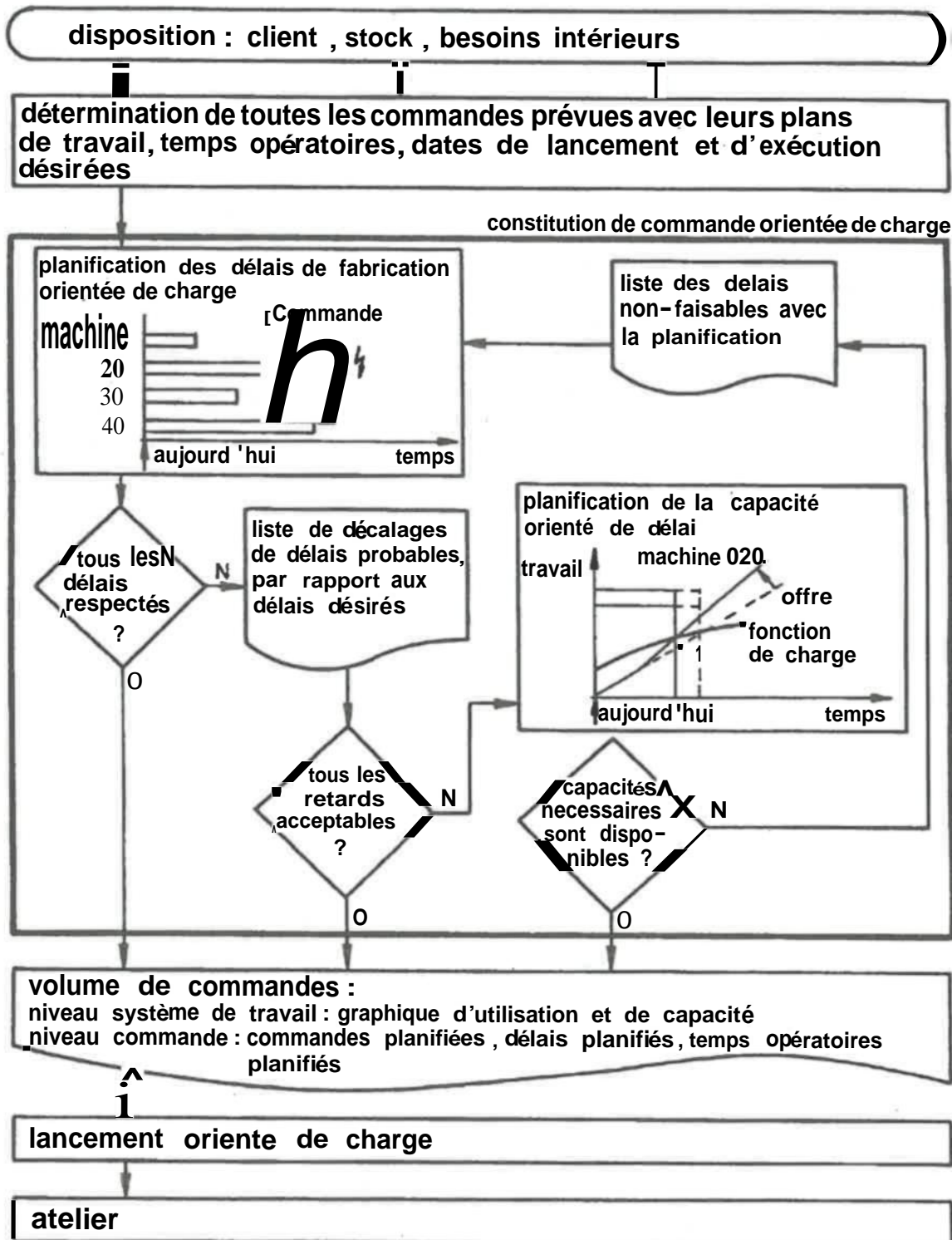
Par le lancement (niveau de planification 2) les commandes parviennent sous forme de matières premières (stock de roulement) à l'atelier et pour **chaque commande UNE arrivée au premier poste de travail** aura lieu. Les commandes seront exécutées selon les programmes de machine (niveau de planification 3), ceci correspond à une sortie des postes de travail concernés et une arrivée aux postes de travail suivants. La livraison des commandes a lieu après la sortie du dernier poste de travail.

