



CENTRE  
INTERNATIONAL  
DE RECHERCHE  
SUR L'ENVIRONNEMENT  
ET LE DÉVELOPPEMENT

# Les modèles de prospective entre Capitole et Roche Tarpéienne: *vers la fin d'un dialogue de sourds entre économistes et ingénieurs?*

**Jean-Charles Hourcade**

**C.I.R.E.D.** UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE  
EHESS ET CNRS - UMR 8568  
JARDIN TROPICAL  
45 BIS AVENUE DE LA BELLE GABRIELLE  
94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX - FRANCE



CENTRE  
INTERNATIONAL  
DE RECHERCHE  
SUR L'ENVIRONNEMENT  
ET LE DÉVELOPPEMENT

# 1. Un bout d'histoire des temps présents

**C.I.R.E.D.** UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE  
EHESS ET CNRS - UMR 8568  
JARDIN TROPICAL  
45 BIS AVENUE DE LA BELLE GABRIELLE  
94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX - FRANCE

# Le passé en traits caricaturaux

---

- **1950-1970 – l’ambition de la prédiction et le paradigme de l’optimisation**
- **1973-1985 – échecs des prédictions économiques et succès des modèles d’ingénieurs**
- **1985-2000 - la ‘revanche’ inachevée des modèles économiques**
- **2000 -> vers des modèles hybrides?**

# Les enjeux du débat “Bottom-up / Top Down”

---

- **La demande: trends exponentiels versus logistiques: quel découplage E/PIB?**
- **Existe-il des potentiels sans-regret dans le passage EU – EF?**
- **Quelle place pour des politiques « non prix »?**
- **«Equilibre partiel» versus « Equilibre général »:**  
équilibre des comptes extérieurs, compétitivité industrielle, contraintes de financement, dynamiques de la R&D

# Les bonnes (et désagréables) questions des économistes

---

- **Découplage E/PIB:**
  - saturations des besoins ou empilement de fonctions logistiques?
  - la question de la mobilité)
- **Potentiels sans-regret**
  - Les gens sont-ils si irrationnels?
  - cherchez les coûts de transaction
- **Politiques « non prix »** entre règne de l'arbitraire et illusion de la gratuité
- **Les projections sectorielles peuvent ne correspondre à aucune économie plausible**

# Des réponses pas toujours à la hauteur

---

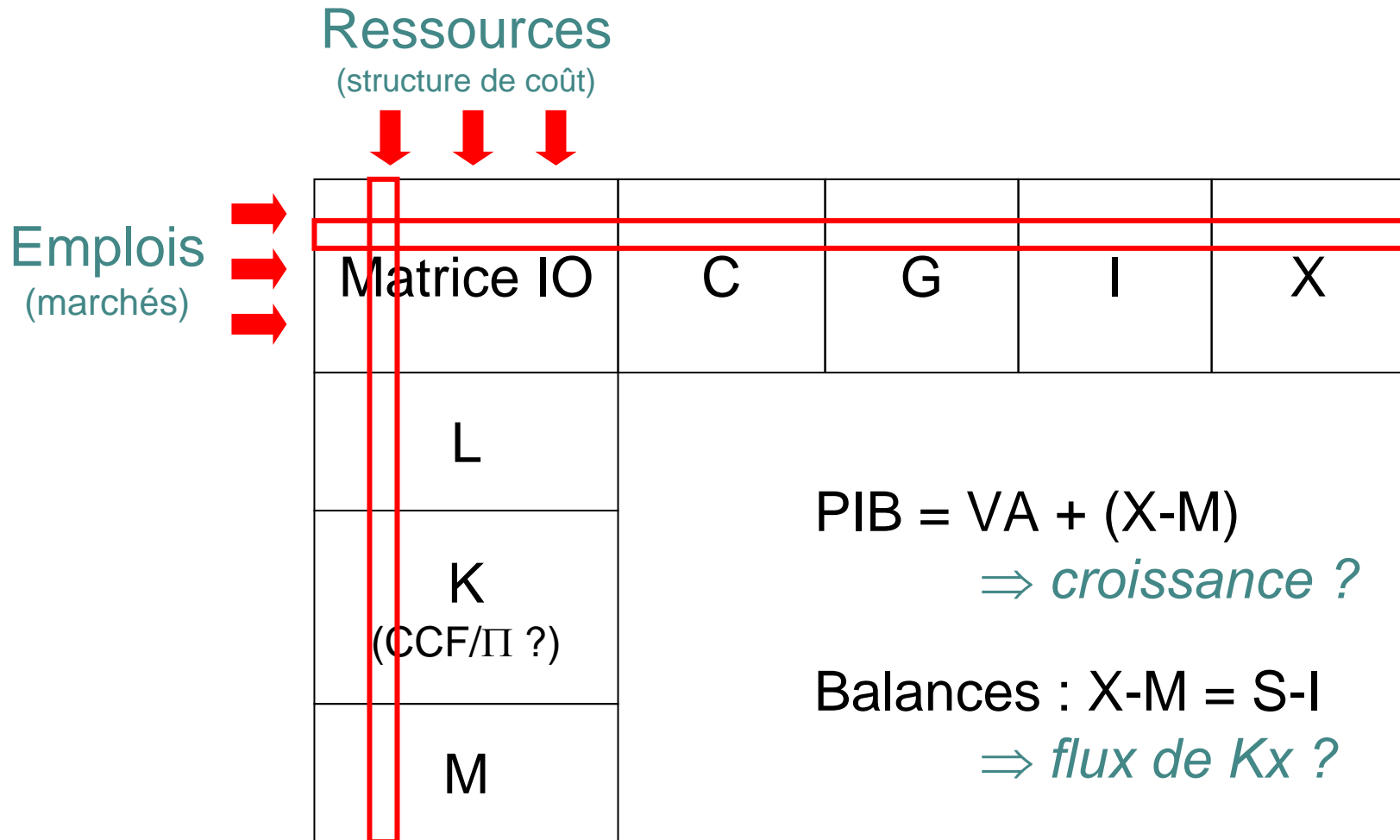
- **Points forts**

- la prise en compte des interdépendances
- les écarts coûts techniques/coûts en bien-être, coût privé ressenti/coûts sociaux
- la révélation des fausses gratuités

- **Points faibles**

- les malentendus autour de la notion d'équilibre
- description des comportements de consommation et de choix techniques
- des changements structurels svt exogènes
- des sentiers de croissance équilibrés qui masquent
  - les suboptimalités du scénario de référence
  - les coûts de transition

# Une version peu contestable de l'EG : équilibre des flux et 'conservation de la masse'



# Quand les choses se gâtent: hazards historiques et dérives sémantiques

---

- au départ (Chenery et al), un simple outil (bien utile)
  - de prise en compte de la cohérence des flux en valeur
  - De statique comparative pour les PED
- Critique des modèles keynésiens et recherche de fondements micro aux modèles macro
- Diffusion des micro-ordinateurs, du logiciel Gams ... quand la théorie pure enfin s'incarne! Et qu'on peut oublier la querelle des deux Cambridge (1955 – 1979)
- Vers une interprétation 'orthodoxe' (*équilibres de premier rang sur un sentier en âge d'or*) techniquement bien commode



# Des comportements 'bien élevés' qui facilitent les calculs mais pas le dialogue

---

- Des approximations au voisinage d'un sentier 'optimal': vive le lemme de Shephard et l'identité de Roy!
- Fonctions de production: substituabilité et « cost shares » ... quand les ingénieurs ont raison d'être sceptiques
- Fonctions demande sans effets d'induction (pb. des transports)
- Pilotage du système par les seuls « prix relatifs »
- Balance Commerciale (BC)
  - Commerce international: fonctions d'Armington, pas de coûts de transport
  - équilibrage mécanique par des flux de capitaux (FC); pas d'hypothèses comportementales

# Le lemme de Shepard dans le cas d'une Cobb-Douglas

---

- Comment on passe de

$$Q = k \cdot K^\alpha \cdot L^\beta \cdot E^\gamma$$

- À  $E(Q) = \frac{\gamma}{P_e} \left( \frac{P_k}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{s}} \cdot \left( \frac{P_L}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{s}} \cdot \left( \frac{P_E}{\gamma} \right)^{\frac{\gamma}{s}} \cdot Q^{\frac{1}{s}} \cdot k^{-\frac{1}{s}}$

- Et à  $\frac{P_e E}{C(Q)} = \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma}$

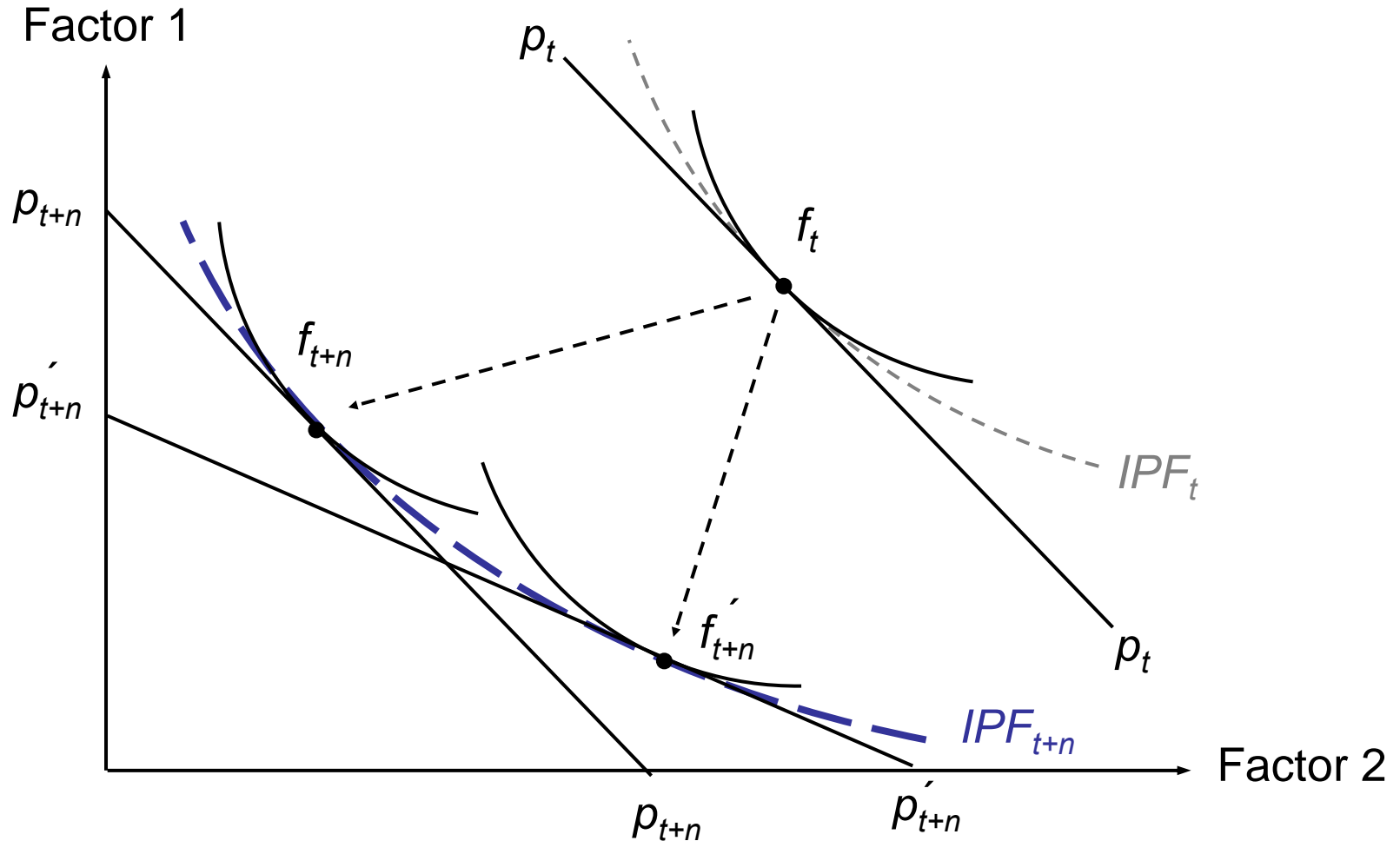
# Fonction translog (Jorgenson-Law-Christensen, 1971) ... pourquoi l'EPA l'aimait bien

