

Rétroactions biodiversité-société, modélisation avec une approche viabiliste

Thibaut France,
doctorant depuis octobre 2017 (MNHN-CESCO),
supervisé par :

Denis Couvet (MNHN-CESCO) et Sophie Martin (IRSTEA-LISC)



Plan

- Introduction
 - Économie écologique et cliodynamique
 - Modèles existants
- Conception du modèle
 - Théorie de la viabilité
 - Diagramme d'interactions
- Perspectives
 - Mieux quantifier les interactions modélisées
 - Calibration de paramètres / analyse de sensibilité
 - Quelles formulations viabilistes ?
 - Effet d'un couplage
- Bibliographie



Cadre applicatif

- Économie écologique
- L'économie écologique est une branche de l'économie en interface avec l'écologie, étudiant l'interdépendance et la coévolution entre les sociétés humaines et les écosystèmes dans le temps et l'espace.
- Quelques dates :
 - 1971 : The entropy law and the economic process, N. Georgescu-Roegen
 - 1989 : Création de la société internationale pour l'économie écologique
- Cliodynamique
- La cliodynamique est un domaine de recherche pluridisciplinaire visant à décrire des dynamiques historiques par le biais de modèles mathématiques.

Ex : *Modeling Social Pressures Toward Political Instability* – P. Turchin – 2013



Quelques modèles existants

- Des scénarios : aucun contrôle possible sur la dynamique
- Formalisme utilisé : équations différentielles ordinaires
- 1974 : World3, en 7 dimensions, échelle planétaire
- 2014, Handy model, en 4 dimensions, échelle nationale



Rappels de théorie de la viabilité (1)

- Avec :

- x la variable d'état

- u un contrôle

- U l'ensemble des contrôles possibles

- K une zone de contraintes

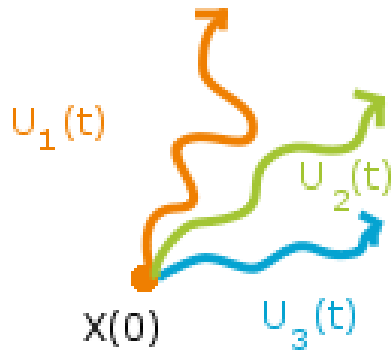
$$\left\{ \begin{array}{l} x'(t) = f(x(t), u(t)) \\ u(t) \in U(t, x(t)) \subset \mathcal{U} \\ \forall t \geq 0, x(t) \in K \end{array} \right.$$



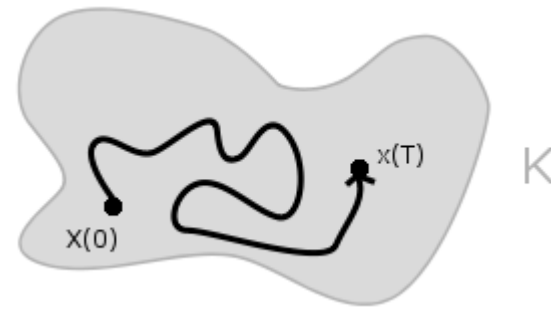
Rappels de théorie de la viabilité (2)

Noyau de viabilité :

$$\text{Viab}(K, T) = \{x_0 \in K \mid \exists u(\cdot) : [0, T] \rightarrow U \text{ mesurable}, \forall t \in [0, T] x(t) \in K\}$$



Différents contrôles pour différentes trajectoires



Une trajectoire viable



Conception du modèle

- Échelle nationale, époque actuelle
- Variables d'intérêt :
 - Population humaine
 - Capital naturel (renouvelable et non renouvelable)
 - Biens manufacturés
 - Connaissance académique



Quelles grandeurs ?