Entre-temps le procédé décrit a été réalisé par le «système de contrôle et planification pour la gestion d'atelier orientée de charge» (KPSF) de la société Krauzig et Bechte à Hanovre [1].

Comment se passe-t-elle donc, cette constitution de commande orientée de charge ? La figure 5 montre qu'il faut d'abord rassembler de nouveau toutes les commandes actuelles avec leurs plans de travail, temps opératoires et dates de lancement et d'exécution désirées. Avant que ces «demandes» ne parviennent à l'entonnoir «volume de commandes connues» de la figure 3, il faut aligner la demande de capacité (fonction d'entrée) venant du volume de commandes avec l'offre de capacité de l'atelier. Pour cela on peut supposer que l'offre de capacité est, tout de même en raison de la période observée, variable dans une certaine mesure (on se trouve dans une période à moyen terme de 8 à 12 semaines).

Dans la première étape de cet alignement, la nouvelle commande sera comparée, en considérant sa date d'exécution désirée, avec la situation de charge des systèmes de travail concernés. Quand une tâche tombe dans une période où les capacités sont surchargées (à gauche de la date de disponibilité), déjà lors de la constitution de commande, elle sera décalée vers le futur jusqu'à ce qu'elle trouve des capacités disponibles. On vérifiera la faisabilité de la date d'exécution obtenue (par ex.: réseau de commandes, client, etc.).

Quand la nouvelle date n'est pas acceptable, on vérifiera dans une prochaine étape si, en augmentant l'offre de capacité des machines de conflits, la date de disponibilité de ces machines peut être décalée à gauche, de façon à ce que la date d'exécution soit acceptable de nouveau.



Si aucun arrangement n'est possible, la commande doit être refusée, ou bien ses délais de fabrication seront déterminées tout en s'accommodant d'impasses potentielles. Des procédés spéciaux sont également possibles, comme le splittage de commandes et la redétermination des délais de fabrication des autres commandes.

