

## **D'OU VIENT LE SUCCÈS DU SYSTÈME DE PRODUCTION TOYOTA ?**

par Yasuhiro MONDEN  
*Professeur-Visiteur Université d'État de New York  
Professeur associé Université d'Osaka*

Le système de production Toyota a été élaboré et promu par Toyota Motor Co. Ltd. et, à l'heure actuelle, de nombreuses autres entreprises japonaises sont en train de l'adopter. Le principal but de ce système est de réduire les coûts de production, mais il aide également à augmenter la rentabilité des capitaux investis. En d'autres termes, il améliore la productivité globale d'une société dans son ensemble.


Même en période de faible croissance, le système de production Toyota est susceptible de permettre à l'entreprise de dégager des bénéfices en réduisant les coûts d'une manière efficace et en accroissant la productivité globale. Il n'est pas excessif de dire qu'il s'agit là d'une nouvelle approche de la gestion de production qui fait suite au système Taylor (gestion scientifique) et au système Ford (chaîne de montage de masse).

Cet article expose les principes de base de ce système de production, le mode de fabrication qu'il implique et, plus spécialement, les domaines où l'industrie japonaise a apporté des innovations.

### Principes de base et cadre général

Le système de production Toyota constitue, en somme, un mode de fabrication rationnel dans la mesure où il vise à supprimer tous les éléments superflus afin de réduire

---

(1) - Reprinted with permission from Industrial Engineering Magazine,  
Jan. 1981.  American Institute of Industrial Engineers, Inc., Technology Park -  
Atlanta, Norcross - GA 30092

les coûts. Le principe de base d'un tel système de production est de fabriquer les produits requis en temps et en quantités voulus. L'application de ce concept permet d'éliminer les stocks superflus de produits intermédiaires et finis.

Avant d'analyser le détail du système de production Toyota, une vue d'ensemble s'impose. Celle-ci est présentée dans le Schéma 1.

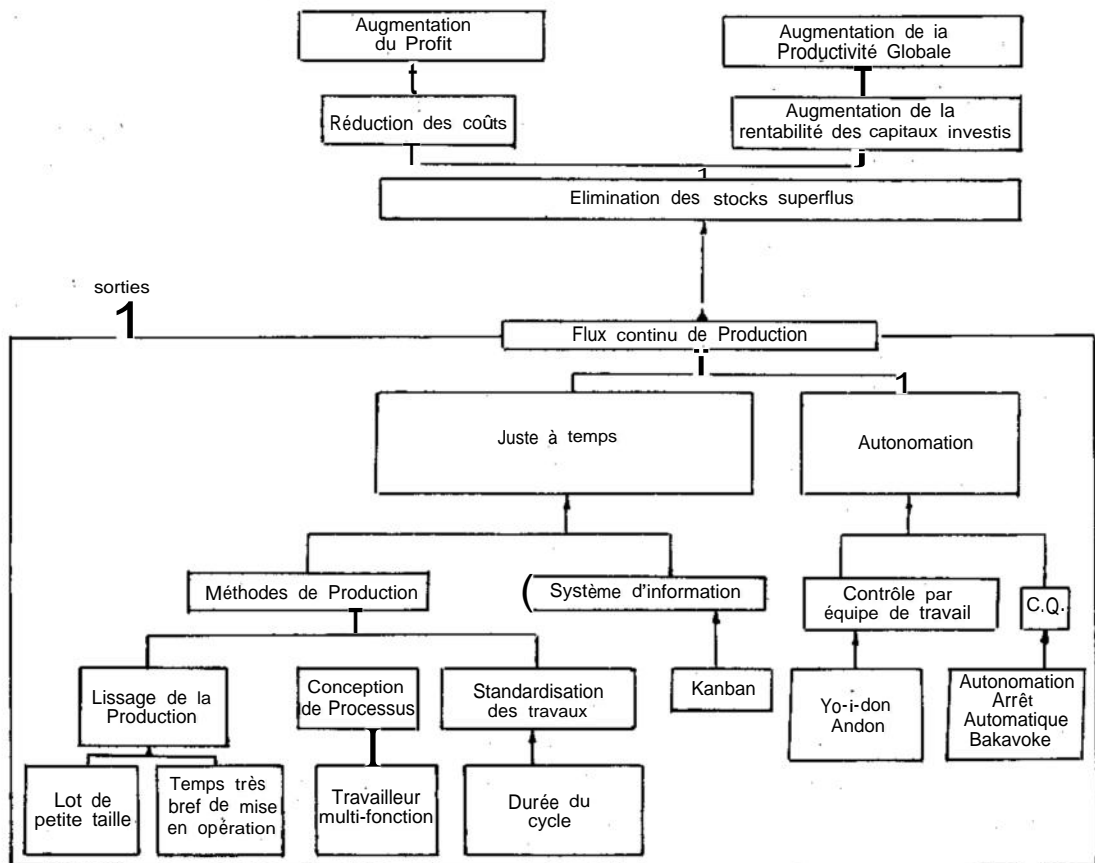
Un flux continu de production est obtenu grâce à l'application de deux principes clés : "juste-à-temps" et "autonomation" qui sont les deux piliers du système de production Toyota. Le principe "juste-à-temps" signifie que l'on fabrique les articles nécessaires, en quantités nécessaires, au moment nécessaire. Le principe "autonomation" signifie un contrôle autonome des défauts de fabrication.

