

---

# Techniques multiagents pour la réduction de l'amplification de la demande dans une chaîne logistique : application à l'industrie forestière

## Thierry Moyaux

<http://damas.ift.ulaval.ca/~moyaux>

Proposition de recherche en vue d'un Ph.D

Mercredi 28 août 2002

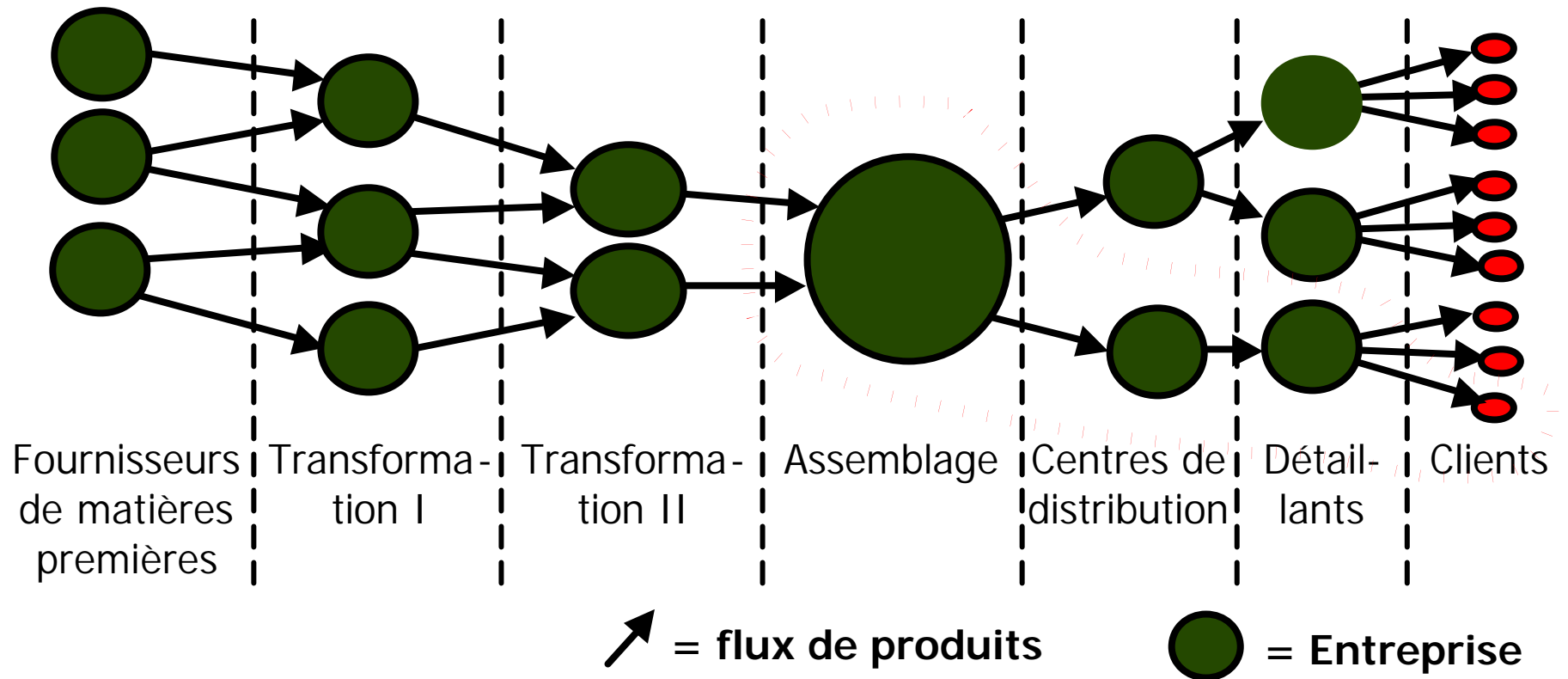
# Plan

---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

# 1. Problématique : l'effet coup de fouet

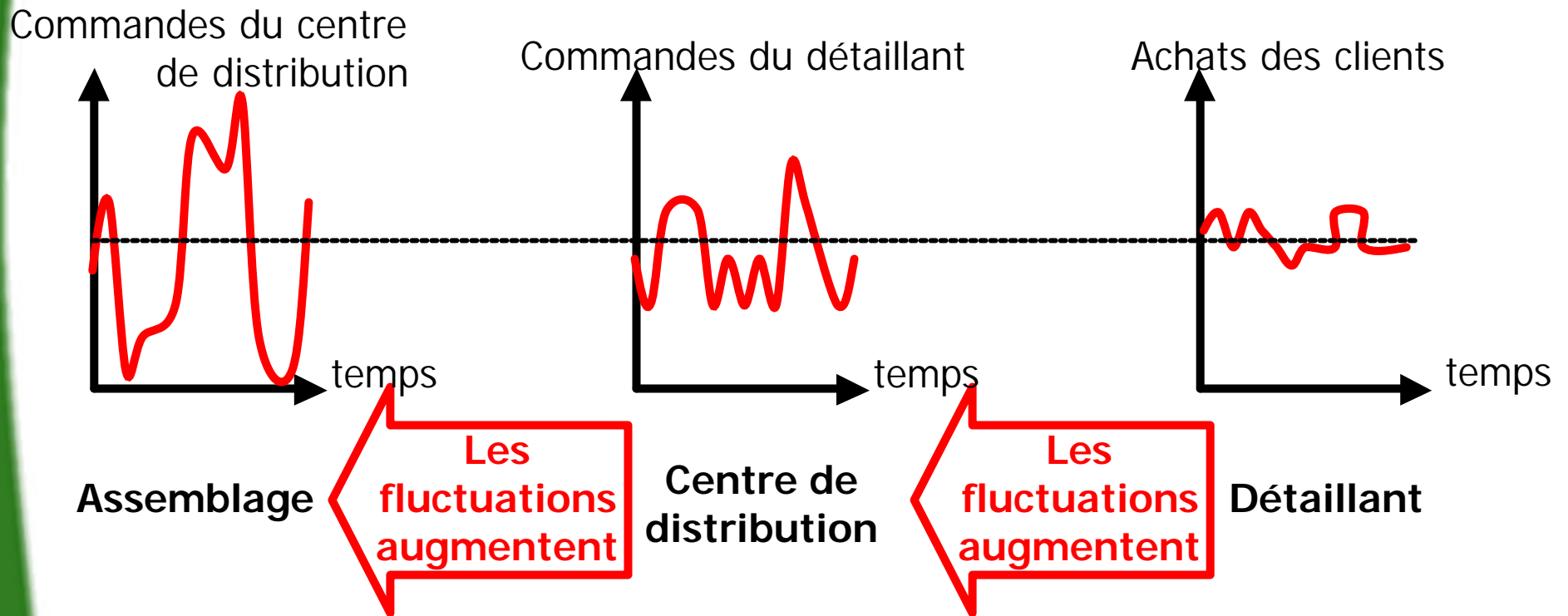
## La chaîne logistique



# 1. Problématique : l'effet coup de fouet

## L'effet coup de fouet

C'est l'un des **problèmes** de la chaîne logistique.