population
 x

academic
knowledge
 y_{AK}

manufactured
goods
 z

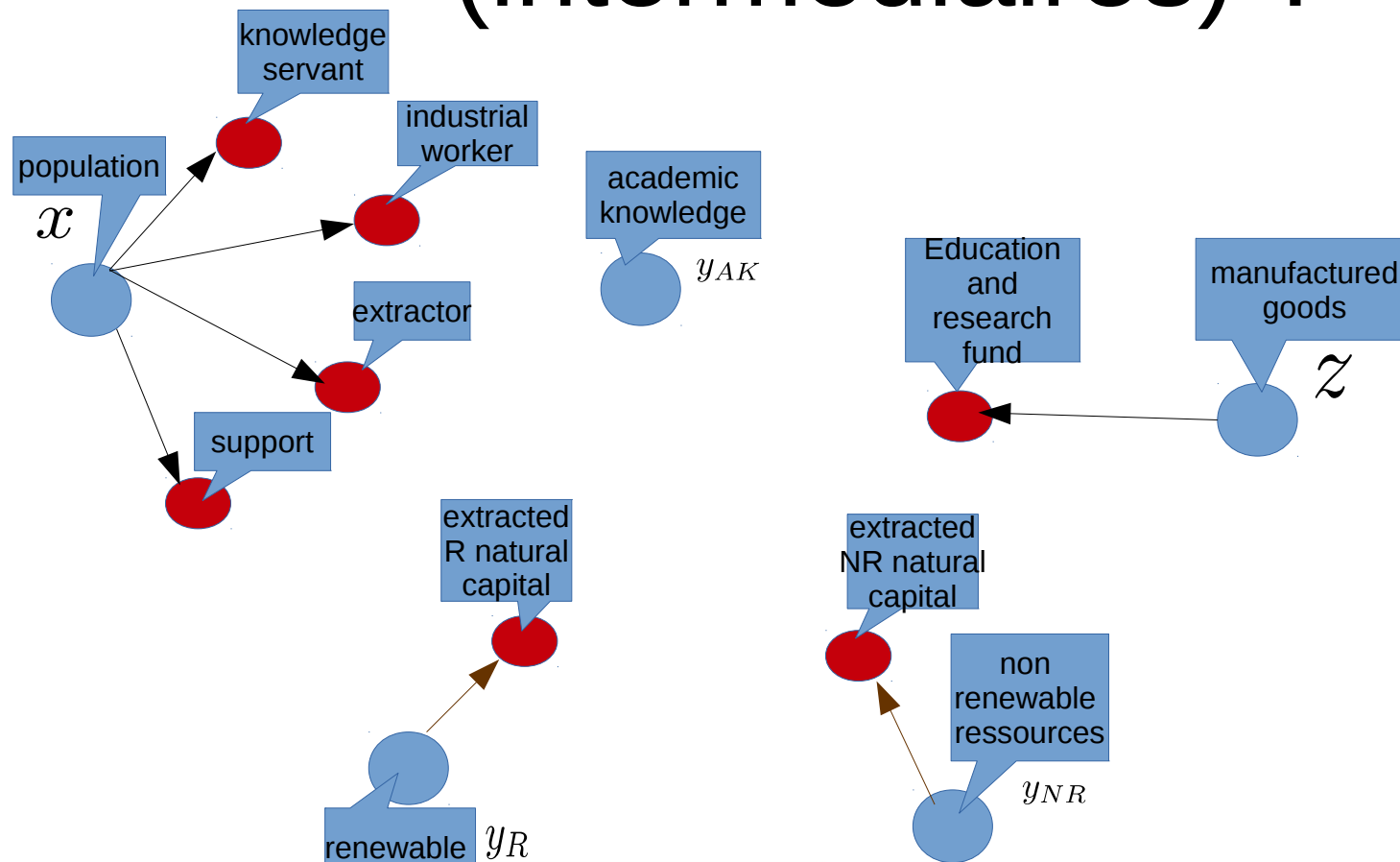
renewable
ressources
 y_R

non
renewable
ressources
 y_{NR}