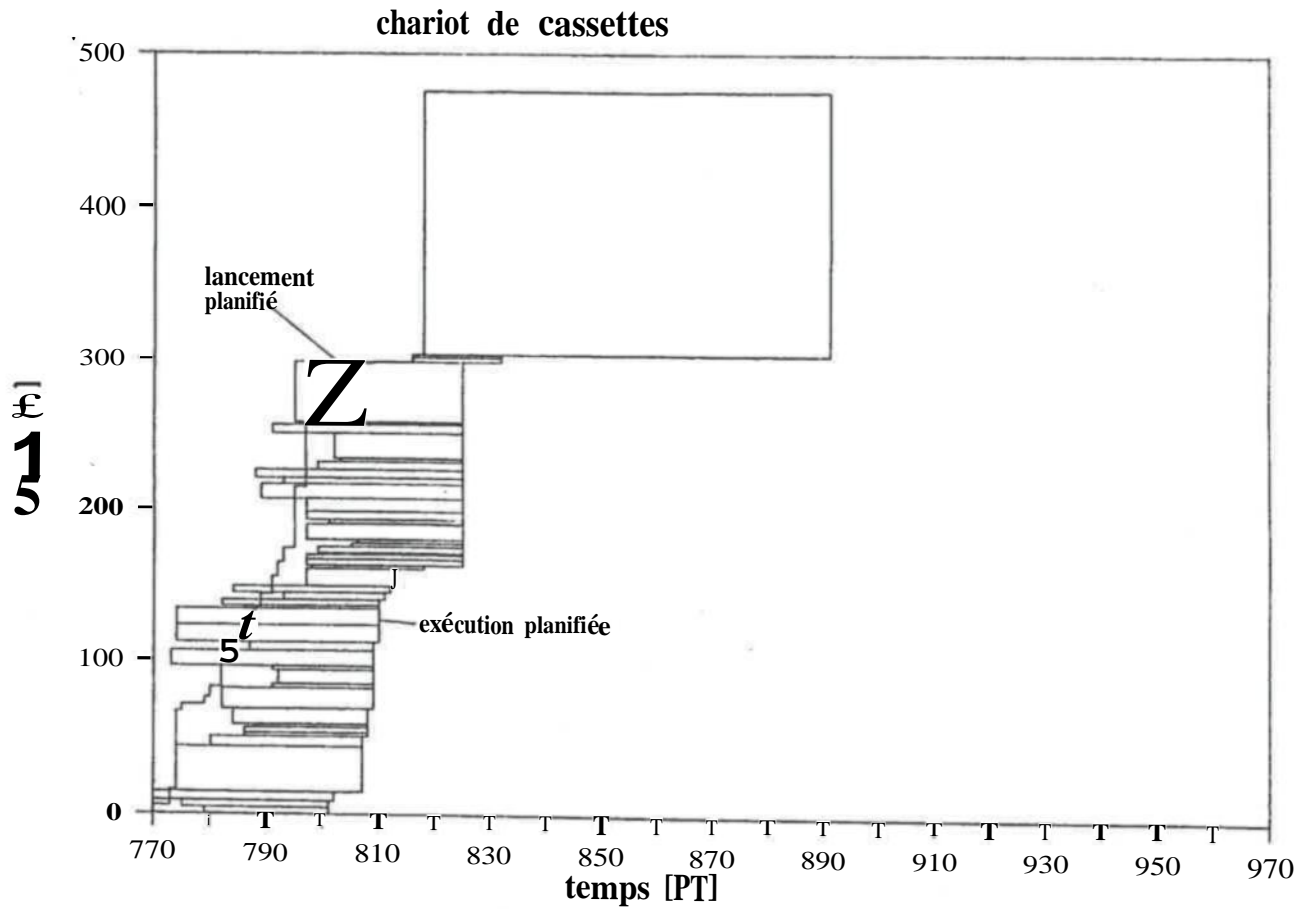
Ce n'est qu'alors, que la commande avec ses dates de fabrication parvient au «volume de commande» et par le lancement orienté de charge à l'atelier. A l'aide de ce procédé, constituant une liaison étroite entre la gestion d'atelier et la disposition, un alignement à moyen terme entre la capacité et la charge est réalisé. Ce qui veut dire que les données de la disposition rentrent d'abord comme date de lancement fixe dans le procédé, mais qu'elles seront remises en question, en cas de conflits, lors de la dernière étape.

