

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



***PROGRAMMATION DYNAMIQUE
DES SYSTÈMES
ET
ÉNERGIE NUCLÉAIRE***

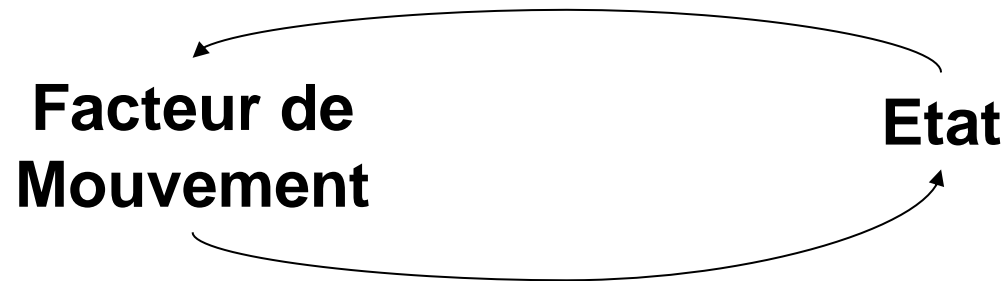
Anne Baschwitz

www.cea.fr

Journée I-tésé
17 juin 2014

- La Dynamique des Systèmes Complexes
- Présentation du logiciel STELLA
 - Principes
 - Un exemple: la dynamique du couple proie-prédateur
- GRUS: Le modèle de Gestion des Ressources en Uranium développé sous environnement STELLA

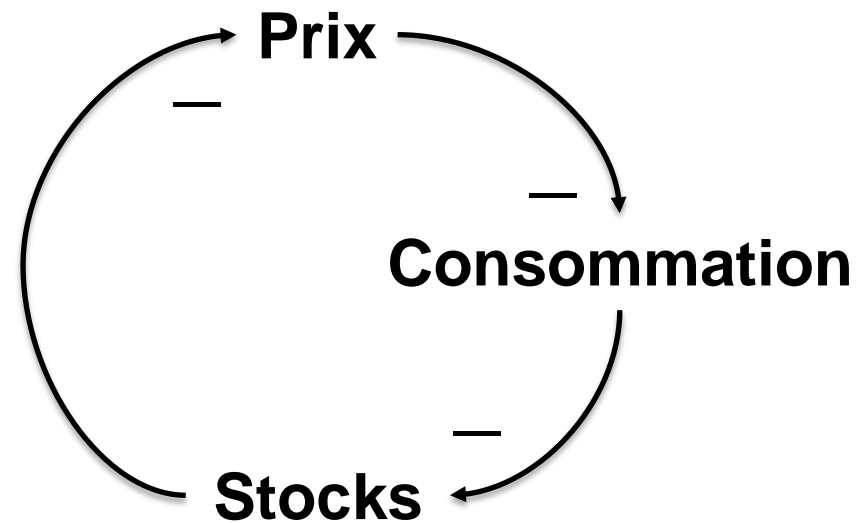
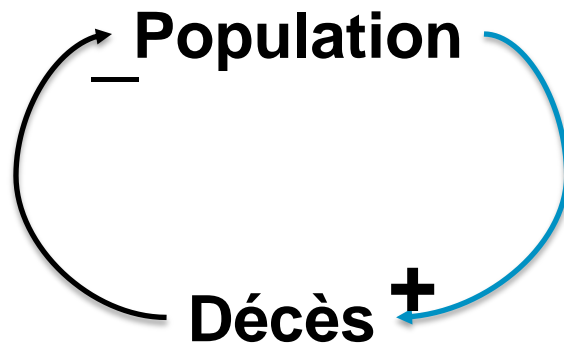
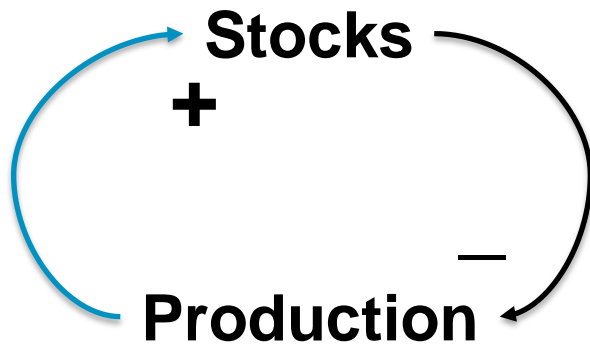
- Science du changement, de l'évolution
- Connaissance du mouvement
- Analyse des facteurs qui créent le changement ou s'y opposent
- Compréhension des phénomènes et de leurs causes
- Modélisation nécessaire