---

$$\frac{p_i E_i}{C(p \cdot Q)} = \alpha_i + \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} \ln p_j + \beta_i \ln Q$$

- Un comportement très pratique pour qui veut des stratégies agressives de découplage
- Mais qui peut amener à **transgresser les lois de la thermodynamique**

# Des fonctions de production aux frontières d'innovation?



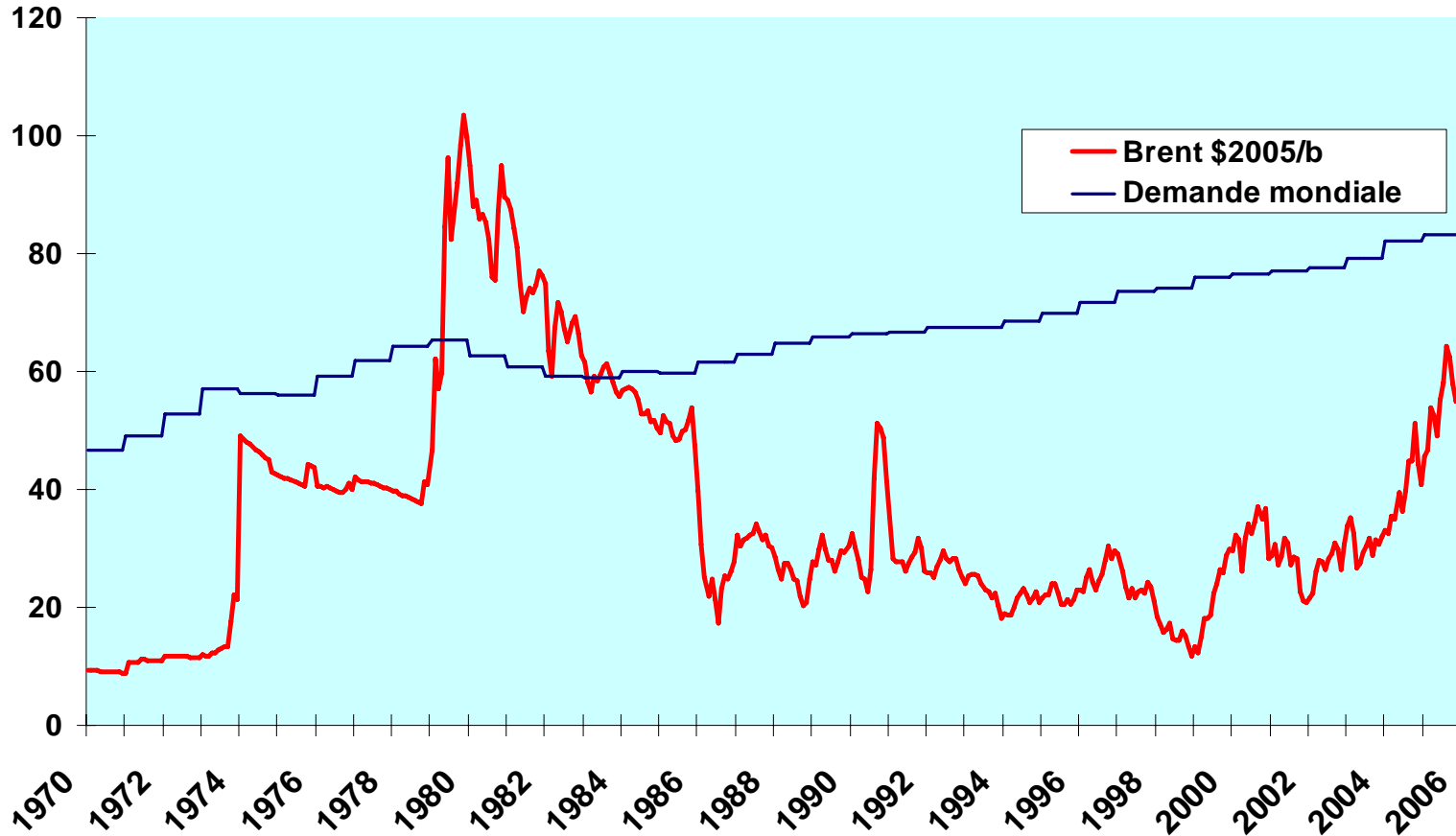
# Des coefficients 'calés' ou déterminés économétriquement?

---

- La 'révolution Granger': une capacité prédictive au prix de liaisons causales adossées sur la théorie
- Demande Marshallienne vs demande Hicksienne : quand on n'observe pas ce qu'il faudrait observer
- Le théorème Debreu-Mantel-Sonnenschein : quand l'équilibre général brouille le jeu
- Vous êtes sûrs d'avoir tous les prix qu'il faut dans votre modèle économétrique?
- Et si l'évolution des prix de l'énergie n'était que du bruit ?

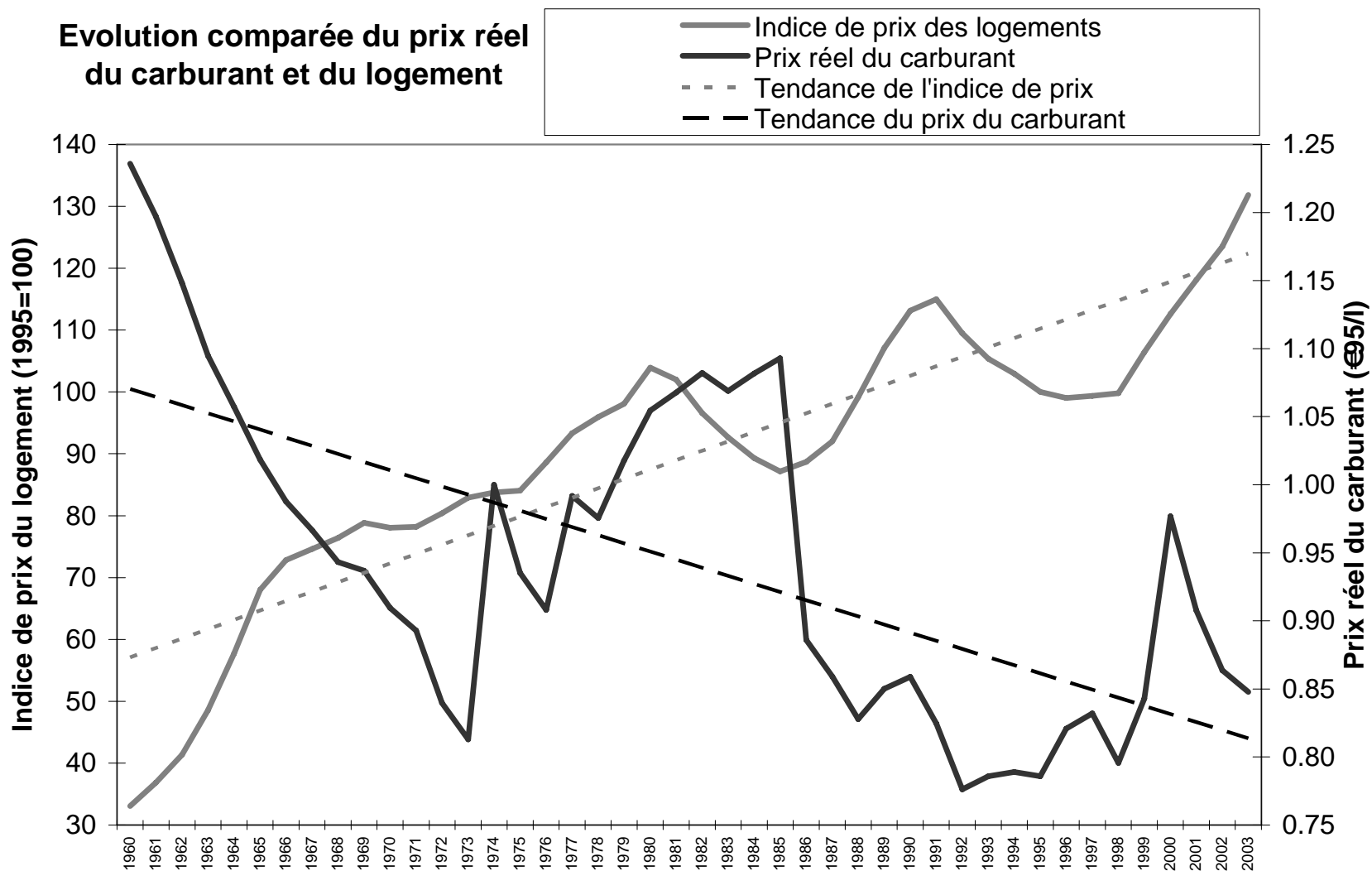
# Trajectoire des prix du pétrole; une volatilité qui ne doit rien aux “alea”

\$<sub>2005</sub>/b ou Mb/d



Sources : AIE, Bloomberg, Total

# Prix des logements et des carburants (France 1960- 2003)



# Et pourtant Solow avait bien dit

---

« [...] total-factor-productivity calculations require not only that market prices can serve as a rough-and-ready approximation of marginal products, but that aggregation does not hopelessly distort these relationships [...] over-interpretation is the endemic econometric vice »

*in Solow RM. (1988) « Growth Theory and After », American Economic Review  
78(3), 307-317*



# Et pourtant Solow avait aussi dit

---

- « This 'Wrinkle' is acceptable only at an aggregate level (for specific purposes) and implies to be cautious about the interpretation of the macroeconomic production functions as referring to a specific technical content »

*in Solow RM. (1988) « Growth Theory and After », American Economic Review*

*78(3), 307-317*

## Et encore ....

---

- Economic cycles are not optimal responses to random shocks around an optimal pathway
- Progress in growth theory requires to better capture the evolution of the structure of final demand

# Se résigner à une simple division du travail entre « modelling tribes »?

---

- lorsque les horizons temporels s'allongent
- lorsque la métaphore du ragoût « Eléphant –Lapin » (Manne) n'est plus tenable
- il y a risque que
  - les systèmes techniques projetés ne puissent être sous-tendus par une économie cohérente
  - les économies projetées ne correspondent à aucun système technologique plausible

