

PRODUCTION A FLUX TIRES

DANS UNE CHAÎNE LOGISTIQUE

Vincent Giard (vincent.giard@dauphine.fr) • Gisèle Mendy (gisele.mendy@renault.com)

Professeur à l'Université Paris - Dauphine • Doctorante / Renault SA

PLAN

I Production à flux tirés et à flux poussés dans la chaîne logistique

I.1 Flux tirés et chaîne logistique

I.2 Mise en œuvre de la production à la commande dans la chaîne logistique

I.3 Mise en œuvre de la production pour stock dans la chaîne logistique

II Le système Kanban en régime de croisière

II.1 Les caractéristiques du système Kanban

II.2 Remarques sur les conditions de fonctionnement du système kanban «classique»

III Remise en cause du régime de croisière dans le système Kanban

III.1 Le système Kanban en cas de modification du régime de croisière

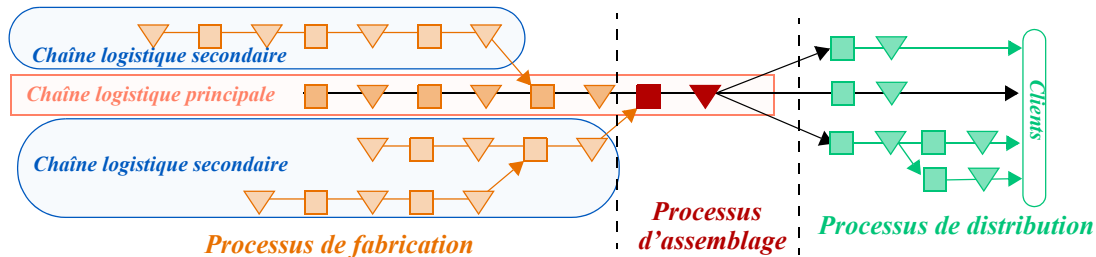
III.2 Le système kanban en régime non stationnaire

IV Conclusion

I Production à flux tirés et à flux poussés dans la chaîne logistique

I.1 Flux tirés et chaîne logistique

- **Chaîne Logistique** orientée vers la fabrication et assemblage: *enchaînement de processus liés par des relations « Client fournisseur » pour satisfaire une demande finale*



Plusieurs processus $\Rightarrow$ **mécano** de pilotages mixant flux tirés et flux poussés

- **Flux tirés**

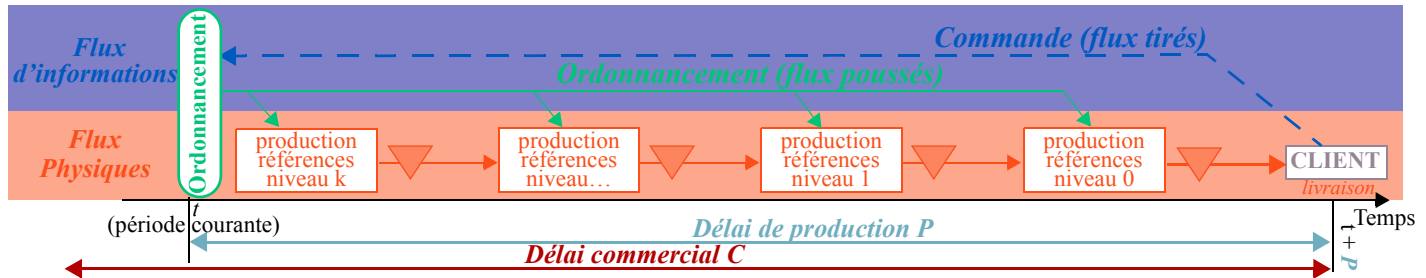
- la production du processus fournisseur déclenchée par la commande de l'un des processus clients avec lequel il est en relation directe $\Rightarrow$ **point de vue local**
- Chaîne logistique $\Rightarrow$ perspective globale: production pas nécessairement déclenchée par processus-client direct $\Rightarrow$ **point de vue global**