Pratique de la gestion d'atelier orientée de charge

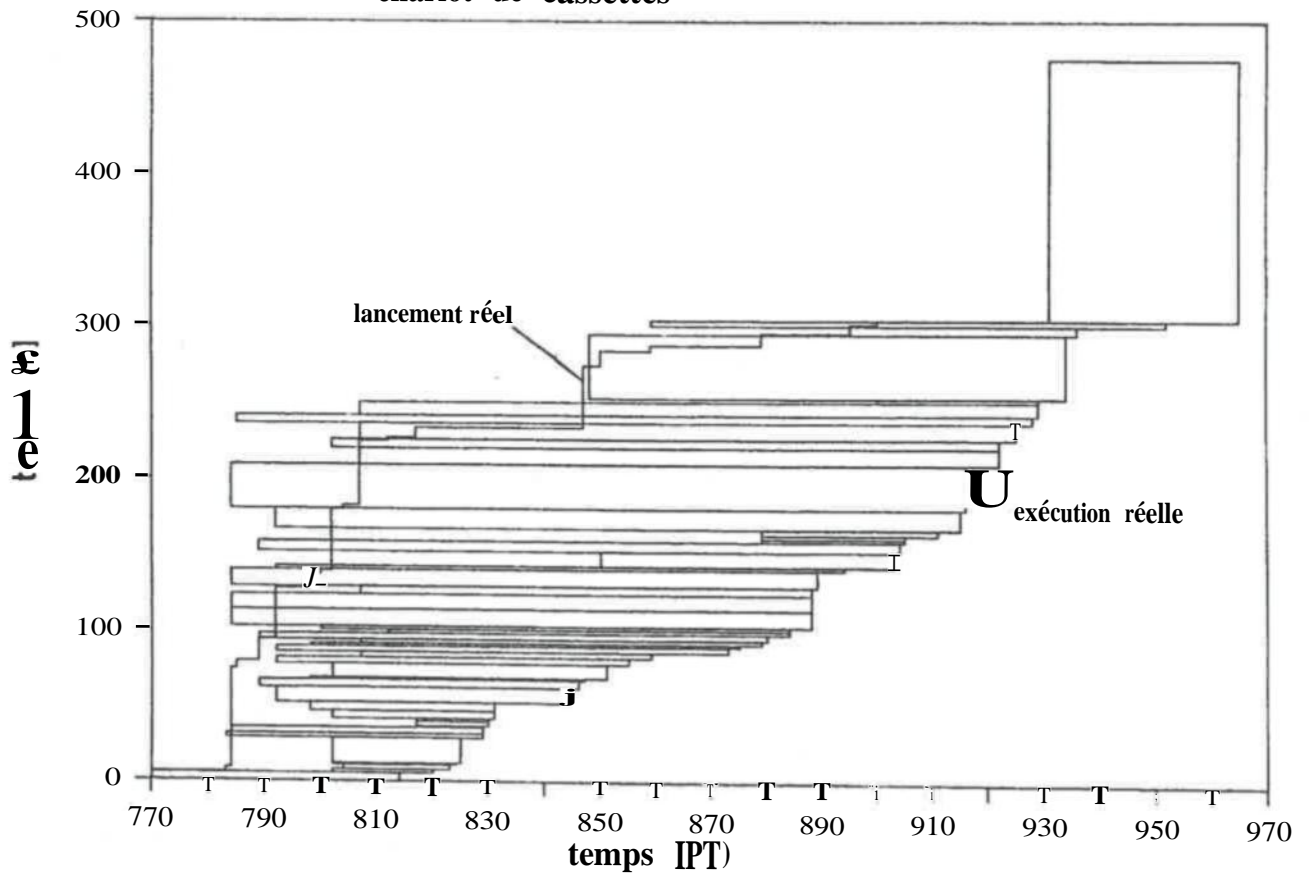
Depuis le début des années 80, le lancement orienté de charge et ses extensions font de plus en plus apparition dans la pratique industrielle. De nombreuses entreprises d'informatique et des bureaux de consultation l'ont intégré dans leurs systèmes de GPAO, ils soutiennent aussi leurs clients lors de sa mise en place dans des systèmes existants. La gamme des offrants s'étend des offrants spécialisés, comme Krauzig et Bechte, aux offrants de système comme Siemens et IBM. Les utilisateurs ont des domaines et des tailles très divers dans tous les secteurs de l'industrie allemande. Le séminaire sur ce sujet, qui est organisé régulièrement par la «Gesellschaft für Management und Technologie gmft» (Société pour le management et la technologie) en coopération avec l'IFA, a pris, dès le début des années 80, la place d'un forum renommé pour l'échange d'expériences entre chercheurs, offrants et utilisateurs.