Relation positive X $\xrightarrow{+}$ Y

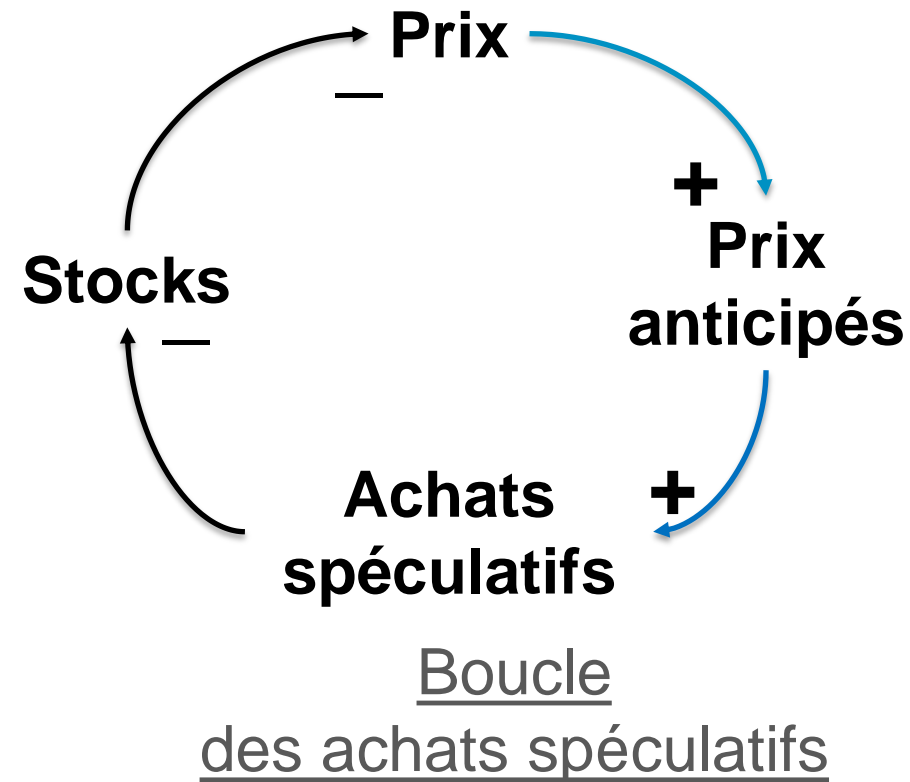
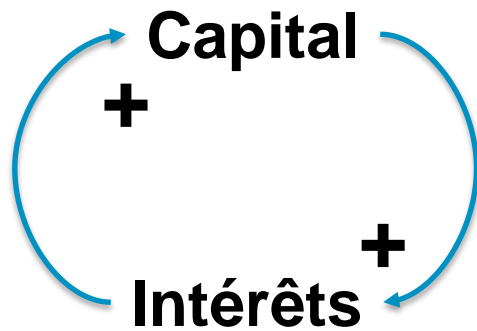
Relation négative X $\xrightarrow{-}$ Y

Elles tendent vers un équilibre

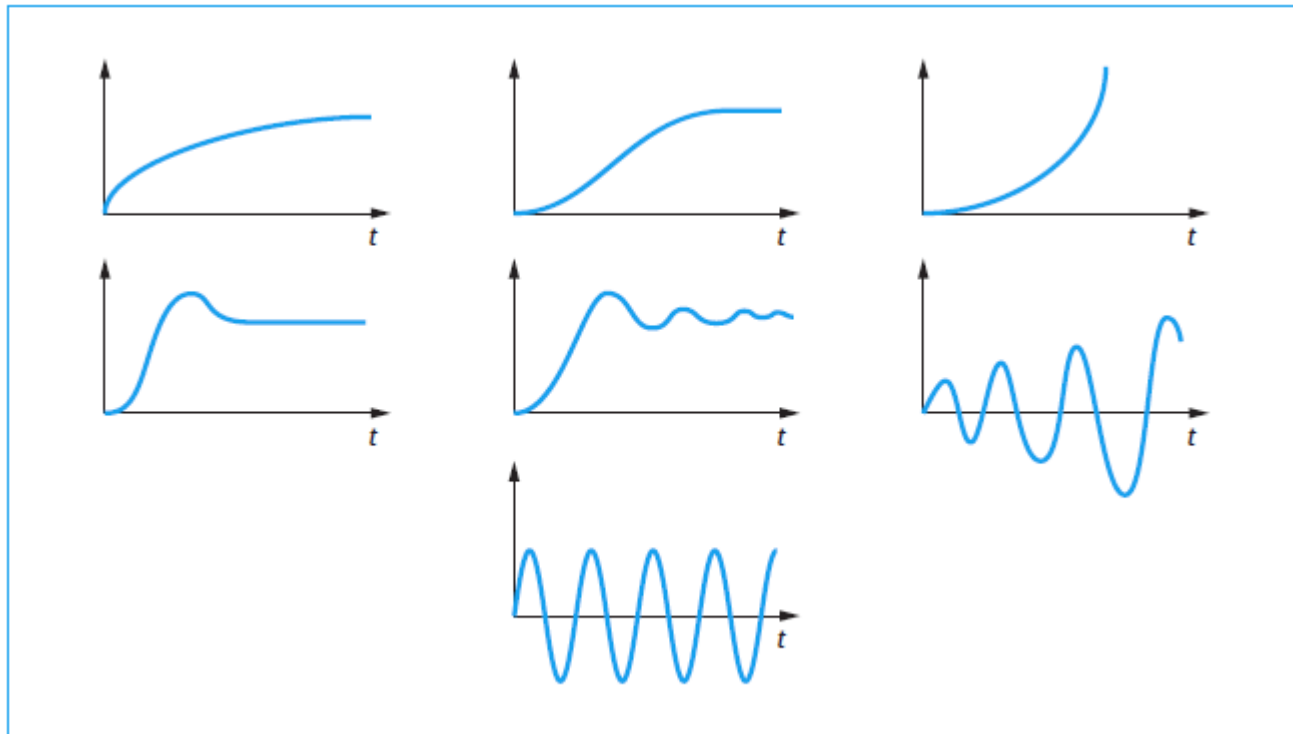


LES BOUCLES EXPLOSIVES

Ce type de boucle a une croissance exponentielle ou une décroissance de plus en plus rapide



