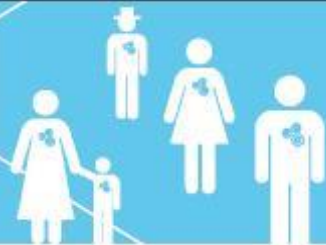




H



# JESS 2014

Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

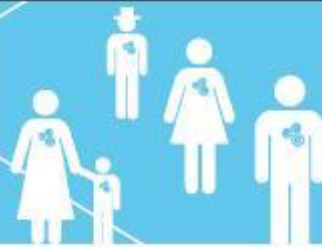
## Deux problématiques abordées au CHRU de Tours

Planification de la production de chimiothérapies  
Simulation de la logistique

Jean-Charles Billaut



H



# JESS 2014

Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## Partie – I – Planification de la production de chimiothérapies

# Unité de Biopharmacie Clinique Oncologique

- Salle blanche de l'UBCO :  
préparation des  
médicaments pour le  
traitement du cancer
- « *Toute manipulation de  
produits cytotoxiques, de la  
réception à l'administration,  
comporte des risques qui  
peuvent être à l'origine  
d'une contamination  
chimique) »*



# Processus de fabrication des préparations de médicaments injectables

- Visite du médecin
- Envoi de la prescription (électronique) à l'UBCO
- Préparation du panier
- Stérilisation
- Préparation
- Contrôle
- Envoi
- Injection







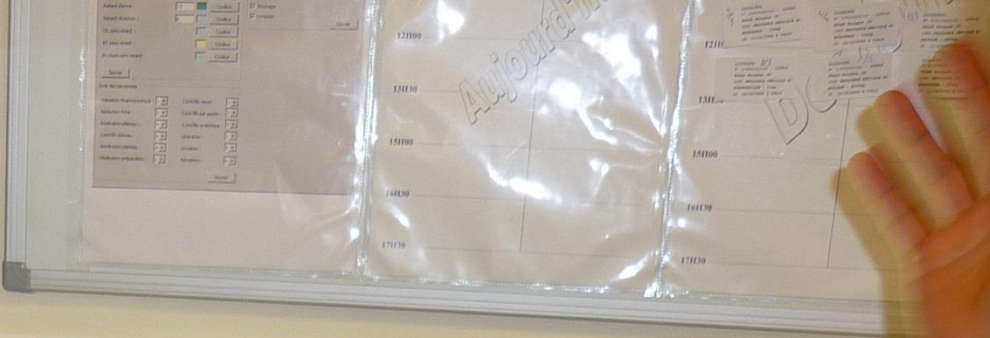
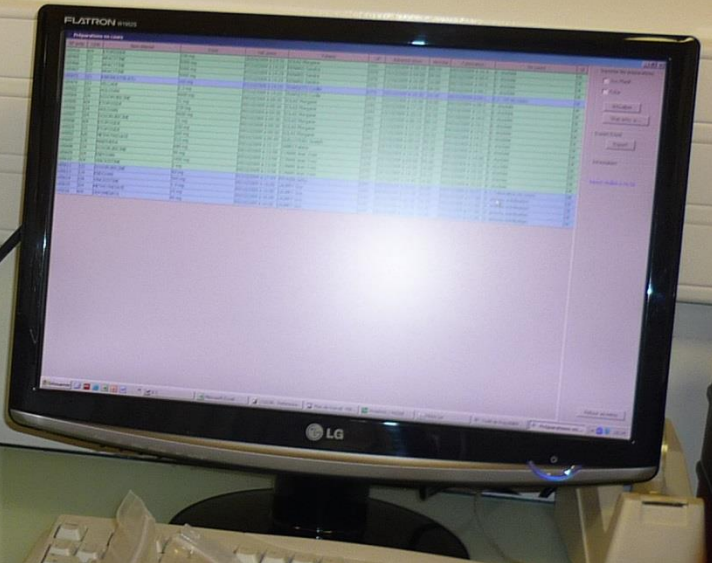
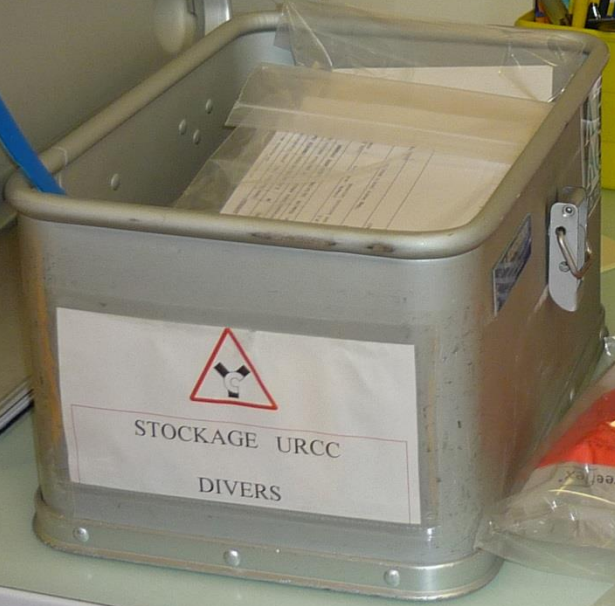








Sample ID	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	Parameter 4	Parameter 5
001	12.5	3.2	0.8	1.1	0.5
002	15.1	4.7	1.2	1.3	0.7
003	18.3	5.9	1.5	1.4	0.9
004	21.6	7.1	1.8	1.5	1.1
005	24.8	8.3	2.1	1.6	1.3
006	28.1	9.5	2.4	1.7	1.5
007	31.4	10.7	2.7	1.8	1.7
008	34.7	11.9	3.0	1.9	1.9
009	38.0	13.1	3.3	2.0	2.1
010	41.3	14.3	3.6	2.1	2.3



# Unité de Biopharmacie Clinique Oncologique

---

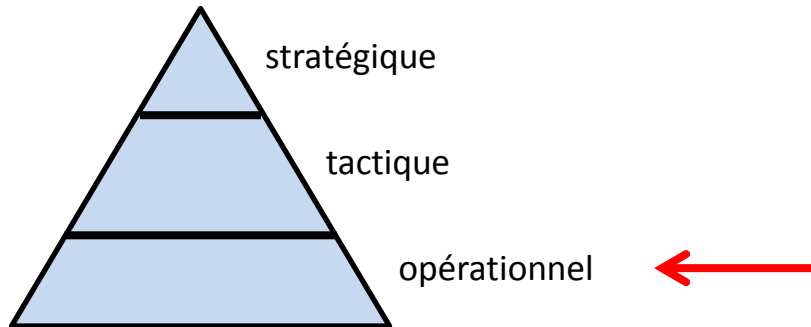
- Quelques caractéristiques du problème :
  - Certaines demandes sont prévues à l'avance, d'autres ne le sont pas.
  - Il faut toujours attendre la prescription du médecin avant de produire.
  - Le personnel qui réalise les préparations n'est pas présent en permanence.
  - Il faut que les préparations soient effectuées dans des délais raisonnables (les patients attendent).
- On cherche à planifier la production des préparations sur une journée.

# Unité de Biopharmacie Clinique Oncologique

---

- Il nous faut :
  - Récupérer les données (le nombre de préparations à planifier, les temps de préparation, les dates dues, la disponibilité des préparateurs, ...), donc s'interfacer avec le système d'information...
  - Faire un planning qui respecte toutes les contraintes.

# Plusieurs niveaux de modélisation

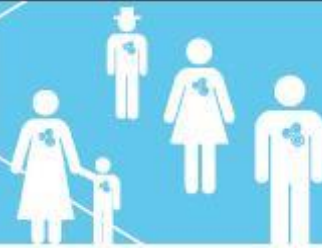


	Difficulté du problème	Mise en œuvre	Intérêt
Modélisation très fine	Enorme	Très compliquée	Gains importants attendus
Modélisation « suffisamment fine »	Grande	Compliquée	Amélioration notable du fonctionnement
Modélisation grossière	Faible	Simple	Limité





H



# JESS 2014

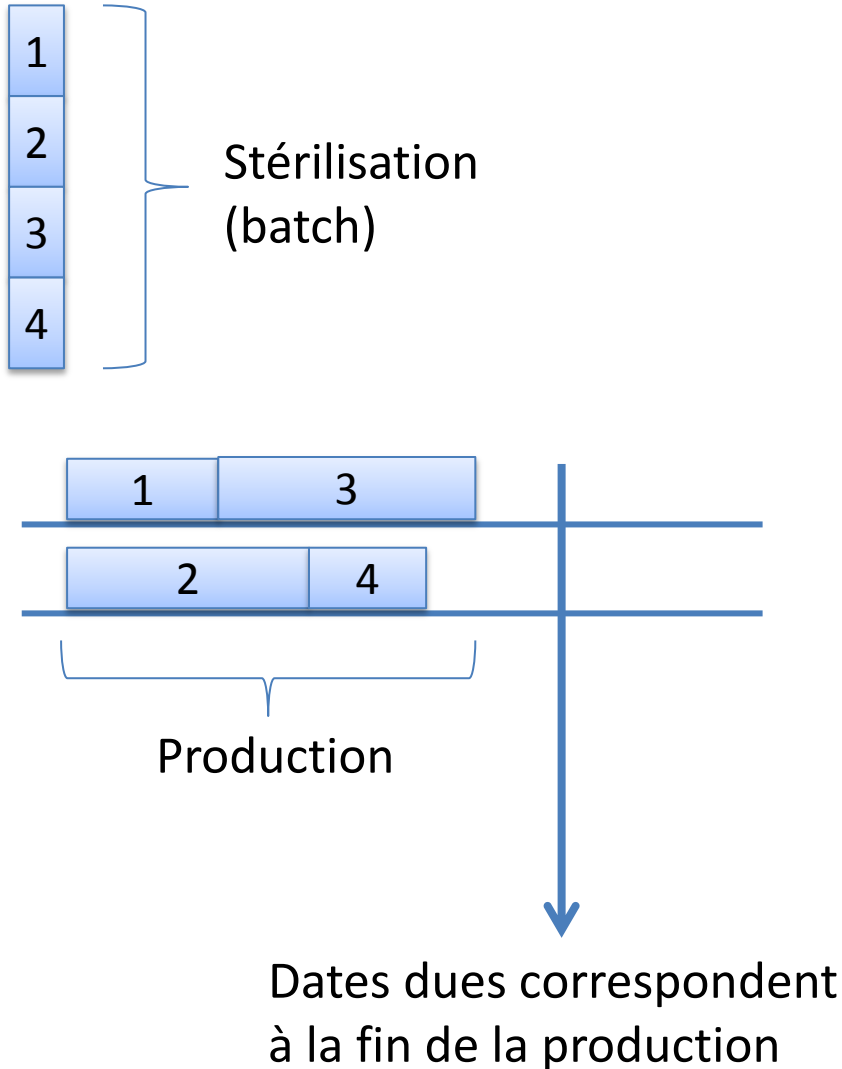
Journée efficience des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## I-1. Modélisation et résolution