# 1. Problématique : l'effet coup de fouet

---

## D'autres problèmes dans la chaîne logistique

- Dans une entreprise considérée comme **isolée** :
  - Planification de la production, distribution et des stocks ;
  - Ces trois planifications faites conjointement.
- Dans une entreprise tenant compte du reste de sa **chaîne logistique** :
  - Les problèmes de l'entreprise isolée ;
  - Synchronisation des trois planifications précédentes avec celles des autres entreprises ;
  - L'**effet coup de fouet**.

# Plan

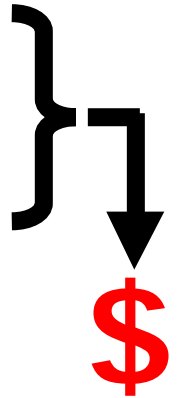
---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

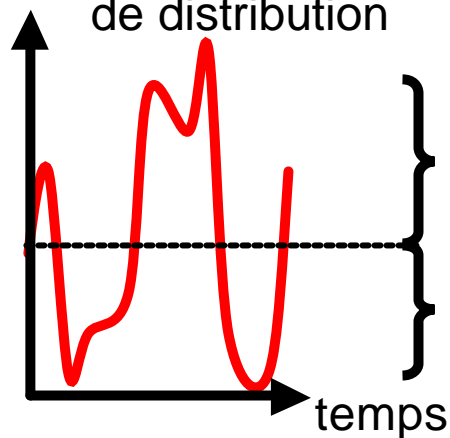
## 2. Éléments de base et revue de littérature

Conséquences de l'effet coup de fouet

Conséquences : réduction de la réactivité et augmentation des stocks.



Commandes du centre de distribution



**Risque de rupture de stock**

→ stock de sécurité

**Excès de production**

→ sur-stockage

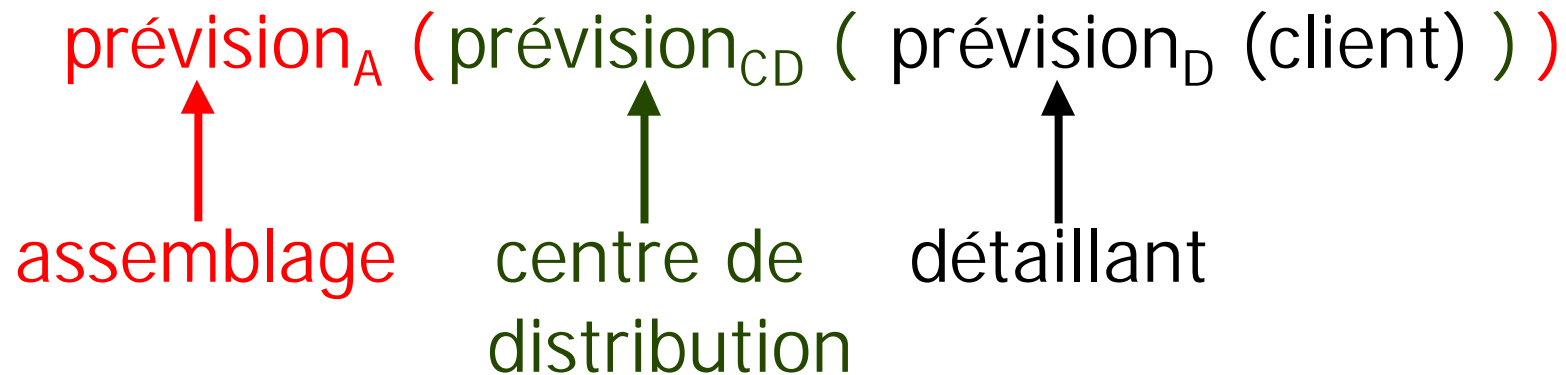
**Assemblage**

## 2. Éléments de base et revue de littérature

Causes de l'effet coup de fouet [Lee et al.97]

### 1. prévision de la demande

→ les prévisions se font sur les prévisions des clients successifs :



→ phénomène amplifié par l'allongement des délais d'exécution

Solution : centralisation de l'information



## 2. Éléments de base et revue de littérature

Causes de l'effet coup de fouet [Lee et al.97]

### 2. commandes par lots

centre de distribution : commande 10

assemblage : production par lots de 20, zéro en stock → commande 20

Solution : **casser les lots** en baissant le prix des transactions grâce au commerce électronique

## 2. Éléments de base et revue de littérature

---

Causes de l'effet coup de fouet [Lee et al.97]

### 3. pénuries

rationnement → sur-commandes

retour à la normale → annulation des sur-commandes

Solution : répartir les produits par rapport à l'historique des commandes plutôt que par rapport à la commande en cours

### 4. fluctuation des prix

promotion → sur-commandes

retour à la normale → arrêt des sur-commandes

Solution : politique de bas prix quotidiens (EDLP)

## 2. Éléments de base et revue de littérature

Techniques de gestion d'une chaîne logistique

Planification, prévision et réapprovisionnement collaboratifs (CPFR)

Inventaires gérés par le vendeur (VMI)

Centralisation de l'information

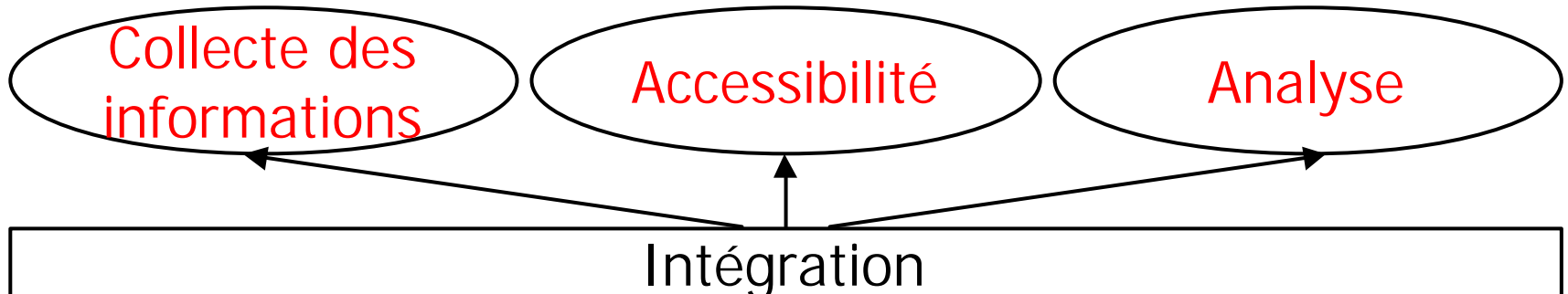
## 2. Éléments de base et revue de littérature