• Flux tirés

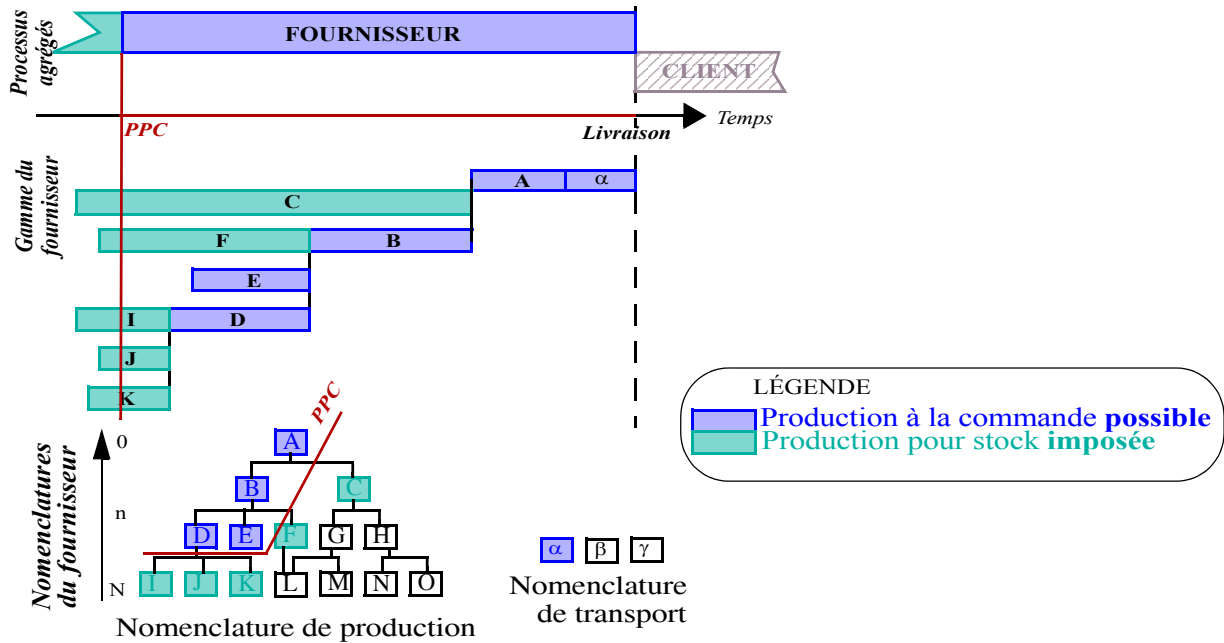
- la production du processus fournisseur déclenchée par la commande de l'un des processus clients avec lequel il est en relation directe $\Rightarrow$ **point de vue local**
- Chaîne logistique $\Rightarrow$ perspective globale: production pas nécessairement déclenchée par processus-client direct $\Rightarrow$ **point de vue global**

• Flux poussés $\Rightarrow$ production par anticipation

- demandes **non encore formulées** (demande potentielle) $\Rightarrow$ **production pour stock**
- demandes **formulées effectives** (émises par un client du dernier processus) **production à la commande** mais on est localement dans une logique de **flux poussés** et globalement en **flux tirés**



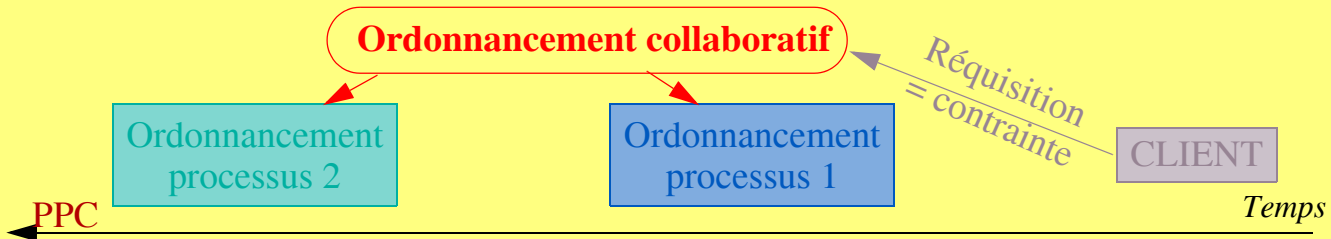
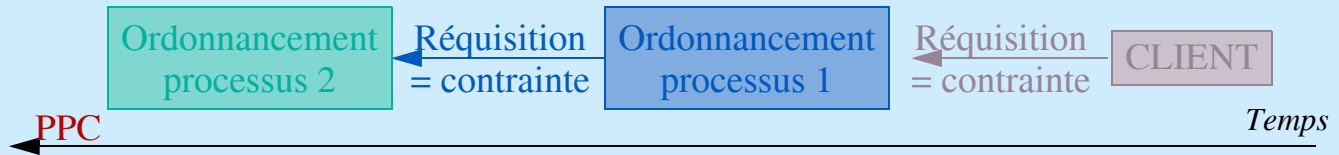
- **Point de pénétration de commande (PPC):** production pour stock / production à la commande



I.2 Mise en œuvre de la production à la commande dans la chaîne logistique ($C > P$)

- **court terme** (de qq heures à qq jours)
 - **processus fiables** $\Rightarrow$ ordonnancement en univers certain: **2 approches possibles**

