

De la modélisation et la simulation des infrastructures essentielles réseautées

Présenté
par

W. J. (Chris) Zhang

Professeur et directeur
Laboratoire de conception technique avancée
Unité du génie mécanique
Université de la Saskatchewan
Courriel : wjz485@mail.usask.ca

Organisation

Partie I : Concept et principe

- (1) Qu'est-ce qui est modélisé?
- (2) Pourquoi est-ce que ce l'est?
- (3) Comment le modèle est-il élaboré?

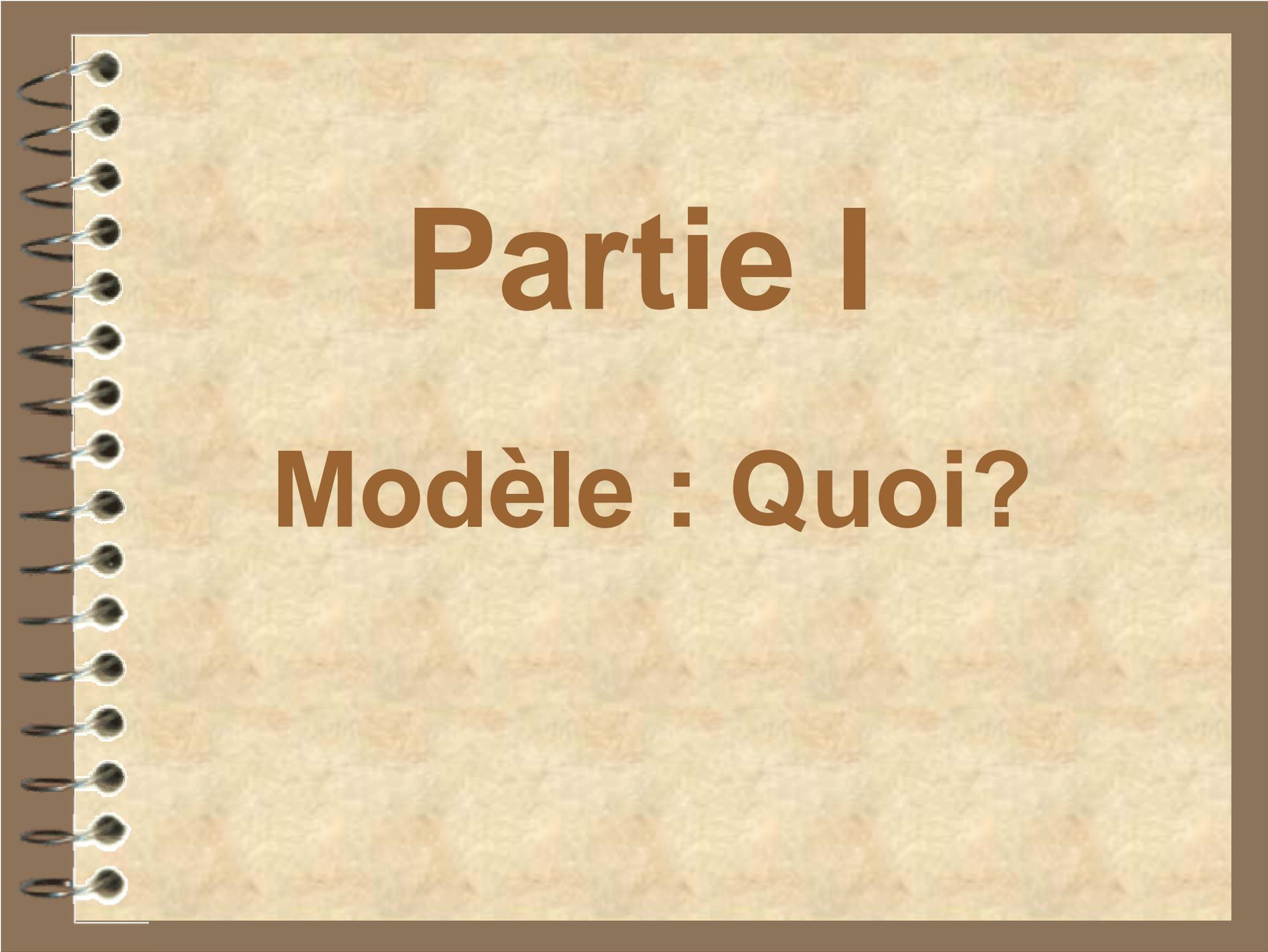
Partie II : Étude de cas

- (1) Faisabilité du travail
- (2) Application de ce qui a été élaboré sur le plan théorique

A spiral-bound notebook with a textured, light brown cover. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the cover.

Partie I

Concept et pratique

A spiral-bound notebook with a textured, light brown cover and a dark brown border. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the cover.

Partie I

Modèle : Quoi?

Modèle : Quoi?

Infrastructures essentielles (IE) :

Systeme physique dont la perturbation ou la destruction auraient des conséquences sérieuses pour la **santé**, la **protection**, la **sécurité** et le bien-être économique des **Canadiens** et (ou) le fonctionnement efficace des gouvernements.

Personnes

IE

Modèle : Quoi?