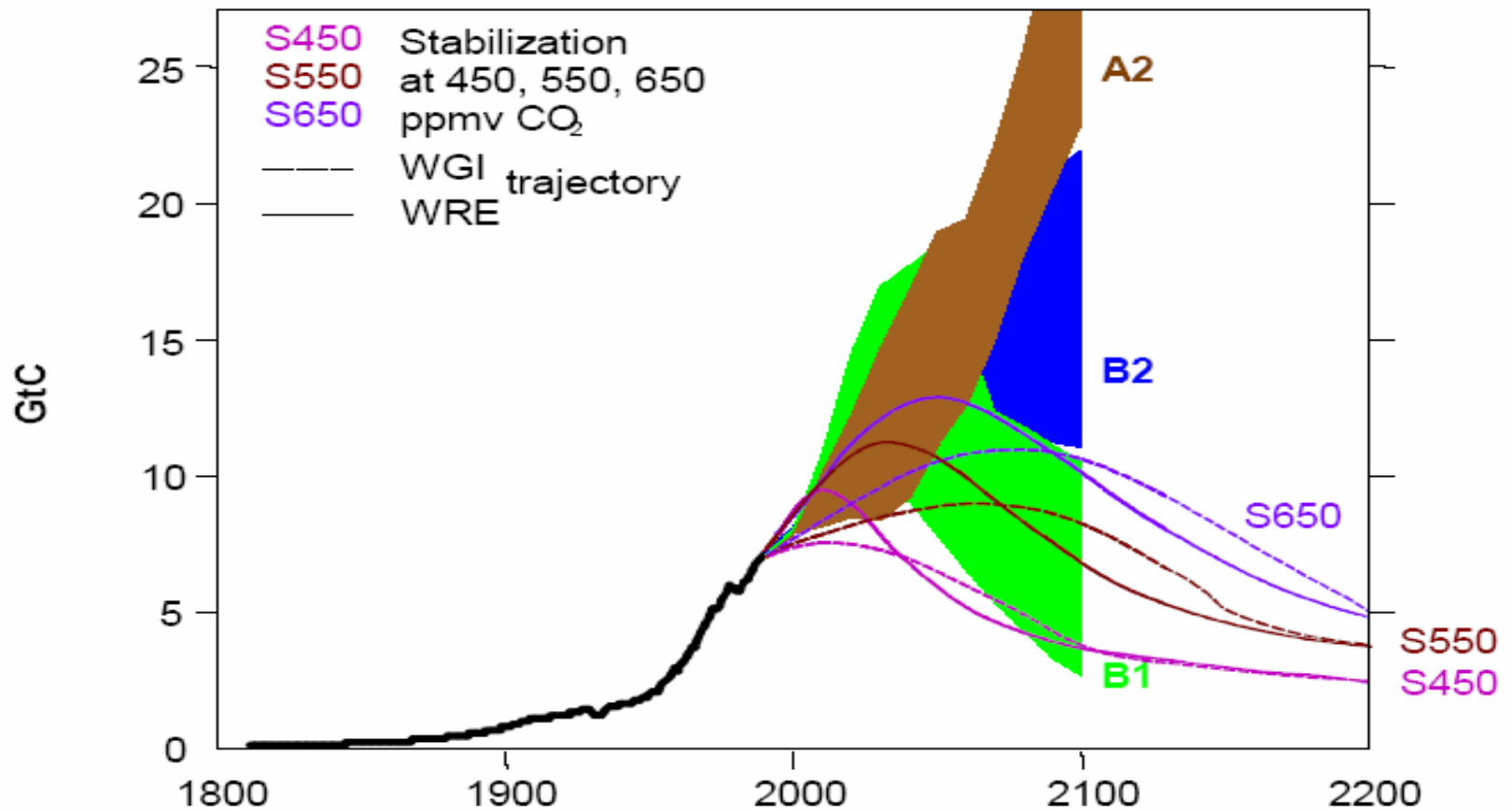
# De la fin de l'ambition du « best guess » aux joies de la combinatoire libre?

---

$$E_{CO_2} = POP \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot \frac{Energie}{PIB} \cdot \frac{E_{CO_2}}{Energie}$$

# Les leçons des SRESS : les pièges de l'explosion combinatoire

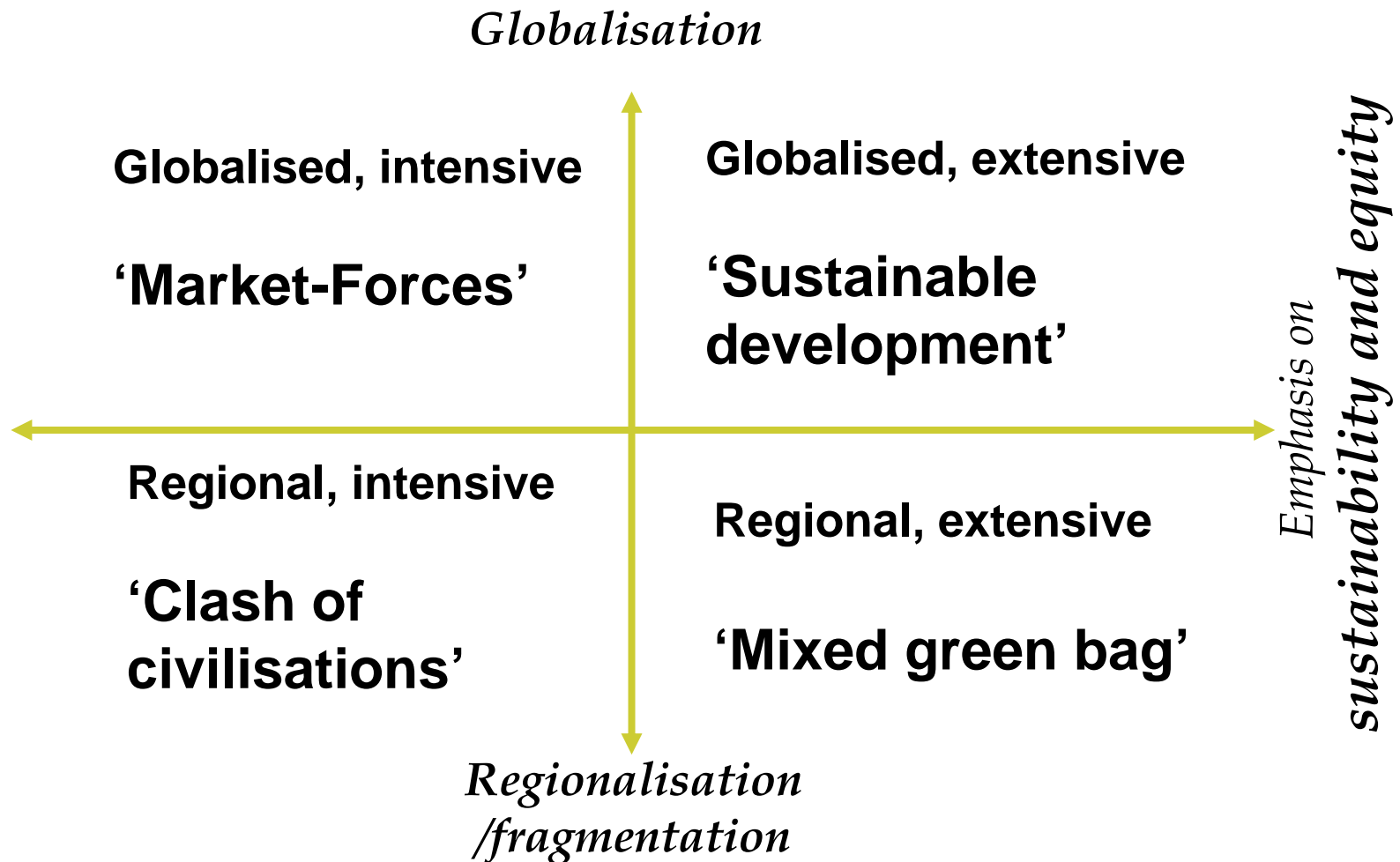
---



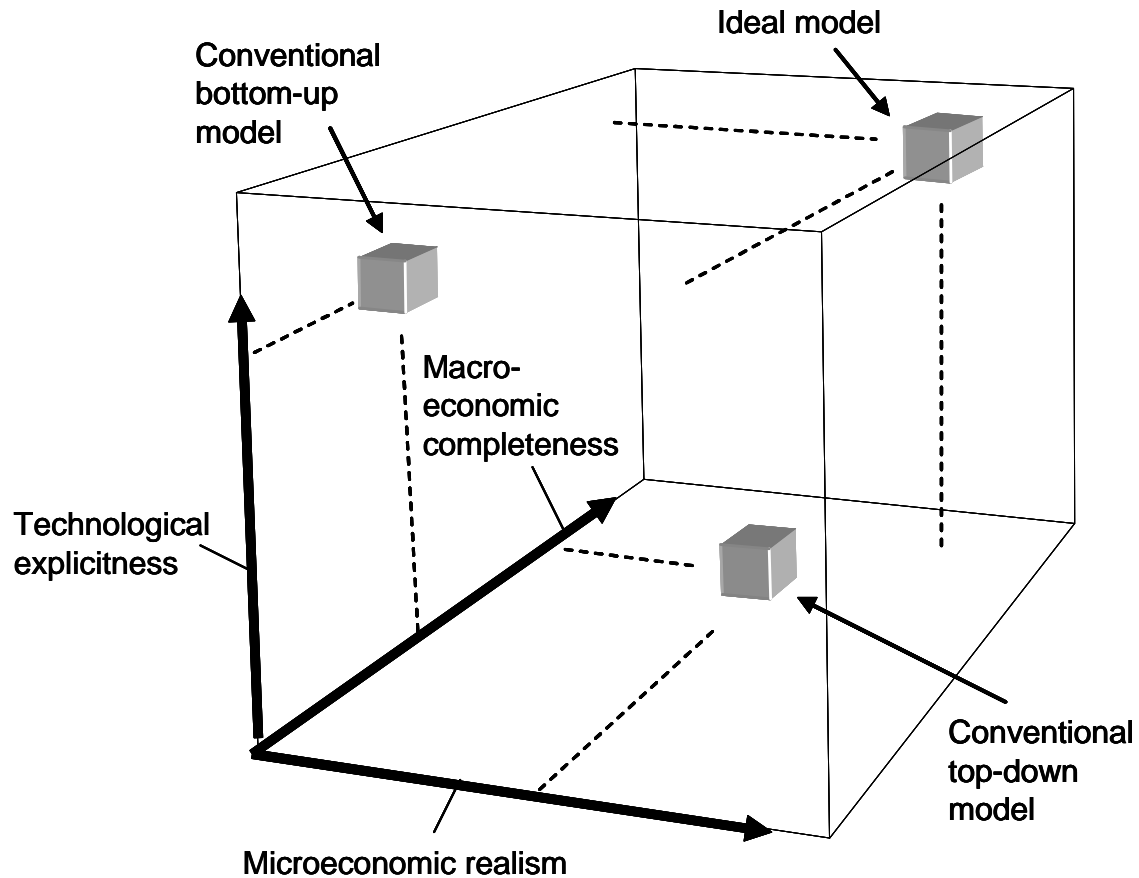
Source : IIASA, Nakicenovic

# Des 'récits' faute de mieux: entre croyances sur l'économie de marché et les styles de vie

---



# Pour résumer .....



**Edmonds Reilly**

AIM  
MiniCam  
ASF  
WEM  
TIMER  
IPAC  
PETRO

*Simulation équilibre partiel*

SGM  
Imaclin-R

*Equilibre général récursif*

**GREEN**

EPPA  
AMIGA  
GEMINI-E3  
WORLDSCAN  
GTEM

EDGE  
WIAGEM

E3MG

**MARKAL**

MESSAGE  
GET  
TEESE  
LEAP  
LDNE  
New Earth 21

*Optimisation du système énergétique*

**Global 2100**

MARKAL MACRO  
MESSAGE MACRO  
MERGE  
CETA  
DNE21  
MARIA  
GRAPE

**DICE**

RICE  
RICE-FEEM  
DEMETER  
ENTICE(-BR)  
Connecticut Model  
COMBAT  
Khana Chapman  
MIND