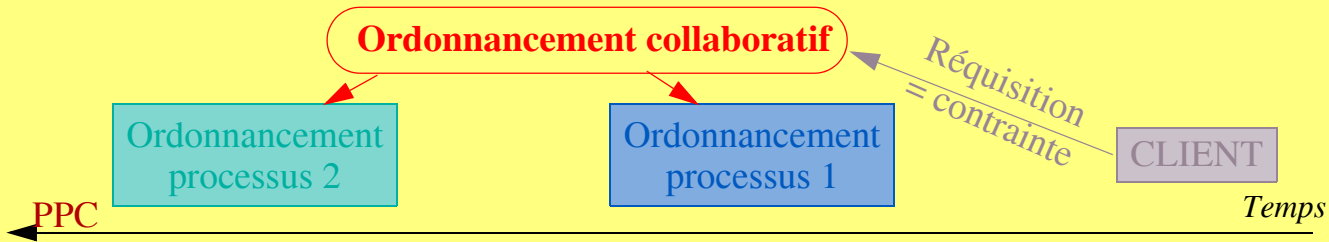
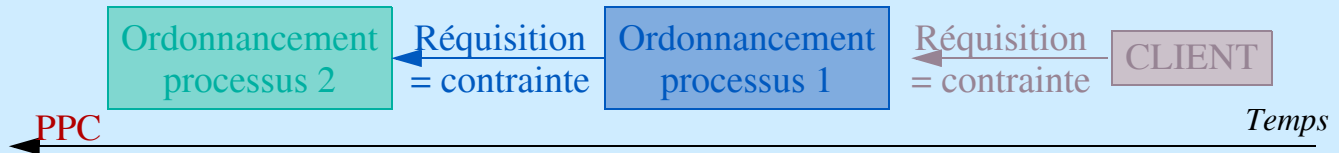
Logiques LOCALES d'ordonnancement: séquences d'optimisations locales



I.2 Mise en œuvre de la production à la commande dans la chaîne logistique ($C > P$)

- **court terme** (de qq heures à qq jours)
 - **processus fiables** $\Rightarrow$ ordonnancement en univers certain: **2 approches possibles**

Logiques LOCALES d'ordonnancement: séquences d'optimisations locales



- **processus non fiables**: + compliqué; adaptation techniques d'ordonnancement et approches nouvelles (approvisionnement synchrone et production synchrone) (Renault)
- **moyen terme**: MRP (Schlumberger) sur chaîne logistique: risque d'incohérence décisionnelle (absence de mécanisme centralisé d'ajustement charge-capacité)

I.3 Mises en œuvre de la production pour stock dans la chaîne logistique

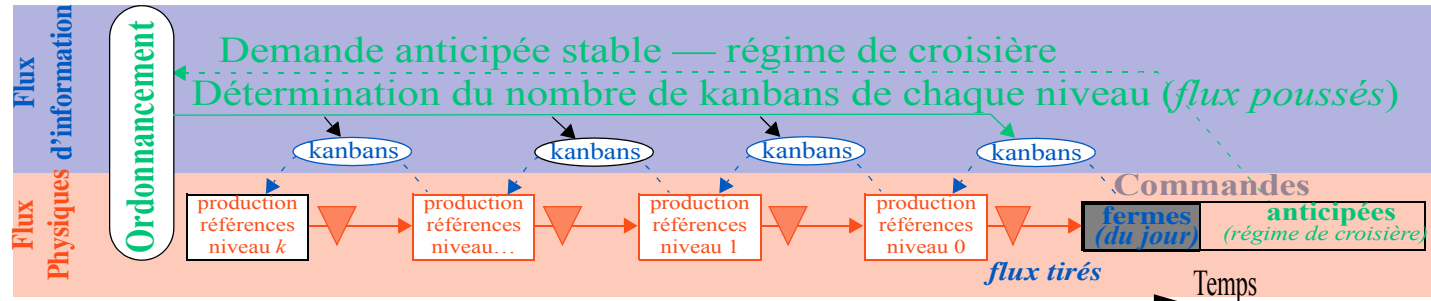
- Cas de la chaîne logistique de **distribution**
 - **Politiques classiques** de réapprovisionnement des stocks
 - *Base stock* :
 - **Information** : transmission immédiate des demandes le long de la chaîne logistique
 - **Pilotage des approvisionnements : flux poussés** : recomplètement d'un stock de base à chaque noeud du réseau : problèmes si régime non stationnaire (adaptation des stocks de base)
- Cas de la chaîne logistique de **production**
 - Critiques classiques relatives à **inadéquation des modèles de gestion** des stocks en **production**
 - produits complexes diversifiés (nomenclature à plusieurs niveaux)
 - condition d'utilisation: demande de produits finis suffisamment régulière
 - **Le kanban** ⇒ **section II**

II Le système KANBAN en régime de croisière

II.1 Les caractéristiques du système Kanban

• Système hybride

- Paramétrage de ce système de pilotage des flux relève d'une fonction ordonnancement $\Rightarrow$ Logique de **flux poussés**
- Pilotage de la demande effective par kanbans $\Rightarrow$ Logique de **flux tirés**



- La **myopie** de ce mode de pilotage $\Rightarrow$ **respect de plusieurs conditions** sur l'environnement et paramétrage du système

Paramétrage (détermination du nombre de kanbans)	Utilisation du système Kanban
• Demande: demande anticipée (moyenne quotidienne de la demande du PDP) - <i>flux poussés</i>. • Autres déterminants: • durée du cycle, • niveau de qualité de la production, • nombre de références différentes fabriquées dans le centre de production, • taille du lot associé au kanban.	- Demande effective (pilotage par kanbans) - <i>flux tirés</i>.