# 1<sup>er</sup> Problème retenu



- + Problème « temps réel »
- ⇒ récupérer les données en temps réel
- ⇒ et besoin d'une méthode interactive

# Méthode proposée

## 3 étapes :

1. En temps réel, affectation des tâches « libres » à un isolateur (règle EDD + Première machine disponible)  
→ une liste de jobs par isolateur
2. Intervention du décideur pour composer les batchs à isoler
3. Ordonnancement des batchs





# Point 3. Ordonnancement des batchs

- Le problème d'ordonnancement :
  - Problème à deux machines parallèles, avec dates de début au plus tôt, dates de fin souhaitées, contraintes d'indisponibilité des ressources.
  - On veut ordonnancer les tâches de sorte à minimiser le plus grand retard.
  - Ce problème est « NP-difficile au sens fort »



# Ordonnancement des batches

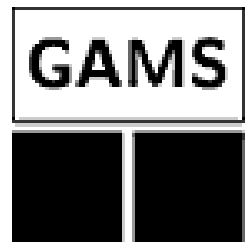
*Minimize*  $T_{max}$

- $\sum_{t=r_j}^T x_{j,t} = p_j, \forall j \in \{1, \dots, n\}$
- $\sum_{j=1}^m x_{j,t} \leq m, \forall t \in \{1, \dots, T\}$
- $p_j \times (x_{j,t} - x_{j,t+1}) + \sum_{t'=t+2}^T x_{j,t'} \leq p_j,$   
 $\forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall t \in \{1, \dots, T\}$
- $T_{max} \geq t \times x_{j,t} - d_j, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall t \in \{1, \dots, T\}$
- $T_{max} \geq 0, x_{j,t} \in \{0,1\}$

$$\begin{aligned} & \text{Max } Z = cx^t \\ \Leftrightarrow & \text{s.c. } Ax \leq b^t \\ & x \in \{0,1\} \end{aligned}$$

# Ordonnancement des batches

- On a des outils pour résoudre ce genre de problème.



flash optimization

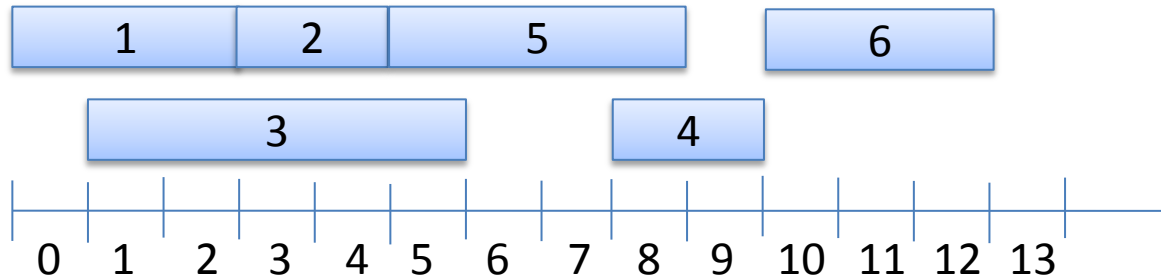


**GLPK (GNU Linear Programming Kit)**



**LINDO SYSTEMS INC.**

# Mise en oeuvre



# Deux logiciels



[www.eticsys.fr/](http://www.eticsys.fr/)

ETICSYS - Logiciels - Mozilla Firefox

www.eticsys.fr/solution.php#ancre\_tracabilite\_cytotoxique

**ETICSYS** SSII  
Votre système d'information

**Hand Held**  
PRODUCTS

Ingénierie Informatique

Accueil > Solutions Intranet/Extranet

### Ordonnancement et Traçabilité de la production de cytotoxique

**Onco<sup>suite</sup>** est la solution qui vous permet d'optimiser votre production et d'assurer une traçabilité de bout en bout de vos préparations, jusqu'à la preuve de livraison.

Nos partenaires scientifiques sont les garants du sérieux et de l'adaptation de notre solution à vos besoins.

**Cette suite logicielle modulaire, unique sur le marché, s'adapte à vos spécificités**

- Contactez-nous les CHUs nous font confiance.
- Consultez notre plaquette Onco<sup>suite</sup>

### Gestion des Dossiers Patient

**Teuliad** est la solution qui vous permet de gérer et d'assurer la traçabilité de l'ensemble des mouvements des dossiers patients non dématérialisés.

La mobilité et l'ergonomie applicative mise en œuvre apportent la souplesse, la sécurité et l'efficacité dont vous avez besoin.

**Cet ensemble logiciel et matériel s'intègre aisément à votre organisation**

- Contactez-nous
- Consultez notre

**A L'UBCO (Unité Biopharmacie Clinique Oncologique)**  
IDENTIFICATION DE LA PREPARATION

N° préparation 159764 - CISPLATINE 120mg - NA 250ml  
16/07/2009-7582351

Prescription de 28/07/2009 validée par PICHON Eric à 09:37 Atente du 28/07/2009 à 09:39  
Pne -  
Selon le protocole : BR49 ALMTA-CISPLATINE  
Administration prévue le 28/07/2009 à 11:17 Fabrication prévue le 28/07/2009 à 10:45

**VALIDATION DE LA PRESCRIPTION ET REDACTION DE LA FICHE**  
Redaction de la fiche de fabrication par C. BOUSQUET (Pharmacien)  
- CISPLATINE 120mg - NA 250ml  
- Fiche PP NA : 14 CB 7122 03  
Commentaires :  
Date et heure programmé de fabrication (Dashboard) :

**REALISATION ET CONTRÔLE DE LA PREPARATION**  
Préparation effectuée par A. AUVILLAIN (Preparateur) le 28/07/2009 à 10:56  
Contrôle visuel par NANTY Jerome le 28/07/2009 à 10:56:09

**LIBERATION ET STOCKAGE DE LA PREPARATION**

Contrôle Analytique	
Date & heure	le 28/07/2009 à 11:22
Équipement	Spectrophotomètre (L06751)
Personne	A. MAIRE
Résultat	Identification : Cisplatine Concentration Théorique finale de 0.372mg/ml, dosage de 0.37mg/ml, taux de 0.33 Coffre :

PREPARATION CONFORME  
Date de péremption : 31/07/2009 à 18:00 (conservation : 4°C A.L.)  
Léché le 28/07/2009 à 11:25 par A. MAIRE (Pharmacien)

**LIVRAISON DE LA PREPARATION**  
Livré dans le service par P. BUREAU - Départ le 28/07/2009 à 11:30  
Reçu dans le service de MED.PNEU.MO.BIA 95-24 par P. BUREAU (Livreur)  
le 28/07/2009 à 12:15

**Tableau de bord**

**SERVICE 1095** le mercredi 03 mars 2010

Nb patient :	17
Nb traitements pour le service :	31
Temps moyen de livraison global :	06:51min
% conformes :	87.8%
Temps moyen RDV/Validation :	08:48sec
Temps d'attente moyen RDV/début de la chimiothérapie :	16:20min

Diagramme circulaire montrant la répartition des prescriptions et des charges.

**Pics de prescription et de charge**

Graphique à barres montrant les pics de prescription et de charge sur une période de 10 jours.

Tableau récapitulatif :

Tablets sans attente	Nombre	%
Tablets avec attente	Nombre	%

Tableau récapitulatif des préparations :

Nb préparations :	80
Équipement pour 1095 :	38.7%

**ETICSYS** SSII

**Onco<sup>suite</sup>**

### Gestion de Production des Préparations Pharmaceutiques

Cette solution informatique est la concrétisation des besoins liés à la rationalisation de la production dans les unités de préparation de cytotoxiques. Notre maîtrise de ces problématiques a permis de développer des solutions adaptées à vos métiers dans le respect des normes ISO associées.

**Déroulement**

- Inputs et saisies :** Prescriptions médicales, Ordes de fabrication (validation)
- Fonctionnement :** Solutions logicielles flexibles, Interface avec les terminaux mobiles
- Production :** Organisation des étapes de fabrication, Contrôle qualité et traçabilité
- Critères d'optimisation :** Minimisation des délais de livraison, Augmentation du rendement
- Etats et sorties :** Rapports, statistiques, Indicateurs

**Onco<sup>suite</sup> est composée des modules suivants :**

- Pilote<sup>onco</sup>** : La solution de gestion de production des produits pharmaceutiques (SRAO)
- Reliquat<sup>onco</sup>** : Ce module propose une aide à l'utilisation de vos reliquats de produits pharmaceutiques
- Planir<sup>onco</sup>** : Ce module optimise l'ordonnancement et la planification de la production des préparations pharmaceutiques
- Mobilité<sup>onco</sup>** : Ce module libère le préparateur des contraintes géographiques imposées par une application exécutée sur un poste fixe (PC)
- Connect<sup>onco</sup>** : Ce module technique communique avec votre système informatique de prescription (CIVISoft, CysPIS, ...)
- Admin<sup>onco</sup>** : Ce module assure le suivi de l'administration des chimiothérapies aux patients