Ainsi des suggestions, venant des utilisateurs, sont considérées pour le développement du procédé. L'exemple d'un fabricant d'instruments médicaux de la figure 6 compare le cycle prévu d'une commande, y compris toutes les commandes de sous-groupe et composants, avec le cycle réel [2]. Le diagramme montre tous les composants nécessaires à l'assemblage du sous-groupe. Il est évident que planification et réalité n'ont plus rien en commun.

L'assemblage - représenté par le rectangle ayant le volume de travail le plus élevé, en haut du diagramme - livre avec un retard de sept semaines. La cause est évidente aussi : les sous- groupes et composants ont également été livrés avec un retard de 11 semaines max. Une telle représentation peut servir comme point de départ d'une conduite de commande à plusieurs étapes.



**DIAGRAMME DE PASSAGE DE COMMANDE [REEL]
chariot de cassettes**



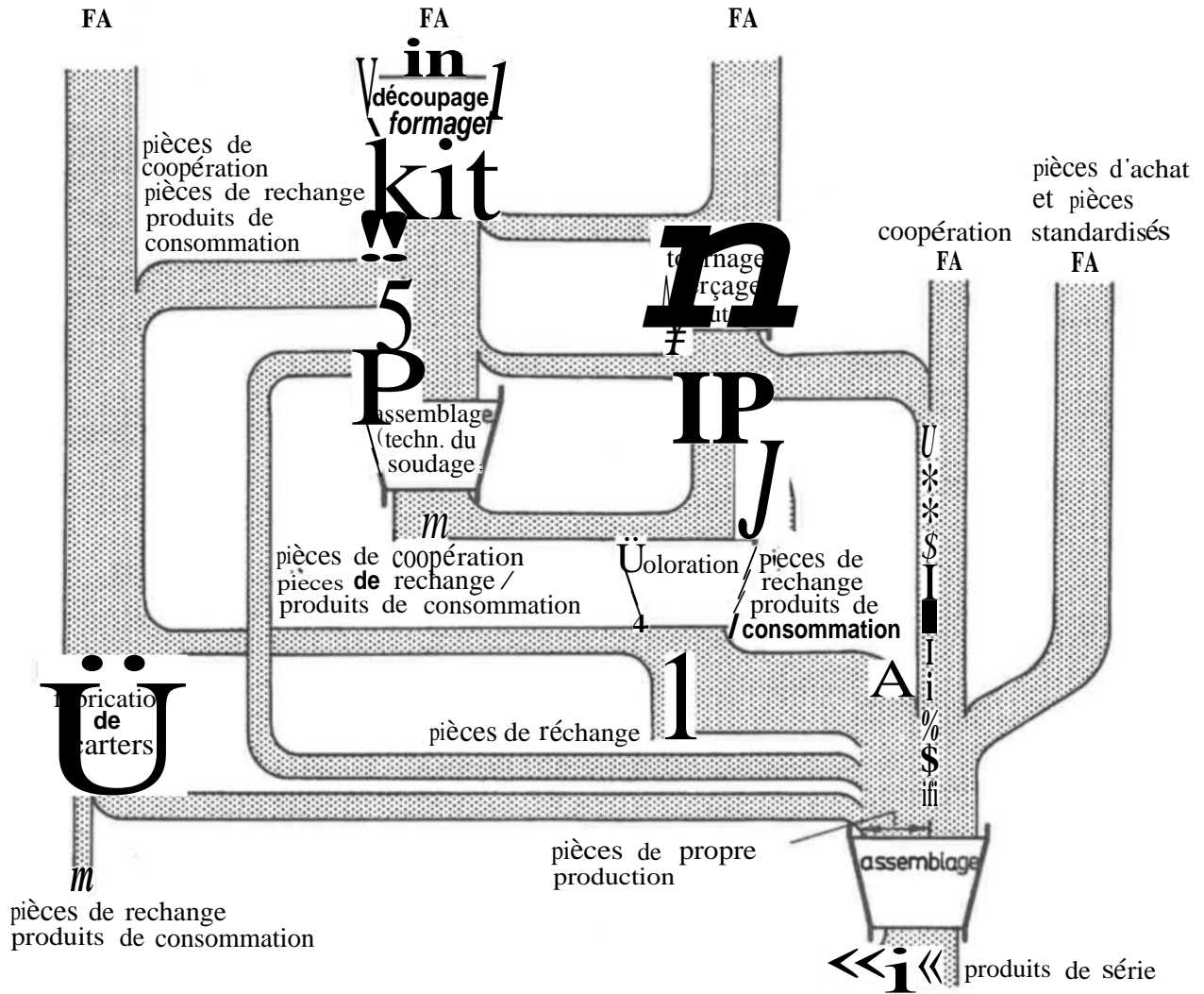
Un autre aspect de la conduite de commande à plusieurs étapes est illustré dans la figure 7 : c'est l'exemple d'une production de véhicules en ex-RDA [3].