La mise en oeuvre du principe "juste-à-temps" dépend de trois conditions de production préalables, à savoir : lissage de la production, conception des processus et standardisation des postes, ainsi que d'un système d'information intitulé le "système kanban".

Quant au principe "autonomation", il est réalisé par un contrôle qualité des produits ainsi que par des contrôles autonomes des défauts de fabrication, effectués à chaque stade de fabrication par les équipes de l'usine.

Schema 1 - Description Generale du

Système de Production Toyota



### Le "juste-à-temps"

Le principe de fabriquer les produits nécessaires dans les quantités nécessaires, et seulement au moment nécessaire, est parfaitement reflété dans l'expression "juste-à-temps".

"Juste-à-temps" signifie, par exemple, que lors du montage d'une automobile, les types requis des pièces en provenance des ateliers en amont doivent arriver sur la chaîne au moment voulu et dans les quantités requises.

Si le "juste-à-temps" est appliqué à l'ensemble de l'entreprise, les stocks superflus disparaîtront complètement et les magasins et entrepôts ne seront plus nécessaires. Les coûts de gestion des stocks diminueront également et le ratio chiffre d'affaires sur capital augmentera.

Cependant, il est très difficile d'appliquer le système "juste-à-temps" à tous les stades de fabrication d'un produit tel qu'une automobile qui est constituée de milliers de pièces. C'est pourquoi chez Toyota on a eu l'idée de considérer le flux de production en sens inverse : en d'autres termes, les personnes affectées à un maillon du processus de fabrication vont retirer les pièces nécessaires en quantités nécessaires au moment nécessaire auprès du maillon antérieur. Celui-ci ne doit produire que les quantités appropriées pour remplacer celles qui ont été prélevées.

Dans ce système, la référence de la pièce et la quantité nécessaires sont inscrites sur une feuille appelée "kanban". Le "kanban" est envoyé par le personnel qui se trouve en aval au personnel situé en amont dans le processus de fabrication. Un grand nombre de postes d'une usine se trouvent ainsi reliés l'un à l'autre. Ces liens permettent un meilleur contrôle des quantités nécessaires pour chacun des produits.

Dans le système de production Toyota, trois conditions doivent obligatoirement être remplies :

- adaptation des processus de fabrication,
- standardisation des travaux,
- lissage de la production.

### Adaptation des processus de fabrication

Examinons tout d'abord l'organisation des processus au sein de l'usine. Dans cette usine auparavant, chacun des cinq postes de tours, fraiseuses et aloseuses étaient disposés côte à côte, chaque machine étant actionnée par un ouvrier (par exemple, le tourneur faisait uniquement marcher un tour). Avec le système de production Toyota, la disposition des machines est réaménagée de façon à constituer une mini-chaîne d'opérations successives et ainsi à régulariser le flux de production. De cette manière, chaque ouvrier est amené à s'occuper de trois types de machines (par exemple un ouvrier peut actionner à la fois un tour, une fraiseuse aussi bien qu'une aloseuse).

Les avantages de ces réaménagements sont les suivants :

- les stocks superflus entre les différentes machines de la chaîne peuvent être supprimés.
- le recours à des opérateurs multi-machines permet de réduire les effectifs et donc d'augmenter la productivité.
- en devenant multi-fonctions, les travailleurs peuvent participer à l'ensemble du système de production de l'usine et donc se sentir plus concernés.
- chaque ouvrier participe à un travail d'équipe dont les différents membres peuvent s'entraider.