[www.eticsys.fr](http://www.eticsys.fr) - traçabilité & mobilité

# Screenshot

Dashboard \*\*\* 04.03.2010 - 80 préparations \*\*\*

Charger Indisponibilité 12h00 Infos A propos

Isolateur 1	Isolateur 2	Isolateur 3	12h	12h10	12h20	12h30	12h40	12h50	13h	13h10	13h20	13h30	13h40	13h50	14h	14h10	14h20	14h30	14h40	14h50	15h	15h
<input type="checkbox"/> 173879 ALEMTUZUMAB 9h45(8h00)					941	917	922	indispo				916	893	918	923	937	914	912	926	946		
<input type="checkbox"/> 173909 MABCAMPATH 10h15(8h00)					947	932	936	indispo				933	948	033	952	035	879	909	951			
<input type="checkbox"/> 173951 BICNU 10h15(8h00)					008	indispo									892	911	920	849	925	000		
<input type="checkbox"/> 173946 (*)TAXOTERE 10h15(9h30)					986	indispo									958	028	953	845	891	938	957	843
<input type="checkbox"/> 173976 (*)HERCEPTIN 10h30(9h45)						878	indispo															
<input type="checkbox"/> 173871 (*)MABTHERA 11h10(10h25)					941 F	917 F	842 F	948 M	914 F	912 F												
<input type="checkbox"/> 173993 (*)TAXOL 11h55(11h10)					947 M	922 F	893 F	918 F	943 F	926 F												
<input type="checkbox"/> 173991 (*)TAXOL 12h00(11h15)					995 F	932 M	916 F	923 F	952 M	949 F												
<input type="checkbox"/> 173860 (*)JERBITUX 12h30(11h45)					999 M	936 M	933 M	937 F	033 M	990 M												
<input type="checkbox"/> 173872 (*)DOXORUBICINE[Poche] 12						992 F		994 F		030 F												
<input type="checkbox"/> 173954 CARBOPLATINE 13h20(10h1										035 M												
<input type="checkbox"/> 174034 CAMPTO 17h30(14h45)																						
<input type="checkbox"/> 173894 BUSILVEX 17h45(8h00)																						
<input type="checkbox"/> 173924 CARBOPLATINE 17h45(8h00)																						
<input type="checkbox"/> 173935 HYCAMTIN 17h45(8h00)																						
<input type="checkbox"/> 173989 VELCADE 17h45(8h00)																						
<input type="checkbox"/> 173862 (*)GEMZAR 14h55(14h10)																						

Lancer!

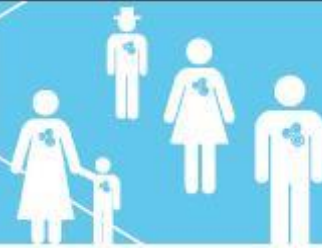


# Deux publications en revue

- A. MAZIER, J-C. BILLAUT, **J-F. TOURNAMILLE**, Scheduling preparation of doses for a chemotherapy service, *Annals of Operations Research*, vol. 178 (1), pp. 145-154, 2010.
- Y. KERGOSIEN, **J-F. TOURNAMILLE**, B. LAURENCE, J-C. BILLAUT, Planning and Tracking Chemotherapy Production for Cancer Treatment: a Performing and Integrated Solution, *International Journal of Medical Informatics*, vol. 80 (9), 655-662, 2011.



H



# JESS 2014

Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## I-2. Modèle global « hors ligne »



Work  
in  
progress



PFE 2013-14  
Polytech Tours





# Prise en compte des matières premières

- La production de préparations nécessite des flacons de médicaments cytotoxiques.
- Ces produits
  - sont **très chers**,
  - peuvent être stockés pendant une longue période sous les bonnes conditions,
  - Deviennent périssables après le premier emploi. La stabilité des agents actifs après reconstitution dépend des conditions de dilution, et des conditions de stockage.

1 préparation  $\cong$  400 €  
(30% coûtent 1500€)  
Certaines coûtent 15000€ !

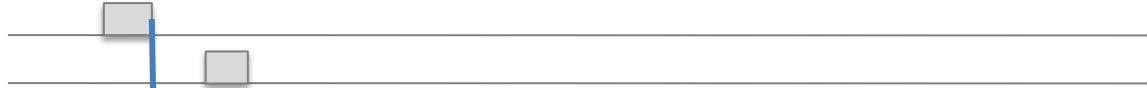
150 préparations  
réalisées chaque jour  
au CHRU de Tours.



# Processus de production



visite



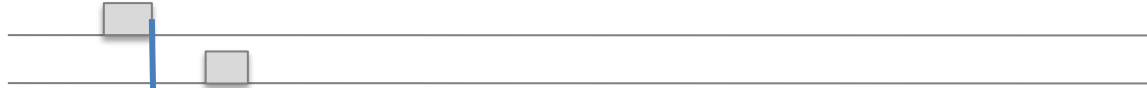
Prescription = ordre de production



# Processus de production



visite



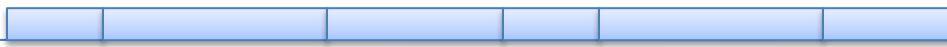
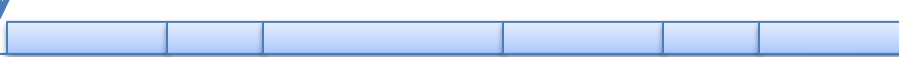
Prescription = ordre de production



Stérilisation  
(batch)



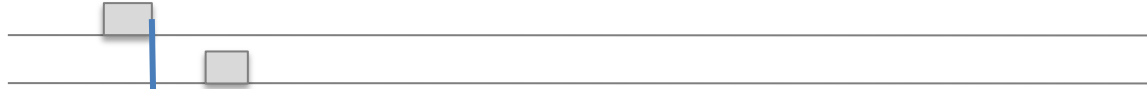
Production  
(// proc.)



# Processus de production



visite

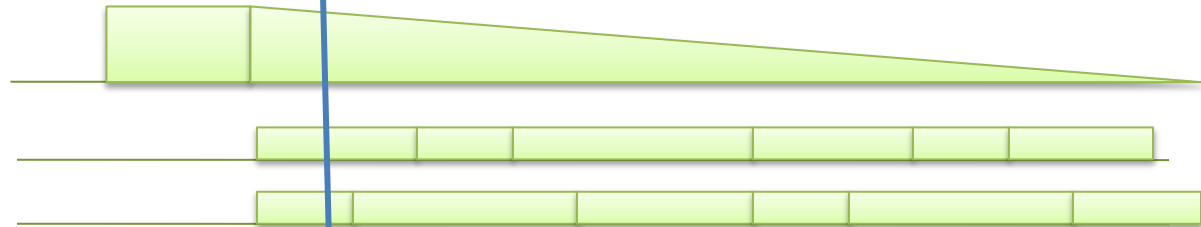
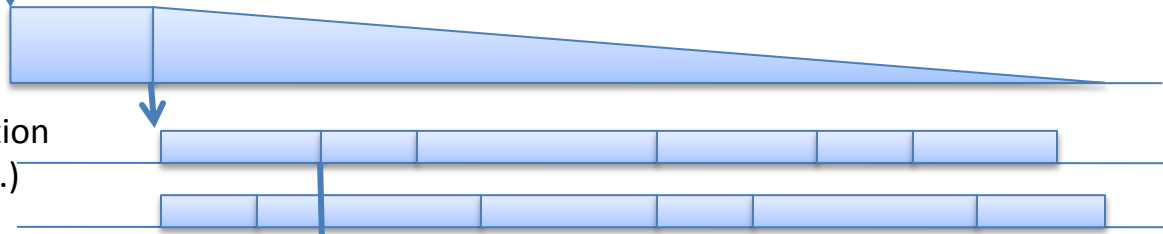


Prescription = ordre de production



Stérilisation  
(batch)

Production  
(// proc.)



Control  
(single mach.)



# Processus de production



visite



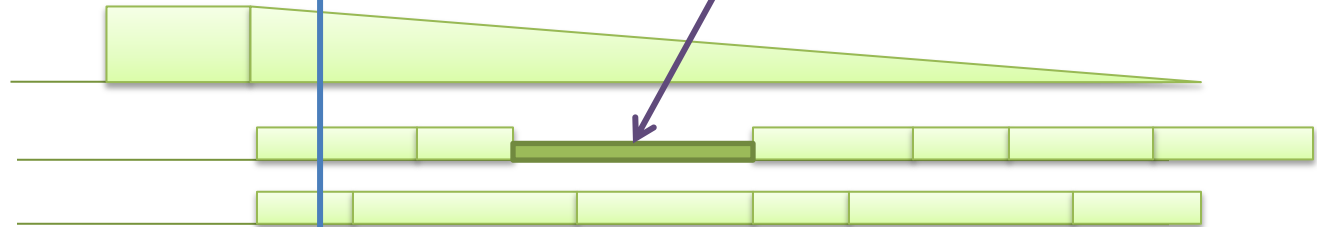
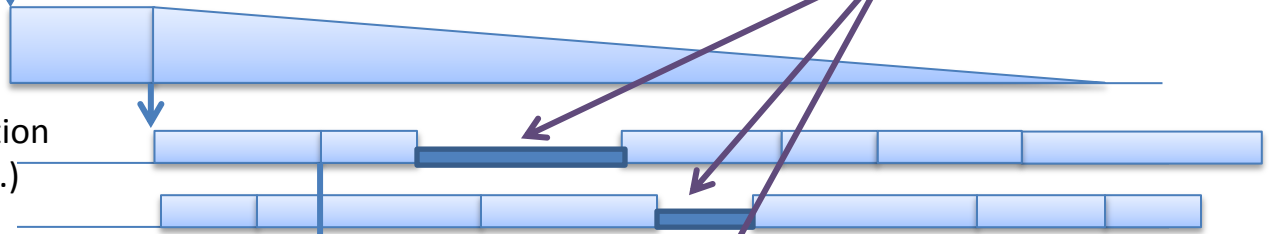
Prescription = ordre de production

Indisponibilité des opérateurs



Stérilisation  
(batch)

Production  
(// proc.)

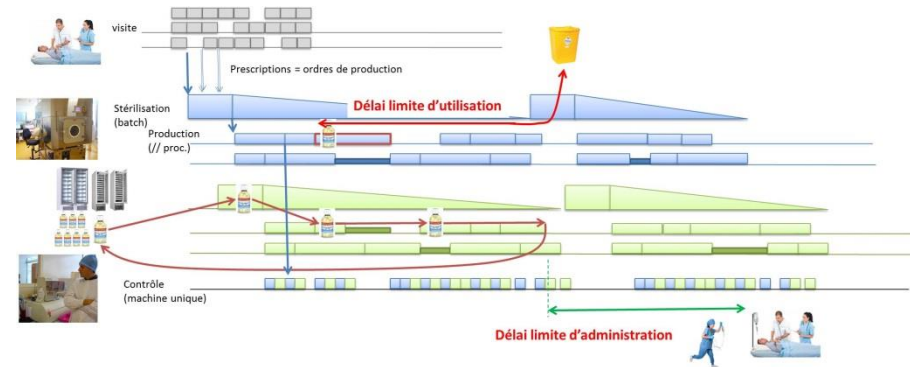


Control  
(single mach.)