*Croissance optimale*





CENTRE  
INTERNATIONAL  
DE RECHERCHE  
SUR L'ENVIRONNEMENT  
ET LE DÉVELOPPEMENT

## 2. Imaclim – R: un essai de réponse

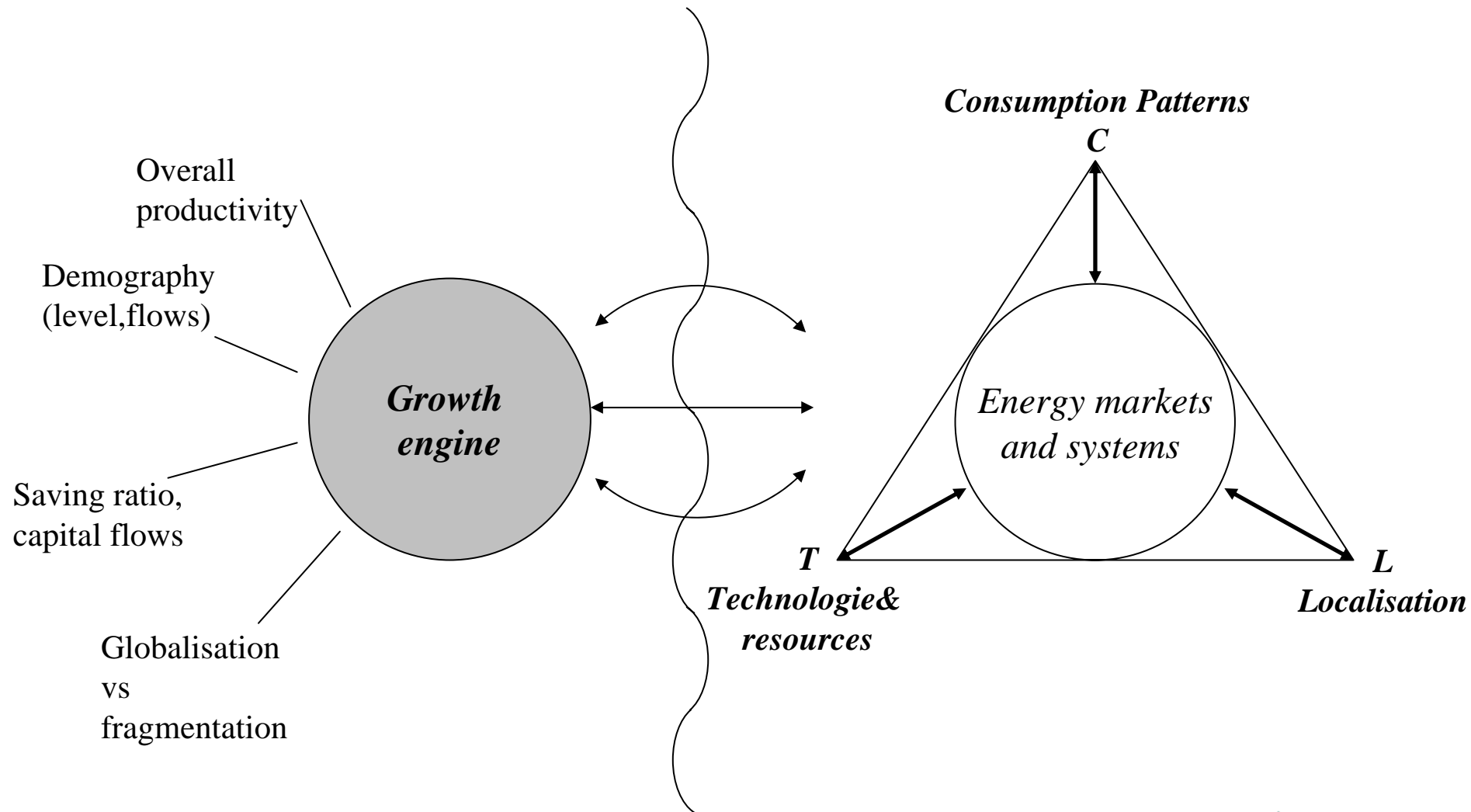
**C.I.R.E.D.** UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE  
EHESS ET CNRS - UMR 8568  
JARDIN TROPICAL  
45 BIS AVENUE DE LA BELLE GABRIELLE  
94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX - FRANCE

# Imaclim: a program based on four diagnosis on the limits of the current state of the art has to be complemented

---

- Better consistency of the dialogue between **macro-economists and sector-based expertise** (pending theoretical and computational difficulties)
- **Transition costs are critical** (the trap of a few % GDP loss along a steady state pathway)
- **Infrastructure dynamics** have to be better represented to capture both **inertia** and the interplay between demand and supply of **transportation**
- A **macroeconomy** with possible **disequilibrium mechanisms** due to the interplay between inertia, imperfect foresights and 'routine' policy behaviors

# What would we like to represent?

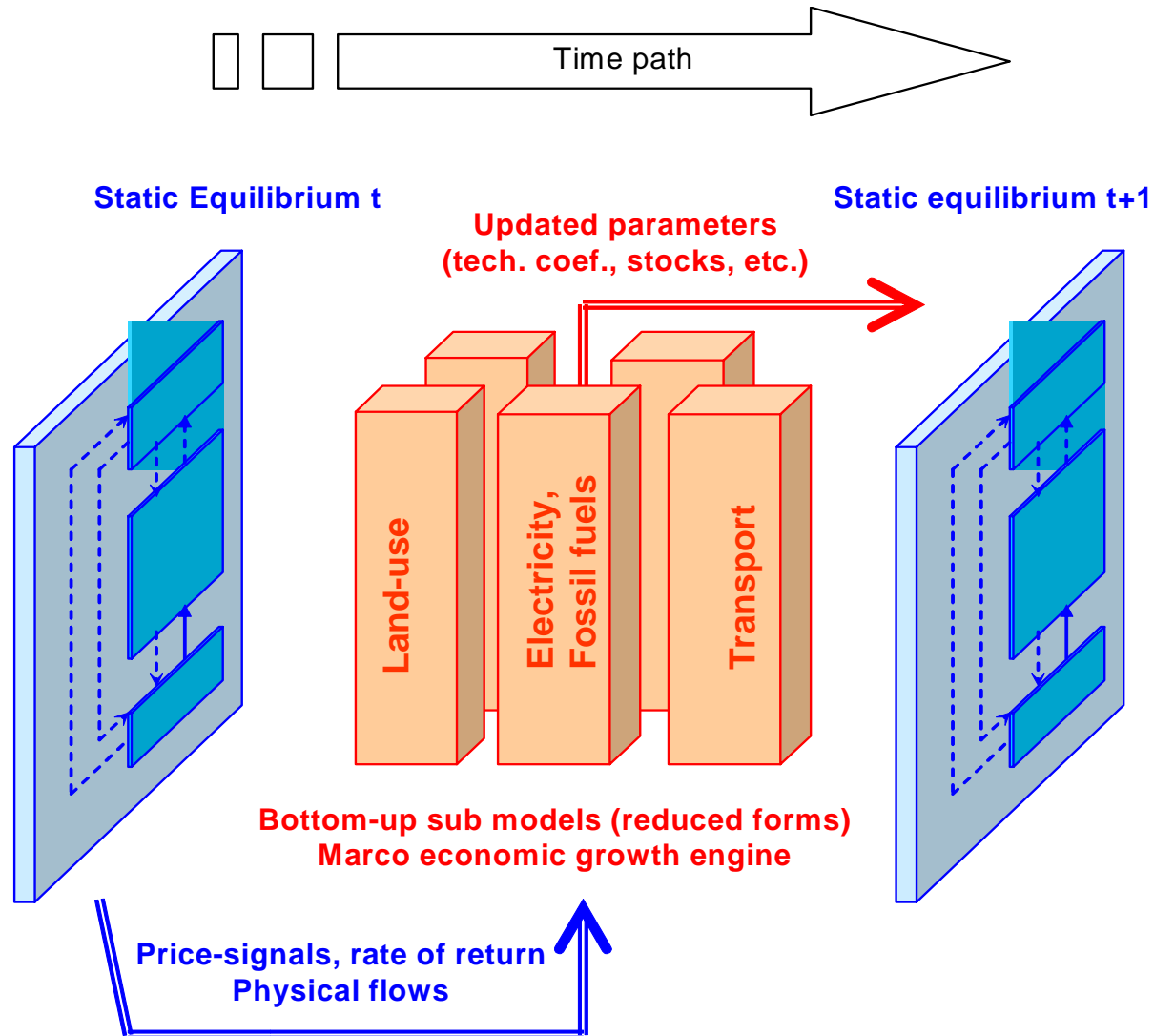


# Main modelling principles

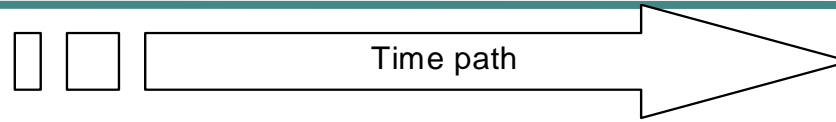
---

- An **hybrid modelling** in physical and money flows so as to
  - secure the dialogue with sector - based expertise (drivers of the dematerialisation of the economy, sources of technical inertia, technical asymptotes in efficiency gains)
  - overcome the PPP vs MER difficulty (back to Debreu's dual representation)
- A **growth engine with disequilibrium ...**
  - With imperfect foresight and routine behaviours
  - With energy (and other) price cycles
  - Allowing for structural imbalances (indebtedness, unemployment and informal economy) and endogenous shocks
- In which structural changes and the pace and direction of TC are **endogenized** linkages so that the impact of various development patterns can be discussed

# A recursive and modular architecture: static equilibria + dynamic relations informed by sector based expertise



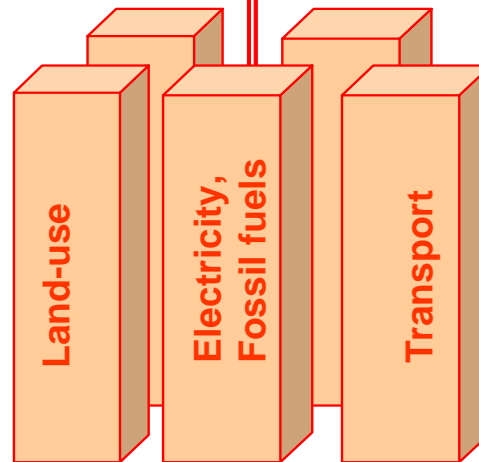
# A recursive and modular architecture: static equilibria + dynamic relations informed by sector based expertise



Static Equilibrium  $t$

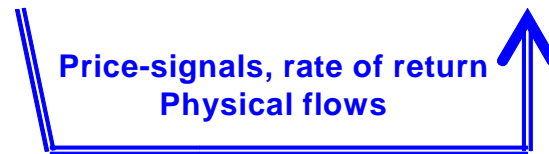
Static equilibrium  $t+1$

Updated parameters  
(tech. coef., stocks, etc.)