### Technologies de l'information

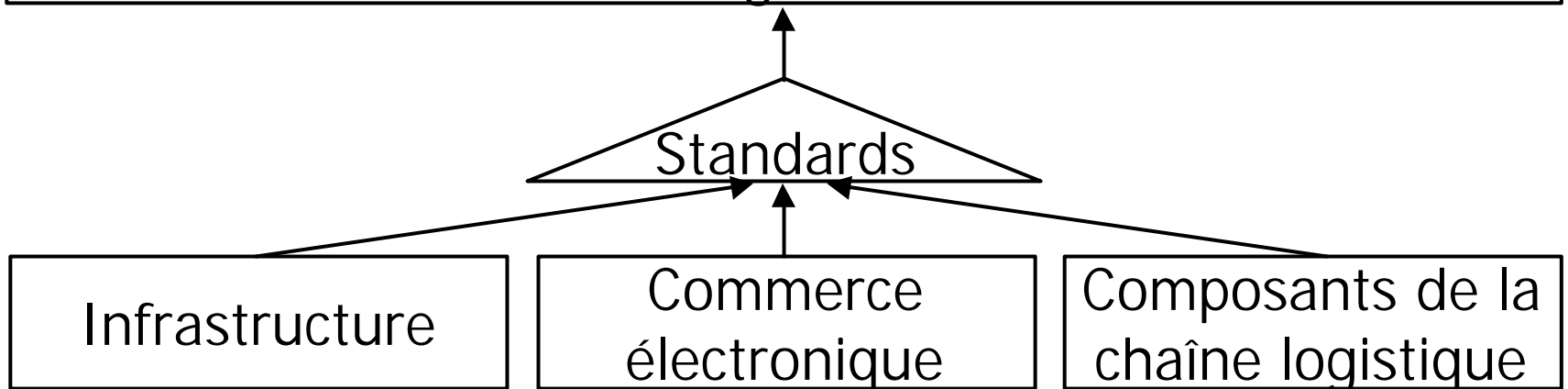
TI transactionnelle (PGI et commerce électro.)

<sup>1</sup> TI analytique (Syst. d'aide à la décision)

Objectifs



Moyens



## 2. Éléments de base et revue de littérature

---

### Technologies de l'information

Les agents dans la chaîne logistique :

Le terme agent caractérise un **systeme informatique** matériel ou (plus souvent) logiciel qui a les caractéristiques suivantes :

- **Autonomie**
- Capacité sociale
- Réactivité
- Pro-activité

## 2. Éléments de base et revue de littérature

---

### Technologies de l'information

Les agents dans la chaîne logistique :

Pourquoi un Système MultiAgent (SMA) ?

- Les caractéristiques de l'acétate précédente « collent » avec celles d'une entreprise
- Distribution du problème
- Collaboration, négociation, **coordination**... étudiés par les SMA
- Adaptation au dynamisme de l'environnement

## 2. Éléments de base et revue de littérature

---

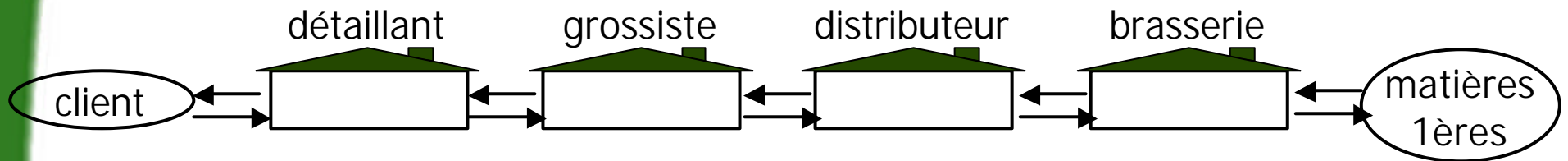
### Particularités de la chaîne logistique forestière

- Flux de produits **divergeant**
- Stratégie actuelle de domination par les coûts
- Temps de cycle très longs
- Bois = matériau biologique

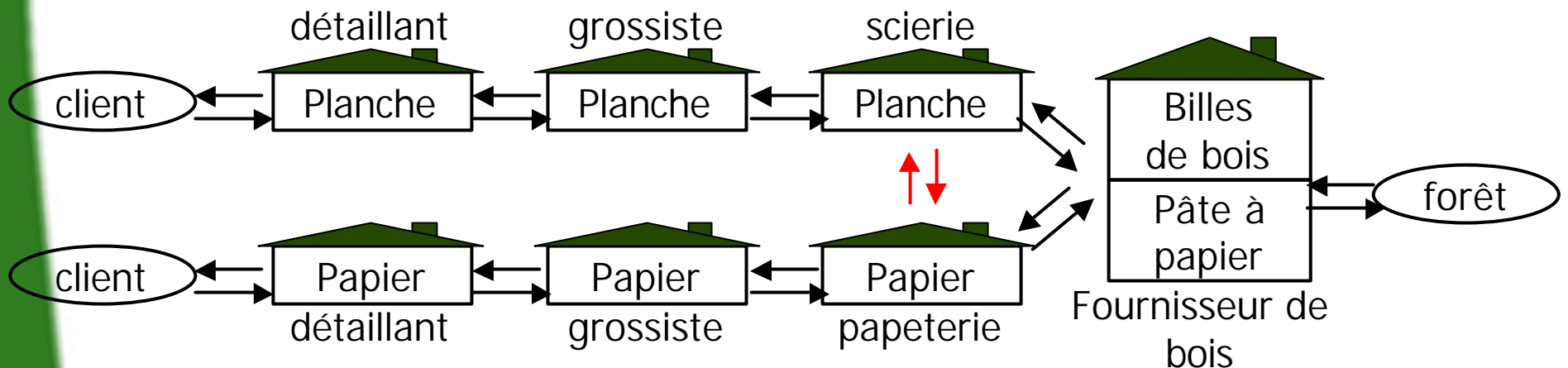
## 2. Éléments de base et revue de littérature

Le jeu de la bière (*Beer Game*) et ses dérivés

Les jeux de la bière du MIT et de Columbia



Les jeux du bois (*Wood Supply Game*) [Fjeld, 2001]