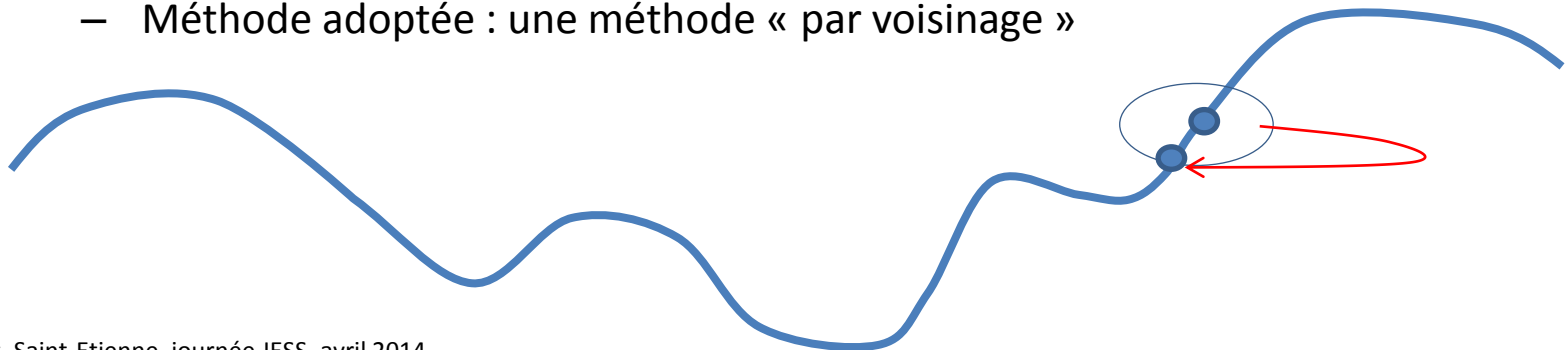
# Le problème

- Données du problème :
  - Durée de stérilisation (commune)
  - Durée de contrôle (commune)
  - Pour chaque tâche :
    - Durée de préparation, date de début au plus tôt, date due
    - Produit utilisé (matière première) et quantité
  - Pour chaque produit :
    - Flacons disponibles avec volume et durée de vie
    - Coût par unité de volume



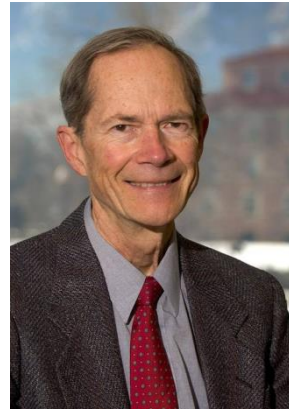
# Méthode de résolution

- Horizon = 30 jours
  - ⇒ Modèle mathématique avec variables indicées sur le temps exclu
- Environ 150 tâches par jour, soit 3000 par mois
  - ⇒ Autre modèle mathématique exclu, globalement toute méthode exacte est exclue
  - ⇒ Toute méthode basée sur la relaxation d'une méthode exacte semble également exclue
- Méthode heuristique
  - Algorithme glouton : risque fort d'être mauvais
  - Méthode adoptée : une méthode « par voisinage »



# Algorithmes de recherche Tabou

- S solution courante
- S\* meilleure solution connue
- f\* valeur de S\*
- N(S) voisinage de S
- NT(S) voisinage non tabou de S
- T liste Tabou



**Fred W. Glover**  
(born March 8, 1937 in Kansas City, Missouri)  
is a professor of computer science and applied mathematics at the University of Colorado and the chief technology officer at OptTek Systems

1. Construire une solution initiale  $S_0$ .
2.  $S=S_0$ ,  $f*=f(S_0)$ ,  $S*=S_0$ ,  $T=vide$
3. Tant que *< critère d'arrêt non satisfait >*
  - a) Choisir S de valeur minimale dans NT(S)
  - b) Si  $f(S) < f^*$  alors  $f*=f(S)$ ,  $S*=S$
  - c) Enregistrer S comme tabou dans la liste
4. Fin TQ



Glover, F.

*Future paths for integer programming and links to artificial intelligence* (1986)  
Computers and Operations Research, 13 (5), pp. 533-549. Cited 1154 times.



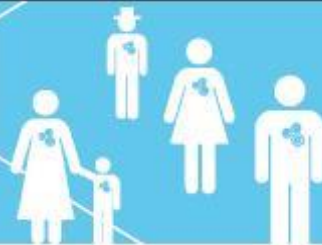
# Résultats

Projet de Fin d'Etudes de Thibault



Horizon	Caractéristique	Sans frigo ouvert		Avec frigo ouvert	
		Glouton	Glouton + local	Glouton	Glouton + local
2 jours	Volume perdu	1802	670	1980	808
	Valeur perdue	193122	51964	201304	82328
	<b>Fitness consommation</b>	<b>0,0726761</b>	<b>0,0206523</b>	<b>0,0769141</b>	<b>0,0329538</b>
	Retard max	9	6	13	10
	Nombre de retards	34	11	30	12
	<b>Fitness ordonnancement</b>	<b>3,6</b>	<b>1,78235</b>	<b>5,2</b>	<b>3,04</b>

H



# JESS 2014

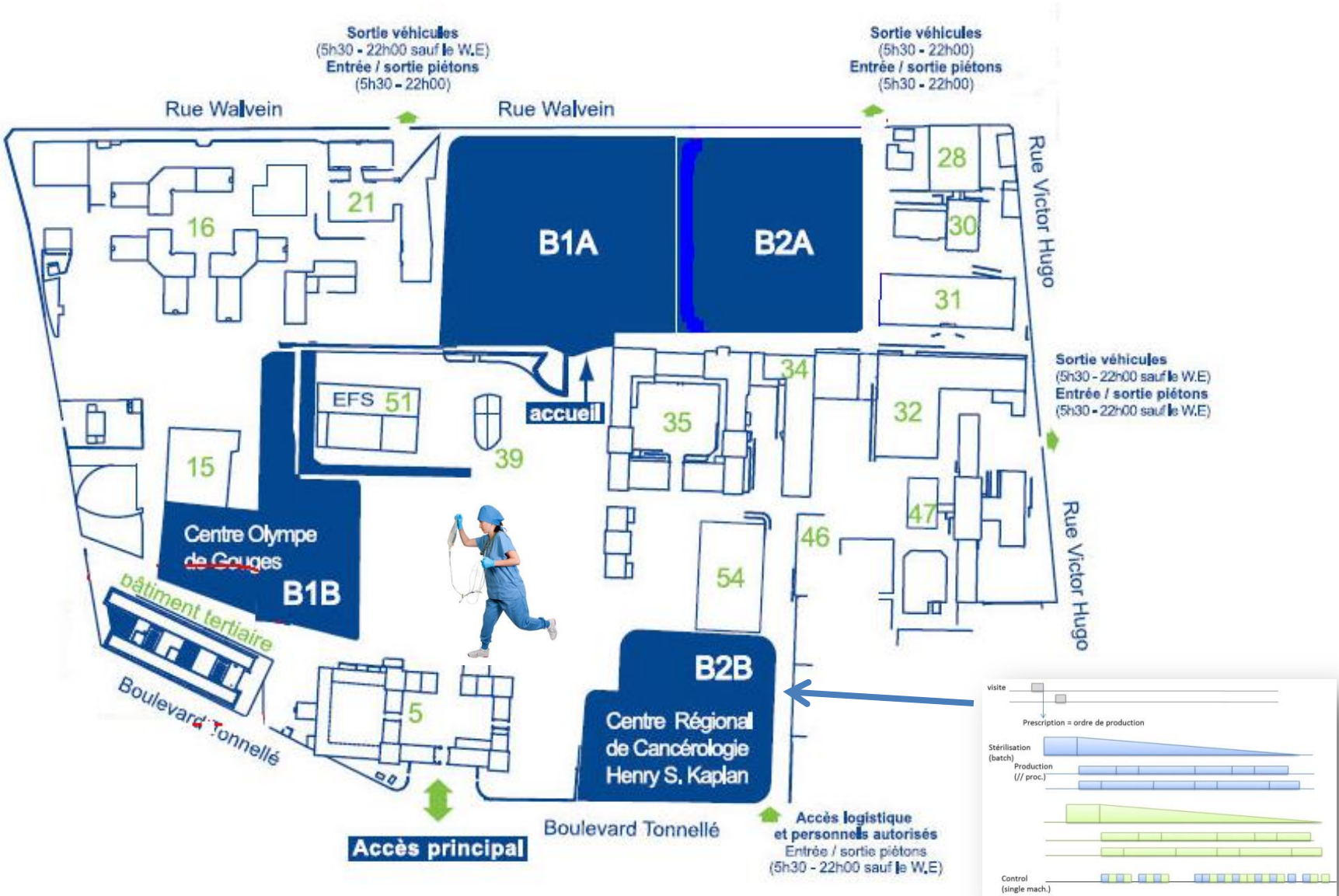
Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## I-3. Prise en compte de la livraison