Ce concept d'opérateur multi-machines est une notion très japonaise. Dans les entreprises américaines ou européennes, les différents syndicats maintiennent un certain corporatisme, par exemple un tourneur ne travaille que sur un tour et généralement pas sur une autre machine, tandis qu'au Japon il n'existe qu'un seul syndicat d'entreprise ce qui facilite considérablement la mobilité du personnel et le contrôle de plusieurs machines par une seule personne.

Les entreprises occidentales qui veulent réduire leurs coûts sont limitées à recourir à un système de production en masse, tel que le système Ford dans lequel chaque maillon de la chaîne alimente à son tour le maillon suivant. Il est évident que cette différence, à elle seule, constitue un obstacle majeur pour les sociétés occidentales qui souhaiteraient adopter le système de production Toyota.

Pour illustrer la notion de travail en équipe, dont il est tenu compte dans la disposition des postes, prenons le cas d'une fabrication sur chaîne. Pour permettre un travail d'équipe, un système de lampes appelé "Andon", indiquant l'arrêt d'une chaîne, est suspendu assez haut dans l'usine pour pouvoir être très visible de chacun. Lorsqu'un ouvrier a besoin d'aide pour rattraper un retard, il allume la lumière jaune des "Andon". S'il a besoin que la chaîne s'arrête pour régler un problème relatif à son poste de travail, il allume la lumière rouge.

Pour parvenir à la réalisation de "juste-à-temps", il est nécessaire que chaque maillon de la chaîne produise exactement la quantité de pièces requise dans le délai requis. Pour ce faire, il importe donc d'arriver à la combinaison optimale de produits, de machines et d'interventions humaines pour chaque stade de fabrication.

#### Standardisation des travaux

Un tableau décrivant les opérations est affiché dans l'usine à l'attention de chaque ouvrier. Ce tableau présente les trois éléments suivants :

- durée du cycle,
- mode opératoire,
- niveau standard des travaux en cours.

La durée du cycle est le nombre standard de minutes et de secondes que chaque processus doit mettre pour fabriquer un produit ou une pièce. Cette durée est calculée en appliquant les deux formules suivantes. Au préalable, la production mensuelle nécessaire est déterminée en fonction de la demande.

Ensuite :

$$\text{Production nécessaire par jour} = \frac{\text{Besoins de production par mois}}{\text{Nombre de jours ouvrés par mois}}$$

$$\text{Durée du cycle} = \frac{\text{Nombre d'heures ouvrées par jour}}{\text{Besoins de production par jour}}$$

Il s'agit alors de calculer le nombre d'ouvriers à affecter à chaque processus pour fabriquer une unité de production en un cycle.

Le mode opératoire indique la séquence que doit suivre un ouvrier pour chaque processus.

Le niveau standard des travaux en cours est le niveau minimum sans lequel les différentes machines composant la chaîne, correspondant à un processus donné, ne peuvent fonctionner simultanément. Cela dit, en principe, il n'y a aucun besoin d'avoir le moindre stock entre les divers processus.

#### Lissage de la production

Le lissage de la production est la principale des trois conditions pour réaliser une production "juste-à-temps" et par conséquent elle est la clé de voûte du système de production Toyota. Aussi, constitue-t-elle la caractéristique la plus originale de ce système par rapport au système Ford.

Comme il a été déjà expliqué, chaque maillon de la chaîne s'alimente auprès du maillon amont en marchandises nécessaires au moment nécessaire et dans les quantités nécessaires. Selon ce principe, si le maillon en aval prélève des produits de manière irrégulière, alors le procédé en amont doit toujours avoir en réserve la quantité de stock, de matériel et de main-d'oeuvre requise pour faire face à la fluctuation maximale du processus aval.

Plus on est en amont du processus de fabrication, plus les fluctuations augmentent. En conséquence, pour empêcher que celles-ci ne se répercutent tout le long du processus de fabrication, y compris au niveau des sous-traitants, il importe de s'efforcer de minimiser les fluctuations de production au niveau du montage final.