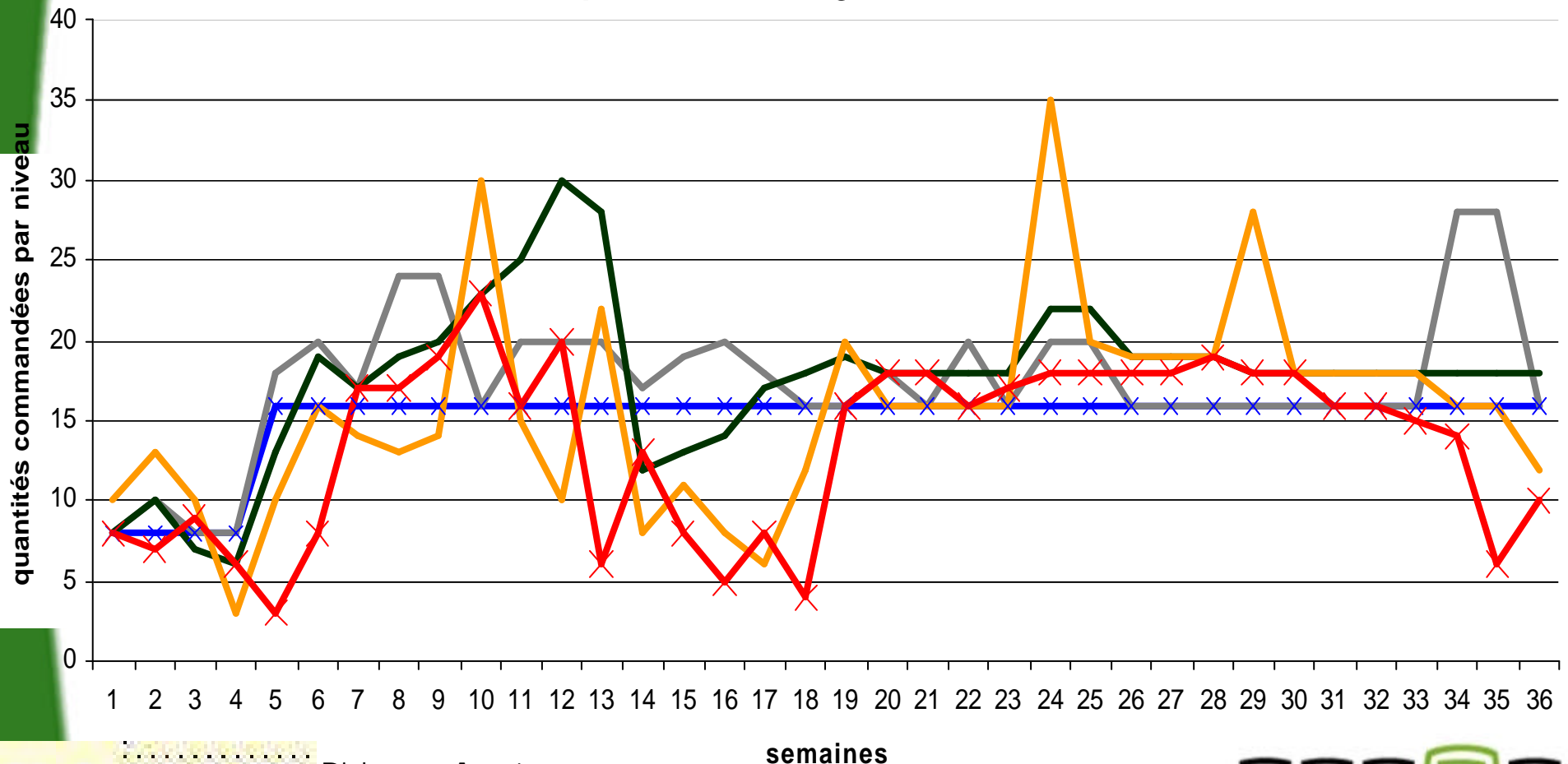




## 2. Éléments de base et revue de littérature

Le jeu de la bière (*Beer Game*) et ses dérivés

Résultats d'une partie de jeu du bois à FOR@C



# Plan

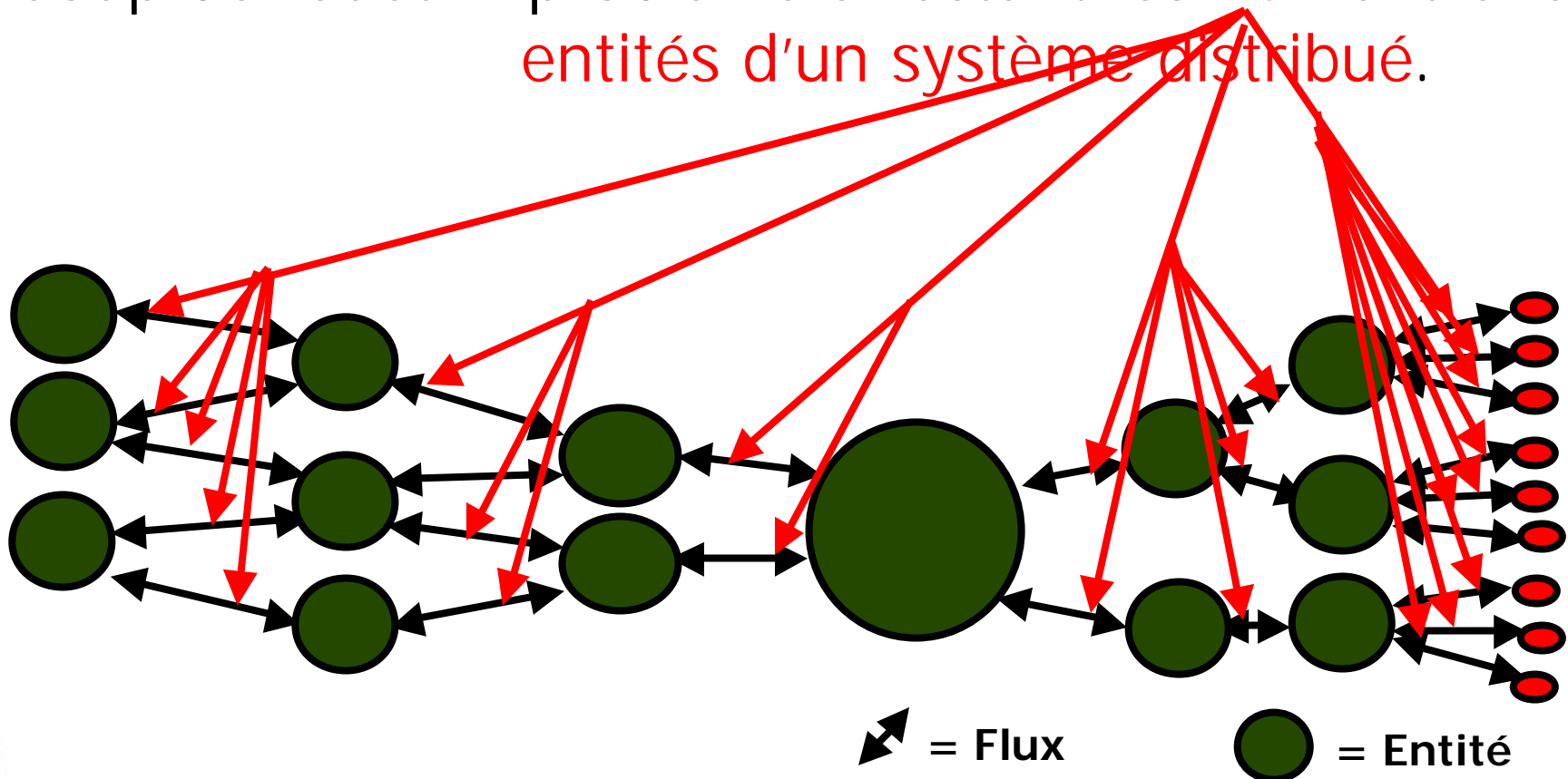
---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

# 3. Généralisation de l'effet coup de fouet

Une vision généralisée aux systèmes distribués

Coup de fouet = problème affectant les flux entre les entités d'un système distribué.