Personnes



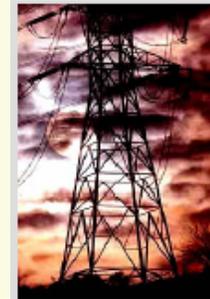
TÉLÉCOMMUNICATIONS

Personnes



Canada

Personnes



ÉLECTRICITÉ

Personnes



GAZ NATUREL

Personnes



TRANSPORT

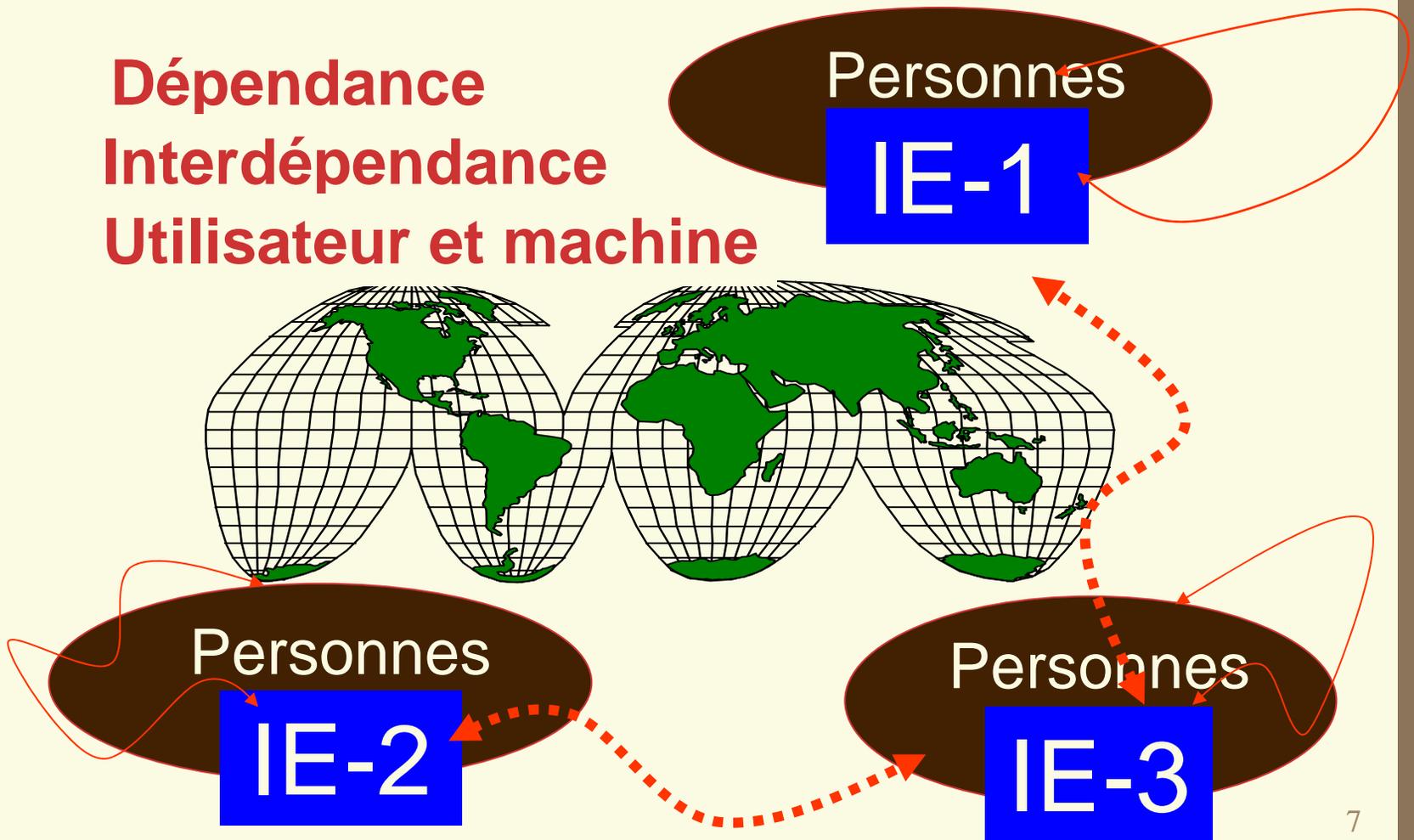
Personnes



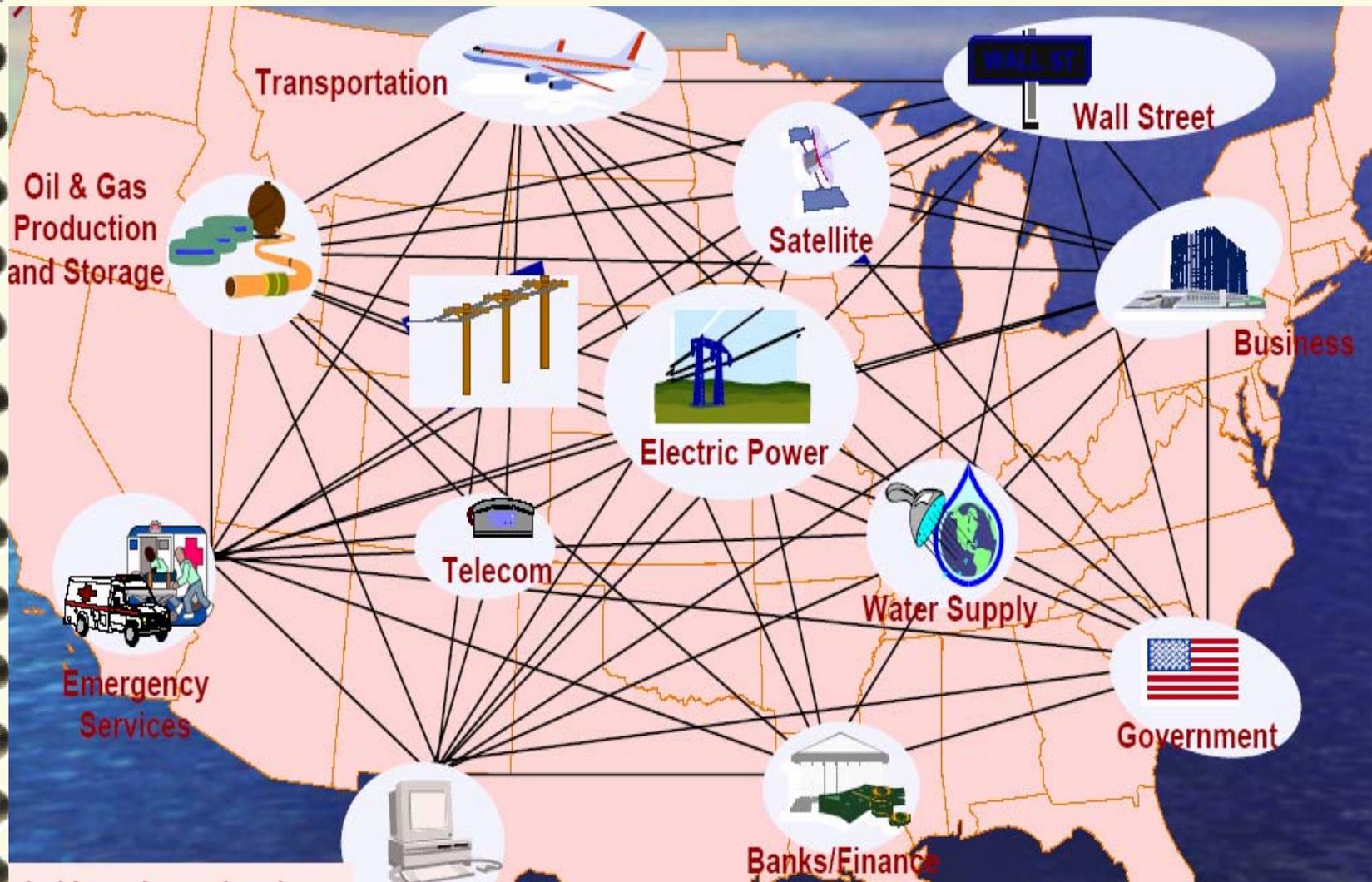
EAU

Modèle : Quoi?

Dépendance
Interdépendance
Utilisateur et machine

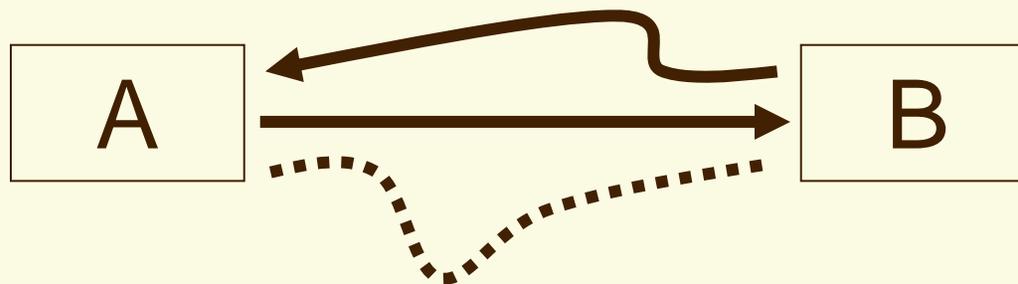


Exemple d'interdépendance



Types d'interdépendances

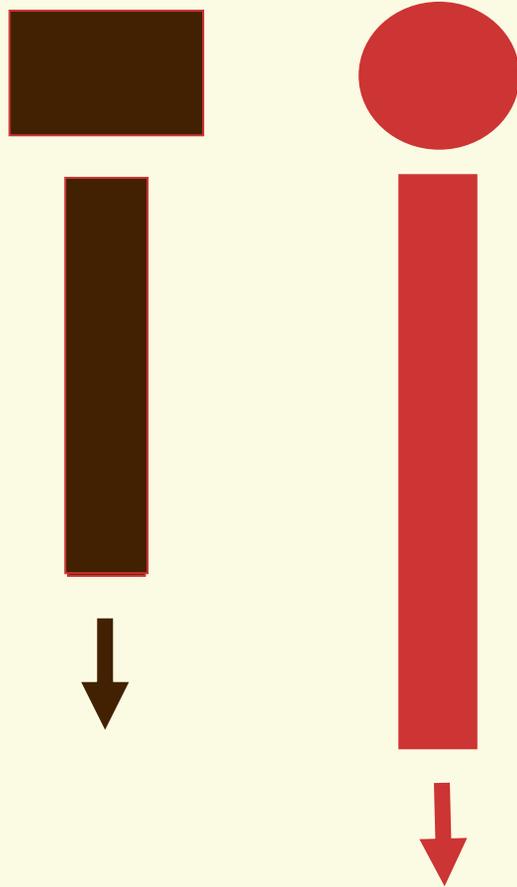
Entité : matériel, énergie, personnes, information et connaissances



Circulation
dans l'entité →

Débit nul

Dynamique du processus



- (1) Concurrent
- (2) Asynchrone
- (3) Distribué
- (4) Parallèle
- (5) Stochastique

A spiral-bound notebook with a textured, light brown cover. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the cover.

Partie I

Modèle : Pourquoi?

Modèle : Pourquoi?

Proposition générale :

Le système d'IE réseautées est un système utilisateur et machine. La méthode de **prototypage** utile aux systèmes-machines ne fonctionne pas ici. La **simulation** est la seule façon de prédire son comportement, ses fonctions ou son rôle et son rendement.

Modèle : Pourquoi?

Proposition générale II :

Le système d'IE réseautées est un système dynamique. La simulation dynamique est nécessaire et elle diffère beaucoup de la simulation statique.

Modèle : Pourquoi

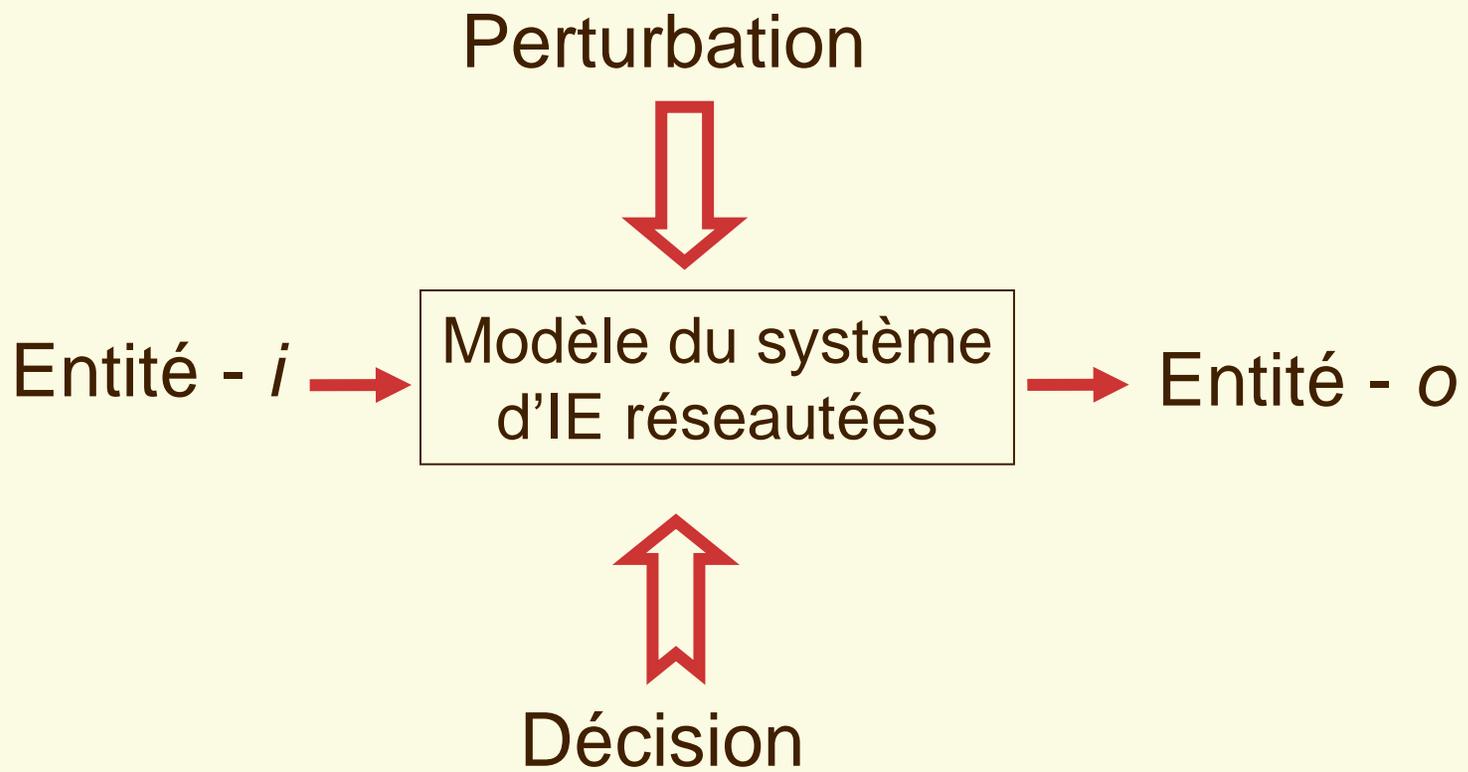
1. Identification des secteurs de vulnérabilité