Ainsi, la chaîne de montage final des automobiles étant le dernier maillon dans l'usine Toyota, le regroupement en lots de taille économique pour chaque type d'automobile sera minimal. Il en sera de même pour la taille des lots de pièces nécessaires d'un poste à l'autre. Un tel lissage de la production peut être illustré par l'exemple suivant : supposons qu'une chaîne doit produire 10.000 Corona à raison de 20 jours ouvrés de huit heures par mois. Les 10.000 Corona se composent de 5.000 berlines, de 2.500 coupés et de 2.500 breaks. En divisant ces chiffres par 20 jours de travail, on obtient 250 berlines, 125 coupés et 125 breaks par jour. De plus, à raison de huit heures de travail par jour, ces 500 véhicules sont produits en 480 minutes.

Aussi, la chaîne Corona doit produire une berline toutes les 1 mn 55 sec. et un coupé toutes les 3 mn 50 sec. Pour y parvenir, on fera alterner sur la chaîne de montage 1 berline, 1 break, 1 berline, 1 coupé, 1 berline, etc., et la chaîne produira 1 véhicule toutes les 57,6 secondes.

#### Problèmes de mise en route

La grande difficulté pour parvenir au lissage de la production tient aux coûts de mise en route des différents processus. Par exemple, au niveau de l'emboutissage, le bon sens montre qu'une réduction de coût peut être obtenue en conservant la même matrice, assurant ainsi une production par lots de taille économique. En effet, c'est un moyen de minimiser les coûts de mise en route. Toutefois, lorsque le stade de fabrication ultime a atteint son rythme de croisière, le département d'emboutissage en tant qu'opération amont doit faire des ajustements fréquents et rapides, ce qui implique des changements de matrices à tout instant pour fabriquer une grande diversité de produits.

Chez Toyota, le temps de mise en opération d'une presse dans le département d'emboutissage était de 2 à 3 heures de 1945 à 1954. Il a été ramené à 1/4 d'heure de 1955 à 1964 et est tombé à trois minutes à partir de 1965.



Afin de réduire le temps de mise en opération, il est important de préparer soigneusement les outils et les tôles nécessaires, et d'entraîner l'ouvrier à effectuer lui-même la mise en opération.

Lorsqu'il ne s'agit pas de fabriquer une grande variété de produits, l'existence d'équipements de production spécialisés pour la production de grande série constituera en général un moyen fort puissant pour réduire les coûts. Chez Toyota, toutefois, il existe une grande diversité de modèles qui se différencient par diverses combinaisons de types, de pneus, d'options, de couleurs, etc. Aussi, trois à quatre mille types de Corona sont fabriqués actuellement. Pour assurer le lissage d'une production aussi diverse, il est alors nécessaire de recourir, dans certains ateliers, à des machines polyvalentes. En ajoutant un minimum de dispositifs et d'outils sur ses machines, Toyota a développé des procédés de production spécifiques qui permettent d'utiliser au mieux ces machines polyvalentes.

Un autre avantage du lissage de la production est que le système peut s'adapter facilement aux variations de la demande des clients en modifiant progressivement, pour un article donné, la fréquence des lots, sans pour autant en changer la taille. (Ce point sera expliqué en détail dans le paragraphe concernant la production optimale). De plus, la réduction du cycle de fabrication par l'utilisation de "juste-à-temps" permet à Toyota de s'adapter à la demande des clients beaucoup plus rapidement.

#### Le système "Kanban"

Bon nombre de personnes appellent, à tort, le système de production Toyota le système "Kanban". En fait, le système "kanban" n'est que le système d'information permettant de contrôler harmonieusement les quantités à chaque stade de fabrication.

Si on ne satisfait pas parfaitement aux trois conditions préalables de ce système, à savoir adaptation des processus de fabrication, standardisation des postes et lissage de la production, il sera difficile de parvenir à un système "juste-à-temps", même si le système "kanban" est mis en place.

Un "kanban" est habituellement une carte placée dans un sac en vinyle rectangulaire ; on en distingue deux types :

- le "kanban" de prélèvement,
- le "kanban" de lancement en production.