# 3. Généralisation de l'effet coup de fouet

Une vision généralisée aux systèmes distribués

Exemple

Systeme distribué	Flux	Entités
Chaîne logistique	produits	{entreprises, clients}
Économie nationale	argent	{entrep., clients, État...}
Réseau informatique	information	{ordinateurs}
Réseau routier	véhicules	{villes}
Organisation	tâches	{personnes, machines}
Circuit électronique	Intensité	{R, L, C, générateurs...}

### 3. Généralisation de l'effet coup de fouet

---

Réduction du coup de fouet  
dans les systèmes distribués

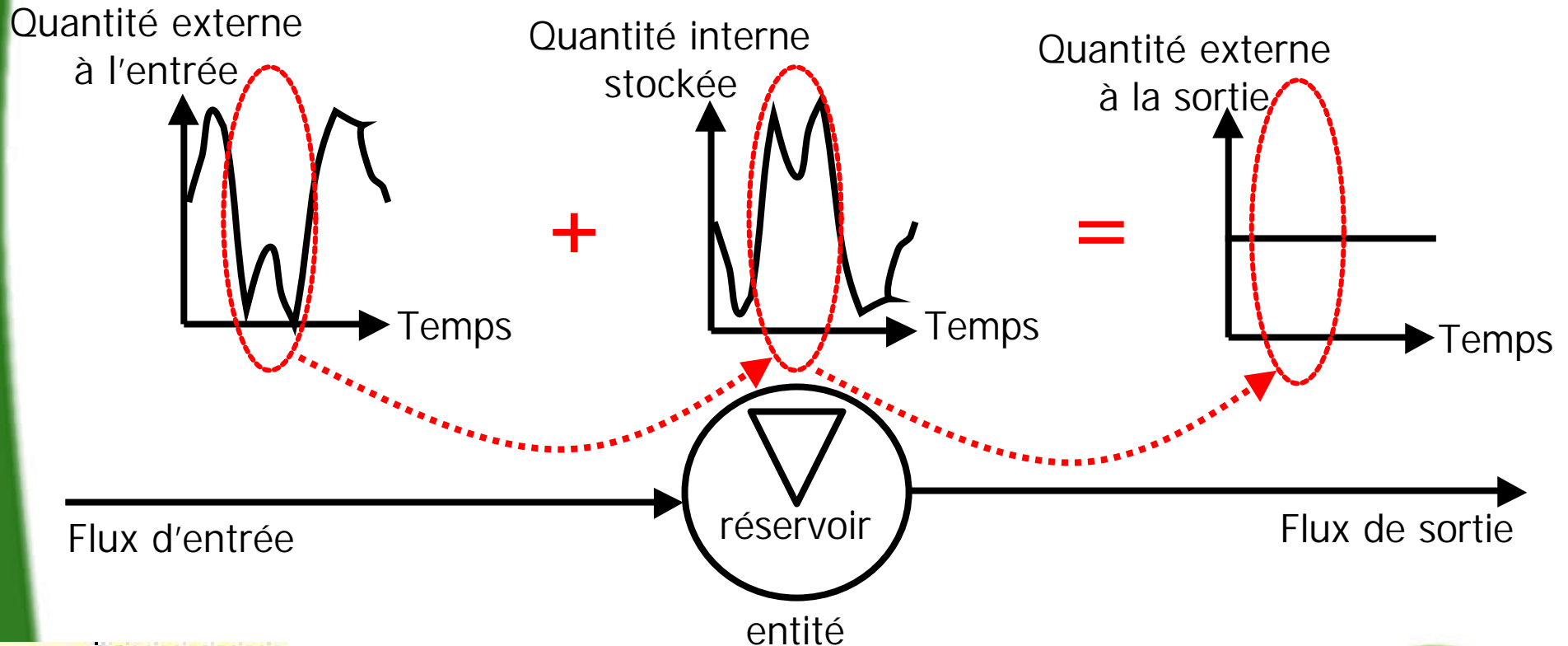
Idée : retirer les **excès** dans le flux  
(excès = trop grand ou trop petit)

Comment : **déplacer les excès**  
dans le temps et dans l'espace

→ **homogénéisation** temporelle (lissage du flux)  
et spatiale du flux (équilibrage de flux)

# 3. Généralisation de l'effet coup de fouet

Réduction du coup de fouet  
dans les systèmes distribués  
Homogénéisation temporelle :



# Plan

---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

## 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique

Caractérisation de la solution attendue

- Les entreprises doivent **savoir** si leurs commandes amplifient l'effet coup de fouet ;
- Les bénéficiaires d'une réduction du coup de fouet **ne** sont **pas** ceux qui font cette réduction;
- L'**autonomie** des entreprises doit être préservée ;
- La **centralisation de l'information** semble une bonne base pour de nouvelles techniques ;
- Le coup de fouet peut-il être **réduit en lui-même** plutôt que causes par causes ?



# 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique 25/38

## Méthodologie de réduction du coup de fouet

Passer une commande = répondre à :

**Quand** commander ?

**Combien** commander ?

- ➔ Homogénéisation temporelle et non spatiale, car chaîne (**≠ réseau**) logistique.
- ➔ Répondre de façon à ce que le **débit** de produits **entrant** dans l'entreprise soit celui qui est **souhaité par le marché**.

# 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique 26/38

Méthodologie de réduction du coup de fouet

Objectif : passer des commandes satisfaisant à  
(quand et combien commander) :

$$\frac{Q_f(n)}{\Delta T_f(n)} = m(T_f(n)+d)$$

**$n$**  : indice de la commande

**$Q_f(n)$**  : quantité commandée à la commande  $n$

**$T_f(n)$**  : instant de la commande  $n$

**$\Delta T_f(n) = T_f(n-1) - T_f(n)$**  : temps séparant 2 commandes

**$m(t)$**  : débit de produit du marché à l'instant  $t$

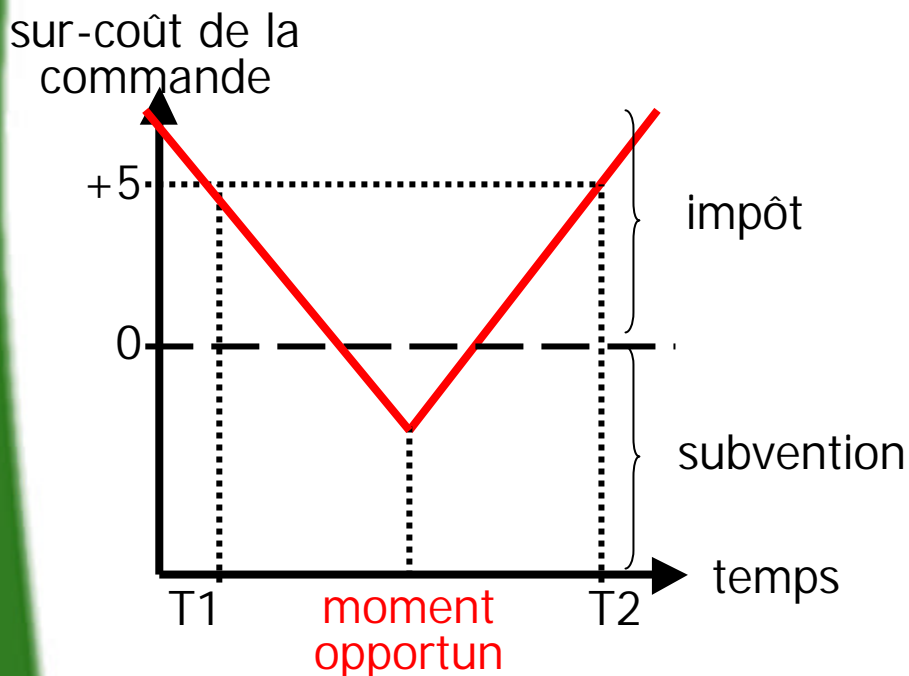
**$d$**  : délai pour que le produit se rende sur le marché