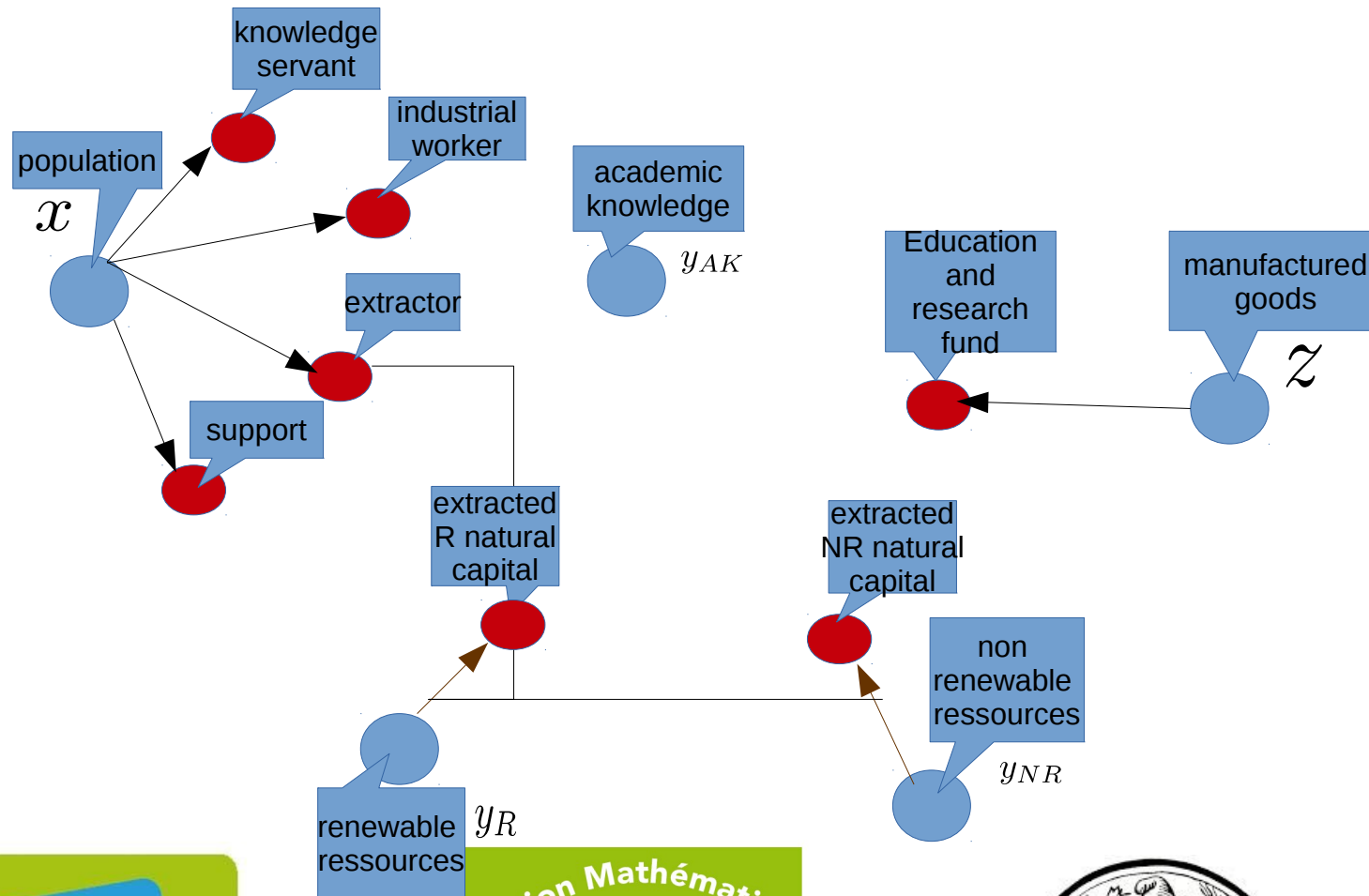
Quelles grandeurs (intermédiaires) ?

- productions
- flux
- activités



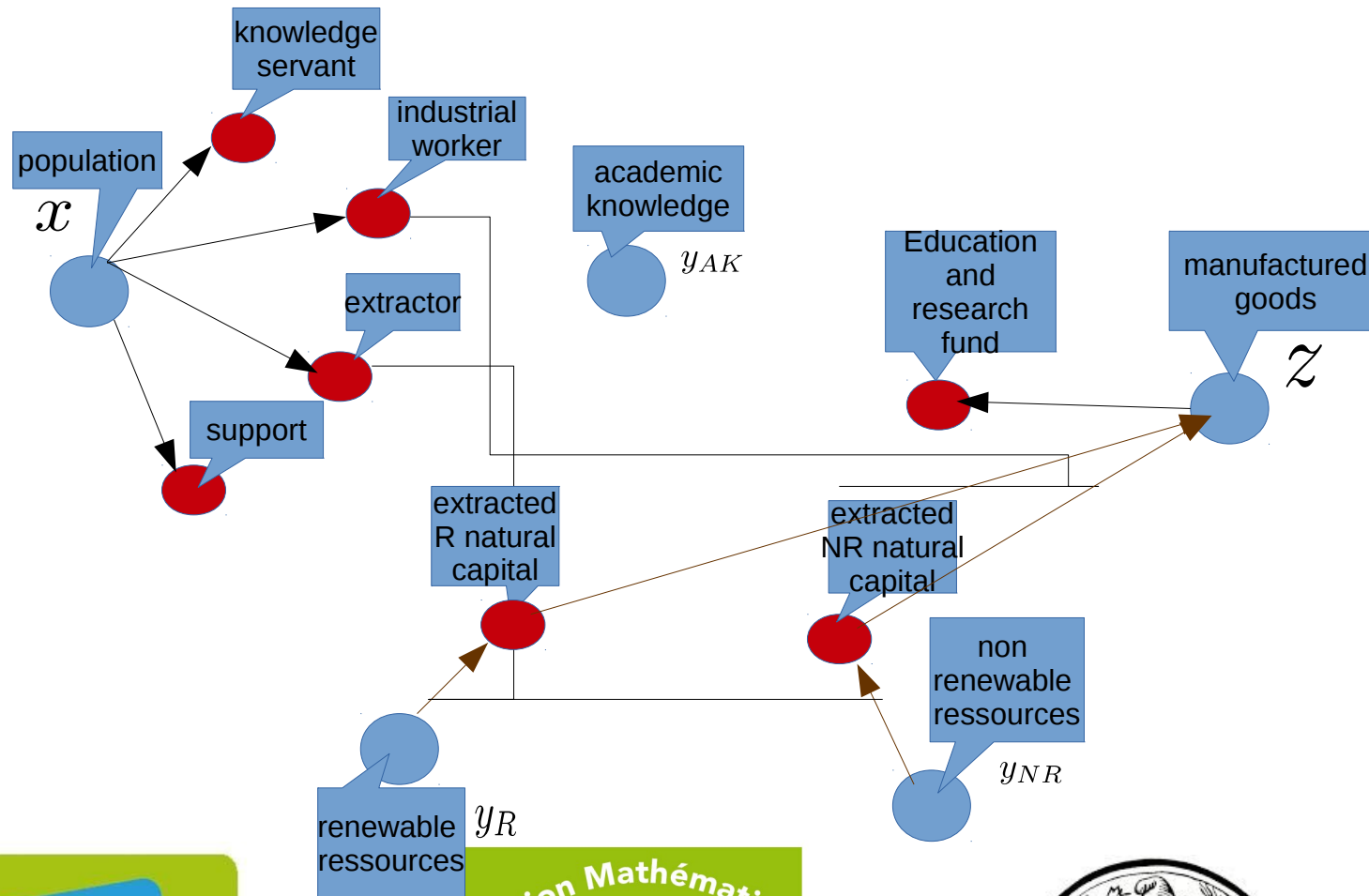
Quels liens (1) ?