# La livraison



# La livraison

---

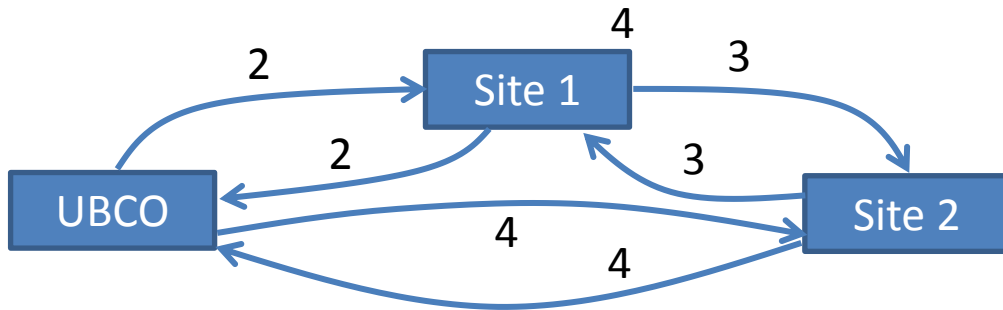
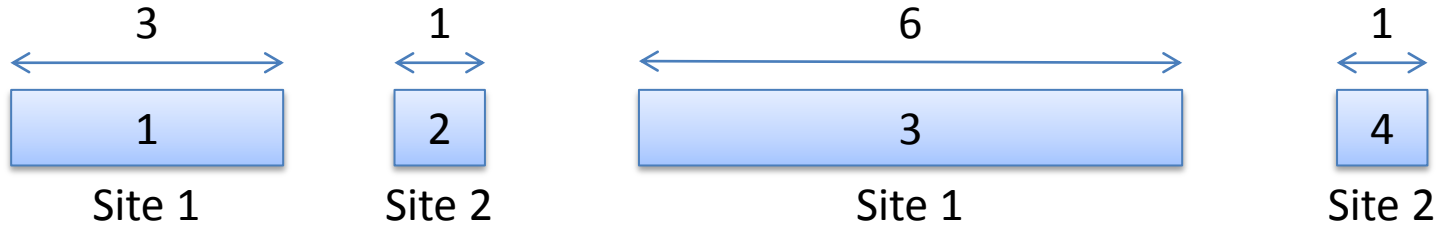
- On peut produire les préparations pour minimiser un retard ou une quantité perdue...
- Mais que se passe-t-il si la livraison n'est pas coordonnée ? La tournée du livreur peut durer longtemps et fortement impacter l'ordonnancement.
- Le mieux n'est-il pas aussi de grouper les poches par destination pour optimiser les déplacements ?

# Le problème

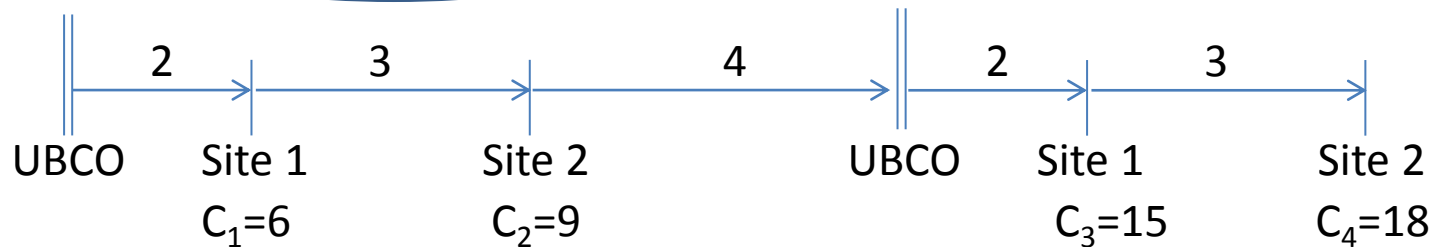
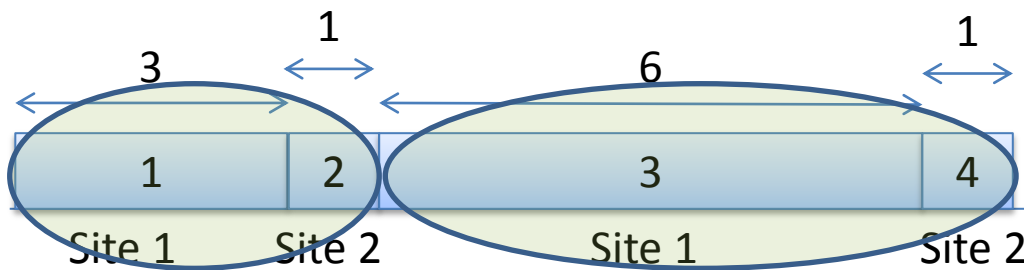
---

- Si on tient compte de la livraison, le problème devient encore plus compliqué.
- 3 niveaux de décision :
  - L'ordonnancement des tâches
  - La façon de les regrouper en batchs
  - Le routing de chaque batch
- Plusieurs hypothèses
  - Sur l'ordonnancement (1 machine, machines parallèles, environnement complexe ?)
  - Sur les capacités de stockage des produits finis (limités, illimités)
  - Sur les capacités de routing (capacité des véhicules limitée, nombre de véhicules, ...)

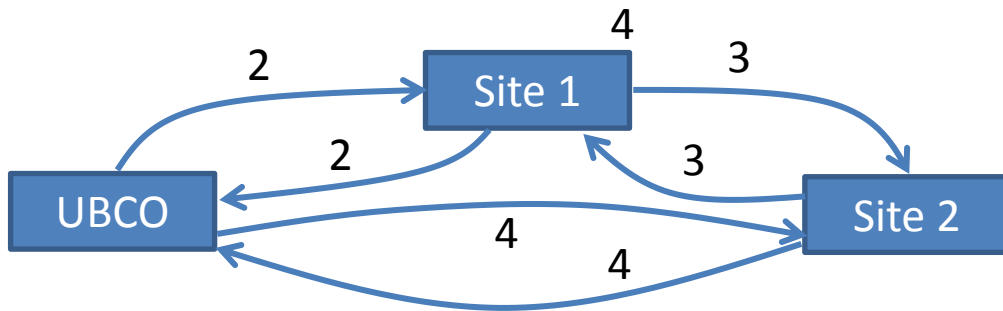
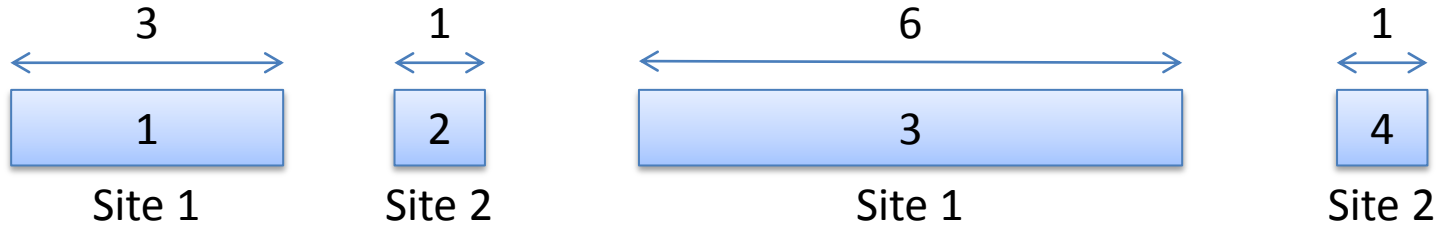
# Exemple



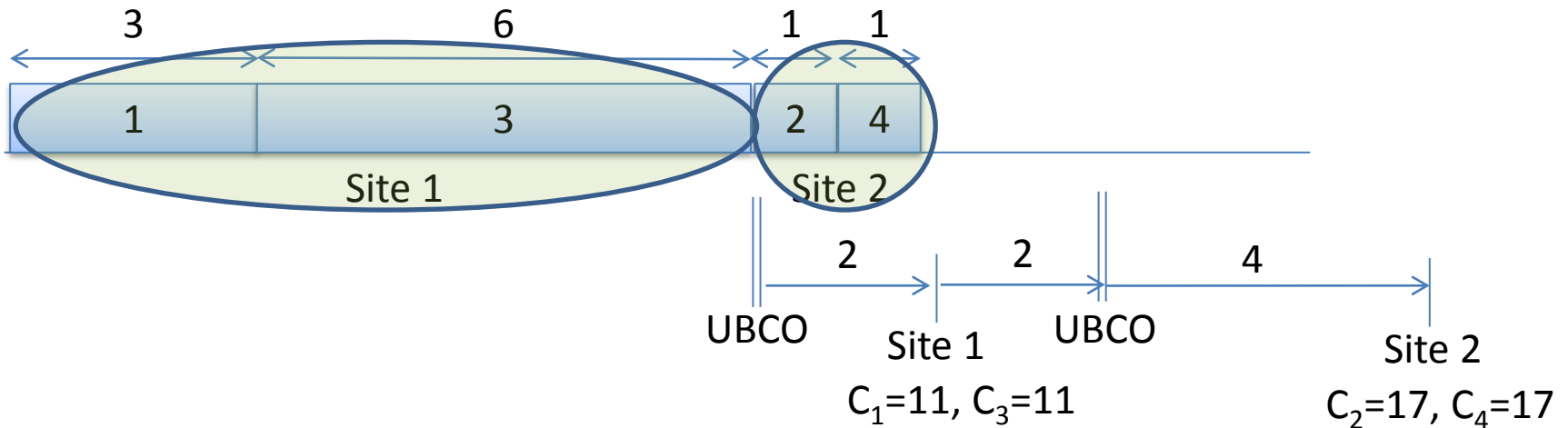
1<sup>ère</sup> décision : 1, 2, 3, 4  
 2<sup>ème</sup> décision : {1,2} puis {3,4}  
 3<sup>ème</sup> décision : 1 puis 2, 3 puis 4