II.2 Remarques sur les conditions de fonctionnement du système kanban «classique»

- Si gestion de plusieurs centres de consommation et/ou gestion de plusieurs références $\Rightarrow$ dissociation kanbans de fabrication/kanbans de transfert $\Rightarrow$ **kanbans additionnels** (stocks de sécurité)
 - Paramétrage du nombre de kanbans prédéterminé par l'espace disponible $\Rightarrow$ **nouvelles variables de commande**: réduction du **temps de cycle** ou du **nombre de références** associées à un kanban (Renault)
 - Hypothèse de **lissage de la consommation pas** toujours **réaliste**
 - cas de **forte diversité** (exemple: Modules)
 - cas de **variation** de la **structure** de la demande
- $\Rightarrow$ **Calcul** du **nb de kanbans** de la référence i : sur base $\Sigma_h D_h$ et non D_i

- **Aléa lié à la qualité de la production** $\Rightarrow$ nouvelle gestion du risque $\Rightarrow$ Loi Binomiale négative
Évolution du *risque* de ne pas disposer de $k = 5$ composants corrects dans un lot de Q composants ($p=10\%$)

Taille Q du lot lancé en production	5	6	7	8	9
Nombre maximal admissible de composants défectueux $Q - \kappa = Q - 5$	0	1	2	3	4
Probabilité de disposer d'au moins $\kappa = 5$ composants corrects dans un lot de Q composants lancé en production $P(X \geq \kappa) = P(Y \leq Q - \kappa) = \sum_{i=0}^{Q-\kappa} \frac{Q!}{(Q-i)! \cdot i!} p^i \cdot (1-p)^{Q-i}$ (loi Binomiale $\mathcal{B}\{Q; (1-p)\}$)	59,05%	88,57%	97,43%	99,50%	99,91%
Probabilité de ne pas disposer d'au moins $\kappa = 5$ composants $P(X < \kappa) = P(Y > Q - \kappa)$	40,95%	11,43%	2,57%	0,50%	0,09%
Probabilité α de devoir lancer exactement $Z = Q$ composants pour en avoir $\kappa \geq 5$ conformes (loi Binomiale Négative)	59,05%	29,52% [†]	8,86%	2,07%	0,41%
	Σ				

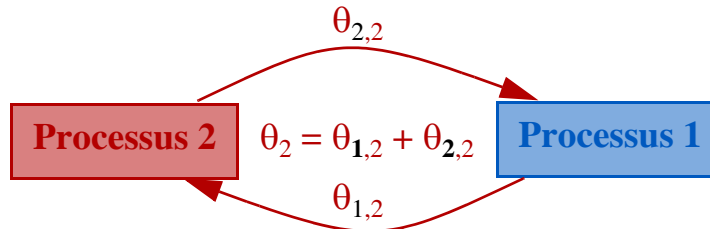
[†]. $0,2952 = 0,8857 - 0,5905 = \{5!/(4! \cdot 1!)\} \cdot 0,9^5 \cdot 0,1^1$

- Différentes **améliorations et adaptations** du Kanban existent (Etat de l'art)
 - Adaptation du système Kanban pour chaîne logistique $\Rightarrow$ gestion de **kanbans multiples** (Dallery et al., 2005) avec supériorité d'une gestion indépendante de libération des kanbans (pour saturation du système, lot de kanbans unitaire et rupture de stock acceptée).
 - Hypothèse d'une **durée de cycle θ** comme certaine **peu réaliste** liée à:
 - . **Irrégularité** de la **consommation** $\Rightarrow$ analyse de tels systèmes par approche Markovienne, méthodes approximatives...(approches liées au régime stationnaire)
 - . **Variabilité** des **temps opératoire** et/ou des **temps de transport** $\Rightarrow$ introduction de kanbans de sécurité ou ajustement dynamique du nombre de kanbans (Gupta et Al Turki, 1997 ou Philipoom et al. 1987): besoin de connaissance anticipée suffisante de la demande sans variation possible de la capacité