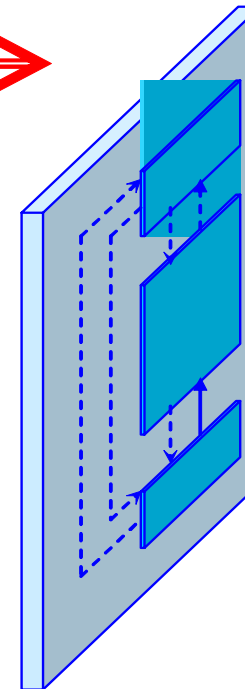
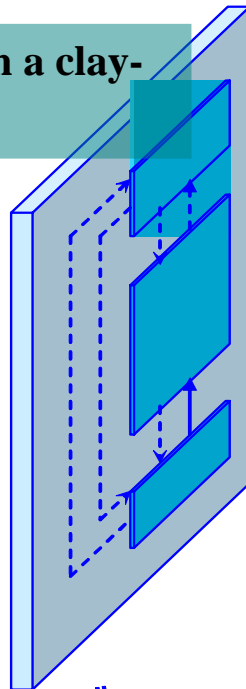


Bottom-up sub models (reduced forms)  
Marco economic growth engine

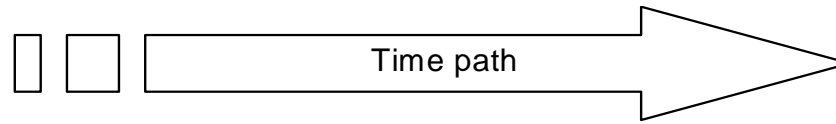
Price-signals, rate of return  
Physical flows



Static equilibrium in a clay-clay world



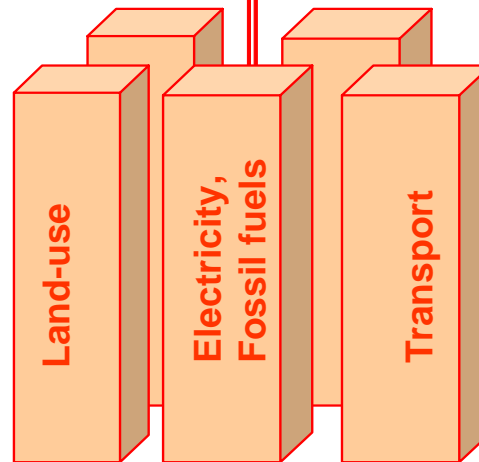
# A recursive and modular architecture: static equilibria + dynamic relations informed by sector based expertise



Static Equilibrium  $t$

Static equilibrium  $t+1$

Updated parameters  
(tech. coef., stocks, etc.)



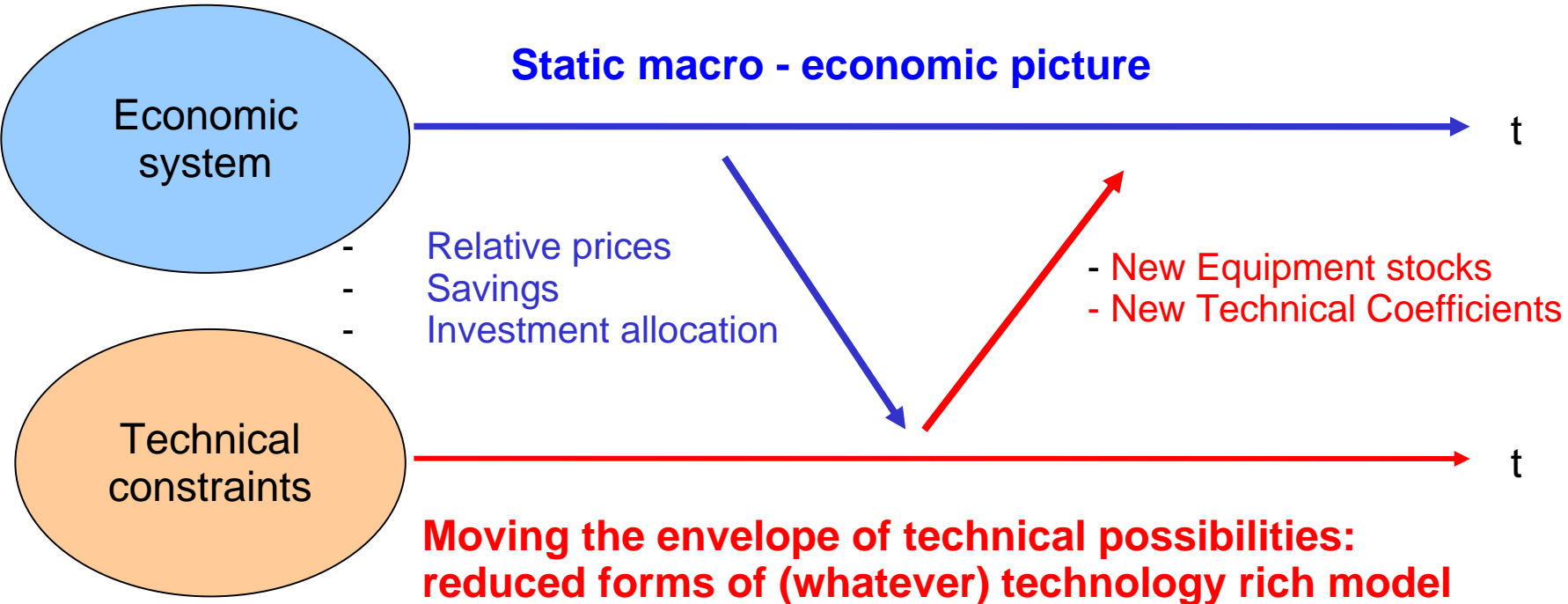
Bottom-up sub models (reduced forms)  
Marco economic growth engine