# 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique

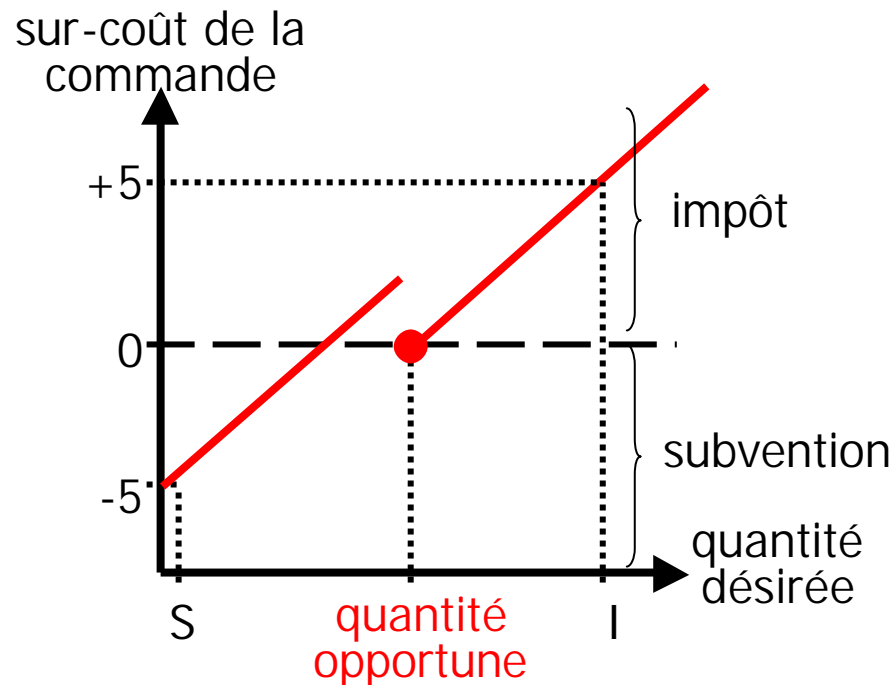
Méthodologie de réduction du coup de fouet

Incitation financière des entreprises à satisfaire la relation précédente par des **impôts** et des **subventions**.

Commandes de taille fixe



Commandes périodiques



# 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique 28/38

## Méthodologie de réduction du coup de fouet

Pourquoi les entreprises ne vont pas abuser des subventions tout en réduisant leurs impôts

- La discontinuité du graphe (quantité – sur-coût) **empêche l'apparition de ce comportement parasitaire.**
- Les impôts pourraient être prélevés chez ceux qui commandent trop ou trop peu pour **récompenser ceux qui commandent bien.**
- Toute la chaîne fonctionne en **VMI** (inventaires gérés par les vendeurs).
- L'ensemble de la chaîne **n'a pas intérêt** à réduire sa production. En plus, cela **briserait le mécanisme.**

# 4. Propositions pour réduire le coup de fouet dans une chaîne logistique 29/38

Méthodologie de réduction du coup de fouet

Opérationnalisation par un **système de jetons**  
(**mécanisme de coordination décentralisé**) :

$$Q_f(n) = \text{jetons} + \text{commande physique}$$

tel que :

$$\frac{Q_f(n)}{\Delta T_f(n)} = m (T_f(n) + d)$$

# Plan

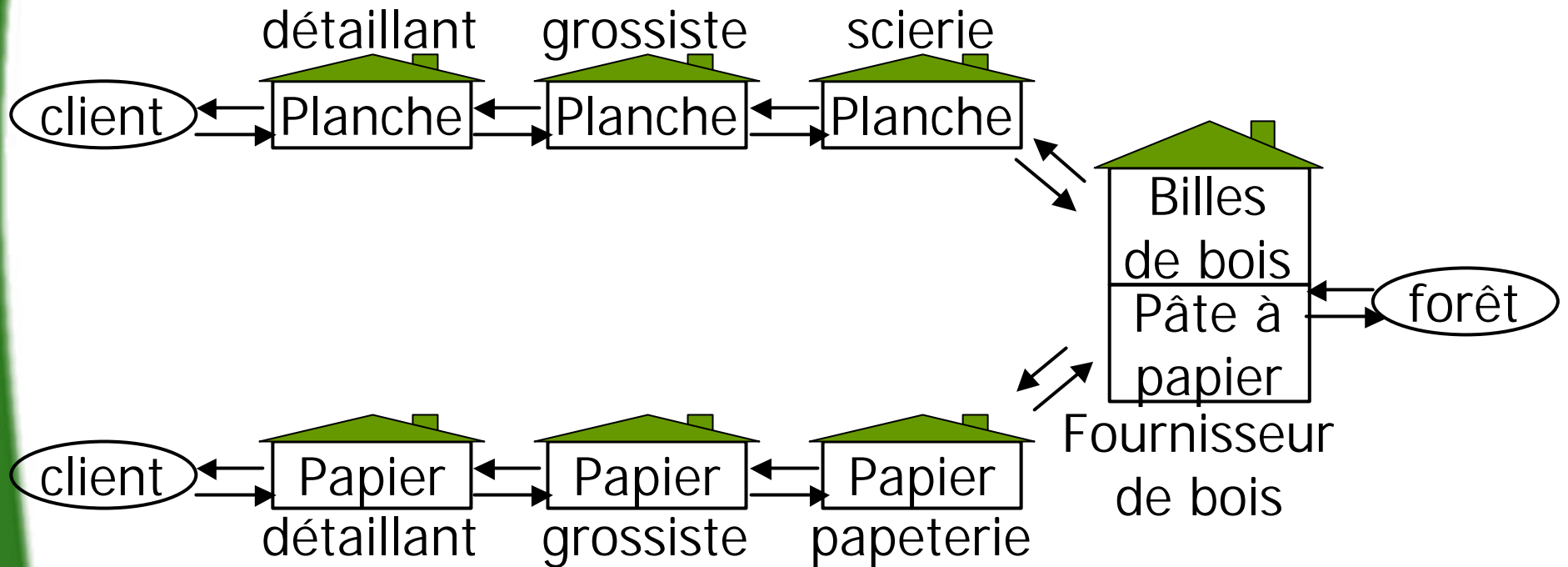
---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