III Remise en cause du régime de croisière dans le système KANBAN

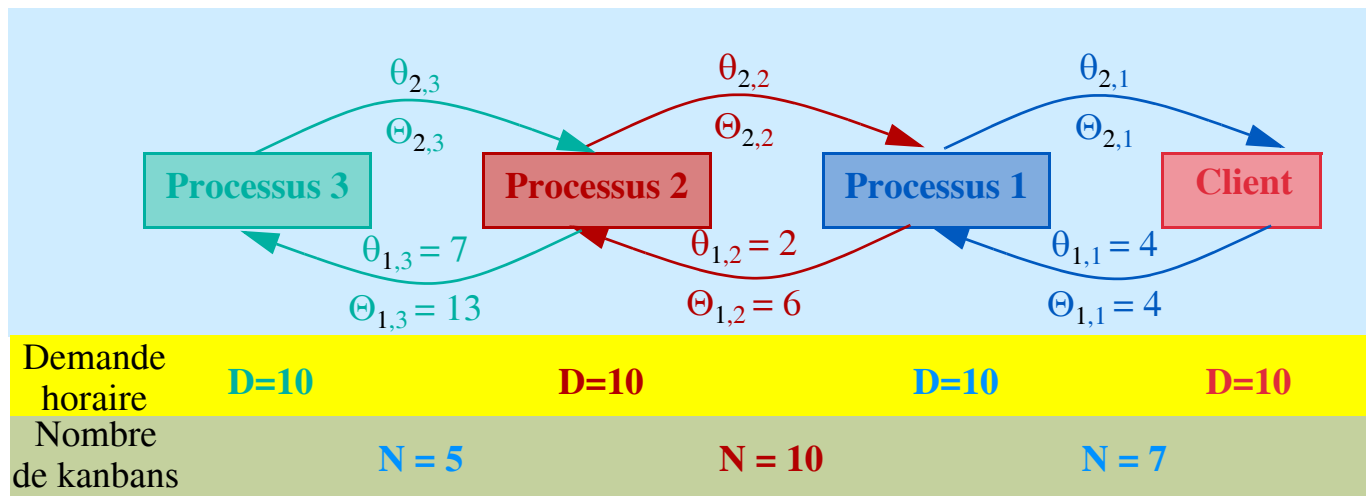
III.1 Le système Kanban en cas de modification du régime de croisière ($D \rightarrow D'$)

- Si $D' < D \Rightarrow$ **pas d'impact grave**: création de stock dormant ou diminution temporaire de la production
- Si $D' > D \Rightarrow$ **nécessaire adaptation du pilotage** (= ajustement du nombre de kanbans)
 - **Mécanisme de propagation** de la demande
 - **Décomposition** du temps de cycle

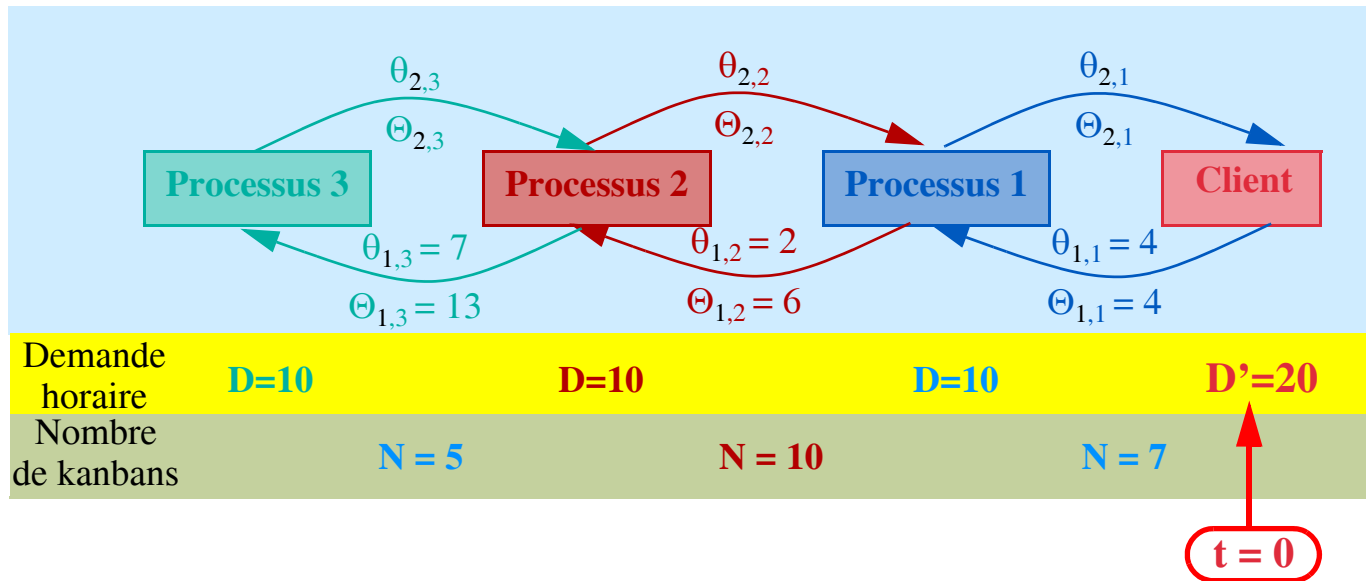


- Utilisation des **cumuls** des temps partiels de cycle dans enchaînement de processus
 $\Theta_{1k} = \sum_{i=1}^k \theta_{1i}$ et $\Theta_{2k} = \sum_{i=1}^k \theta_{2i}$