- productions
- flux
- activités



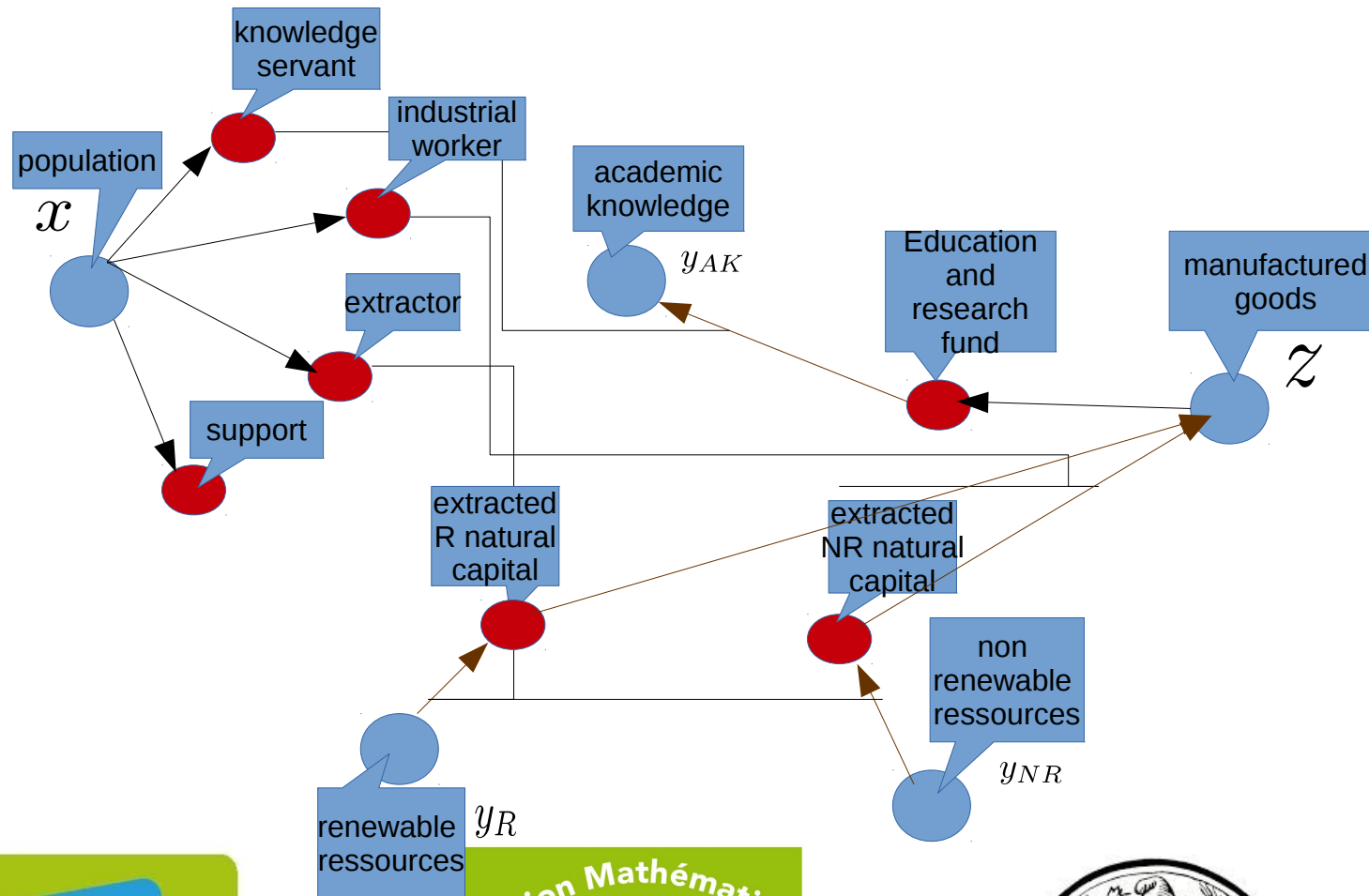
Quels liens (2) ?