Price-signals, rate of return  
Physical flows

Moving the production frontier, back to a  
'putty' world

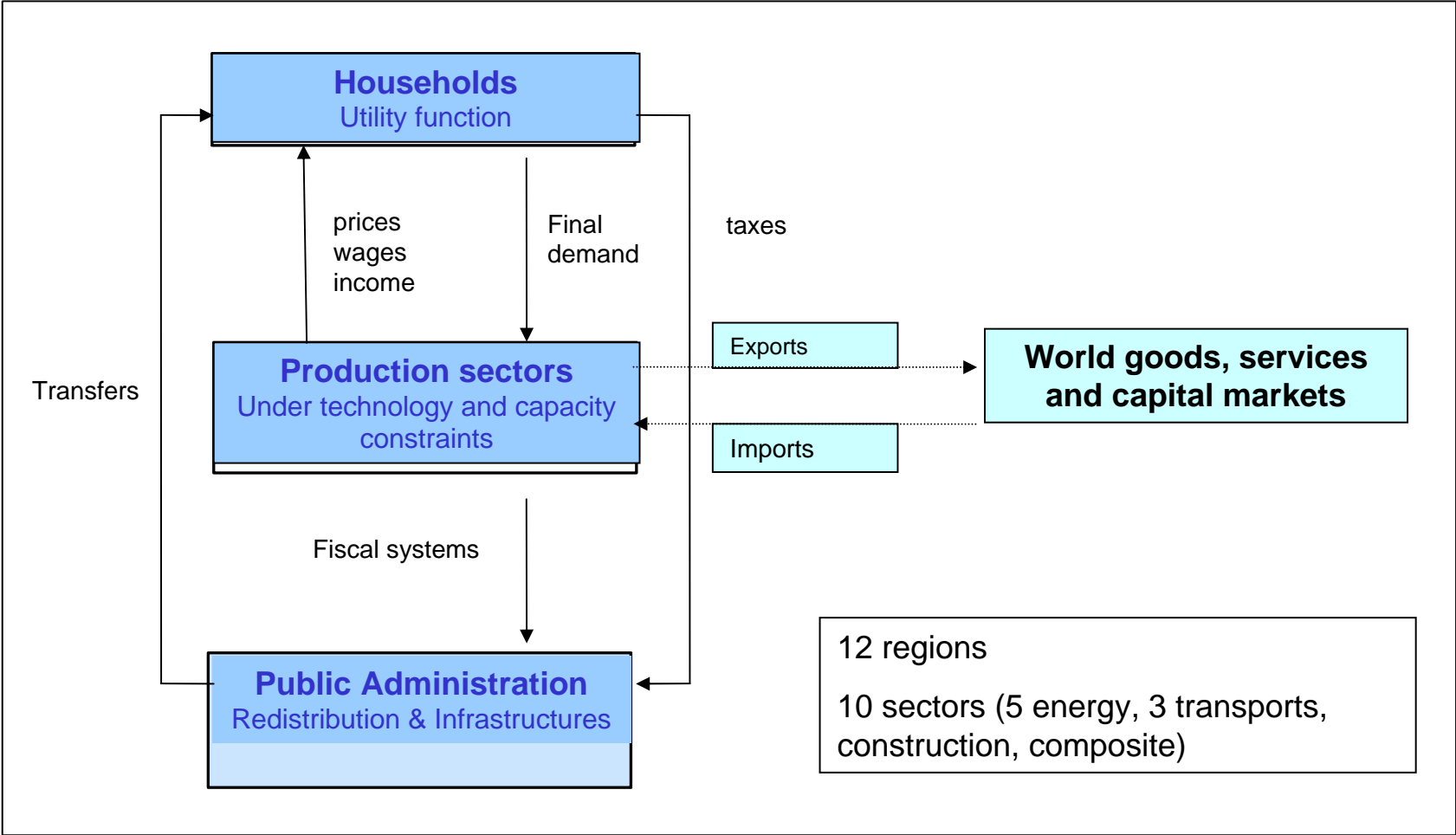
Static equilibrium in a clay-clay world

# Consistency between economic and engineering based information: away from the constant elasticity constraint

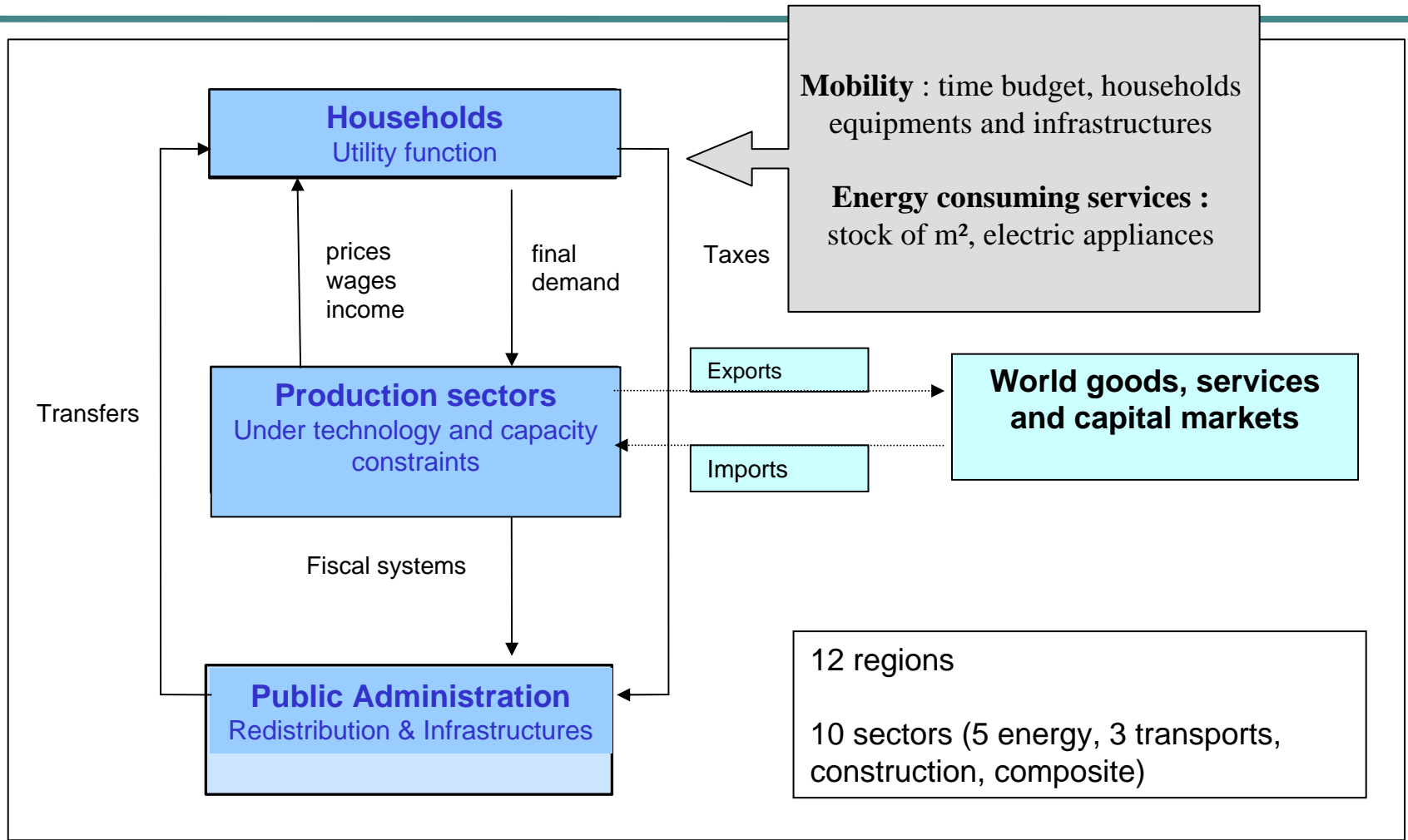




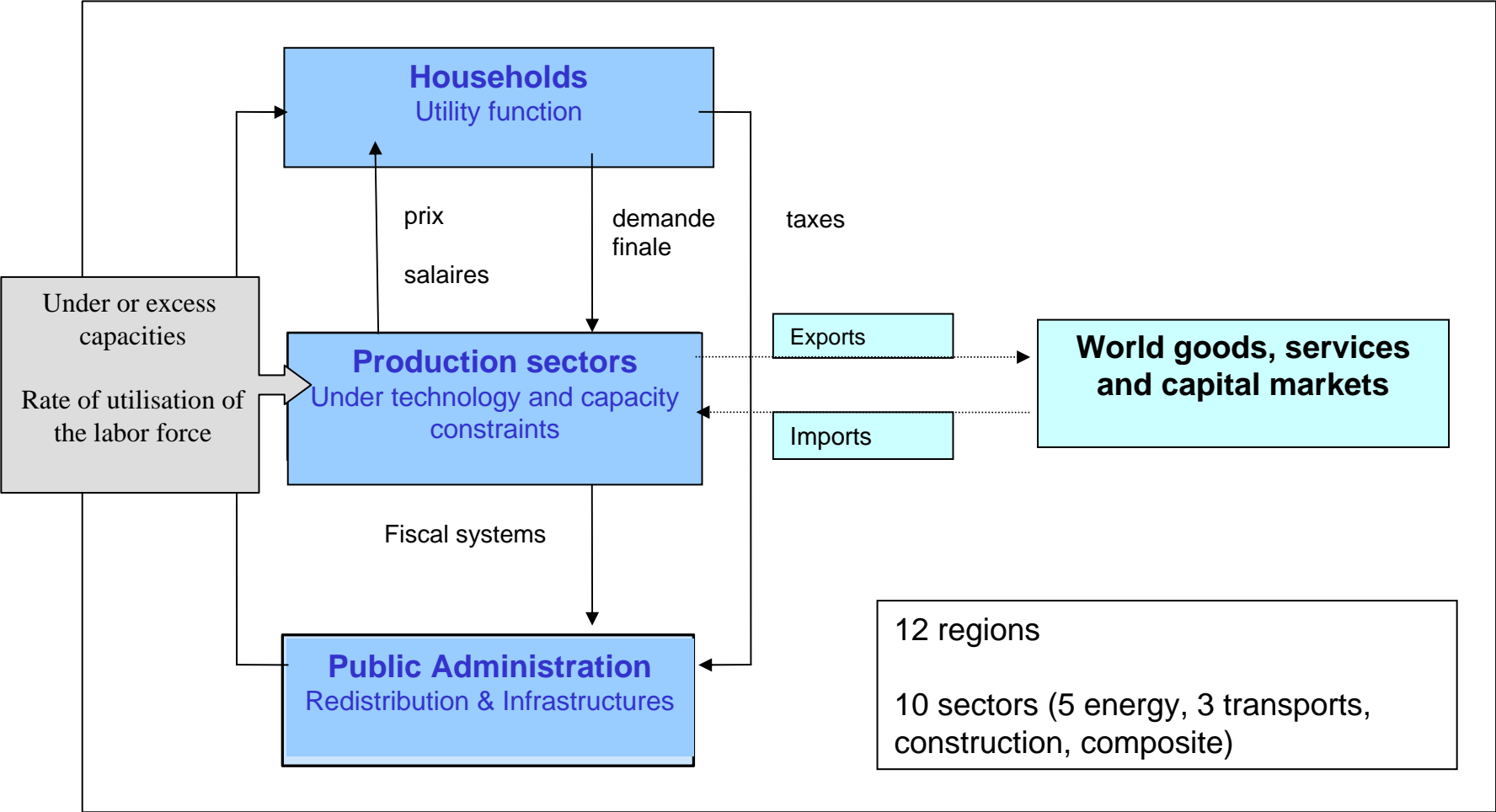
# Static equilibria in a clay-clay world and under routine micro and macro behaviors



# Static equilibria in a clay-clay world and under routine micro and macro behaviors



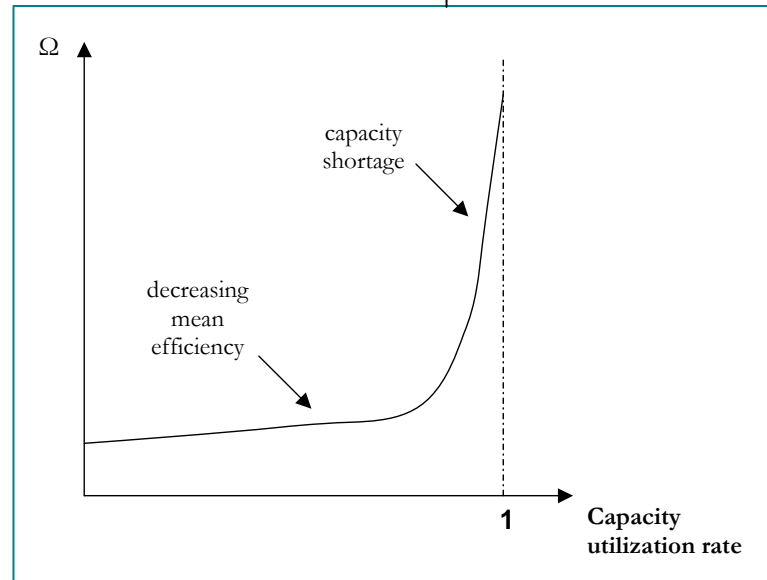
# Static equilibria in a clay-clay world and under routine micro and macro behaviors



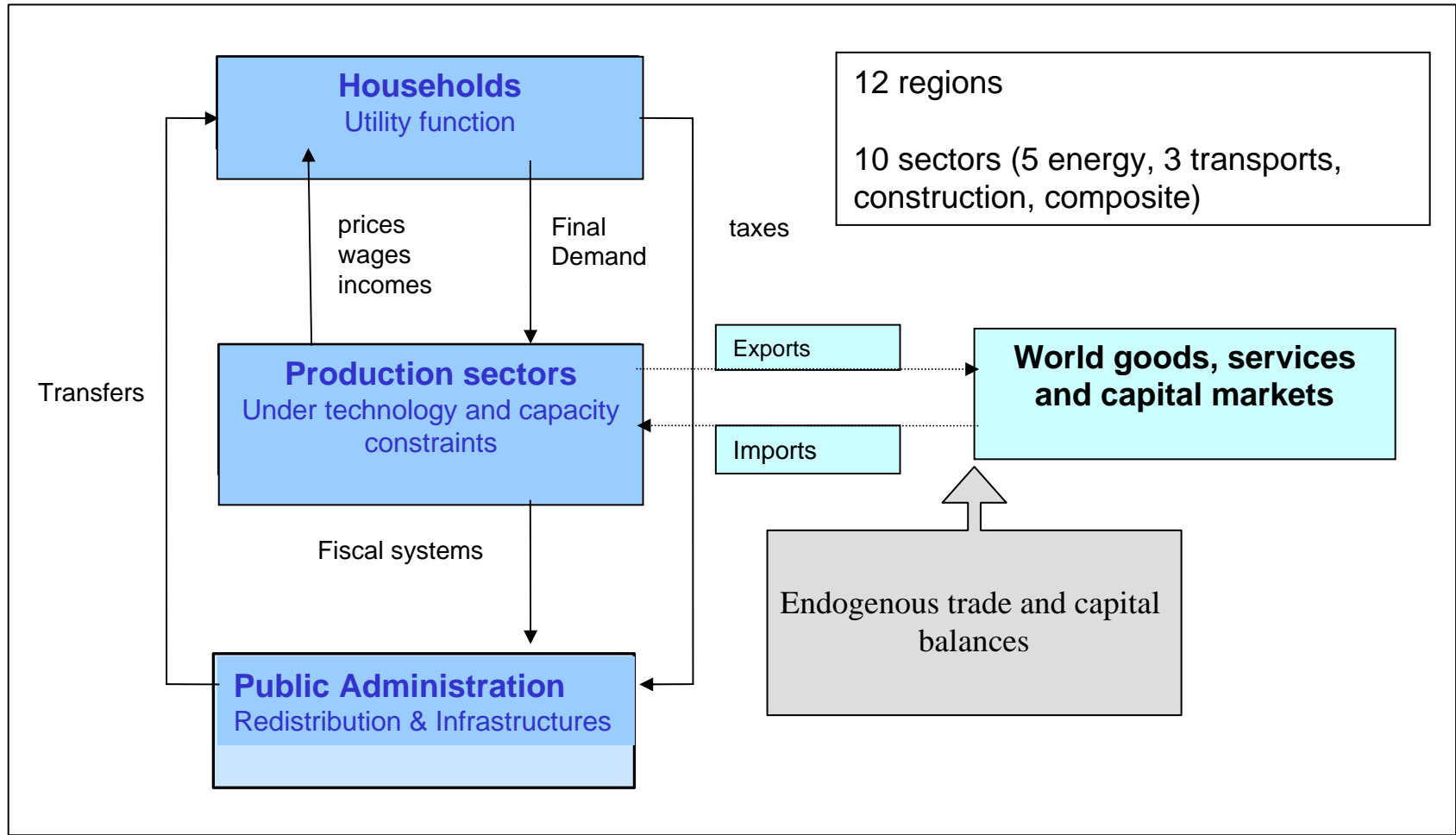
# Capacity constraints, price formation and investment dynamics

## ➤ Unitary production cost

$$Cm_{k,i} = \sum_j pArmCI_{j,i,k} \cdot CI_{j,i,k} + (\Omega_{k,i} \cdot w_{k,i}) \cdot l_{k,i} \cdot (1 + tax_{k,i}^w) + \frac{k_{k,i} \cdot P_{k,i}^K}{Q_{k,i}}$$