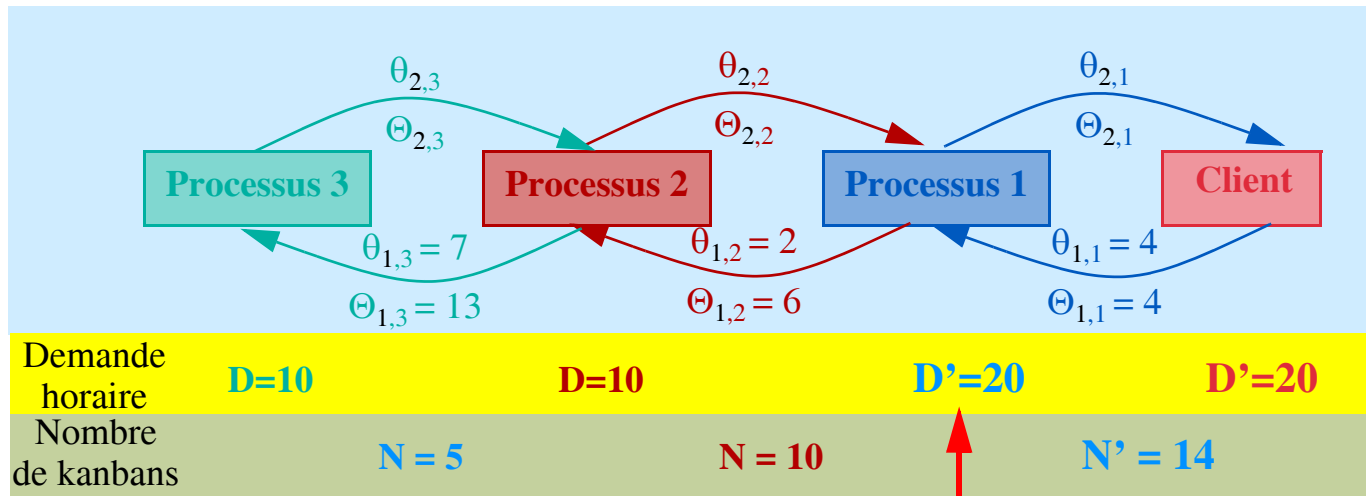
. Régime de croisière initial ($D = 10$)



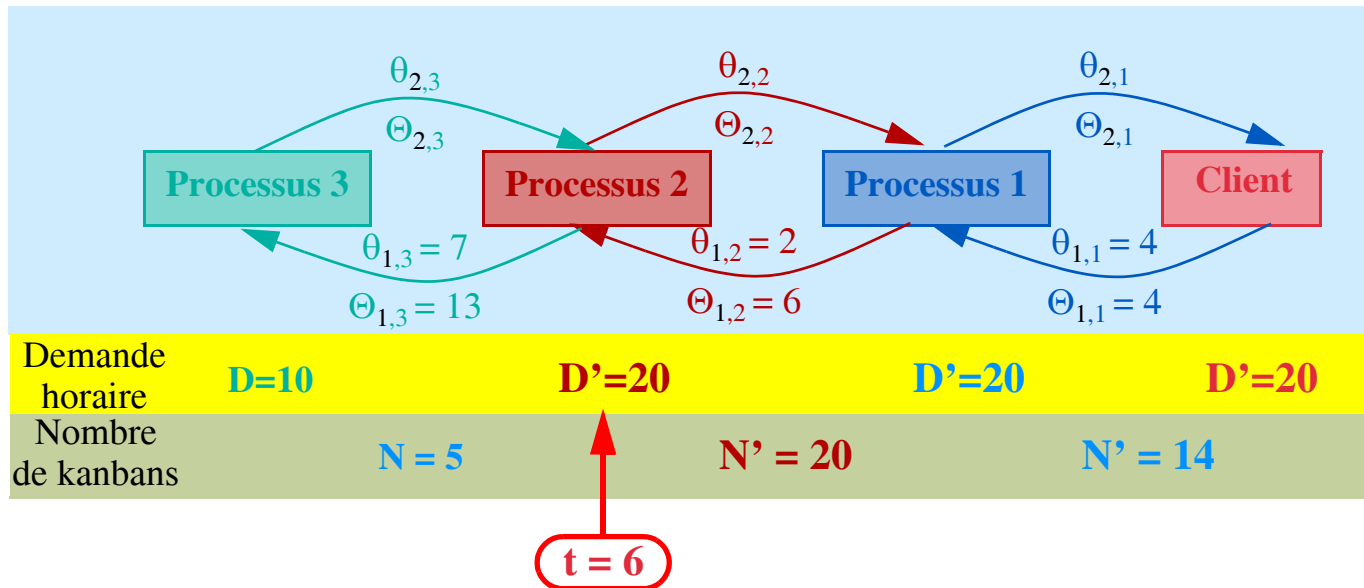
. Modification du régime de croisière initial ($D = 10 \rightarrow D' = 20$) $t = 0$