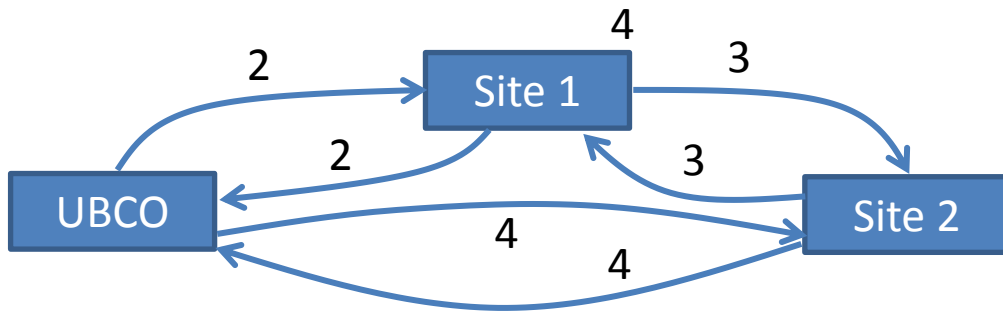
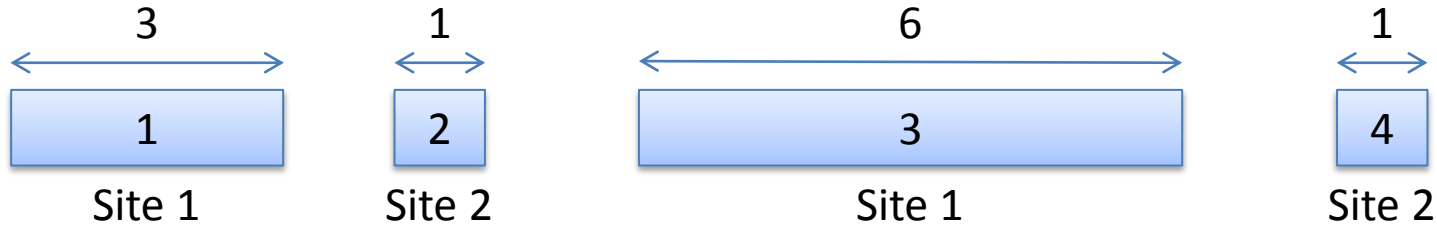
# Exemple



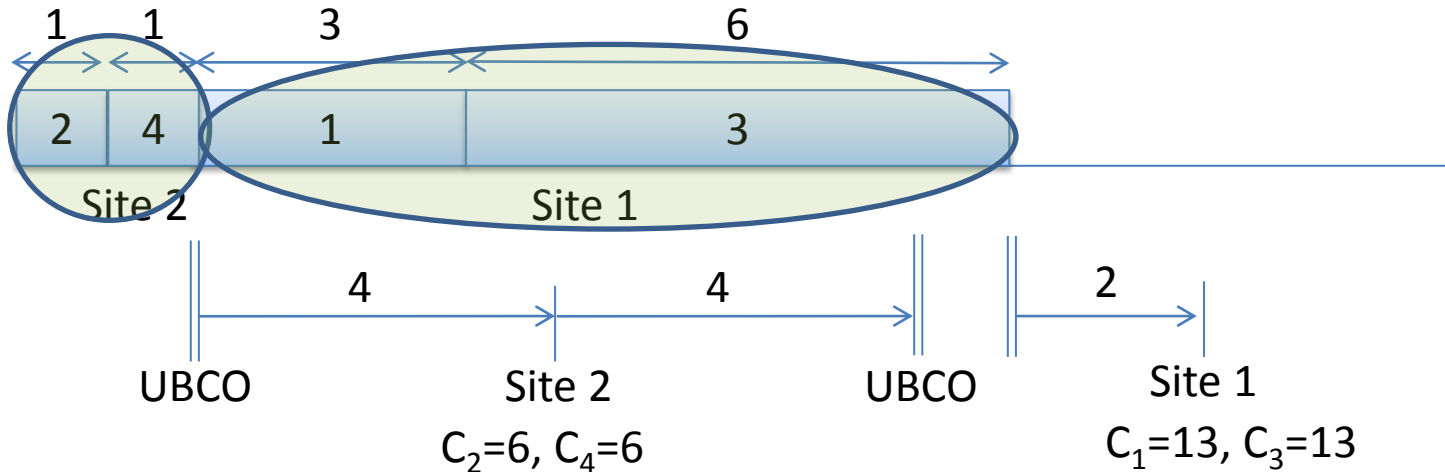
1<sup>ère</sup> décision : 1, 3, 2, 4  
 2<sup>ème</sup> décision : {1,3} puis {2,4}  
 3<sup>ème</sup> décision : site 1 puis site 2



# Exemple



1<sup>ère</sup> décision : 2, 4, 1, 3  
 2<sup>ème</sup> décision : {2,4} puis {1,3}  
 3<sup>ème</sup> décision : 2 et 4, 1 et 3





# Un modèle mathématique

MILP-ORDO-POS 3

$$\sum_{j=1}^n x_{j,k} = 1, \forall k \in \{1, \dots, n\} \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{j,k} = 1, \forall j \in \{1, \dots, n\} \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^n r_j^s x_{j,k} + \sum_{q=k}^{k'} \sum_{j=1}^n p_j^s x_{j,q} \leq C_{k'}^s, \forall k, k' \in \{1, \dots, n\}, k \geq k', \forall s \in \mathcal{S} \quad (19)$$

$$C_k^s - \sum_{j=1}^n d_j^s x_{j,k} \leq L_{\max}, \forall k \in \{1, \dots, n\}, \forall s \in \mathcal{S} \quad (20)$$

# Un modèle mathématique

## MILP-ROUTING 1

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n z_{i,j,r} = y_{i,r}, \forall i \in \{0, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\} \quad (21)$$

$$\sum_{i=0, i \neq j}^n z_{i,j,r} = y_{j,r}, \forall j \in \{0, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\} \quad (22)$$

$$\sum_{r=1}^n y_{j,r} = 1, \forall j \in \{1, \dots, n\} \quad (23)$$

$$t_{0,r}^s \geq t_{0,r-1}^s + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \ell_{i,j}^s \cdot z_{i,j,r-1}, \forall r \in \{2, \dots, n\}, \forall s \in \mathcal{S} \quad (24)$$

$$t_{j,r}^s \geq t_{i,r}^s + \ell_{i,j}^s - M(1 - z_{i,j,r}), \forall i \in \{0, \dots, n\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\}, i \neq j, \forall s \in \mathcal{S} \quad (25)$$

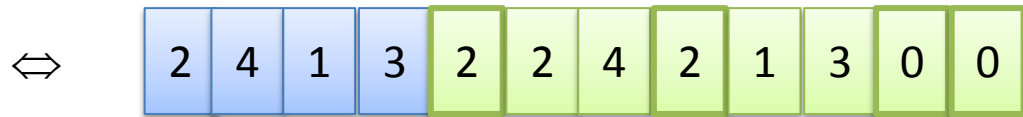
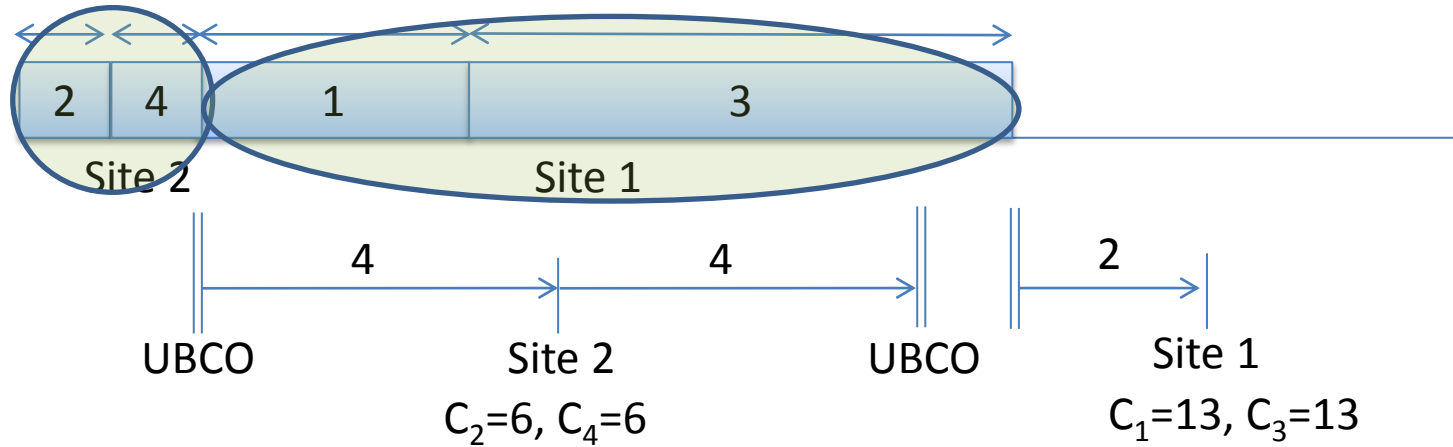
$$L_{\max} \geq t_{j,r}^s - d_j^s, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\}, \forall s \in \mathcal{S} \quad (26)$$

Choose between (24) and (25) depending on the MILP for scheduling

$$t_{0,r}^s \geq C_j^s - M(1 - y_{j,r}), \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\}, \forall s \in \mathcal{S} \quad (27)$$

$$t_{0,r}^s \geq C_k^s - M(2 - x_{j,k} - y_{j,r}), \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall k \in \{1, \dots, n\}, \forall r \in \{1, \dots, n\}, \forall s \in \mathcal{S} \quad (28)$$

# Des heuristiques



# Quelques projets d'élèves ingénieurs/doctorants

- Thèse Azeddine Cheref
  - 1+Routing | | Lmax + robustesse + PLNE
- Thèse Quang Chieu Ta
  - Fm+Routing | |  $\sum T_j$  + Tabou
- Projet M2RI Noguer
  - F2+Routing | |  $\sum T_j$  + algo fourmis
- PFE Damien Blanc
  - Fm+Routing | |  $\sum T_j$  + Tabou + CPLEX inside
- PFE Teddy Bouchard
  - 1+Routing | | Lmax + robustesse + Tabou
- MP GPF Morin Renaudeau
- MP GPF Chen Yan



# Un projet financé par l'ANR

ATHENA

Méthodes d'optimisation pour  
l'étude intégrée de problèmes  
décisionnels complexes

PARTENAIRES :

*Laboratoire d'Informatique de l'Université  
de Tours (EA 6300) – ERL CNRS OC 6305  
Heudiasyc – UMR CNRS 7253  
LAAS-CNRS UPR 8001  
LIMOS UMR 6158*

Durée du projet : 4 ans

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**



[www.agence-nationale-recherche.fr](http://www.agence-nationale-recherche.fr)