# 5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière

## Modélisation d'une chaîne logistique forestière

Modèle de chaîne logistique forestière  
= jeu du bois de Fjeld

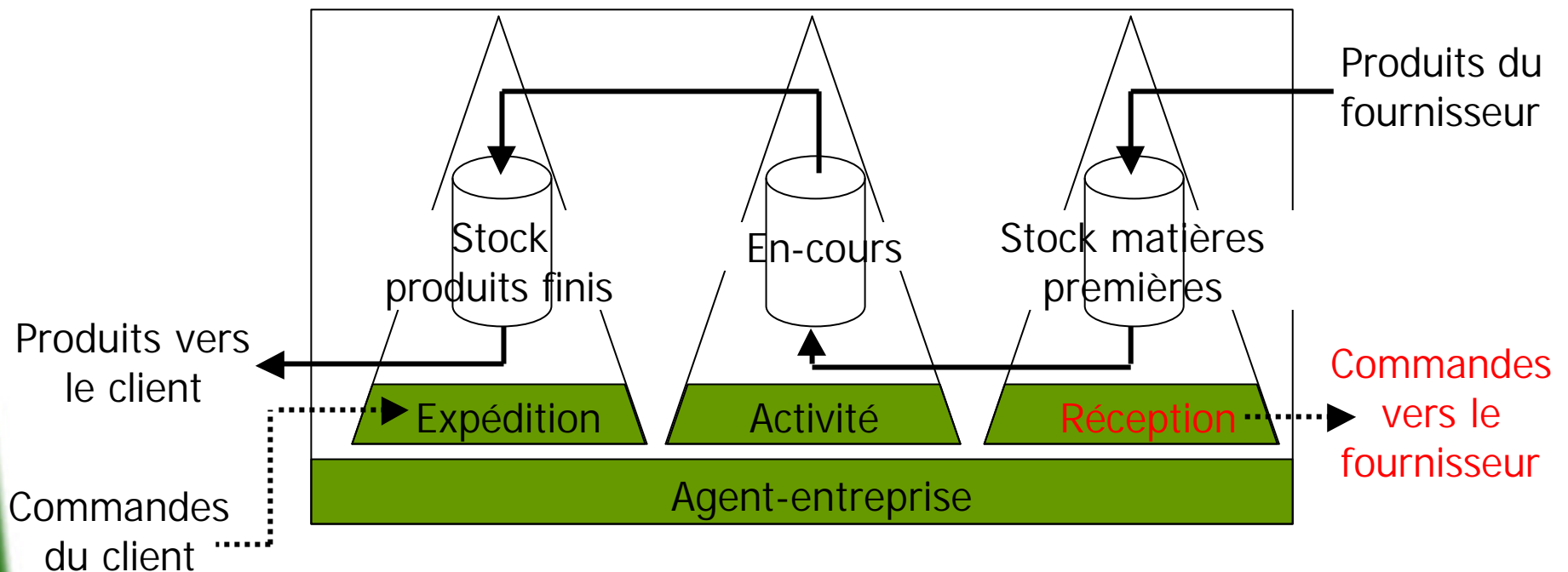


# 5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière

## Modélisation d'une chaîne logistique forestière

### Modèle d'entreprise

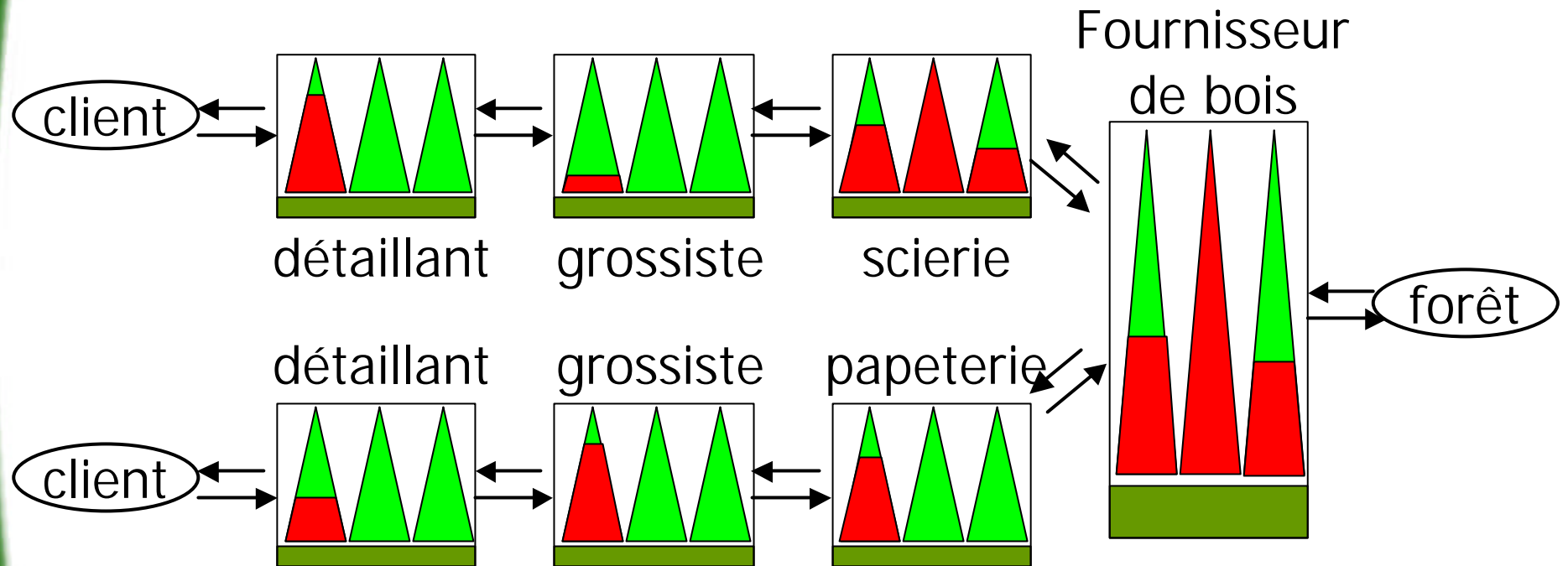
- = modèle SCOR du *Supply Chain Council*
- avec 1 agent par entreprise





# 5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière

## Simulation d'une chaîne logistique forestière



## 5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière

---

Réduction de l'effet coup de fouet dans une chaîne logistique forestière

2 étapes :

1. mise en place **des solutions qui existent déjà** (centralisation de l'information ou VMI ou CPFR, politique de bas prix quotidiens EDLP, etc.) ;
2. installation du **mécanisme proposé** dans un **agent guidant** le passage de commande.