Fondement :

La vulnérabilité se dit d'un secteur où une interdépendance donnée ne fonctionne pas tel que souhaité lorsqu'un système d'IE réseautées est en cours d'utilisation.

Modèle : Pourquoi?

1. Identification des secteurs de vulnérabilité



Modèle : Pourquoi?

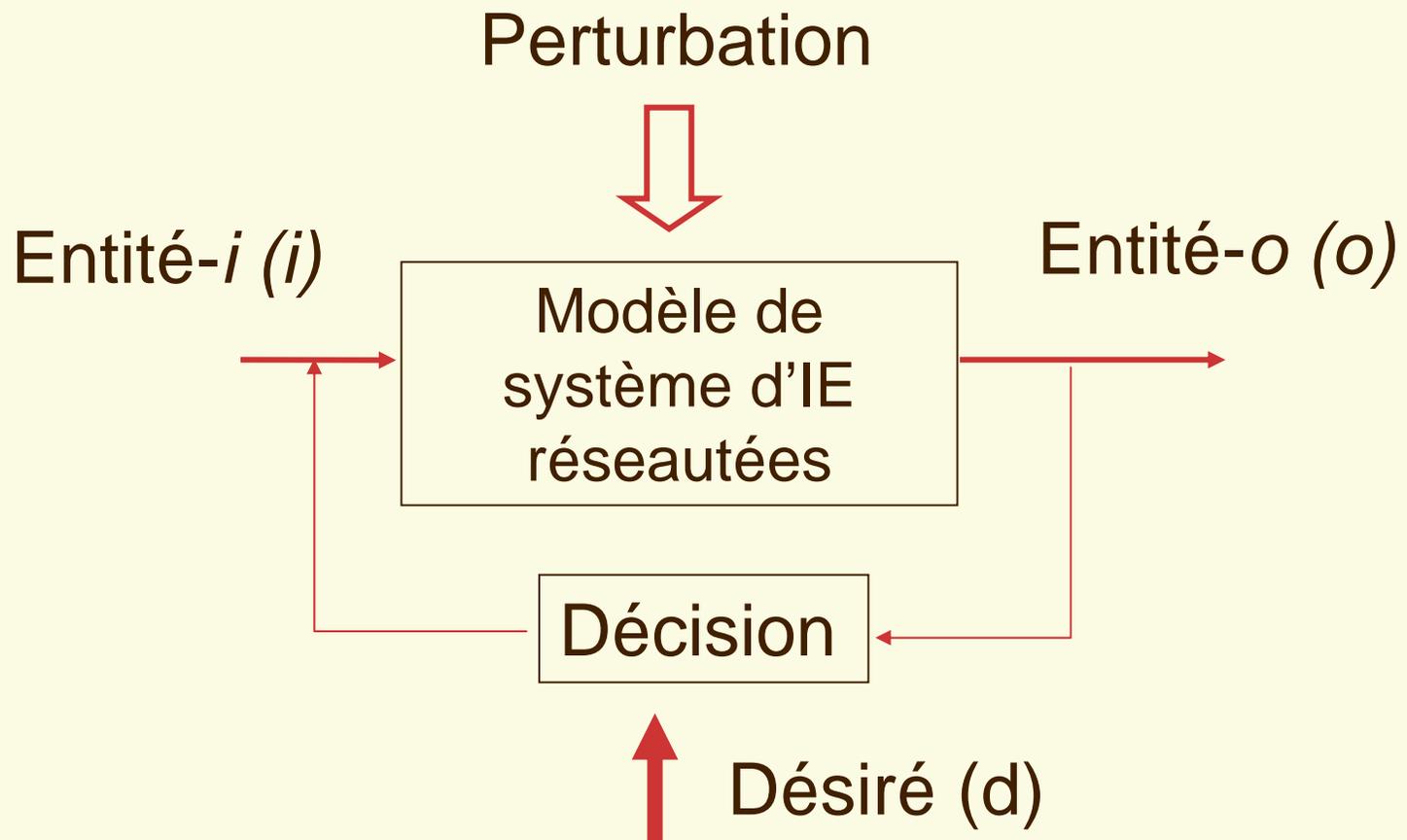
2. Validation des décisions

Fondement :

Les décisions s'appliquent aux entités ressources tant en matière de préparation que de gestion de l'intervention.

Il n'est pas certain que les décisions prises permettront d'obtenir ce qui est désiré.

Modèle : Pourquoi?



Modèle : Pourquoi?

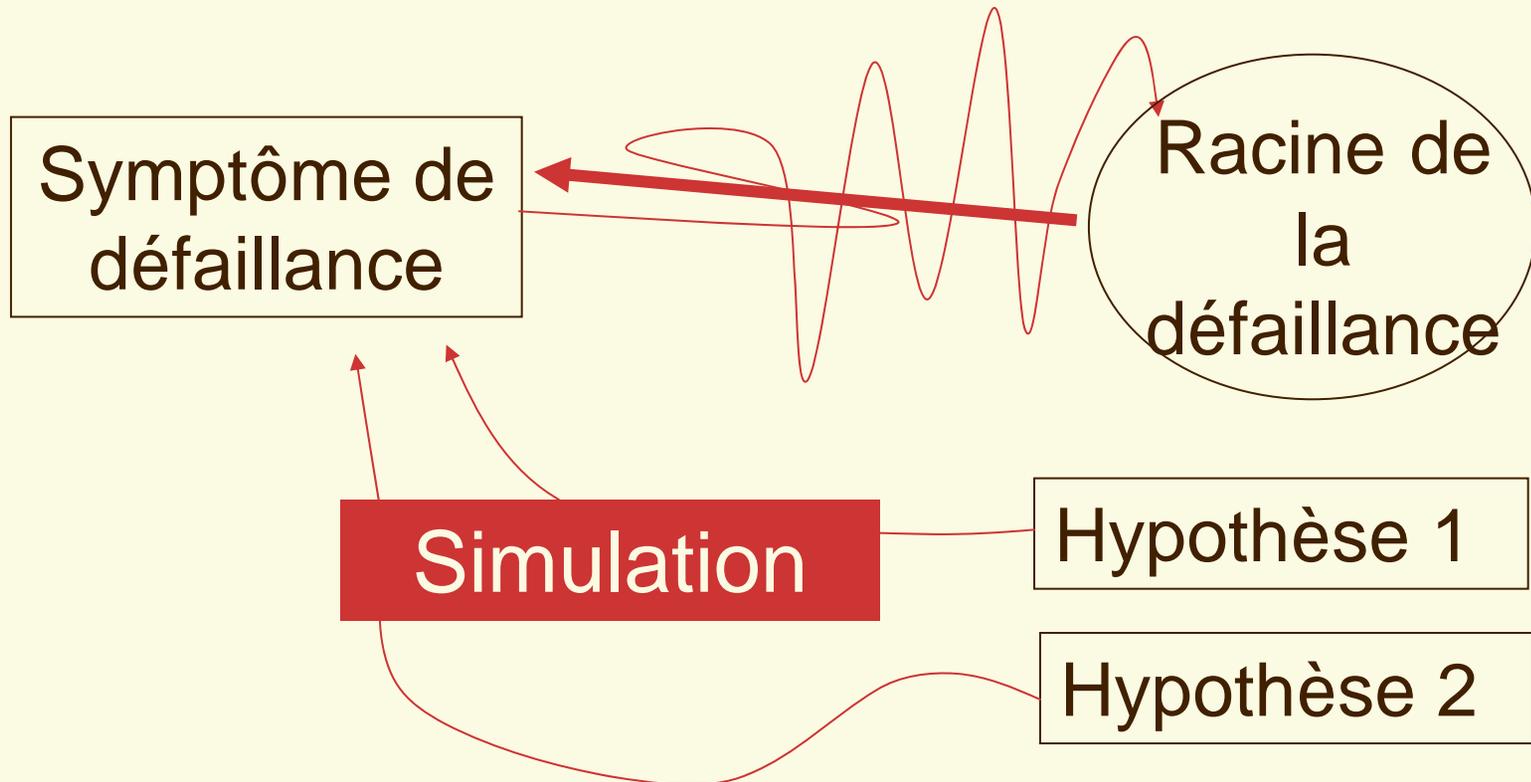
3. Soutien à l'amélioration

Fondement :

L'amélioration d'une IE donnée dépend d'un système d'IE réseautées dont l'IE fait partie.