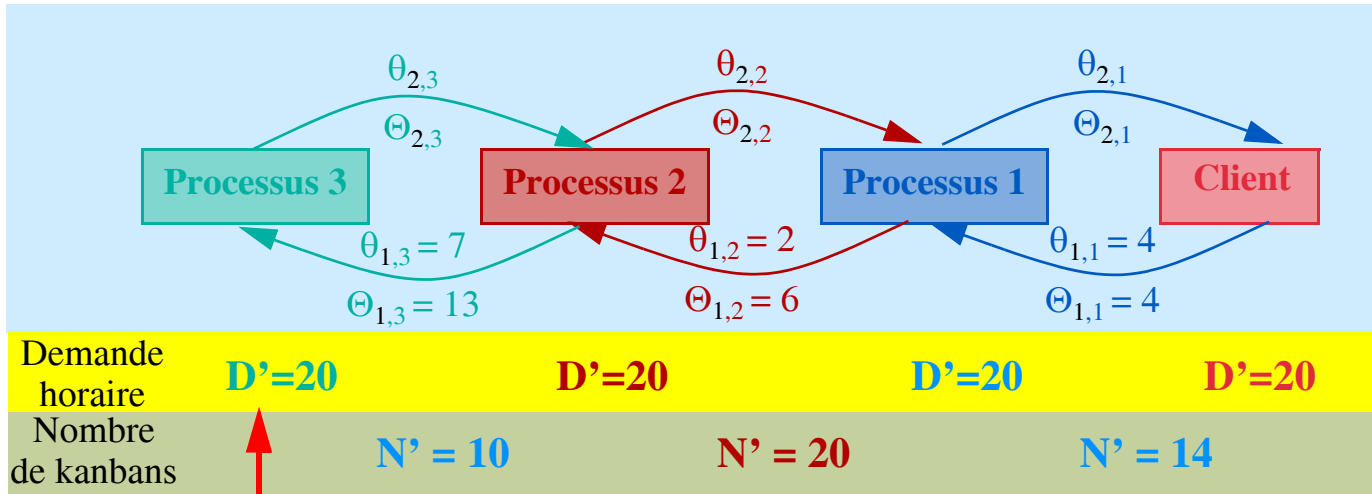
. Propagation: $t = 4$



. Propagation: $t = 6$



. **Propagation: $t = 13$ - Nouveau régime de croisière**



$t = 13$

- . **Conclusion:** changement de régime au processus k avec décalage $\Theta_{1k} = \sum_{i=1}^k \theta_{1i}$ par rapport à date de modification du régime stationnaire du client

• Mécanisme d'adaptation du nombre de kanbans:

Dates (en heures)	Demande	Arrivée CP (+2)	Retour CC (2+1=3)
0			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			
5			
5,5			
6			
6,5			
7			
7,5			
8			
8,5			
9			

$$\theta_{2,2} = 1$$

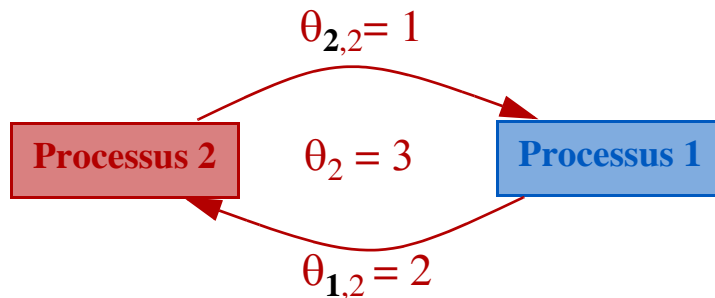
$$\theta_{1,2} = 2$$

$$\theta_{2,2} = 1$$

$$\theta_2 = 3$$

$$\theta_{1,2} = 2$$

Ruptures de stock



• Mécanisme d'adaptation du nombre de kanbans:

Dates (en heures)	Demande	Arrivée CP (+2)	Retour CC (2+1=3)
0			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			
5			
5,5			
6			
6,5			
7			
7,5			
8			
8,5			
9			

$$\theta_{2,2} = 1$$

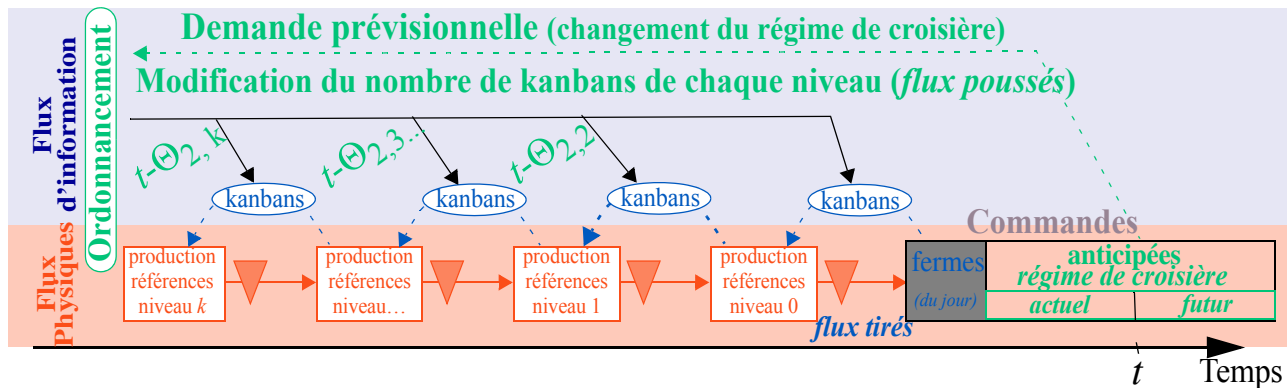
$$\theta_{1,2} = 2$$

Introduction de 3 kanbans
avec anticipation
de durée θ_2

Ruptures de stock

Dates (en heures)	Demande	Arrivée CP (+2)	Retour CC (2+1=3)
0			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			
5			
5,5			
6			
6,5			
7			
7,5			
8			
8,5			
9			

- **Conclusion** : modification nombre de kanbans du processus k avec **anticipation optimale** de $\Theta_{2k} = \sum_{i=1}^k \theta_{2i}$ par rapport à date de modification du régime stationnaire du client



III.2 Le système kanban en régime non stationnaire

- **Généralisation** de la **démarche** $\Rightarrow N_{kt} = f(D_{t+\Theta_{2k}})$
- **Système auto adaptatif** aux variations anticipées de la demande (on ne considère plus que l'on est sur un système aléatoire)
- **Limites** d'un tel système Kanban auto adaptatif
 - θ **aléatoire** $\Rightarrow$ bornes supérieures ($\Rightarrow \downarrow$ d'efficacité)
 - **Anticipation** de la **demande** $\Rightarrow$ problématique du **PPC**: $C > P$ devient $C > \Theta_{2k}$, sinon **production pour stock** du processus k

III.2 Le système kanban en régime non stationnaire

- **Généralisation** de la **démarche** $\Rightarrow N_{kt} = f(D_{t+\Theta_{2k}})$
- **Système auto adaptatif** aux variations anticipées de la demande (on ne considère plus que l'on est sur un système aléatoire)
- **Limites** d'un tel système Kanban auto adaptatif
 - Θ **aléatoire** $\Rightarrow$ bornes supérieures ($\Rightarrow \downarrow$ d'efficacité)
 - **Anticipation** de la **demande** $\Rightarrow$ problématique du **PPC**: $C > P$ devient $C > \Theta_{2k}$, sinon **production pour stock** du processus k
- Mobilisation de **nouvelles approches** connues du Kanban
 - Système à doubles kanbans: **kanbans d'autorisations** et **kanbans de production**
 - L'activation d'un kanban est liée à l'arrivée d'une information transmise par un processus aval (client direct) $\Rightarrow$ **kanban généralisé**
 - L'activation d'un kanban est liée à l'arrivée d'une information transmise par un processus aval (client indirect) $\Rightarrow$ **kanban étendu**
 - **Hypothèses retenues**: référence étudiée porte sur un lot unitaire, enlèvements effectués au plus tôt, kanbans de production au plus juste et acceptation de la rupture de stock

IV Conclusion

- **système Kanban sur CL**=> Ok si caractéristiques de la **demande en volume/structure stables** + **diversité** des références **compatibles** avec surface **disponible**+problèmes de **fiabilité** des processus **pris en compte**
- Possibilité d'un système auto adaptatif pour un régime non stationnaire
- **alternatives possibles avec anticipation de l'information**
 - sur délai **court** (qqes heures) : **approvisionnement synchrone**
 - sur délai **long** (qq dizaines d'heures) **production synchrone**