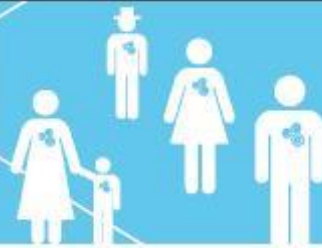
PROGRAMME BLANC/JCJC/BLIN 2013



≈ 350 k€



H



# JESS 2014

Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

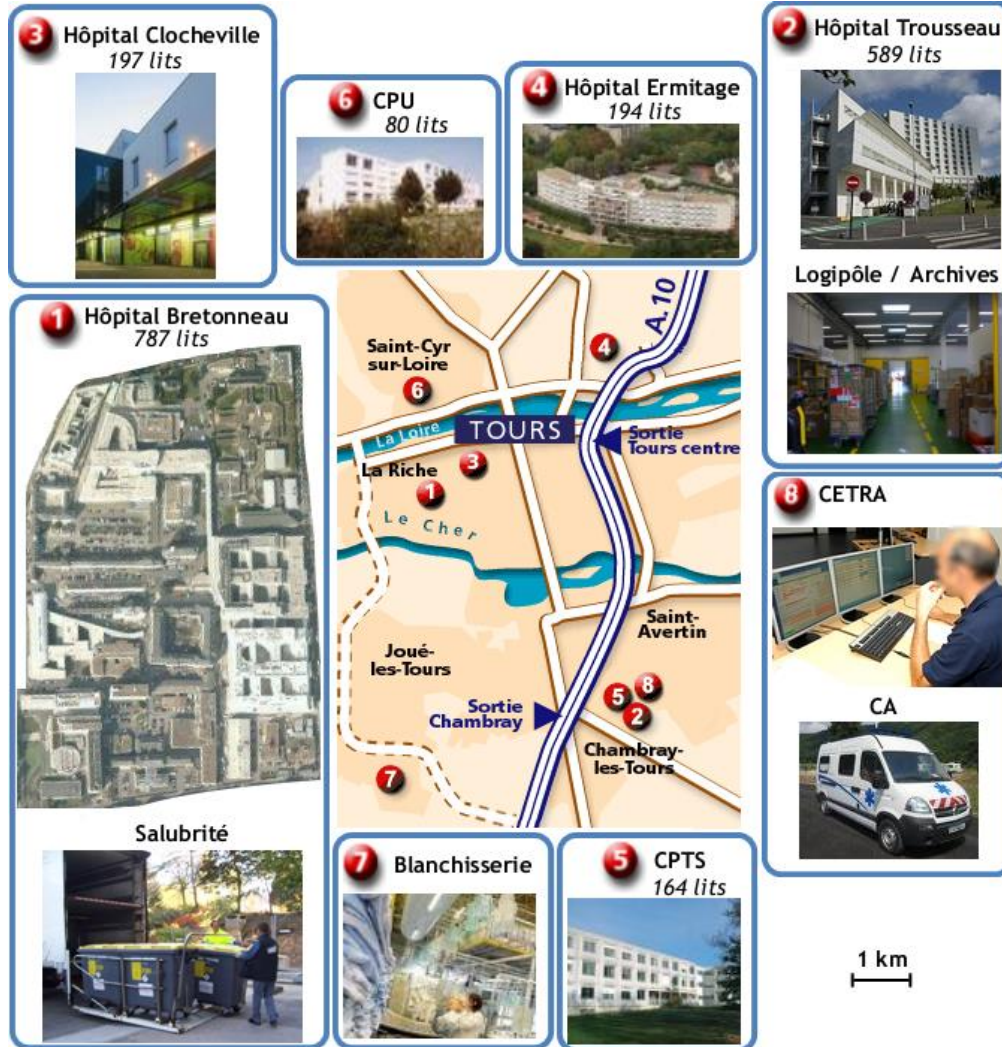
1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## Partie – II – Simulation de la logistique 2007-2010

Source : thèse de Y. Kergosien

# Le CHRU de Tours



- Plus grand établissement de sante de la région Centre (budget 320 millions d'Euros)
- 6 sites de soins
- 80 000 patients HC
- 110 000 patients HJ
- 4 100 sorties SMUR
- 49 660 transports de patients
- > 2 000 lits
- > 7 600 personnes
- 1 549 566 repas servis
- 3 306 tonnes de linge lavées

# Les flux



- Repas
- Salubrité (DASRI, ...)
- Pharmacie
- Linge x2
- LH
- Stérilisation
- Archives



# Objectif de l'étude

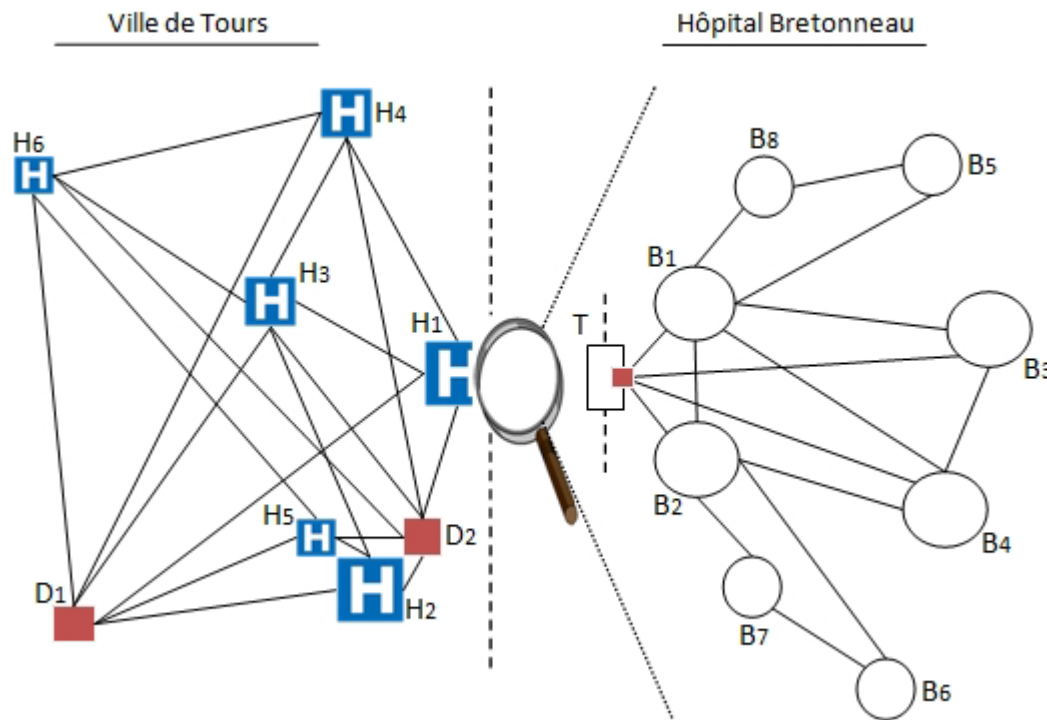
- Chaque logistique fonctionne indépendamment des autres :
  - Pas de partage de ressource (chauffeurs ou véhicules)
  - Peu ou pas de synchronisation entre les circuits
- A Bretonneau, les services sont livrés par les chauffeurs :
  - Gène de la circulation, encombrement des quais de déchargement
  - Quelques tournées sont faites par deux chauffeurs

## Objectifs du CHRU

- Réviser toute l'organisation de la logistique
- Etudier les possibilités de création d'une équipe de manutentionnaires a Bretonneau
- Mutualiser les ressources chauffeurs et véhicules

# Problème de Tournées de véhicules

"Pickup and Delivery Problem" [Savelsbergh, 1995] avec deux niveaux interconnectés et dimensionnement du nombre de chauffeurs et manutentionnaires



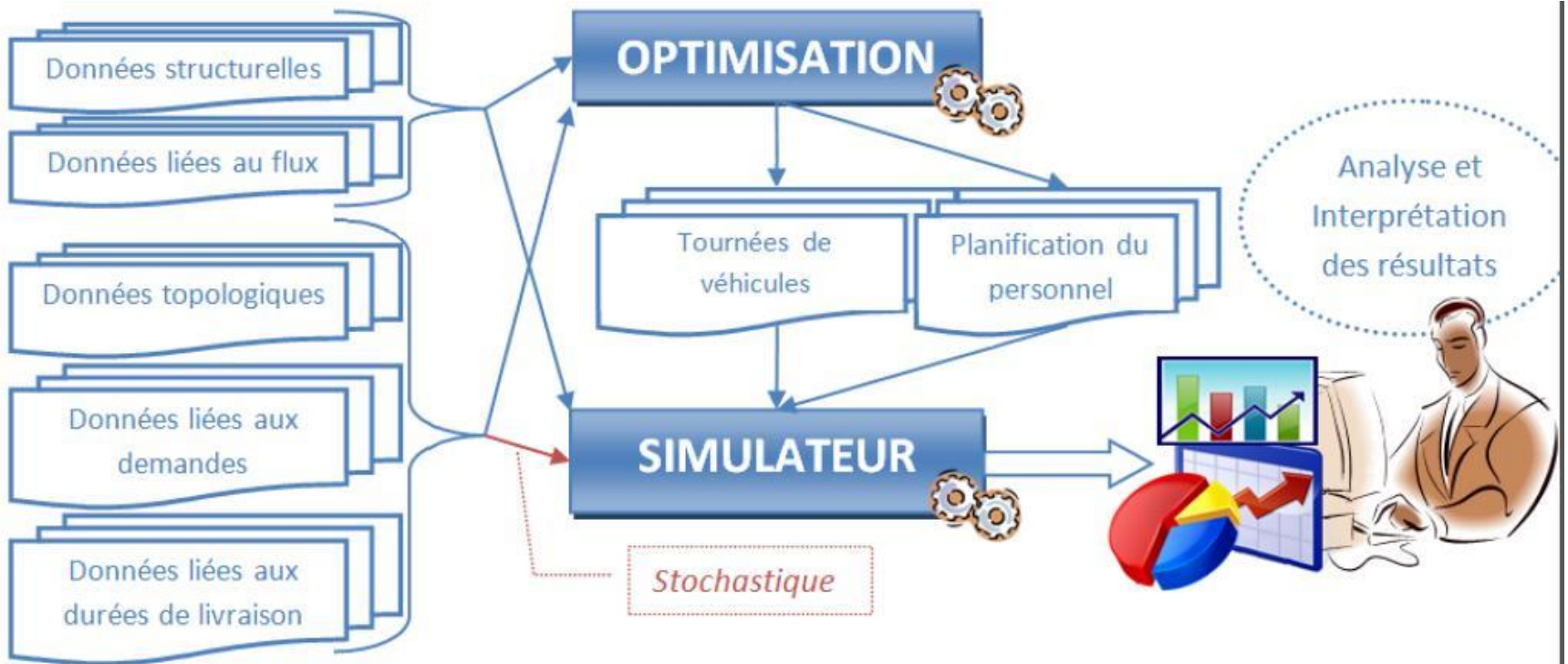
# Objectifs de la simulation

---

*(une grande partie de l'étude a consisté à mettre au point un algorithme pour calculer des tournées de véhicules et de manutentionnaires)*