- productions
- flux
- activités



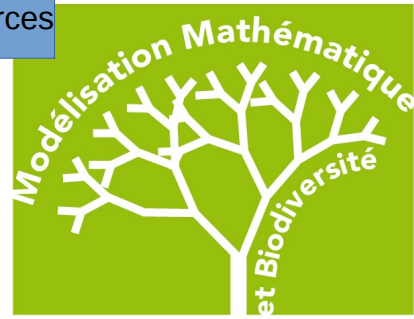
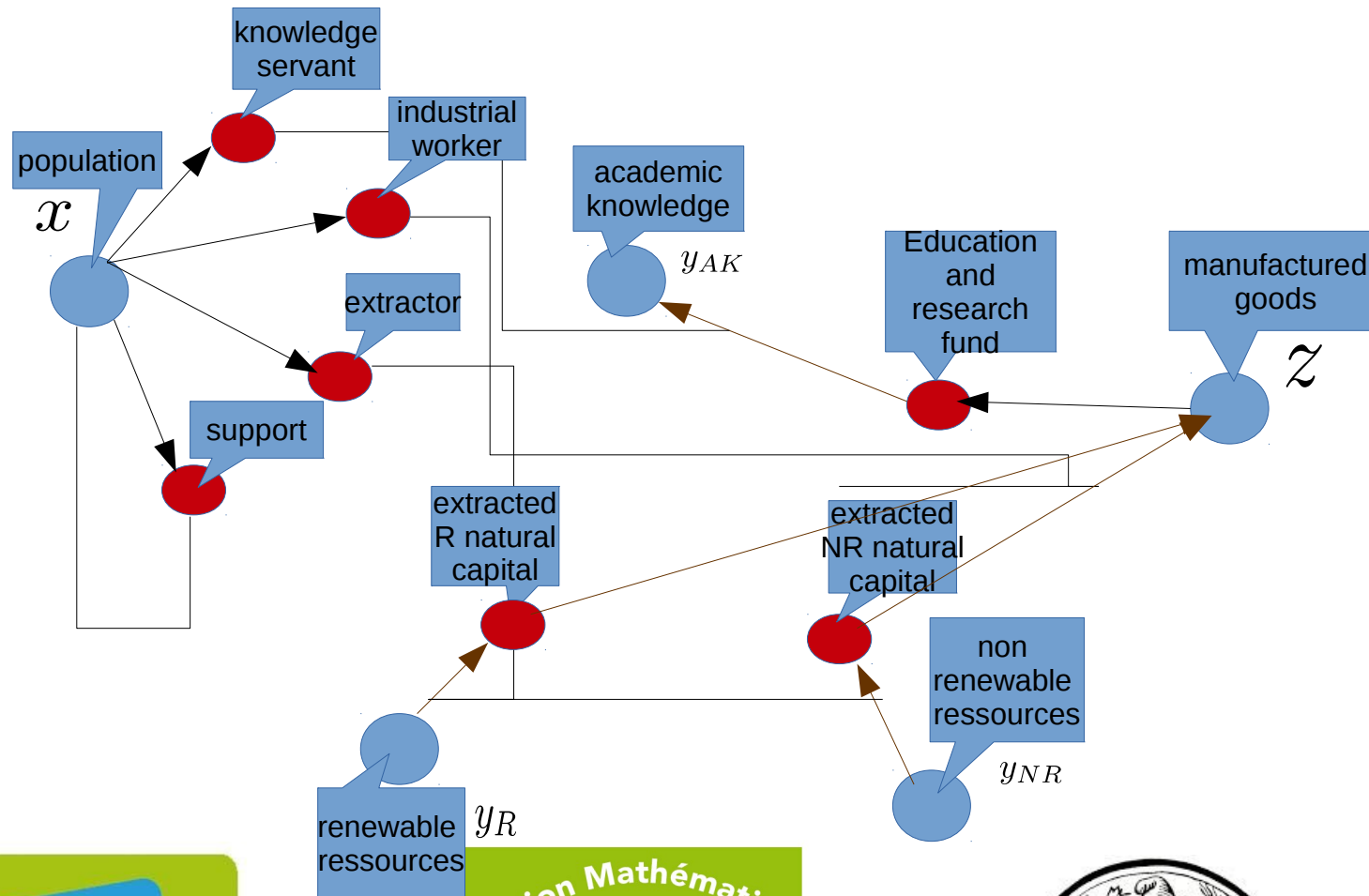
Quels liens (3) ?