COMBINAISONS ENTRE BOUCLES



Source: Michel Karsky Techniques de l'Ingénieur

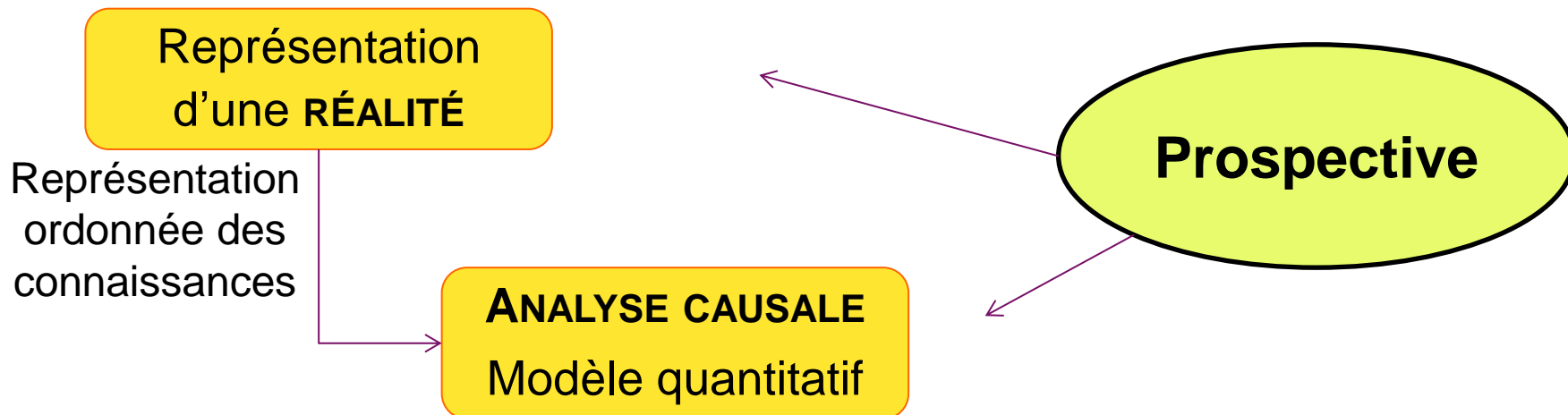
La dynamique des systèmes complexes

=

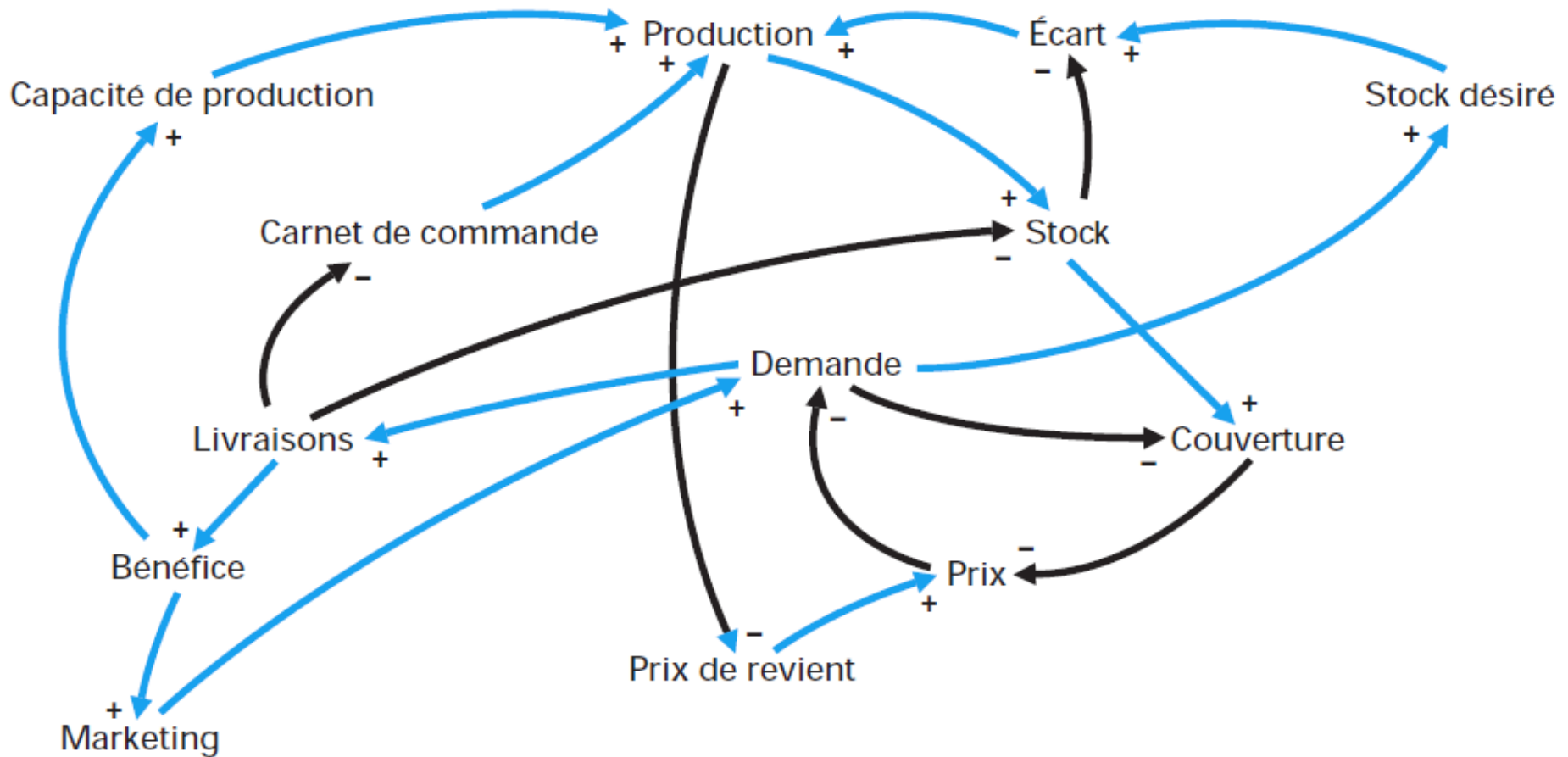
Une démarche de perception et d'analyse des
structures bouclées