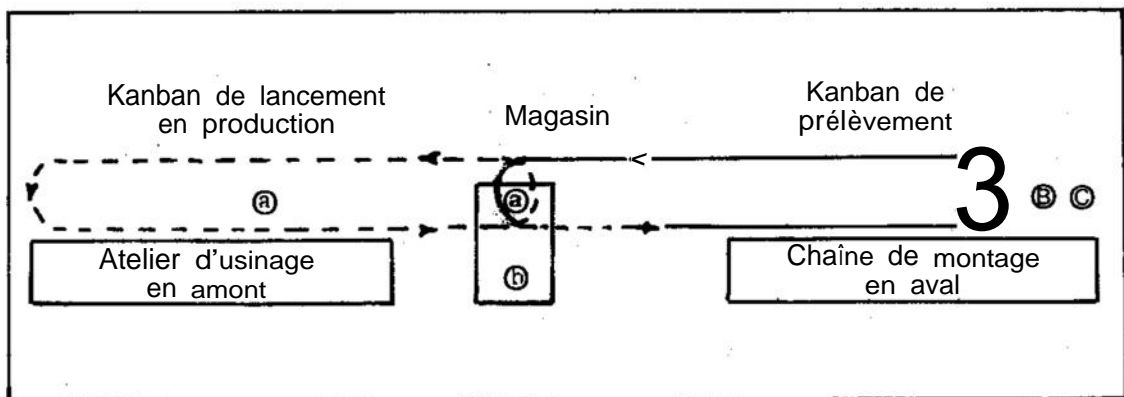
Le "kanban" de prélèvement indique la quantité que le maillon en aval devra prélever auprès du maillon en amont, tandis que les "kanban" de lancement en production indiquent la quantité que le maillon en amont doit produire pour remplacer la quantité prélevée par le maillon aval.

Ces cartes circulent à l'intérieur des usines Toyota, ainsi qu'entre Toyota et ses nombreuses sociétés sous-traitantes et à l'intérieur des usines des sociétés sous-traitantes. De cette manière, la carte peut servir d'outil de contrôle des quantités à produire afin de réaliser le système "juste-à-temps".

Supposez que nous fabriquons les produits A, B et C sur une chaîne de fabrication. Les pièces nécessaires pour fabriquer ces produits s'intitulent (a) et (b) et sont produites par l'atelier d'usinage placé en amont.

(Voir Schéma 2).

Schéma 2 - Circulation des deux "kanban"



Les pièces (a) et (b) produites par l'atelier d'usinage sont stockées en fin de processus, les "kanban" de lancement en production étant attachés à ces pièces.

Le manutentionnaire de la chaîne de montage fabriquant le produit A va vers l'usinage pour y prendre la pièce (a) nécessaire, muni d'un "kanban" de prélèvement. Puis, au point de stockage (a), il prélève autant de containers de cette pièce qu'il est inscrit sur le "kanban" de prélèvement, il détache alors le "kanban" de lancement en production attaché à ces containers. Ensuite, il rapporte ces containers sur la chaîne de montage, encore une fois accompagnés de leur "kanban" de prélèvement.

A ce stade, les "kanban" de lancement en production sont restés au point de stockage (a) de l'atelier d'usinage, indiquant le nombre d'unités retirées. Ceux-ci sont ramassés par un ouvrier de l'usinage et la pièce (a) est alors produite dans la quantité indiquée par le nombre de "kanban" ramassés. En fait, à l'usinage, les pièces (a) et (b) sont toutes deux fabriquées en fonction de la commande indiquée sur le "kanban" de lancement en production.

#### Production optimale

Intéressons-nous à l'optimisation de la production, par l'utilisation du "kanban". Supposons qu'un processus de fabrication de moteurs doive produire 100 moteurs par jour. Le processus aval demande des lots de cinq moteurs à l'aide de ses "kanban" de prélèvement. Par conséquent, ces lots sont prélevés 20 fois par jour, ce qui correspond exactement à une production quotidienne de 100 moteurs. Si en fonction de la demande, N devient nécessaire de diminuer la production de moteurs de 10 % pour arriver à une production optimale, le nombre de prélèvements quotidiens de lots de cinq moteurs passera de 20 à 18. Pendant le temps équivalent à la fabrication des deux lots de moins, les machines sont arrêtées, pour éviter de grouper inutilement les stocks.

Par contre, si le besoin se fait sentir d'augmenter le volume de production de 10 %, la chaîne de montage devra prélever 22 lots de moteurs par jour à l'aide du "kanban". Le procédé amont devra alors produire 100 unités, les 10 unités complémentaires seront alors fabriquées en heures supplémentaires.

### Autonomation

Comme nous l'avons vu, les deux piliers du système de production Toyota sont le "juste-à-temps" et l'"autonomation". Afin de réaliser parfaitement "juste-à-temps", chaque étape du processus doit fournir des produits bons à 100 % à l'étape suivante. C'est pourquoi le contrôle qualité est si important qu'il doit co-exister avec "juste-à-temps" tout au long du système "kanban".