# Équilibre statique sous contraintes



# What Growth Engine? A potential growth

---

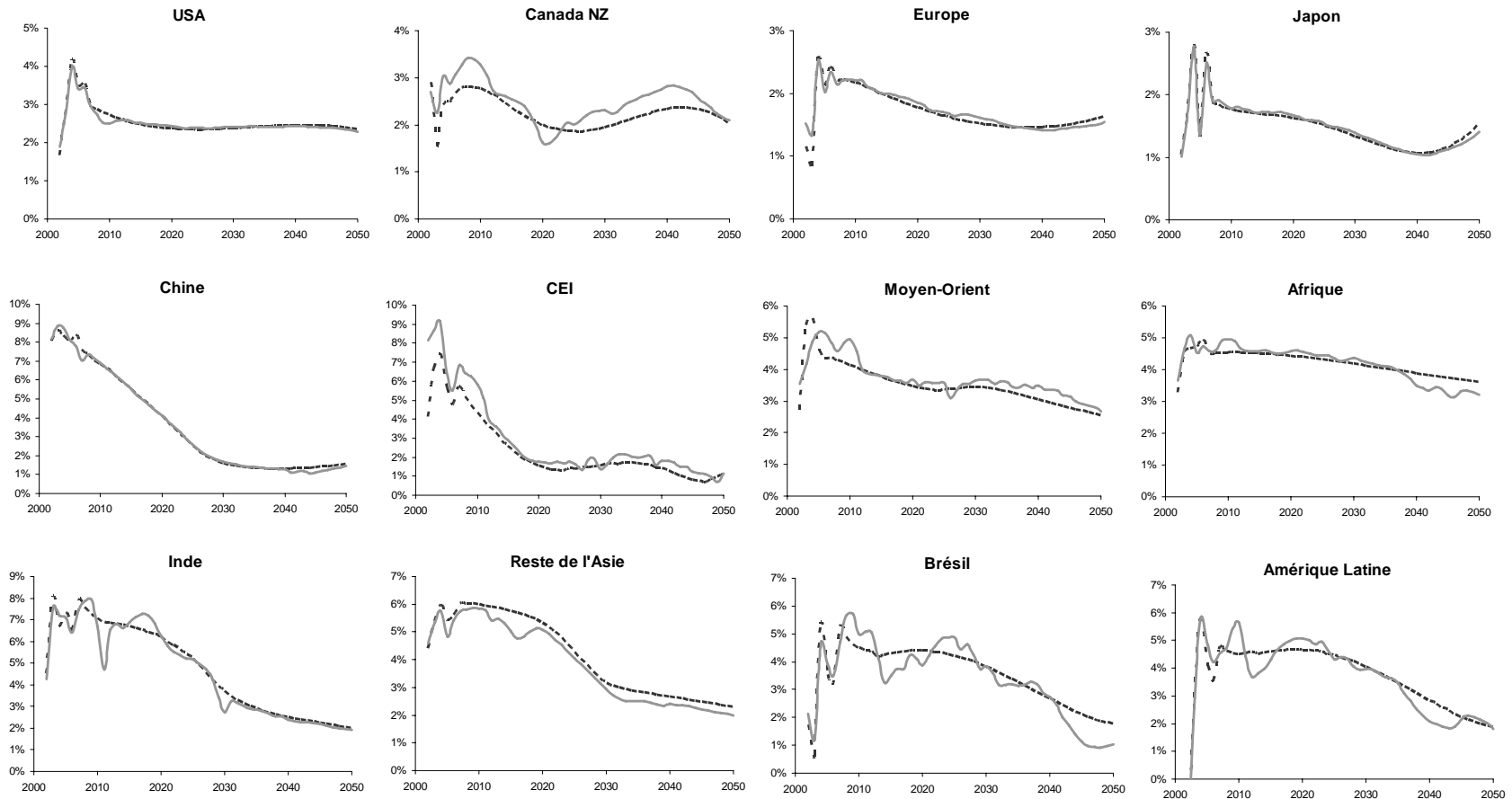
- A **potential growth** the drivers of which are:
  - Demography (pyramid of age)
  - Saving rates (derive from demography through the Ingenu model)
  - Catching up assumptions about labor productivity
- An **Endogenous Structural Change** induced interactions between demand and supply, and ITC mechanisms

# Gaps between potential and real growth

---

- Evolution of the **market shares** in the domestic and world markets
- **Endogenous Capital flows:**
  - Public policies determine a level of domestic re-investment
  - An international pool collects the remainder and re-allocates it in function of returns on investment and country-risk
- **Desired amounts of investments** derived from imperfectly expected increases of future demand and profitability
- **Terms of trade** evolve in order to keep the **exterior balance in equilibrium** (to be changed in the next version)
- **Endogenous transitional disequilibrium** with phases of over and under production capacities with related price cycles

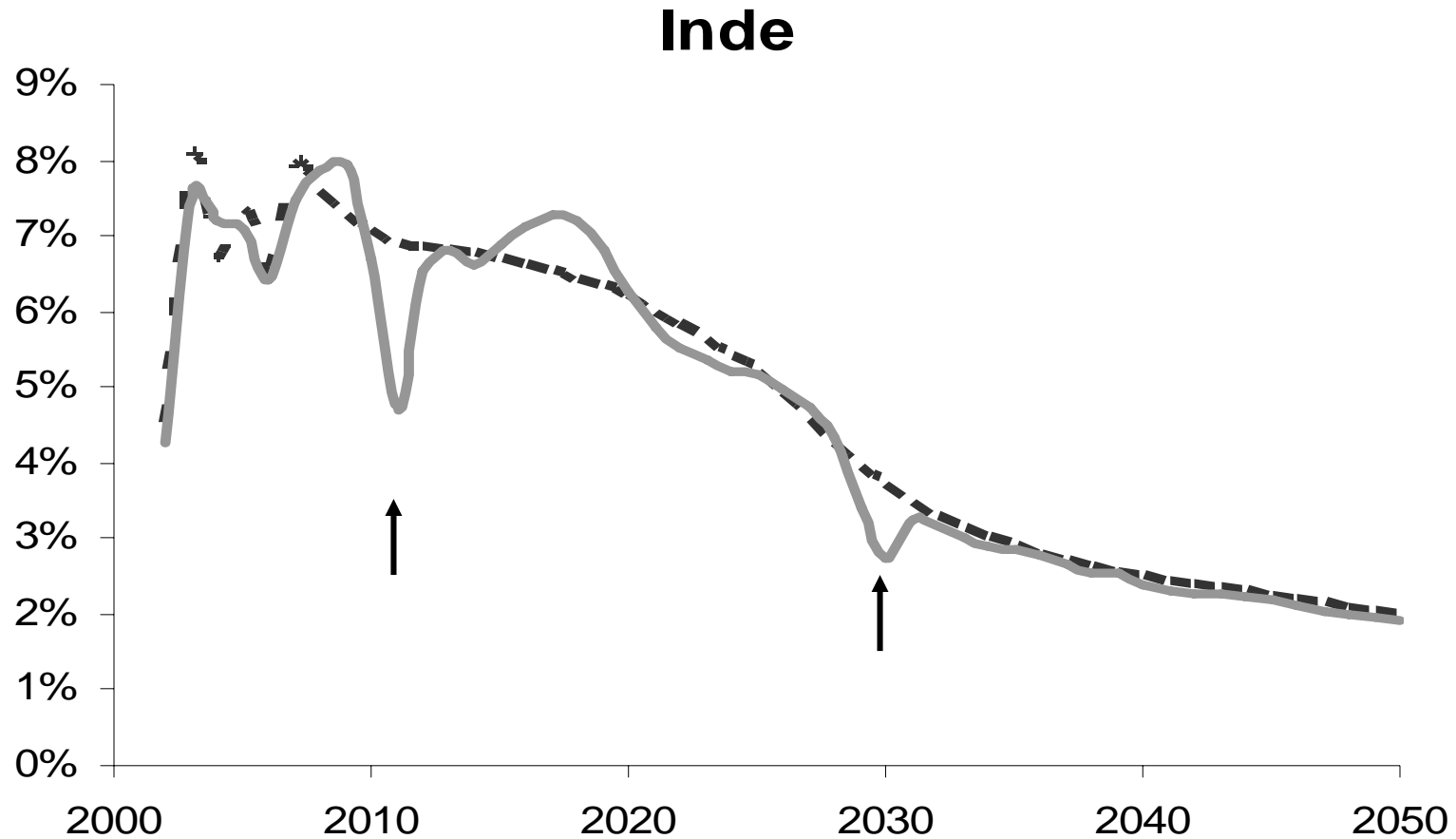
# Potential and real growth rates in no friction scenarios



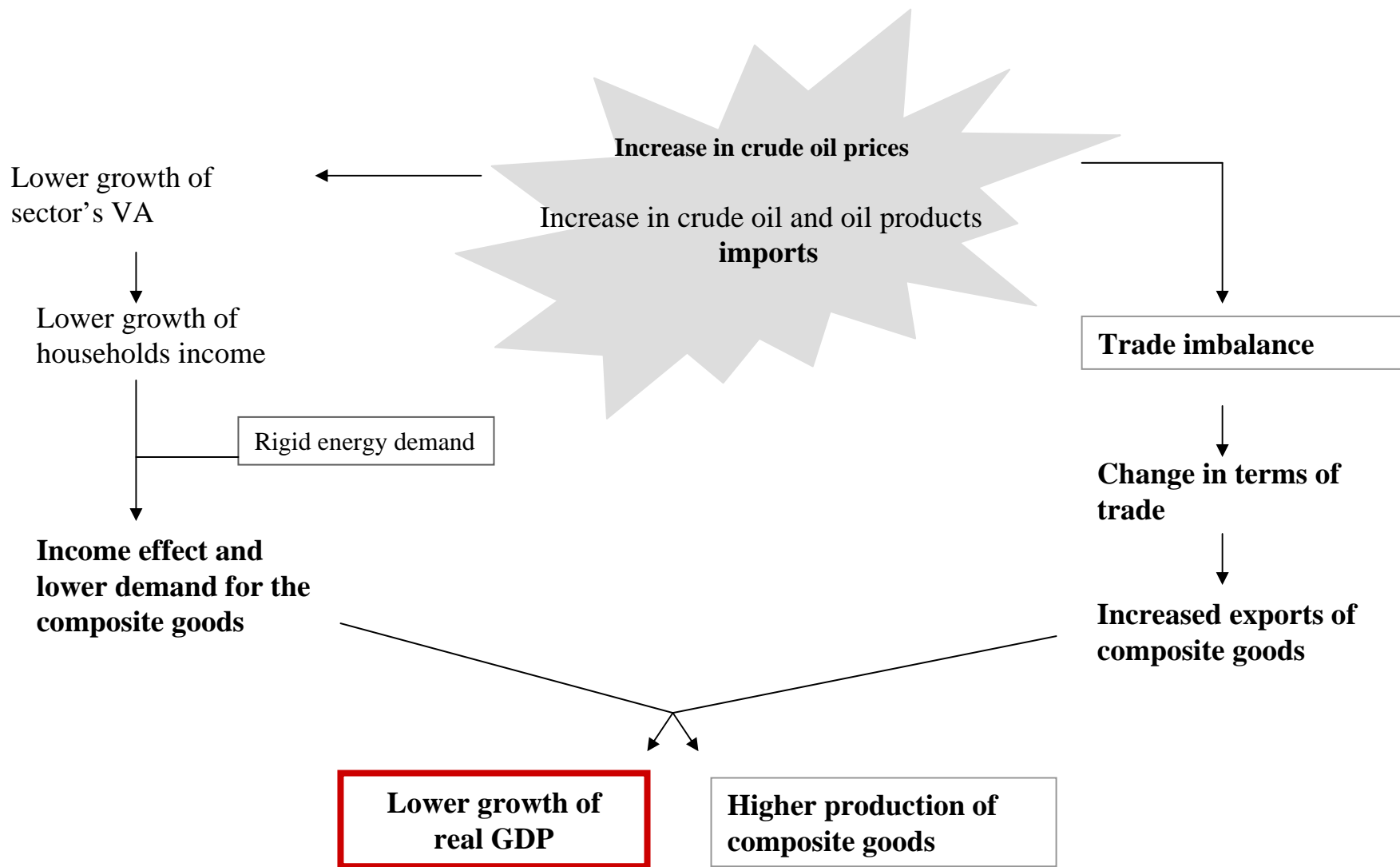
..... Croissance potentielle (Pop+Productivité) — Croissance réelle