Modèle : Pourquoi?

4. Soutien du diagnostic de défaillance



A spiral-bound notebook with a textured, light brown cover. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the cover.

Partie I

Modèle : Comment?

Modèle : Comment?

Choix d'outil de modélisation

Réseau de Pétri (RP)

Méthode d'essai de
remplacement **Processus**

Arbre des événements

Arbre des défaillances

Concurrent

Asynchrone

Distribué

Parallèle

Stochastique

Modèle : Comment?

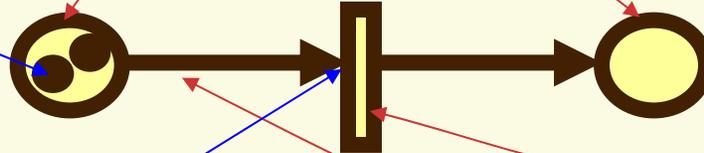
Réseaux de Pétri

1962 : d'après le mémoire de Carl Adam Pétri
(Université de Darmstadt, en Allemagne)

Modèle : Comment?

Trois notions élémentaires : *lieu*, *transition* et *arc*

Gage



Règle d'allumage

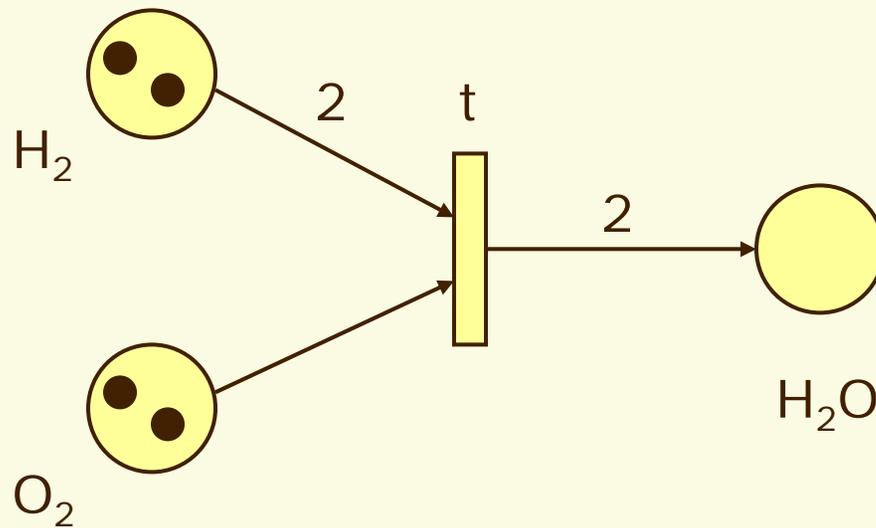
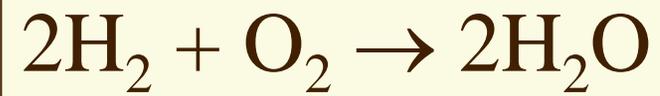
Lieu : états du système

Transition : événements déclenchant un changement d'état

Arc : association d'un lieu à une transition

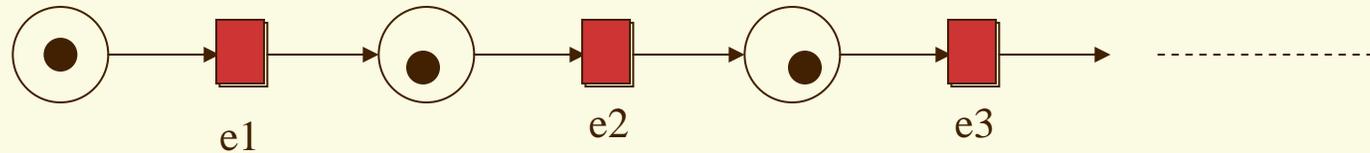
Modèle : Comment?

Exemple d'allumage

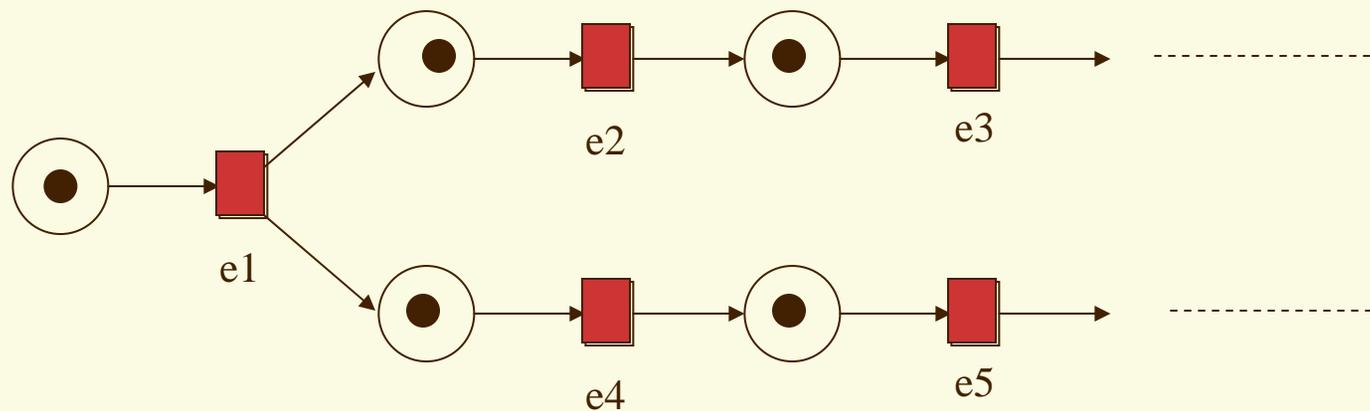


Modèle : Comment?

Une séquence d'événements/actions :

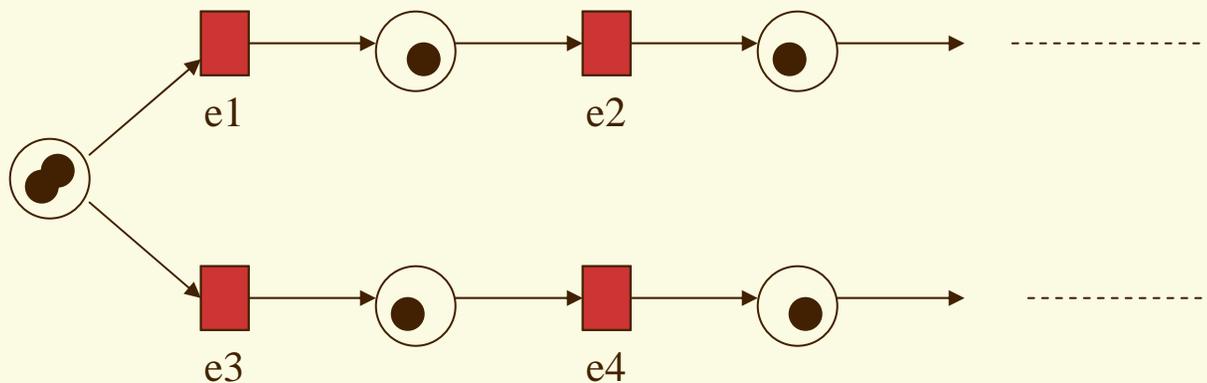


Exécutions concurrentes :



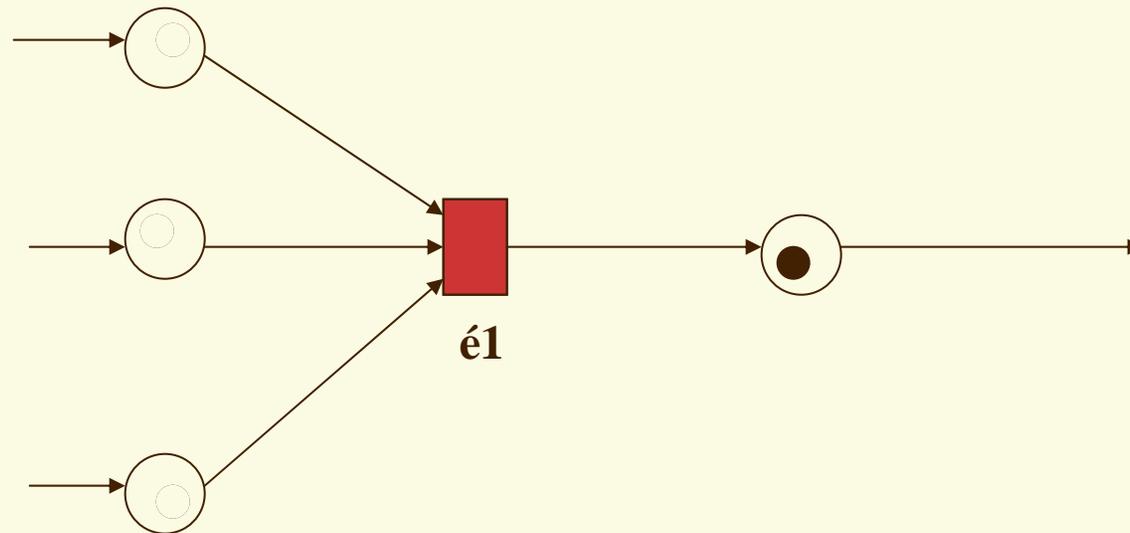
Modèle : Comment?