Les résultats obtenus dans la pratique avec la gestion d'atelier orientée de charge sont impressionnants. Si un système de supervision est installé, les effets de l'introduction du dispositif de contrôle et de commande de la gestion d'atelier orientée de charge sont facilement reconnaissables à l'aide de l'évolution du cycle de production, du stock, du respect du délai et de la livraison d'une production.

Dans la figure 8 un utilisateur du procédé a effectué une première analyse du ratio coût/profit, qui montre le temps d'amortissement linéaire des investissements dû à l'introduction de la gestion d'atelier orientée de charge [4].

Les modules de la gestion d'atelier orientée de cycle

Les possibilités de planification, de commande et de surveillance du processus de fabrication ne sont pas encore épuisés à l'état actuel de la gestion d'atelier orientée de charge.



Universität Hannover IFA

Amortissement de l'introduction de la gestion d'atelier orientée de charge

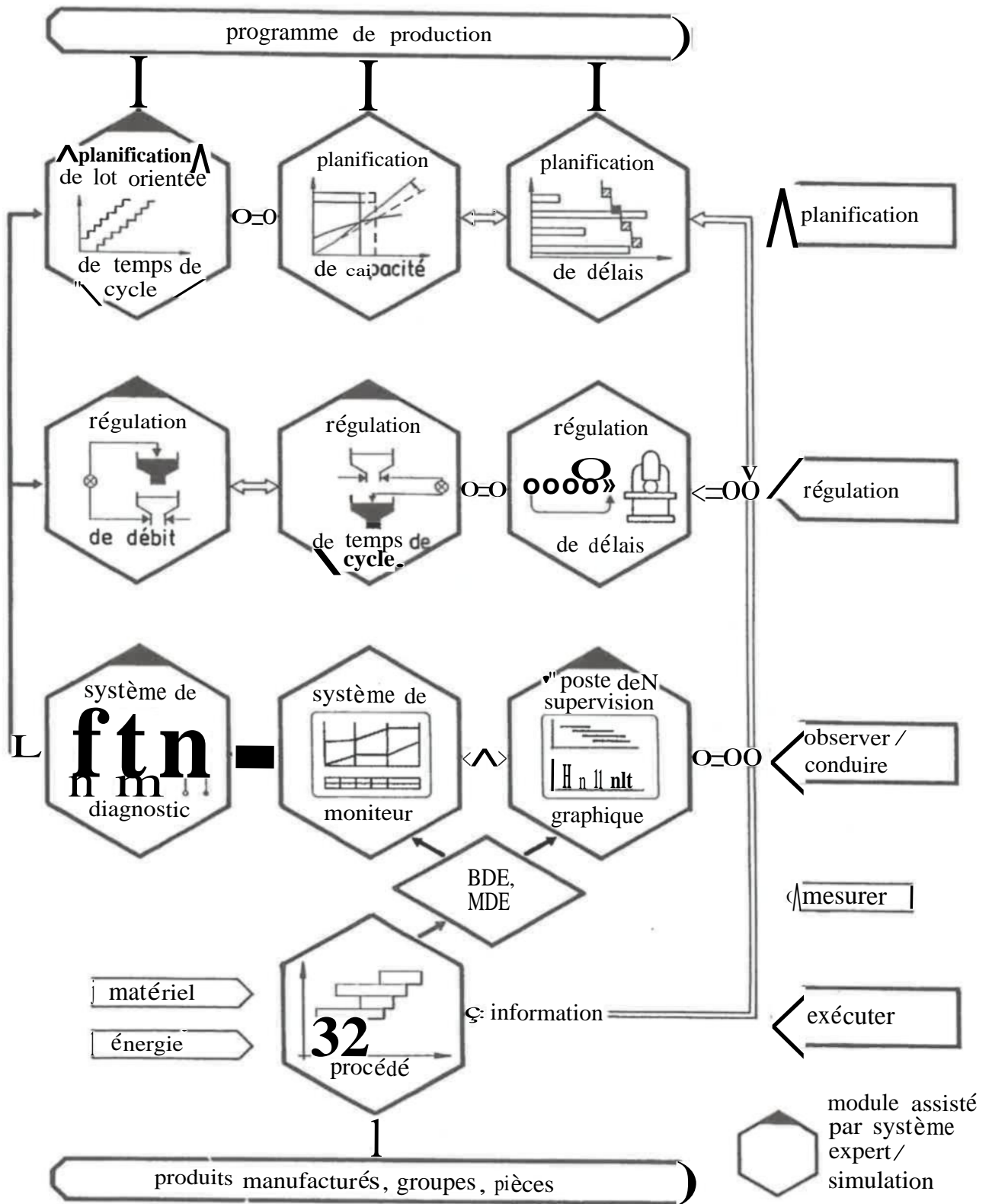
suppositions		temps de reflux
réduction du stock dans l'atelier de 30 %	8 % intérêts	4,0 ans
	25 % intérêts inc. frais logistique	1,5 ans
réduction du stock dans l'atelier de 30 % et de produits manufacturés de 5 %	8 % intérêts	3,0 ans
	25 % intérêts inc. frais logistique	1,0 ans