- productions
- flux
- activités



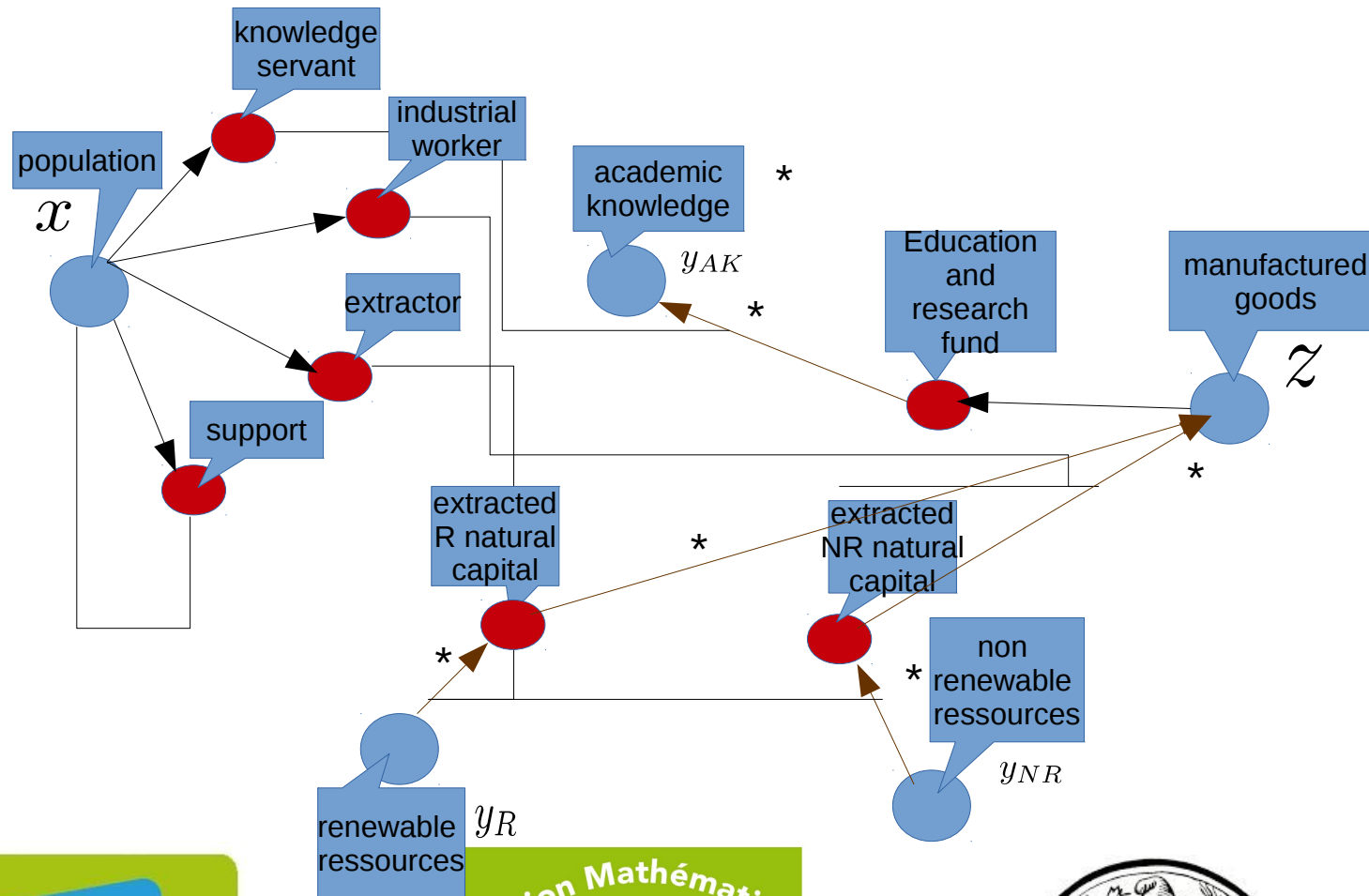
Quels liens (4) ?