Événements non déterministes – conflit, choix ou décision : un choix, soit l'é1, l'é2... , l'é3 ou l'é4...



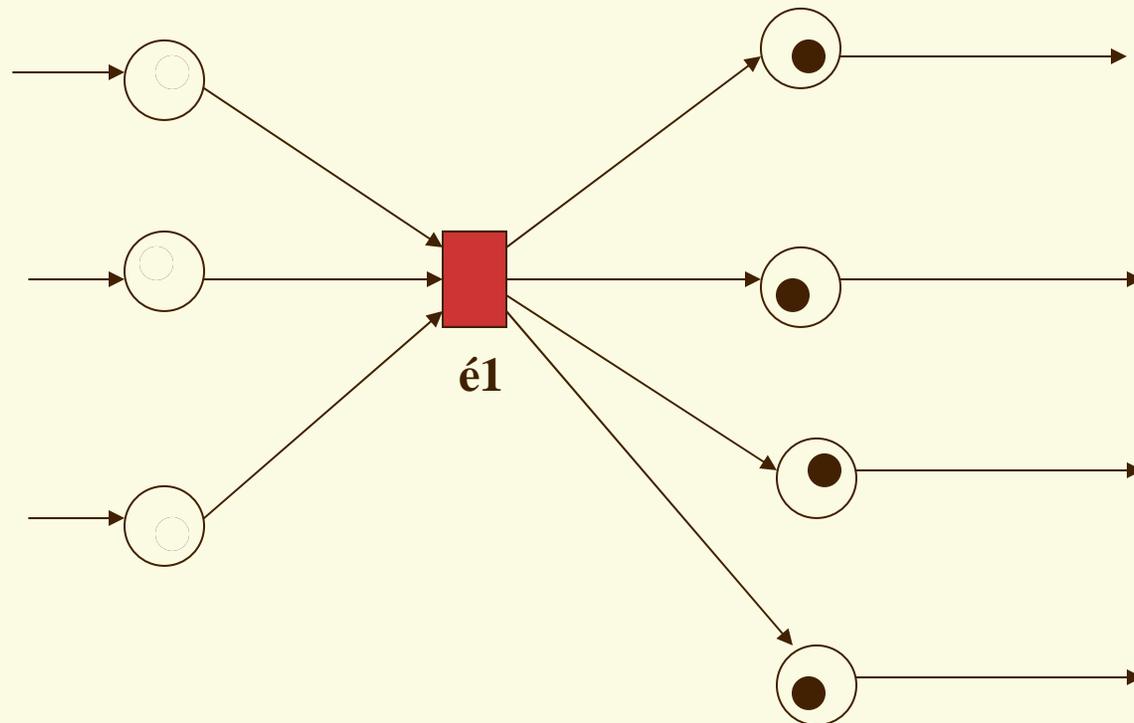
Modèle : Comment?

Synchronisation



Modèle : Comment?

Synchronisation et exécution simultanée



Modèle : Comment? RP étendu

Réseau de Pétri de haut niveau (RP coloré)

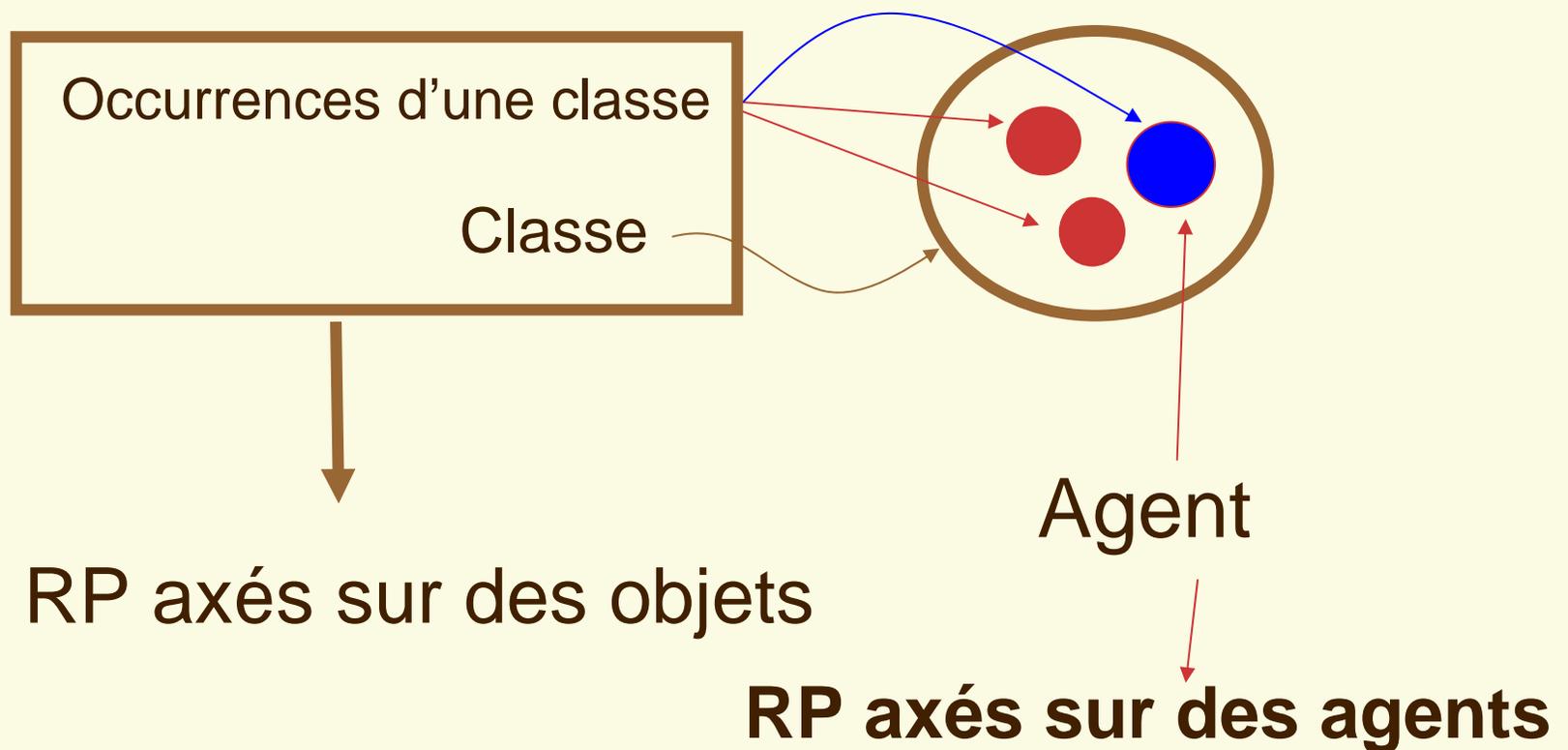
Les gages peuvent être de types différents

Réseaux de Pétri temporisés

- (1) Retards associés à des transitions et (ou) des lieux
- (2) Retards fixes ou retards à intervalles
- (3) Variables aléatoires distribuées de façon exponentielle comme retards (réseaux de Pétri stochastiques)

Modèle : Comment? RP étendu

Étendre le gage à des objets composites



Modèle : Comment? RP-IE

Réseaux de Pétri (RP)

IE réseautées

Lieu



Hôpital

Transition



Action de l'entité

Arc



Rapports

Gage

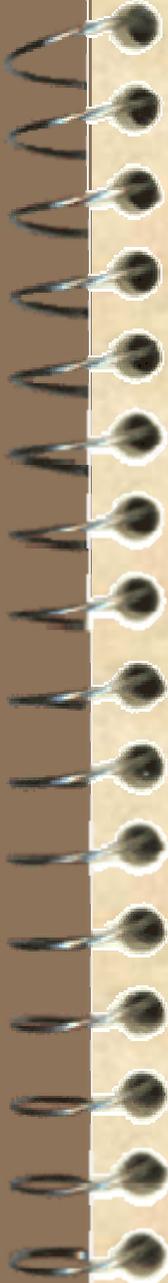


Personnes

Allumage



Actionnement



Partie II

Une étude de cas

CPN Tools version 1.2.2

Tous droits réservés © 1999-2004

CPN Group, Université d'Aarhus

Problème

Trois IE :

Usine pétrochimique, transport et hôpital

Description de l'accident et de l'intervention :

- (1) L'usine connaît un accident; un gaz toxique fuit dans la collectivité environnante (il y a une victime);
- (2) La victime est transportée par le système de transport à l'hôpital;

Problème

Description du système d'IE réseautées :

- (1) Il y a trois hôpitaux dans la ville;
- (2) Chaque IE a une capacité limitée;
- (3) Chaque IE a des ressources limitées;
- (4) Chaque IE produit quelque chose ou offre un certain service;
- (5) Tenir pour acquis que les hôpitaux fonctionnent à 80 % de leur capacité;

Problème

- (6) Chaque hôpital peut augmenter sa capacité de 10 % en une heure;
- (7) Le délai de service dans un hôpital est de plus ou moins 2 unités de temps;
- (8) Les patients sont divisés en trois niveaux : cas urgents, cas importants et cas normaux;
- (9) Les patients arrivent aux hôpitaux de façon aléatoire, dans un intervalle de variation de $[0,2]$.