Caractère non intuitif des effets lorsque de
nombreuses boucles sont en présence et que des
délais et retards interviennent

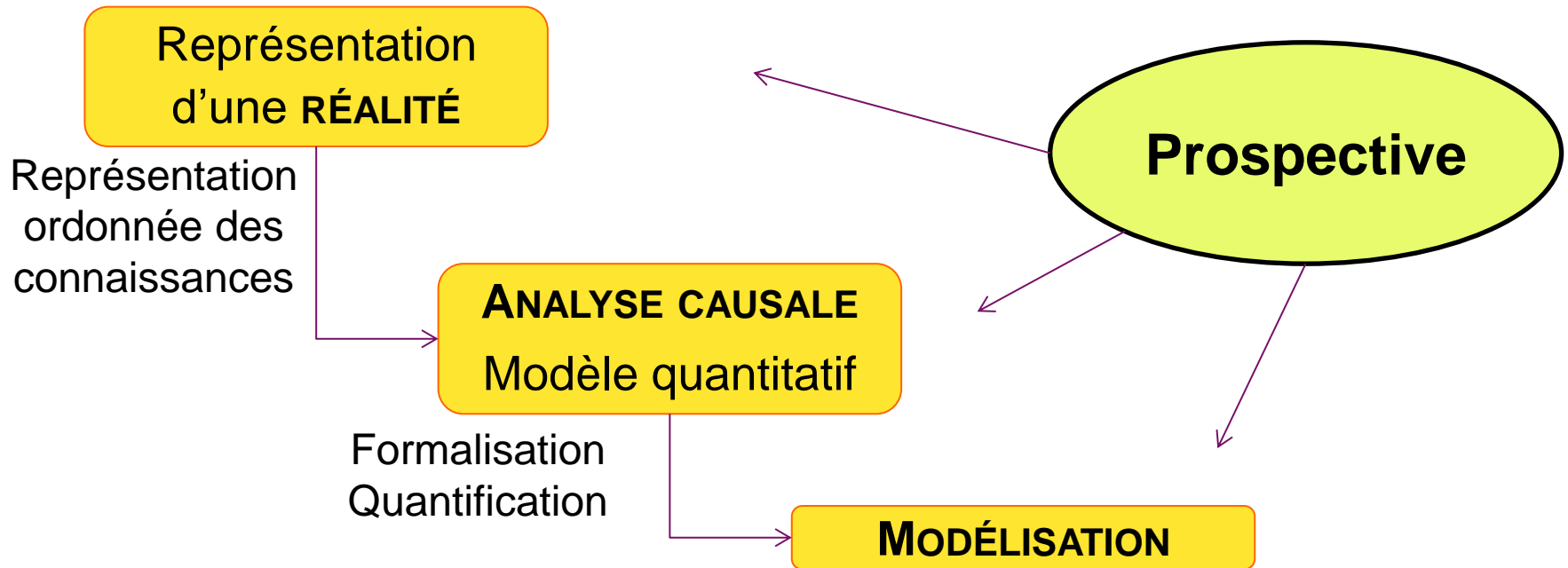
↪ Modélisation



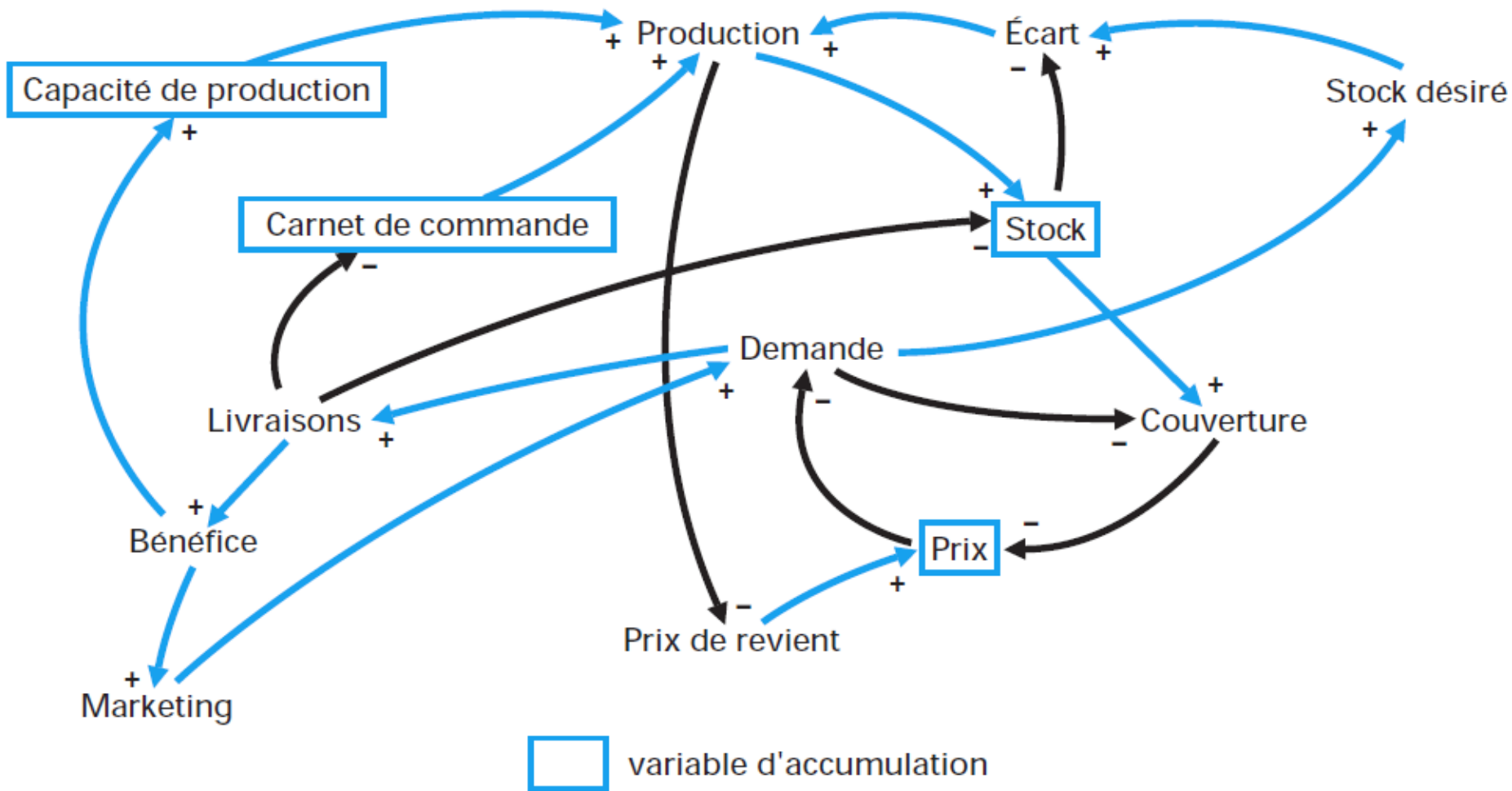
Gestion de production



Source: Michel Karsky Techniques de l'Ingénieur

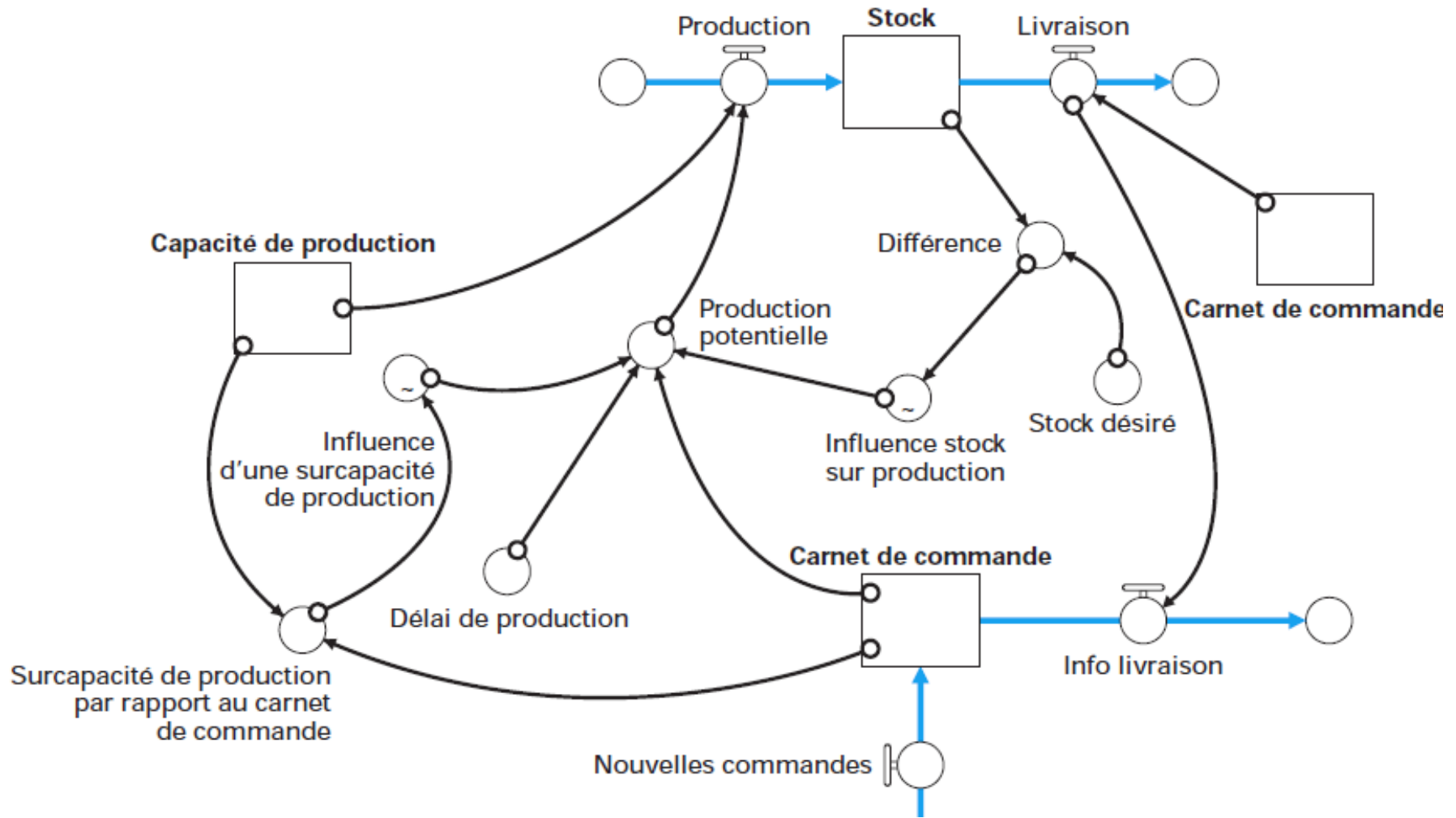


DÉTERMINATION DES VARIABLES D'ACCUMULATION

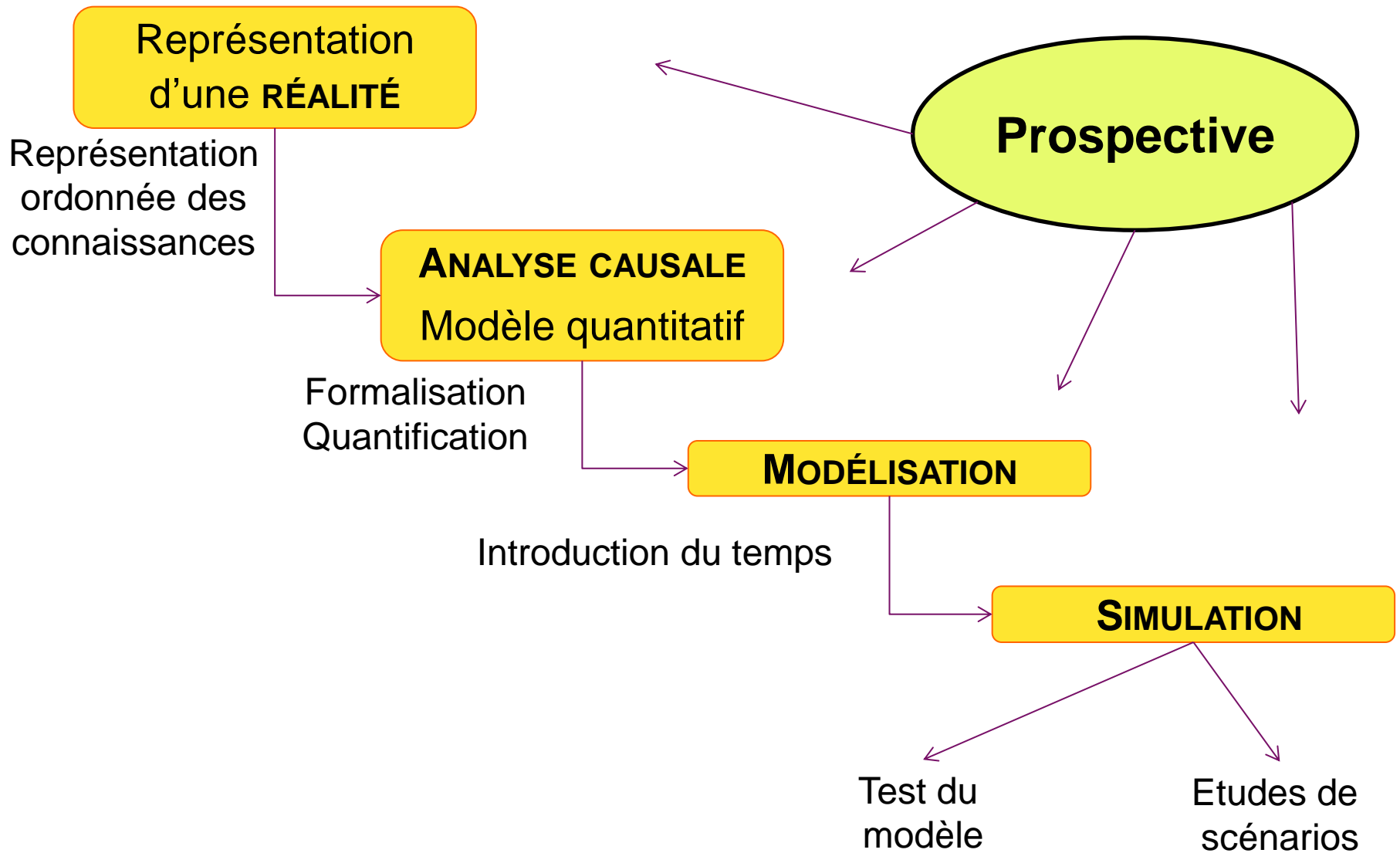


Source: Michel Karsky Techniques de l'Ingénieur

MODÉLISATION DE LA GESTION DE PRODUCTION : DYNAMIQUE D'ÉVOLUTION



Source: Michel Karsky Techniques de l'Ingénieur



Ensembles d'éléments en interrelation dynamique:

- La régulation de la glycémie
- L'effet de serre et le cycle du carbone
- L'érosion et la couverture végétale
- Réactions chimiques réversibles
- Politique de prévention du tabac
- Politique d'intéressement du personnel

Limits to growth ou rapport Meadows

- Publié en 1972 par le MIT suite à une demande du club de Rome, actualisé en 2004
- Repose sur un modèle informatique de type dynamique des systèmes appelé World3
- Première étude importante soulignant les dangers écologiques de la croissance économique et démographique que connaît le monde à cette époque.
- A l'origine de l'émergence du concept de développement durable

- La Dynamique des Systèmes Complexes
- **Présentation du logiciel STELLA**
 - Principes
 - Un exemple: la dynamique du couple proie-prédateur
- GRUS: Le modèle de Gestion des Ressources en Uranium développé sous environnement STELLA

3 NIVEAUX DANS L'ENVIRONNEMENT STELLA

■ Niveau Map/Model

Niveau de la structure logique du modèle étudié.