# Plan

---

1. Problématique : l'effet coup de fouet
2. Éléments de base et revue de littérature
3. Généralisation de l'effet coup de fouet
4. Réduction du coup de fouet dans une chaîne logistique
5. Mise en œuvre dans l'industrie forestière
6. Collaborations et planning de travail

# 6. Collaborations et planning de travail

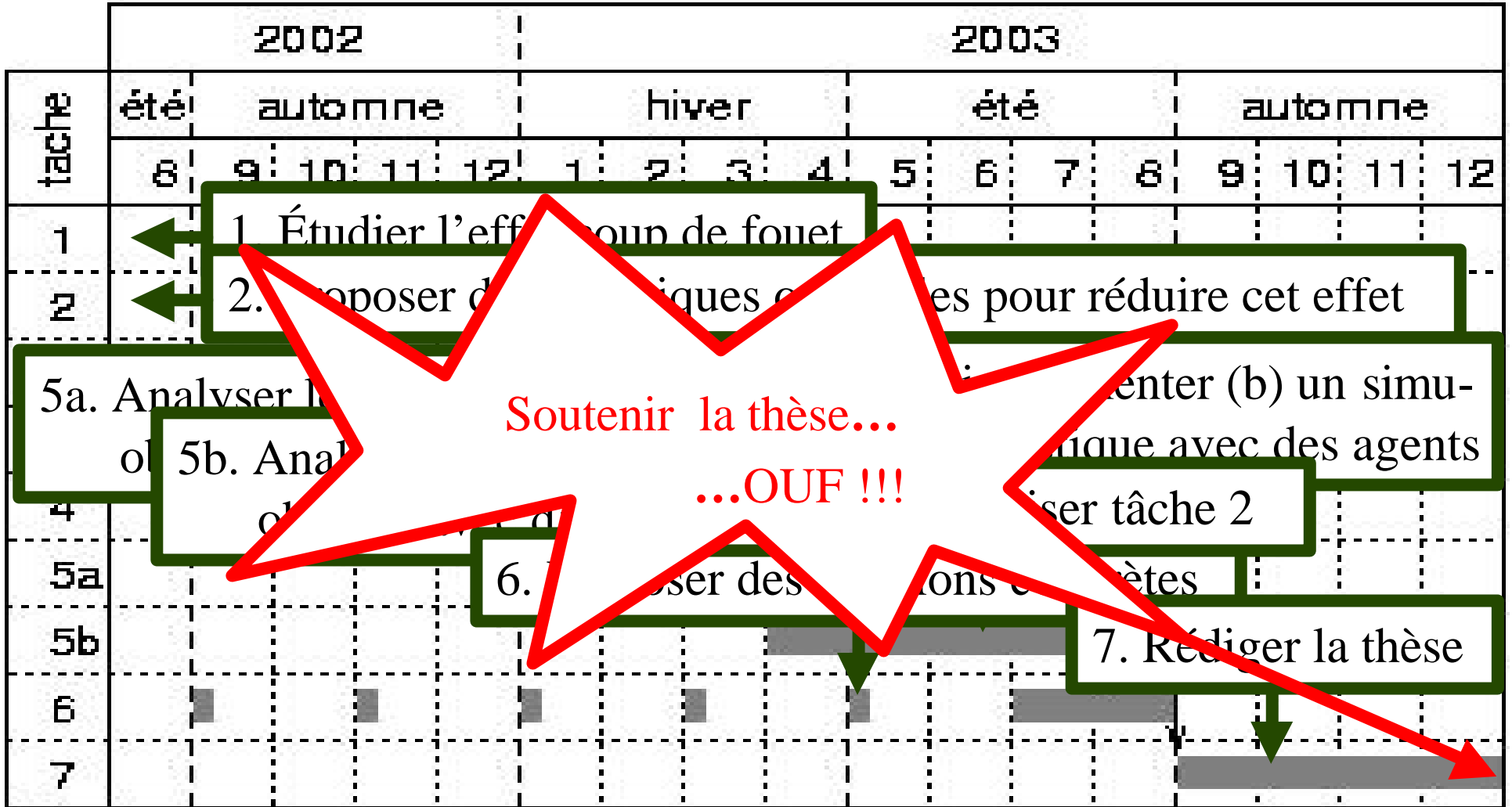
---

## Collaborations

- Laboratoire **DAMAS**
- Consortium de recherche **FOR@C**
- Laboratoire **LSIS**
- Centre de recherche **CIRANO**

# 6. Collaborations et planning de travail

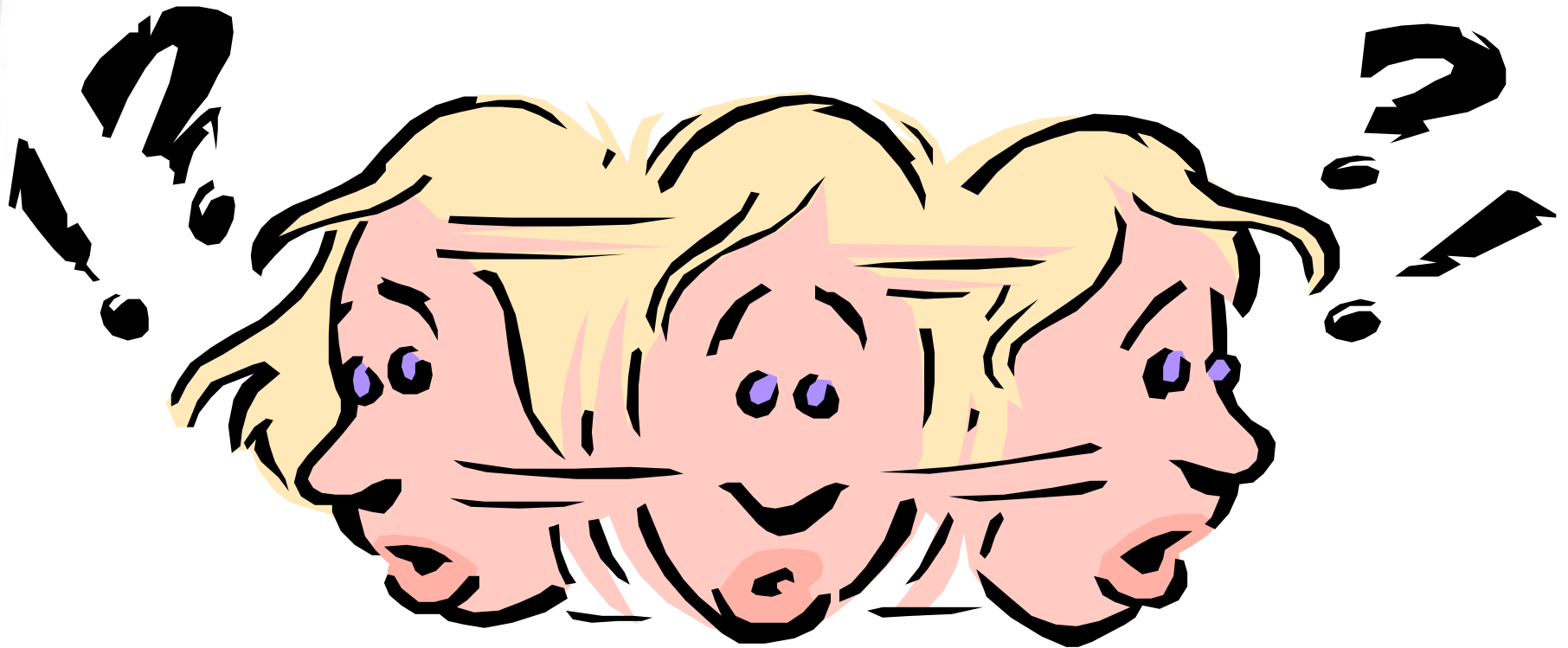
## Planning de travail



Soutenir la thèse...  
...OUF !!!

# Vos questions

---



Merci à FOR@C pour son soutien financier