- productions
- flux
- activités



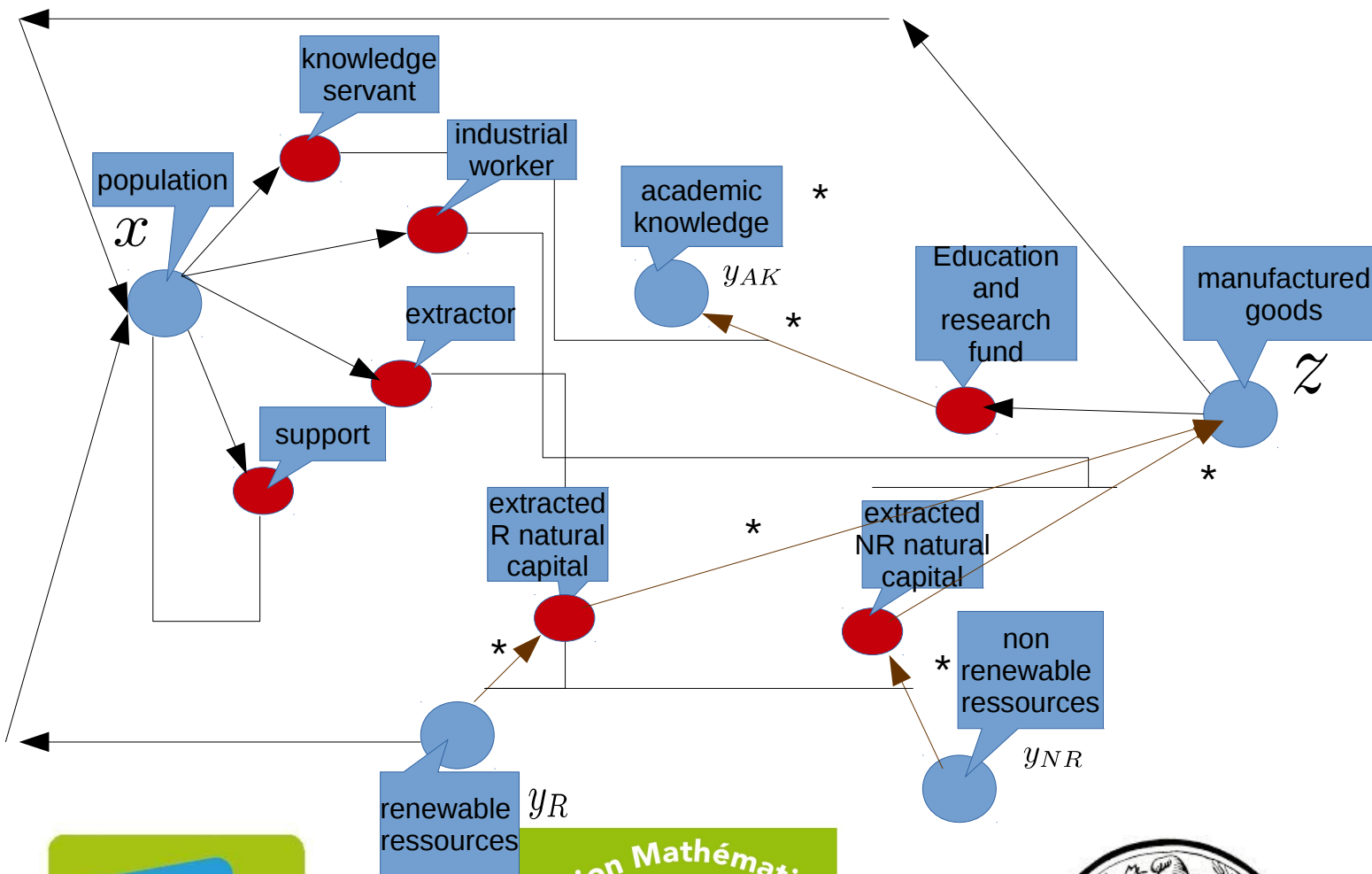
Quels liens (5) ?