Utilisation de trois composants de bases:

1. Les stocks



2. Les flux



3. Les variables



Des connecteurs relient ces composants entre eux et permettent de déterminer les relations mathématiques.

■ Niveau interface

Zone d'affichage et de dialogue dans laquelle on peut faire apparaître courbes, tableaux, choix de certaines variables.

■ Niveau équation

Les liens du modèle sont traduits en lignes de FORTRAN.

- Modéliser des systèmes complexes
- Regarder leur évolution au cours du temps
- Agir sur certains paramètres pour tester différents scénarios
- Avoir une approche semblable pour des objets a priori très différents

- La Dynamique des Systèmes Complexes
- Présentation du logiciel STELLA
 - Principes
 - Un exemple: la dynamique du couple proie-prédateur
- GRUS: Le modèle de Gestion des Ressources en Uranium développé sous environnement STELLA

- La Dynamique des Systèmes Complexes
- Présentation du logiciel STELLA
 - Principes
 - Un exemple: la dynamique du couple proie-prédateur
- GRUS: Le modèle de **G**estion des **R**essources en **U**ranium développé sous environnement **S**TELLA

Objectifs du modèle GRUS

- Étudier comment répondre à différents scénarios de demande en électricité
- Déterminer la consommation en uranium en fonction de l'évolution d'un parc de réacteurs considérée
- Voir la part de RNR que l'on peut installer en fonction de la disponibilité en plutonium
- En fonction d'hypothèses d'évolution du coût de l'uranium, déterminer à quelle période les RNR seront compétitifs
- Réaliser des études de sensibilité sur de nombreuses variables:
 - techniques (gain de régénération, taux de combustion, durée de refroidissement...)
 - économiques (taux d'actualisation, coûts d'investissements...)

Des stocks

1. *Des réservoirs:*
 - stocks de matière (Unat, UOx, Pu etc)
 - Capacités d'usines (enrichissement, retraitement...)
2. *Des transporteurs*
 - Stocks de combustibles irradiés en cours de refroidissement
 - Stocks de réacteurs (en construction, en fonctionnement, bientôt arrêtés)

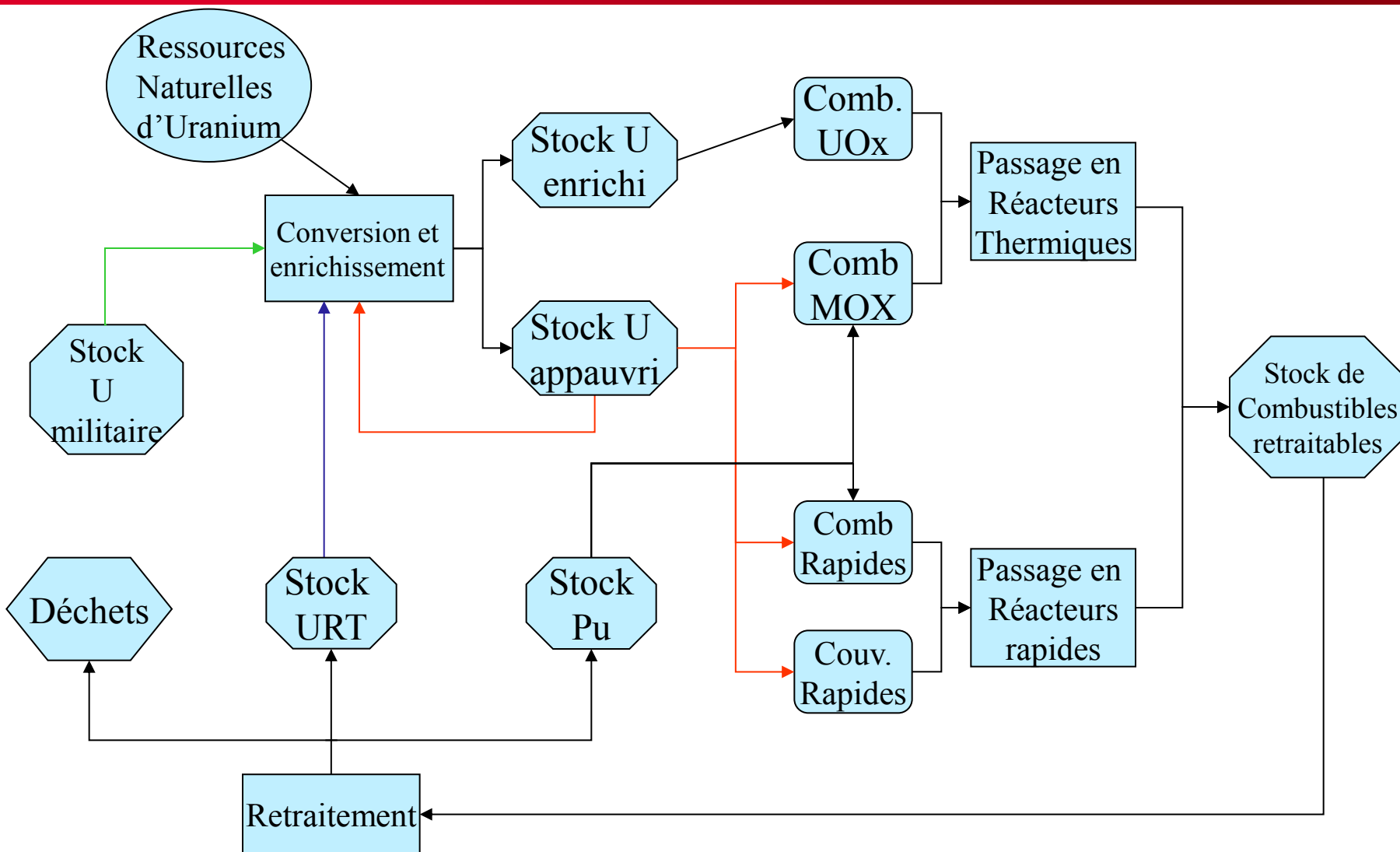
Des flux

- Toutes les étapes du cycle du combustible (enrichir, fabriquer du combustible, charger le combustible en réacteur)
- Faire varier les capacités des usines