L'"autonomation" signifie l'introduction d'un mécanisme permettant de traiter les problèmes de qualité dès qu'ils se produisent et à l'endroit où ils se produisent et non à un stade final. Le terme "autonomation", inventé par Toyota, ne veut pas dire automatisation mais contrôle autonome des défauts de fabrication en cours.

Une machine est dite autonome lorsqu'elle est munie d'un dispositif d'arrêt automatique en cas de fabrication défectueuse. Dans les usines Toyota, presque toutes les machines sont munies d'un tel arrêt automatique ce qui évite la production en série de pièces défectueuses et permet un contrôle automatique des incidents. Par exemple, le "bakavoke" est un tel mécanisme pour empêcher des travaux défectueux en attachant des dispositifs de test sur les installations.

La notion d'"autonomation" s'étend également aux chaînes de travail manuel. Si quelque chose d'anormal se produit sur une chaîne, l'ouvrier appuie sur le bouton d'arrêt, stoppant ainsi l'ensemble de la chaîne. L'"Andon" du système Toyota joue un rôle important dans cette fonction de contrôle autonome comme nous le verrons plus loin.

En résumé, l'"autonomation" est un mécanisme autonome permettant de contrôler automatiquement tout mauvais fonctionnement d'un processus de production.

### Système "Yo-i-don"

Examinons un autre concept appelé "Yo-i-don" qui est utilisé de pair avec "Andon". "Yo-i-don" signifie "à vos marques, prêts, partez". Le système "Yo-i-don" est une méthode employée pour régulariser le flux de production.

Le "Yo-i-don" consiste à synchroniser les différentes opérations d'une même chaîne et à synchroniser les différentes chaînes ; dès qu'un décalage intervient, la lampe rouge du "Andon" s'allume au-dessus du poste de travail concerné.

Lorsqu'une telle situation se produit, les ouvriers avoisinants aident leurs collègues qui n'ont pas pu terminer leurs tâches dans les délais requis. Dans la plupart des cas, toutes les lumières rouges s'éteignent en quelques secondes. Les chaînes redémarrent alors en parfait synchronisme.

### En résumé

Le principe de base du système de production Toyota est de fabriquer les références nécessaires dans les quantités requises et au moment voulu, c'est-à-dire, "juste-à-temps". Afin de réaliser le "juste-à-temps", un système "kanban" servant de système d'information pour contrôler la production doit être développé. Pour mettre en place le système "kanban", il importe de lisser la production en recourant à des lots de taille réduite.

Parallèlement, un contrôle autonome des défauts est nécessaire à la réalisation de "juste-à-temps". De cette manière, "juste-à-temps" et "autonomation" sont réunis afin d'assurer un flux continu de production.

D'où viennent ces principes de base ? Quel besoin les a créés ?

On estime qu'ils sont nés des contraintes du marché qui ont amené à produire un grand nombre de versions de produits, mais en quantités limitées.

Toyota a toujours estimé depuis environ 1950 qu'il serait dangereux d'imiter aveuglément le système Ford (qui consistait à minimiser le coût unitaire moyen en produisant en grandes séries). Les techniques américaines de production de masse se sont révélées assez satisfaisantes pendant les années de forte croissance jusqu'en 1973.

Toutefois, avec le ralentissement de la croissance qui a suivi le choc pétrolier, le système de production Toyota a retenu davantage l'attention et a été adopté par de nombreuses industries au Japon afin de réduire les coûts et augmenter le rendement du capital.

Le lissage de la production, le système "kanban" et le système "Yo-i-don" sont spécifiques au système de production Toyota. Il semble pourtant que rien ne s'oppose à ce que des entreprises étrangères adoptent ce système si ce n'est le risque de problèmes syndicaux évoqués ci-dessus.

Les sociétés occidentales pourraient adopter ce système mais elles pourraient aussi se heurter à des difficultés si elles ne l'utilisaient que partiellement.

Le système "kanban" et le lissage de la production pourraient être particulièrement importants pour les sociétés occidentales. Cela dit, pour mettre en place le système Toyota dans sa version intégrale, les dirigeants doivent engager des négociations avec leurs syndicats. De nombreuses sociétés japonaises sont elles aussi déjà passées par là.