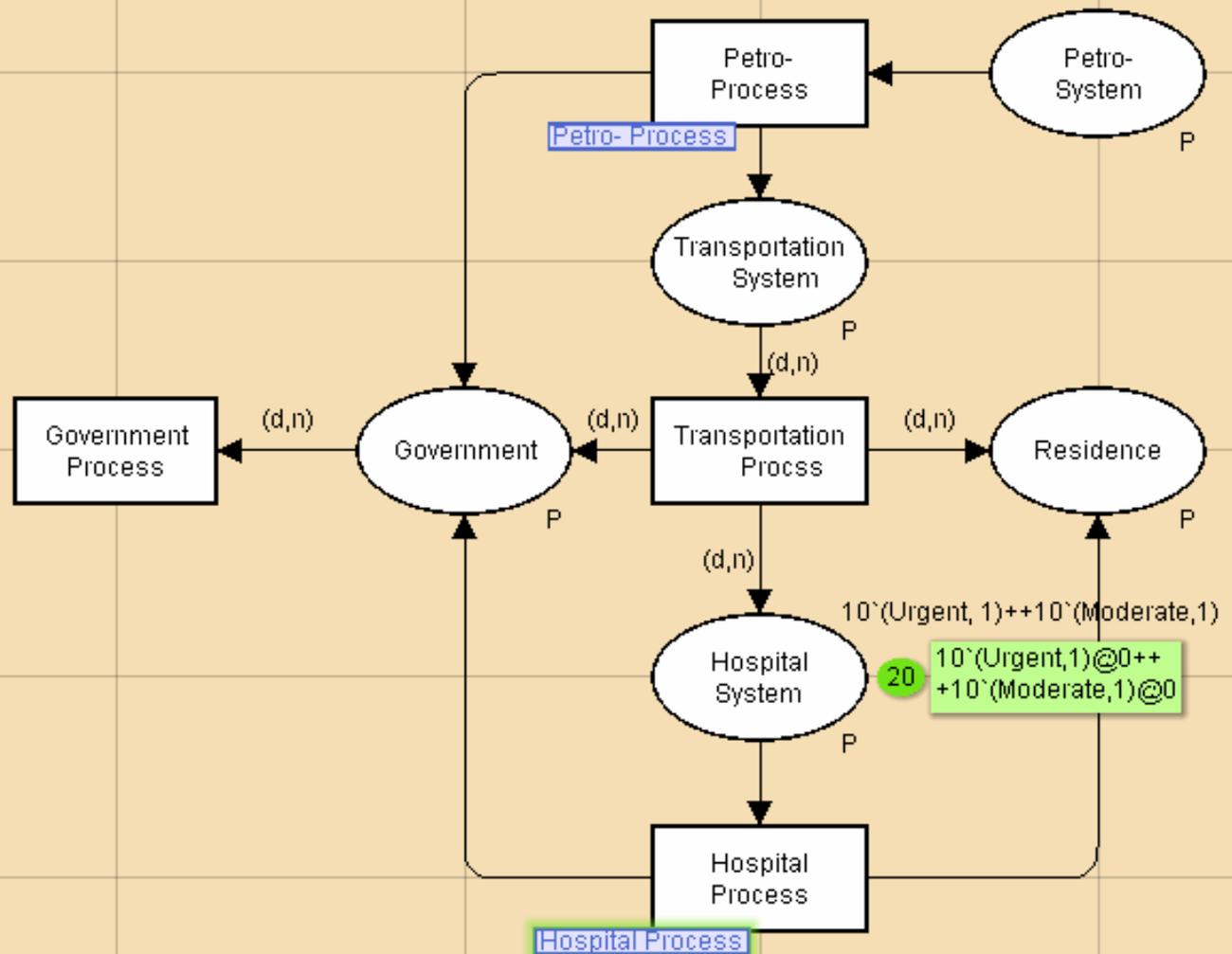
Objectif

Dans cette étude de cas, nous simulons le fonctionnement de l'hôpital; en particulier, nous examinons si la capacité de l'hôpital est atteinte dans le délai donné.