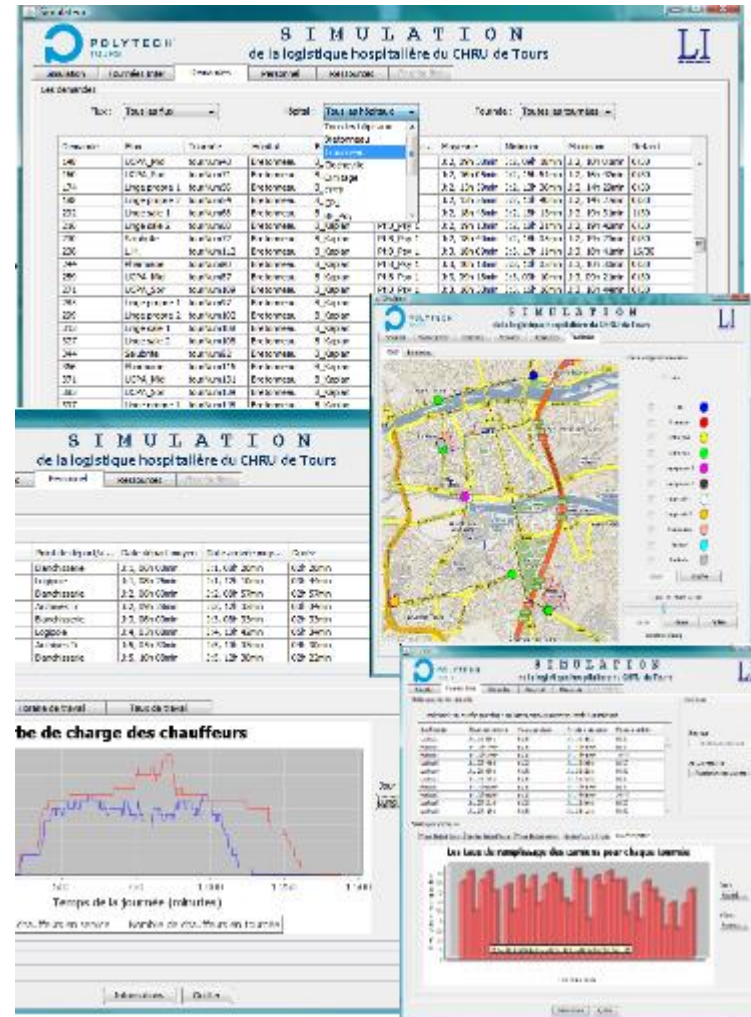
- Tester la robustesse d'une solution face a des perturbations aléatoires
- Détecter les goulots d'étranglements  
⇒ Evaluation réelle d'une solution

# Objectifs de la simulation

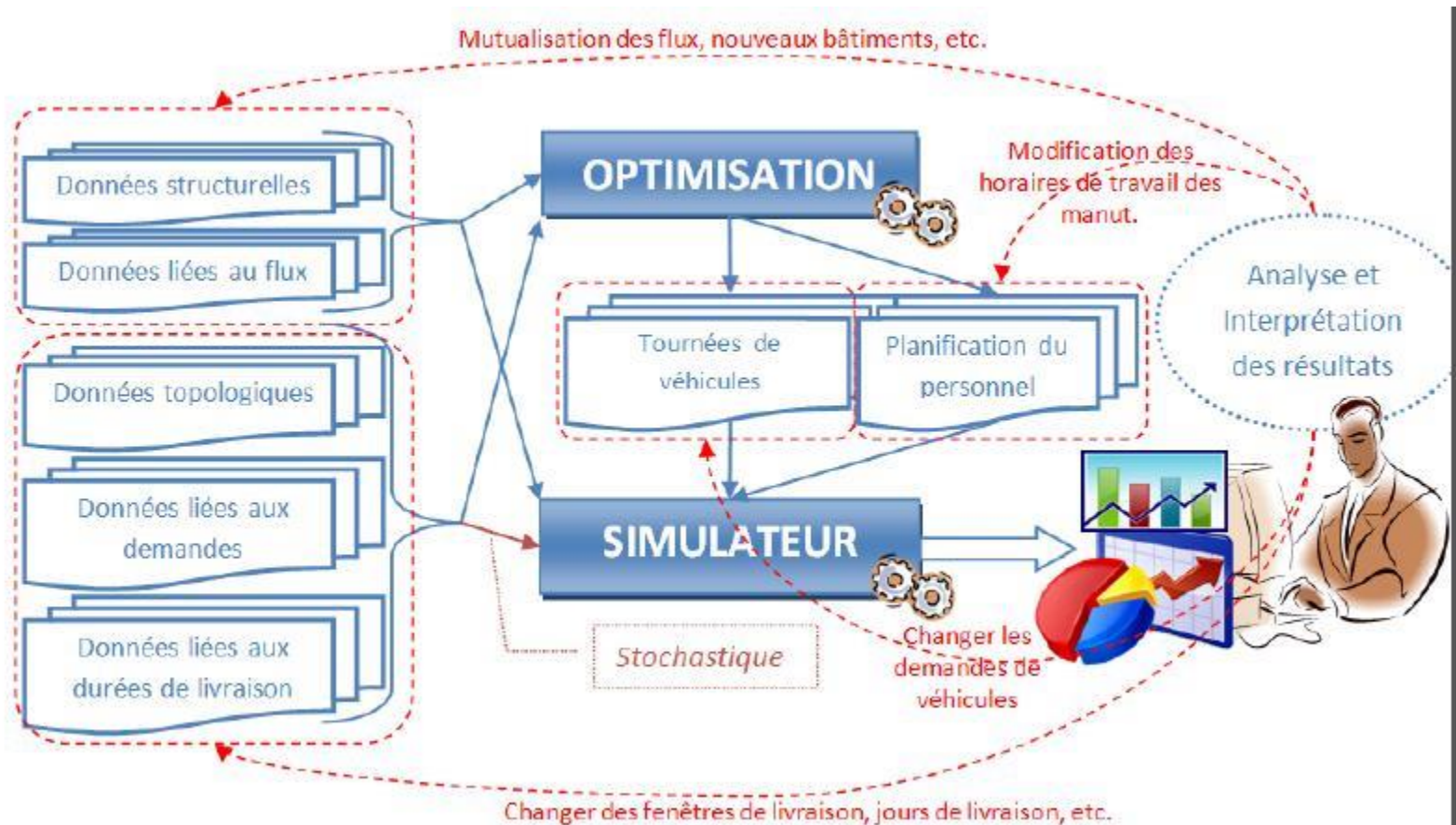


# Indicateurs

- Sur les demandes : nombre de retards, date de livraison moyenne par type de flux, ...
- Sur les tournées : retards au départ ou a l'arrivée, taux de remplissage, ...
- Sur les personnes : courbe de charge, taux d'occupation, ...
- Sur les ressources (quais, fenwickes et véhicules) : courbe de charge, taux d'utilisation, ...
- Interface graphique dynamique



# Démarche globale



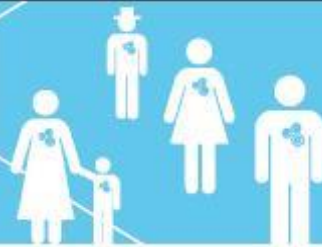
# En pratique

---

- Logiciel utilisé pour dimensionner l'équipe de manutentionnaires



H



# JESS 2014

Journée efficacité des systèmes de soins  
Rencontre Médecine-Ingénierie

1<sup>er</sup> avril 2014

École des mines de Saint-Étienne

## Conclusion



# Conclusion

- Plusieurs autres études réalisées ou en cours (transport de patients entre unités, coordination des urgences, planification de blocs, prise de rendez-vous pour vaccinations (personnes en départ pour l'étranger), etc.)
- Le logiciel de planification de production de chimios est en production, déployé à Trousseau. La prise en compte des reliquats est en cours.
- Pas de nouvelles sur les aspects « logistique ».
- Autres projets passés ou en cours hors CHRU :
  - Soins à domicile
    - ANR JC Ponosad
    - Contact : ASSAD-HAD
  - Hôpitaux du Québec: logistique pour le prélèvement de sang à domicile; planification de blocs

---

Merci de votre attention.

# Petit historique

- 2006 Premier contact avec le CHRU Mme Rouleau, Mme Osu
- 2006 Premier contact avec l'UBCO (Unité de Biopharmacie Clinique Oncologique), J-F. Tournamille
- 2006-07 PFE+M2R Alexandre Mazier (première modélisation du système de production de chimiothérapies)
- 2007 démarrage de la thèse de Y. Kergosien (financement CG37) sur les flux
- 2007-08 PFE Samir Baslih et Charlotte Bonnaud (Gestion des ressources hospitalières en fonction du flux des patients)
- 2008-09 PFE Cyril Steffen (Outils de traçabilité - UBCO CHU Tours)
- 2008-09 PFE Amine Belhachmi (Ordonnancement des préparations Logiciel Planif)
- 2008-09 PFE Grégory Plantard (Visualisation de flux logistiques et Ambulanciers)
- 2008-09 PFE Anthony Touet (Simulation Centrale des ambulanciers / SAMU)
- 2008-09 Projet collectif Simulateur de la logistique hospitalière pour le CHU de Tours
- 2009-10 PFE Peter Bardu (Simulateur de la logistique hospitalière du CHRU de Tours)
- 2009-10 PFE+M2R Hoang Cam Ngoc Nguyen (Problème de livraison des préparations Chimiothérapique)
- 2009-10 PFE J. Yuan (Outil de traçabilité et de planification pour l'UBCO)
- ...
- **Transition avec Eticsys**
- **2013-14 PFE Thibault Drevon (Prise en compte des reliquats, modèle complet)**