La figure_9 montre les éléments d'une commande de production correspondant aux nouveaux objectifs de production. Elle est divisée en quatre niveaux : **planification, régulation, exécution et réalisation**. Au niveau de la planification on déterminera des tailles de lot orientées de temps de cycle et les capacités seront alignées avec le besoin. La **planification** peut être supportée par des systèmes experts fournissant des expériences et un diagnostic de la situation actuelle et future (simulée) de la fabrication [6].

Au niveau suivant, le rendement, la charge et le respect de délai sont réglés par le lancement. Les paramètres de contrôle comme l'horizon d'anticipation et la barrière de charge sont adaptés, assistés par le diagnostic de la situation actuelle de la fabrication effectuée par le système expert. Au niveau de la **conduite**, le procédé est commandé avec des temps de réponse courts par des postes de supervision. Un système de moniteur représente le procédé d'une façon comprimée qui facilite les décisions et les analyses avec le support des systèmes experts.

Les niveaux de régulation et de conduite fournissent les informations d'exploitation au procédé, le système d'enregistrement de données d'exploitation (BDE/MDE) est la base pour la réinjection à tous les niveaux.

L'objectif des développements décrits est de rapprocher le procédé de fabrication pour les charges isolées successivement à un procédé technologique, qui peut être représenté, planifié, contrôlé et réglé par des schémas de procédé.