Avertissement **jaune** : charge de travail > capacité de base

Avertissement **rouge** : charge de travail > capacité maximale

Modèles et résultats

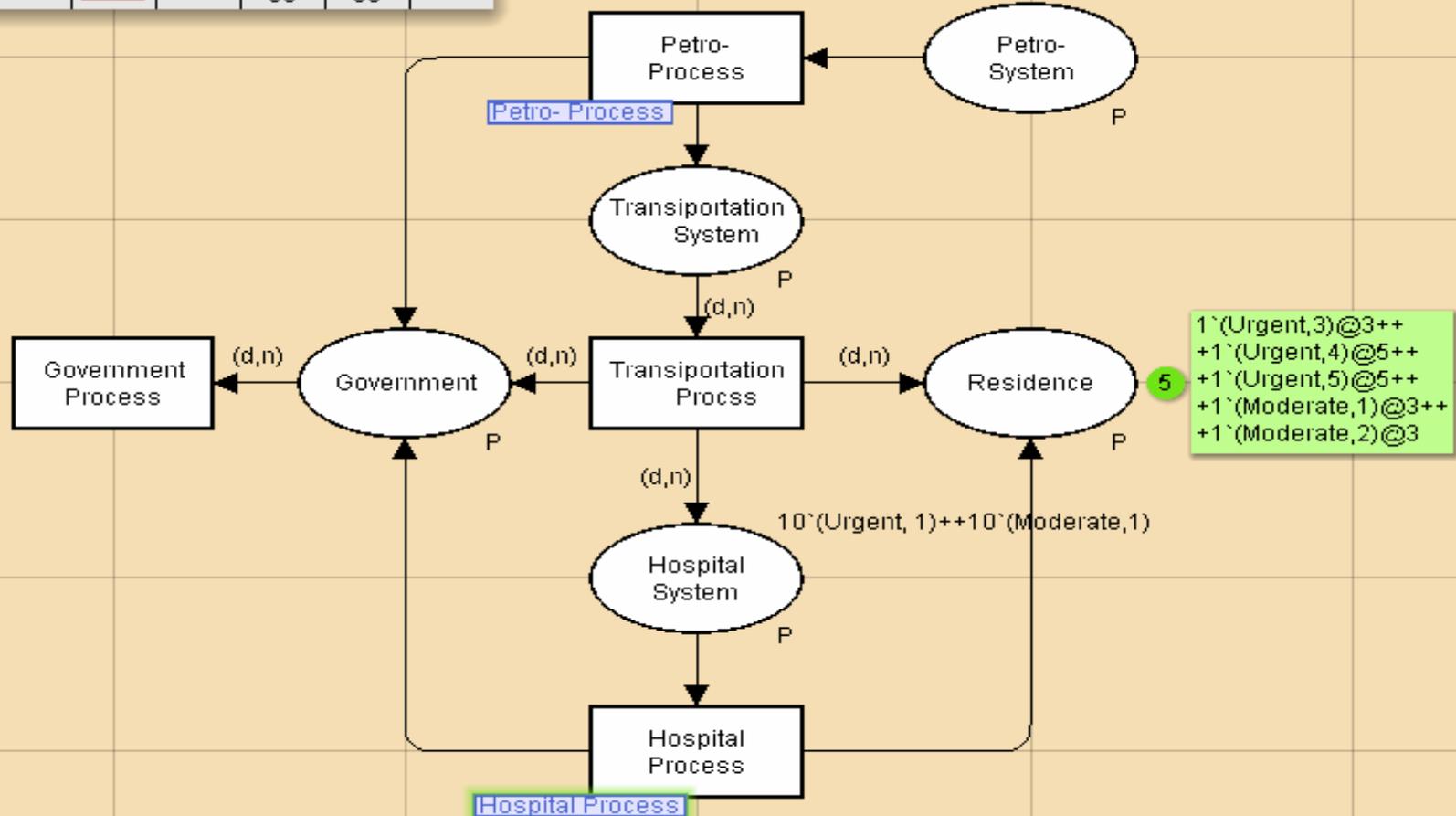


Modèles et résultats

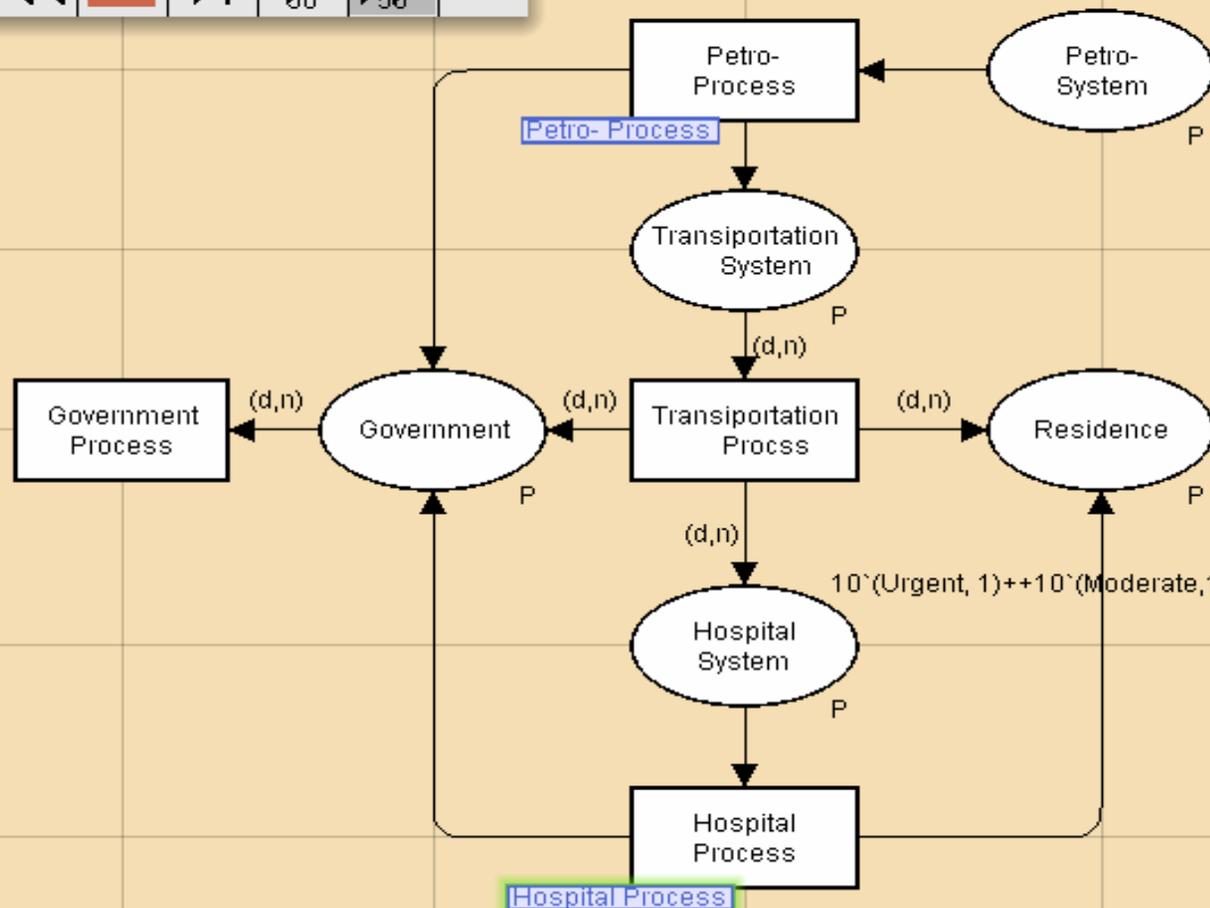
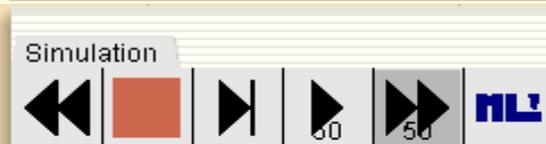
Simulation

⏪ ⏴ 30 50 ⏩ ⏴

ML



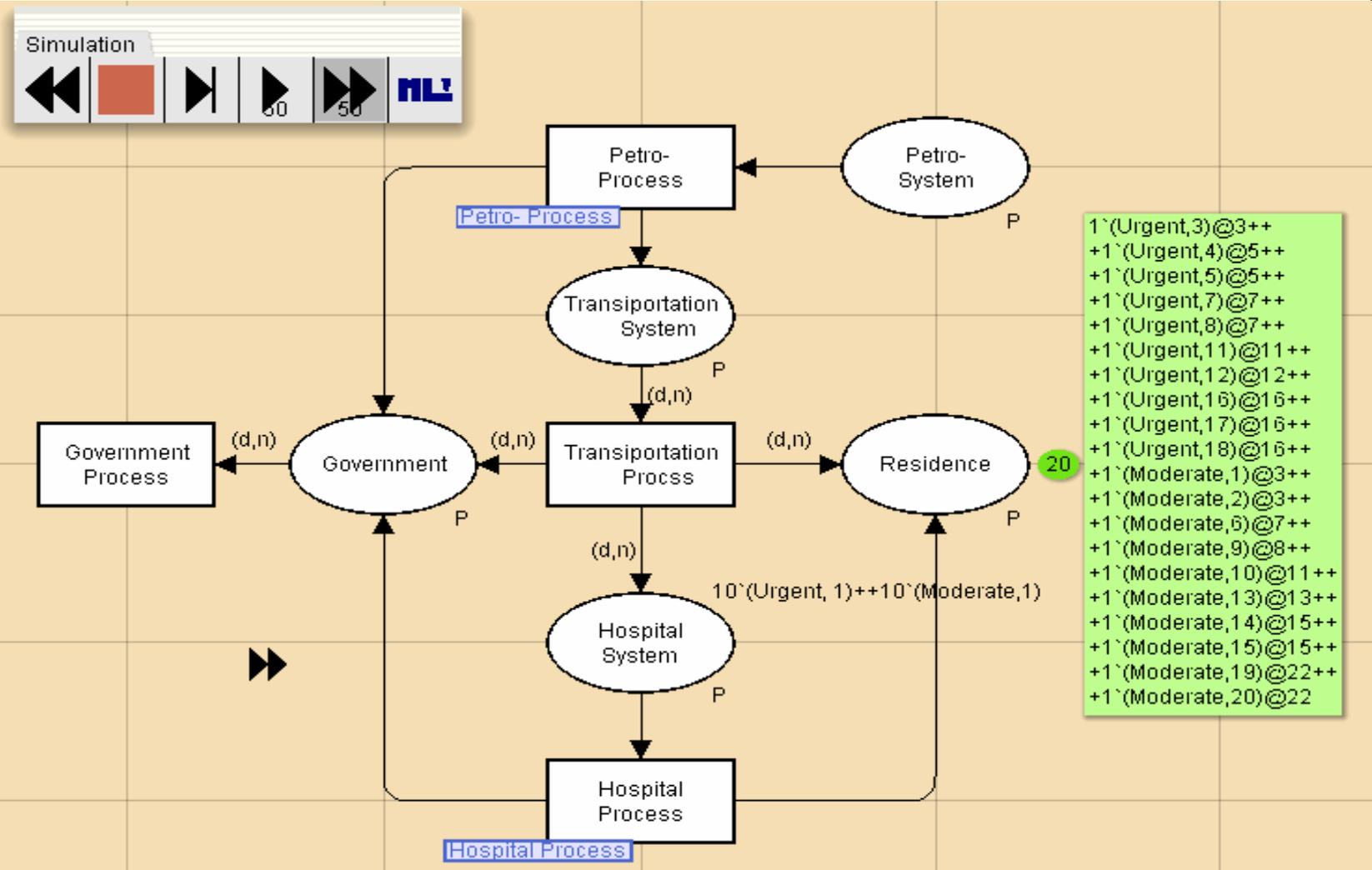
Modèles et résultats



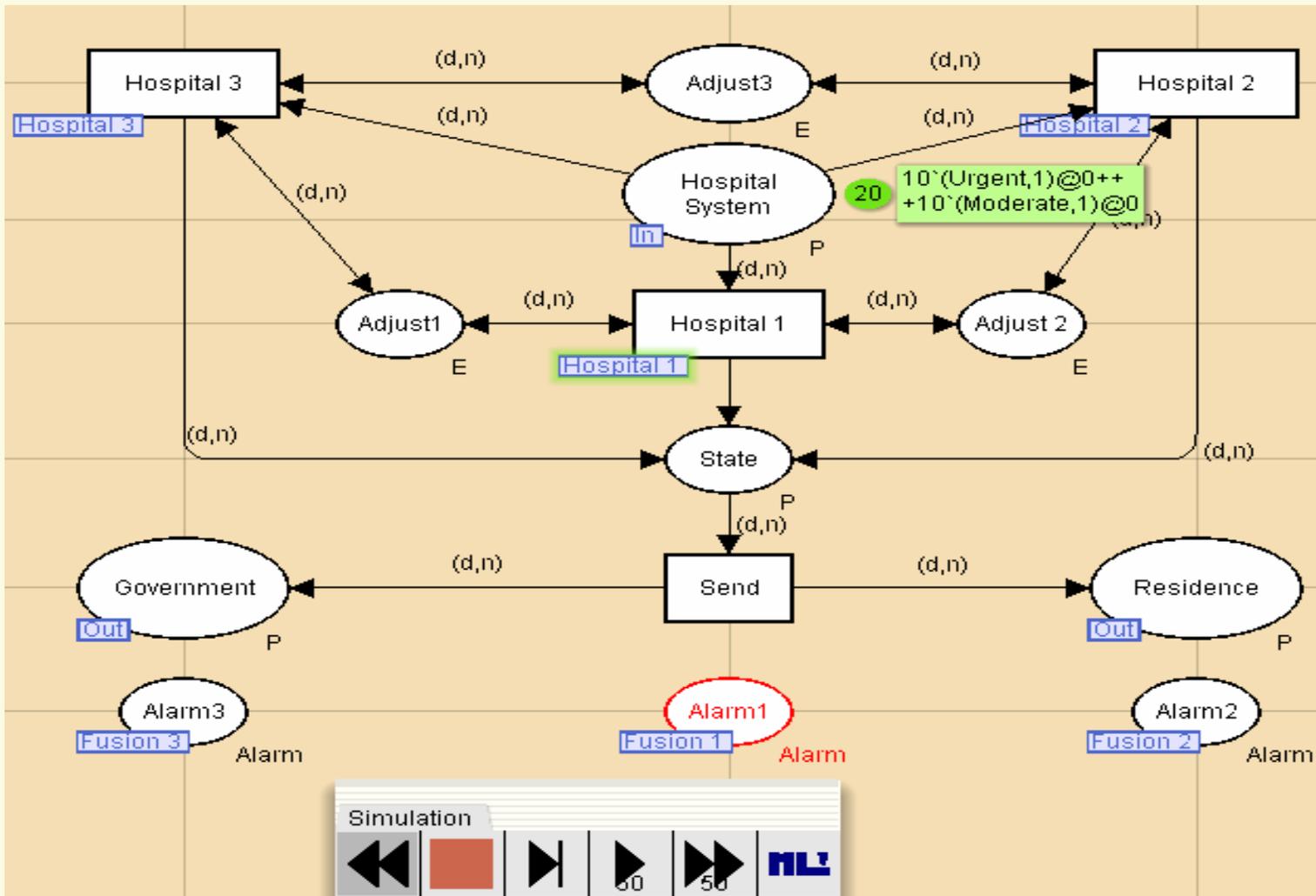
1^(Urgent,3)@3++
 +1^(Urgent,4)@5++
 +1^(Urgent,5)@5++
 +1^(Urgent,7)@7++
 +1^(Urgent,8)@7++
 +1^(Urgent,11)@11++
 +1^(Urgent,12)@12++
 +1^(Moderate,1)@3++
 +1^(Moderate,2)@3++
 +1^(Moderate,5)@7++
 +1^(Moderate,9)@8++
 +1^(Moderate,10)@11++
 +1^(Moderate,13)@13++
 +1^(Moderate,14)@15++
 +1^(Moderate,15)@15