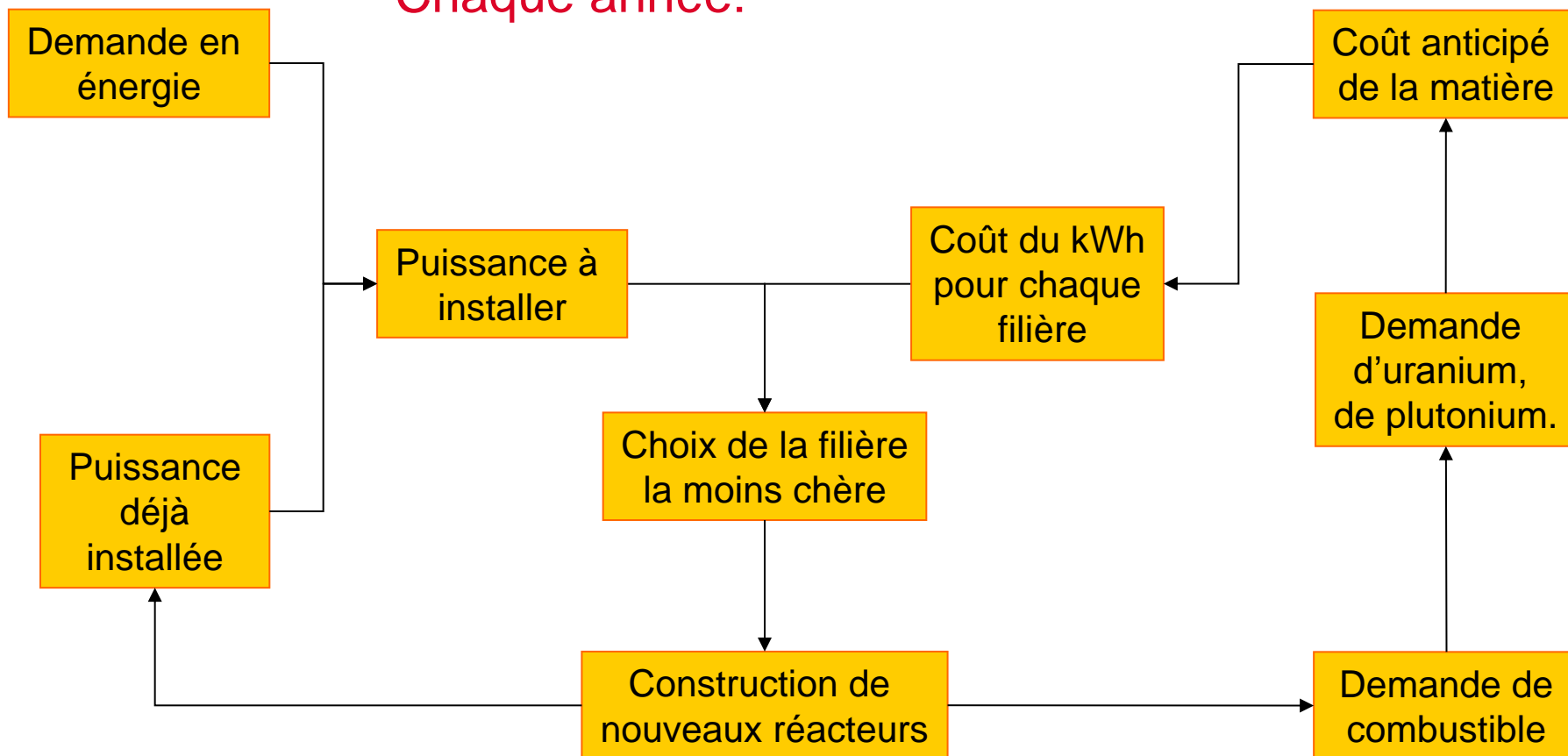
Des variables

- Les teneurs en uranium 235, les caractéristiques des réacteurs, les types de scénarios, les demandes d'électricité, de combustibles
- Tous les coûts

SCHÉMA DES FLUX PRINCIPAUX DU MODÈLE



Chaque année:



- Les RNR sont indispensables à un déploiement durable du nucléaire

- La part de RNR que l'on peut installer sera limitée par la disponibilité en plutonium
 - ↳ importance - de la quantité de Pu dans le cœur
 - du gain de régénération
 - de la durée de refroidissement

- La dynamique des systèmes complexes:
 - ↳ une démarche destinée à étudier le mouvement, le changement, l'évolution et plus généralement le comportement de systèmes.

- Un processus de modélisation qui utilise largement le langage graphique et va de l'élaboration de modèles qualitatifs, en forme de "cartes", à la construction de modèles dynamiques et quantifiés.

- La possibilité de faire de la prospective et de décrire différents scénarios à partir de diverses hypothèses.

MERCI DE VOTRE ATTENTION