- productions
- flux
- activités

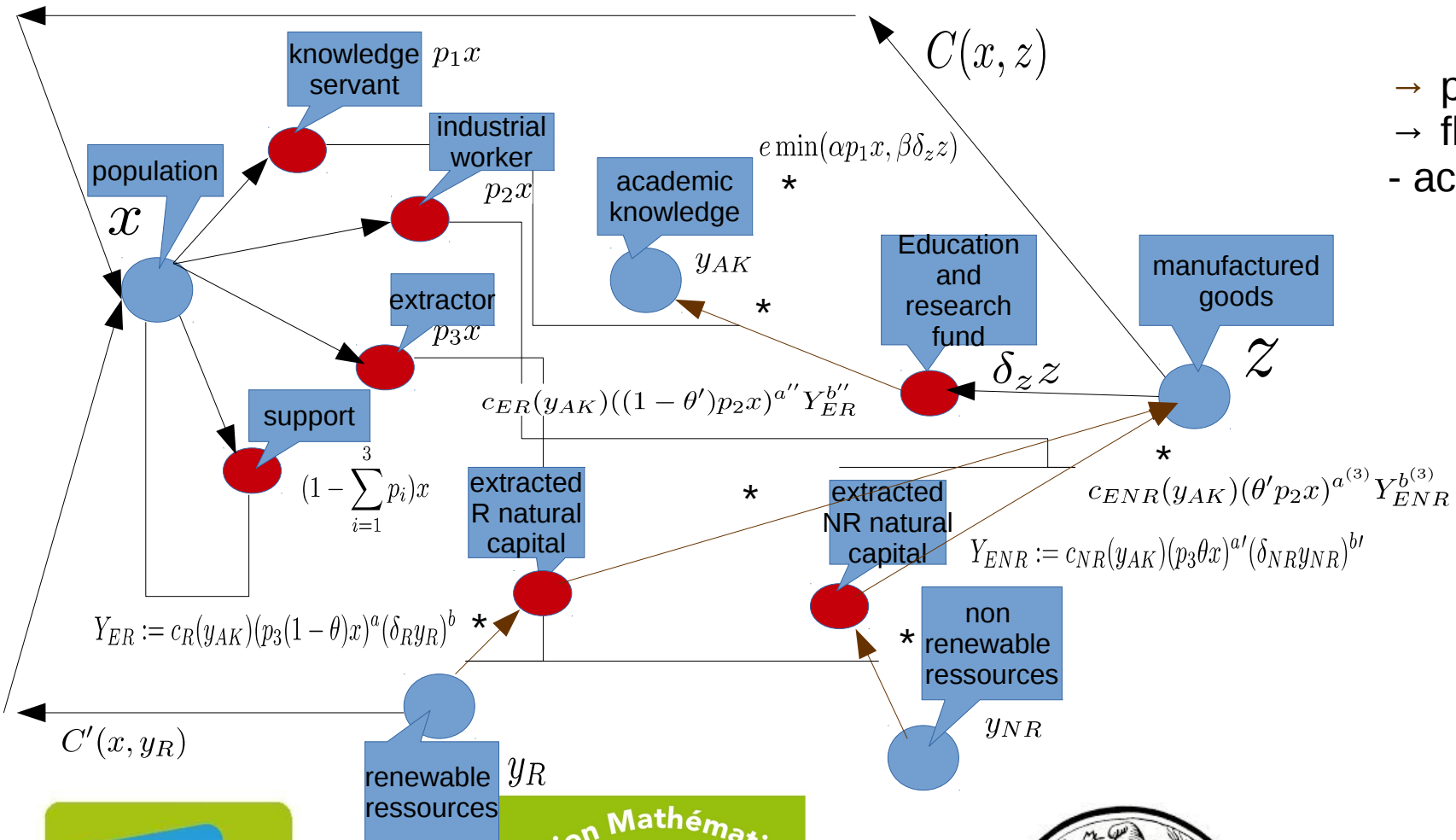


Quels liens (6) ?

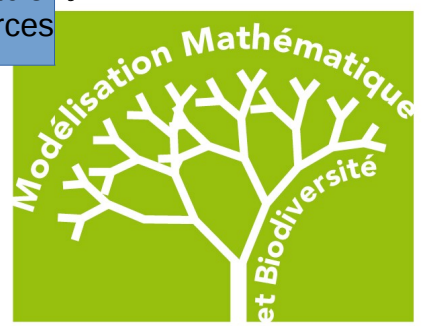
- productions
- flux
- activités



Quelles quantifications ?



- productions
- flux
- activités



Perspectives

1° Continuer d'affiner le modèle :

- Fonctions de consommation C et C'
- Mieux gérer les problèmes de substituabilité

2 ° Calibration des paramètres / analyse de sensibilité

3 ° Discuter plusieurs formalisations viabilistes

- Différents K pour différentes visions du monde (Latour 2012)
- Différentes échelles de gouvernance

4° Effet d'un couplage



Bibliographie

- Viability theory new directions - Aubin et al. - Springer, 2011
- Comparing the sustainability of different action policy possibilities: Application to the issue of both household survival and forest preservation in the corridor of Fianarantsoa - C. Bernard et S. Martin - Mathematical bioscience, 2013
- Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des Modernes. - B. Latour – La découverte, 2012
- Making a stylized agricultural cooperative viable through individual strategies deriving from guaranteed viability kernels - S.Martin et I.Alvarez, - soumis à Automatica
- Dynamics of Growth in a Finite World - Dennis L. Meadows et al. - Wright-Allen Press, 1974
- Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies - Motesharrei et al. - Ecological Economics, 2014
- Historical Dynamics - P. Turchin - Princeton University Press, 2003



Merci de votre attention !