15

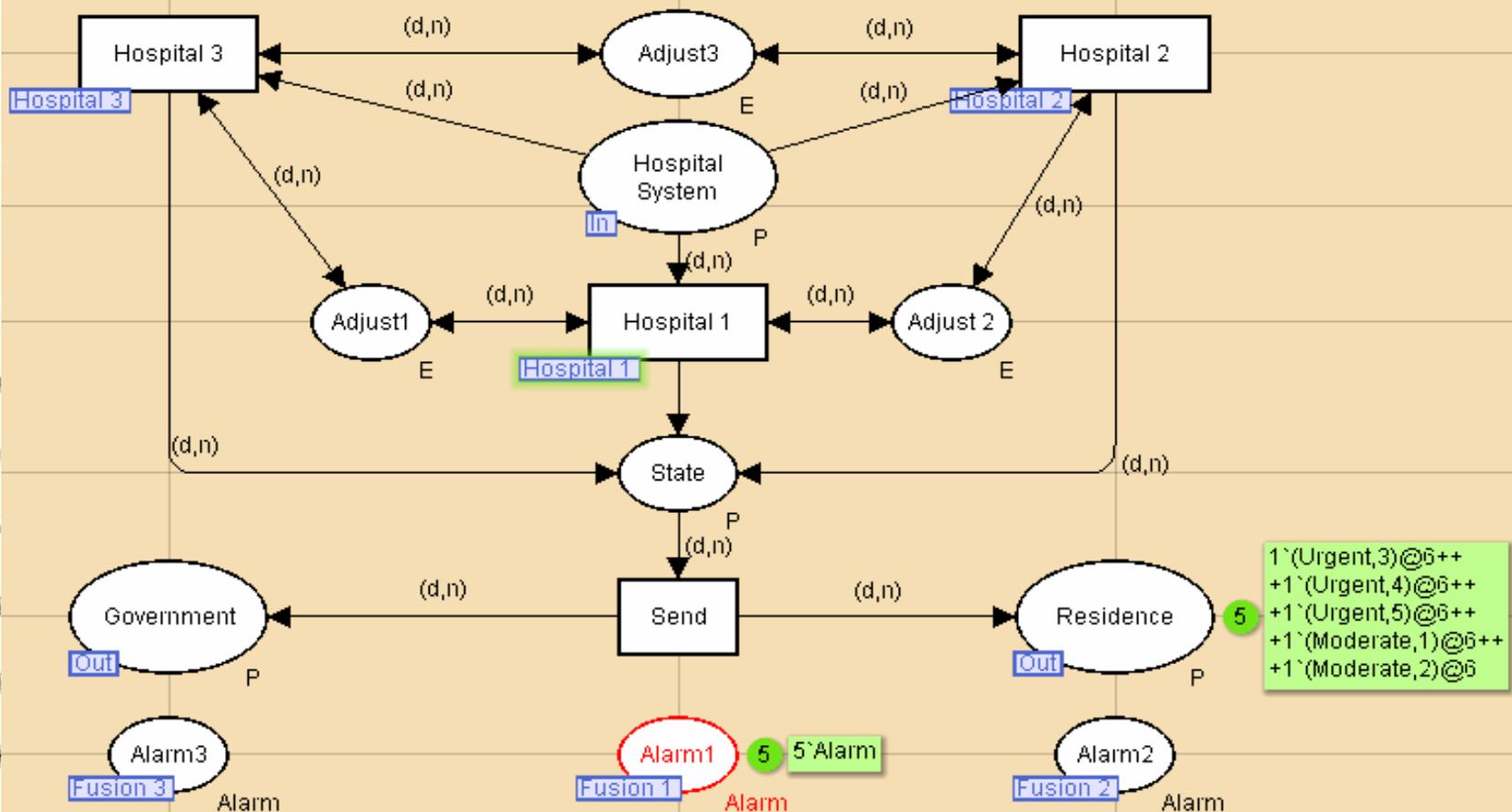
Modèles et résultats



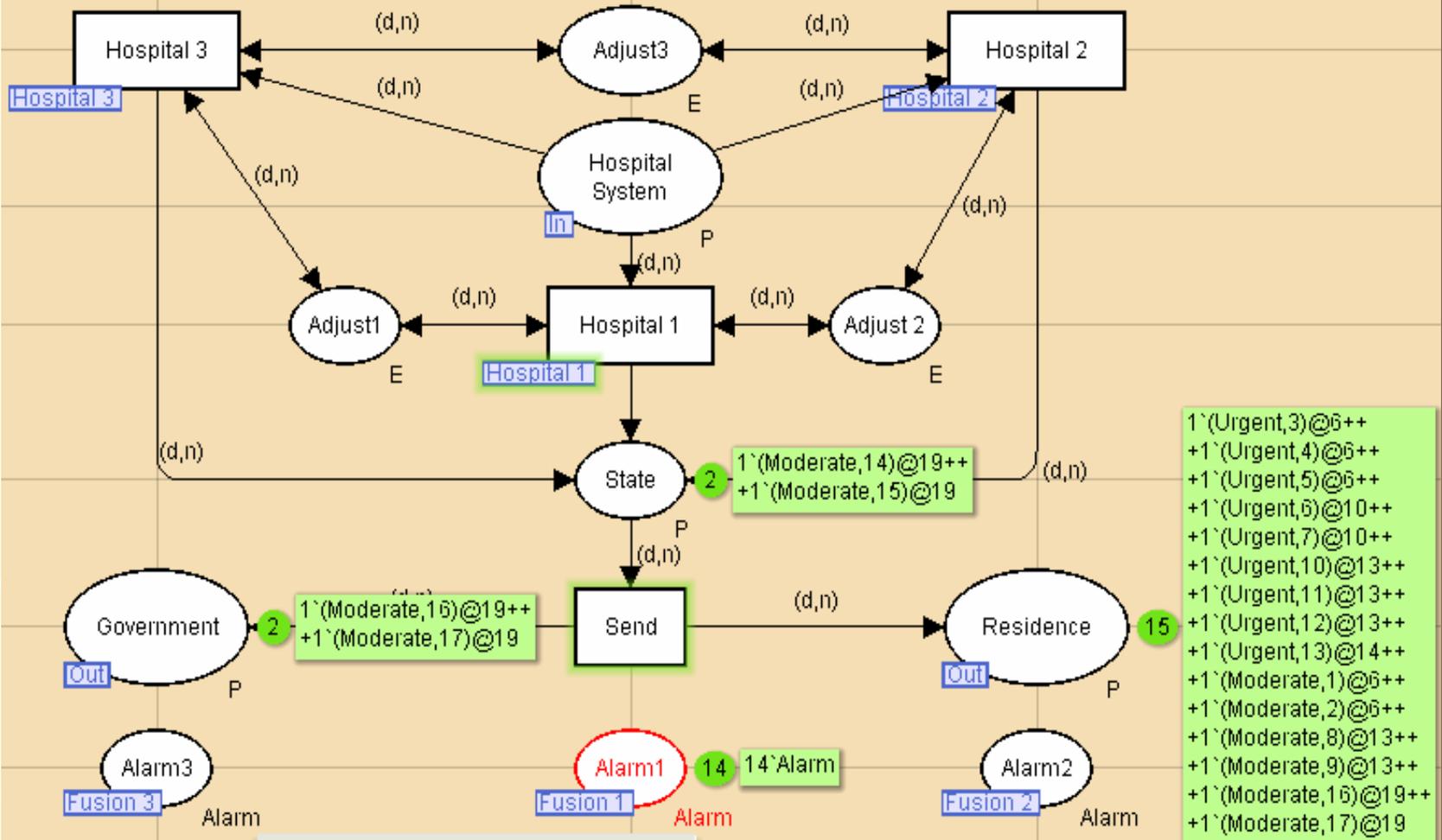
Modèles et résultats



Modèles et résultats



Modèles et résultats



Simulation

Conclusions

1. La simulation du fonctionnement d'une IE réseautée est faisable;
2. Cet outil pratique permet de se rendre compte si la charge de travail est supérieure à la capacité;
3. Cet outil de travail nous permet d'espérer améliorer la prise de décisions.

Travail en cours

1. Capacité d'absorption du réseau (d'autres IE, complexité)
2. Soutien de la prise de décisions
3. Diagnostic des défaillances
4. Définition des secteurs de vulnérabilité
5. Dépendance de l'utilisateur



Questions et commentaires?

Merci!