Références:

- [1] Bechte, W. , Aufbau und Realisierung des Kontroll- und Planungssystems zur Fertigungssteuerung (KPSF), in Wiendahl, H.-R (Hrsg.): Belastungsorientierte Fertigungssteuerung, Praxis und Weiterentwicklung, Tagungsband zum gleichnamigen Seminar am 10./11. Okt. 1989
- [2] Dombrowski, U., Logistische Produktanalyse als Ausgangs basis für eine Reorganisation des gesamten Auftragsdurchlaufs in: Wiendahl, H.-P.(Hrsg.): Belastungsorientierte Fertigungs- steuerung, Praxis und Weiterentwicklung, Tagungsband zum gleichnamigen Seminar am 10./11. Okt. 1989
- [3]Gottschalk, E. Erfahrungen mit der belastungsorientierten Fertigungs- steuerung als Planungs- und Steuerungsinstrument in einem Traktoren und Dieselmotorenwerk, in: Wiendahl, H.R (Hrsg.): Belastungsorientierte Fertigungs- steuerung, Praxis und Weiterentwicklung, Tagungsband zum gleichnamigen Seminar am 10./11. Okt. 1989.
- [4] Holzhueter, E., Erfahrungen mit dem System KPSF zur belastungsorientierten Fertigungssteuerung in einem Maschinenbaubetrieb mittlerer Größe, in: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Bela- stungsorientierte Fertigungssteuerung, Praxis und Weiterentwicklung, Tagungsband zum gleichnamigen Seminar am 10./11. Okt. 1989.
- [5] Wiendahl, H.-P Belastungsorientierte Fertigungssteuerung, Grundlagen, Verfahrensaufbau, Realisierung, Hanser Verlag, MAnchen, Wien, 1987
- [6] Wiendahl, H.-P. Grundlagen und Entwicklungsstand der belas- tungsorientierten Fertigungssteuerung, in: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Belastungsori- Weiterentwicklung, Tagungsband zum gleichnamigen Seminar am 10./11. Okt. 1989

Liste de figures

- Figure 1 :** Les objectifs de la fabrication visualisés par le diagramme de passage
- Figure 2 :** Modèle de l'entonnoir au niveau du système de travail et diagramme de passage (selon Bechte)
- Figure 3 :** La gestion d'atelier orientée de charge comme système de réglage [6]
- Figure 4 :** Modèle d'entonnoir d'un atelier [1]
- Figure 5 :** Intégration d'une constitution de commande orientée de charge dans une gestion d'atelier orientée de temps de cycle
- Figure 6 :** Diagramme de passage de commande planifié et réelle (exemple pratique) [2]
- Figure 7 :** Modèle d'entonnoir d'une fabrication de tracteurs (exemple pratique) [3]
- Figure 8 :** Amortissement de l'introduction de la gestion d'atelier orientée de charge [4]
- Figure 9 :** Module d'une GPAO orientée de temps de cycle.

Les auteurs

Ingénieur diplômé, Heinrich Dräger, né en 1958, étudia l'architecture navale à l'université d'Hanovre et il y travaille depuis 1987 à l'institut pour les installations industrielles (Institut für Fabrikanlagen) de l'Université de Hanovre.

Ingénieur diplômé et organisateur-conseil diplômé, Dirk Petermann, né en 1962, étudia le management industriel à la Berufsakademie de Stuttgart de 1980 à 1983, après il étudia la construction mécanique à Hanovre, à dominante technique de production.

Il y travaille depuis 1989 à l'institut pour les installations industrielles (Institut für Fabrikanlagen) de l'Université de Hanovre.

Prof. Dr. Ing. Hans-Peter Wiendahl, né en 1938, étudia la construction mécanique à l'école d'ingénieurs à Dortmund, à la RWTH à Aachen (technique de la production) et à la MIT (USA), Il passa son doctorat en 1970.

Après, il fut ingénieur en chef et fut admis dans l'enseignement supérieur chez le Prof. H. Opitz à l'université d'Aachen en 1972. Jusqu'à 1979 il avait une profession directrice en planification et en technique chez le Sulzer Escher Wyss GmbH à Ravensburg. Depuis 1979 il est directeur de l'institut pour les installations industrielles (Institut für Fabrikanlagen) de l'Université de Hanovre.