# Un exemple de déséquilibre transitoire



# How (endogenous or exogenous) shocks propagate?



# Capturing the rebound and induction effects of mobility demand

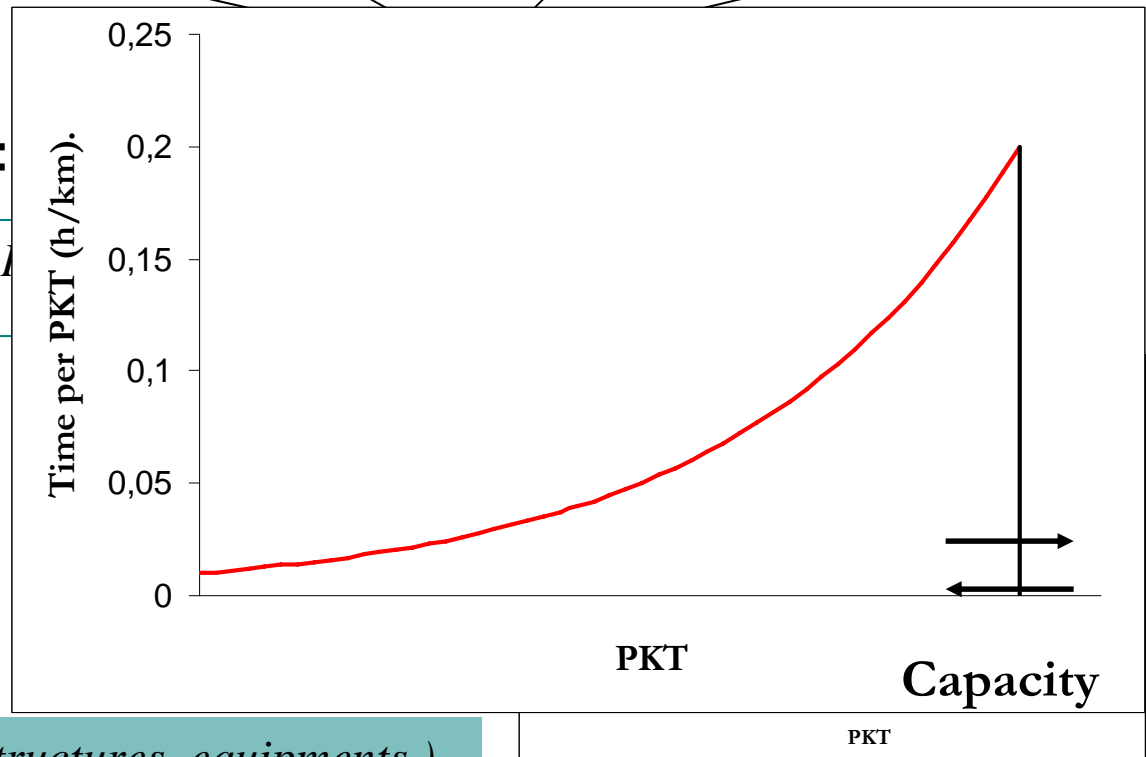
Utility maximization:  $U = \prod (C_i - bn_i)^{\xi_i} (S_j - bn_j)^{\xi_j}$

With  $S_{Mobility} = CES \left( PKT_{air}, PKT_{public}, PKT_{cars}, PKT_{non\ motorized} \right)$

Under two constraints:

$$Income = \sum_i p_i \cdot C_i + p_{public} \cdot A$$

$$Tdisp = \sum_{Modes\ T_j} \int_0^{PKT_{T_j}} \tau_j(u) du$$



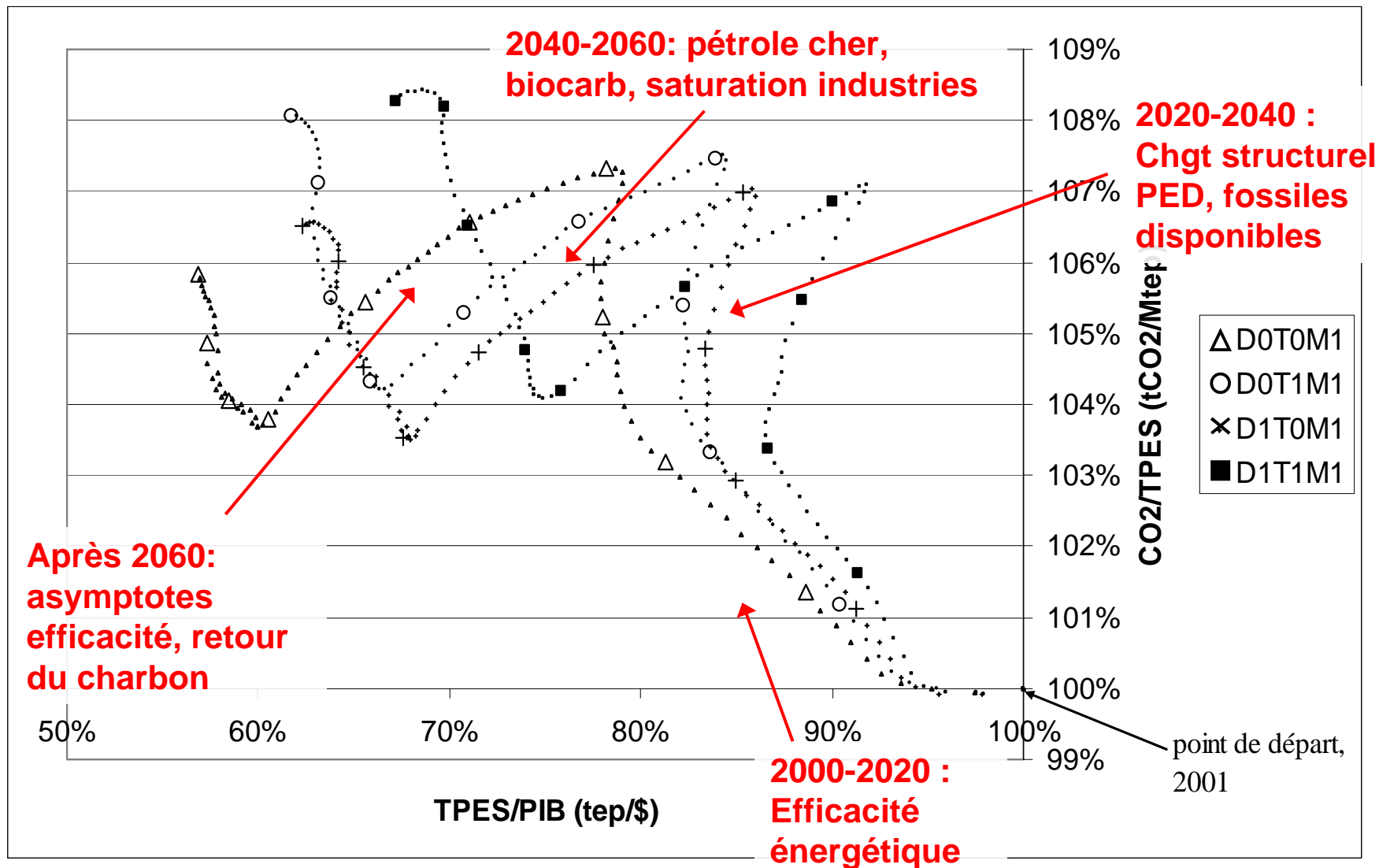
Capacity=function ( infrastructures, equipments )



CENTRE  
INTERNATIONAL  
DE RECHERCHE  
SUR L'ENVIRONNEMENT  
ET LE DÉVELOPPEMENT

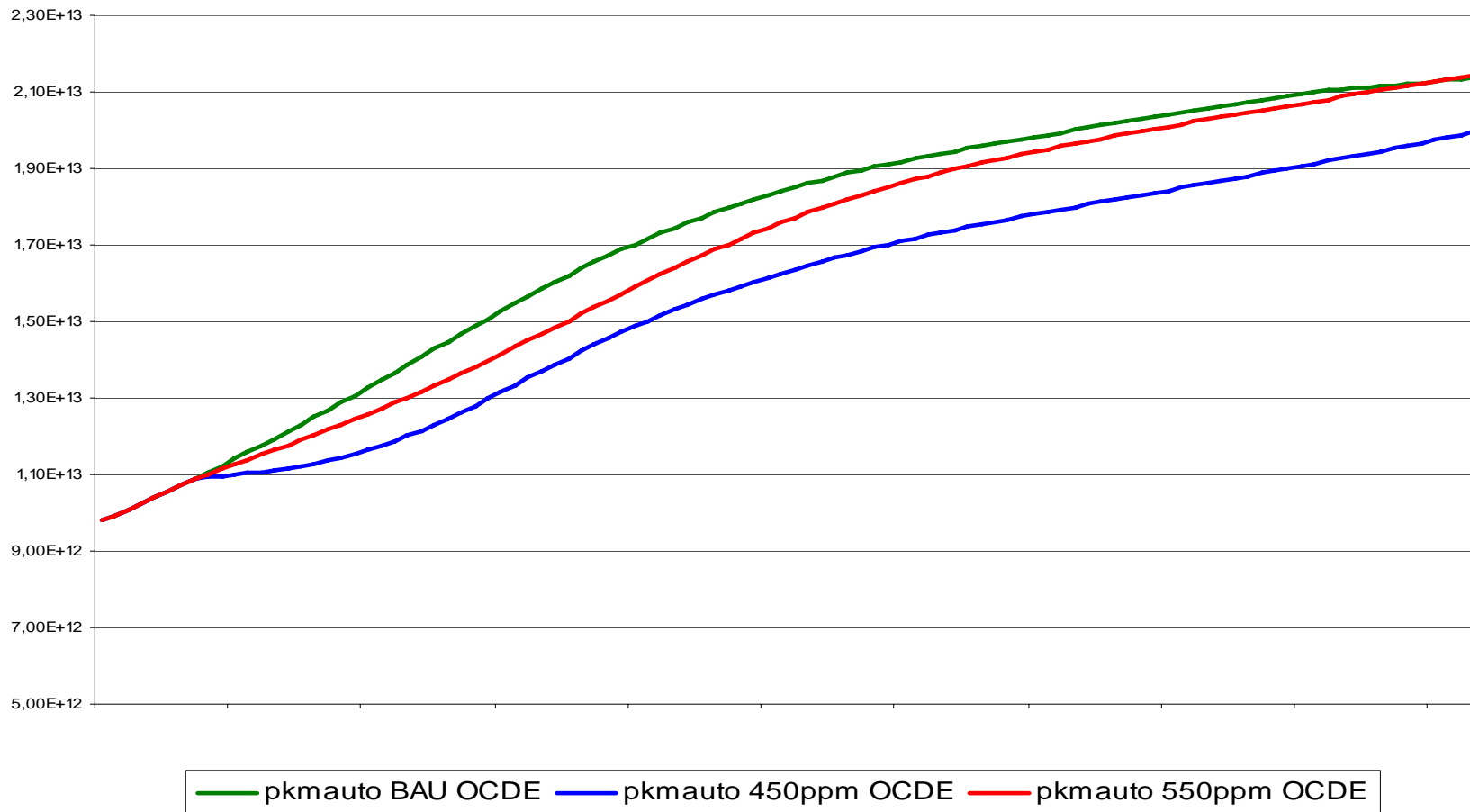
### 3. Quelques exemples de résultats intrigants

# Diagramme de Kaya : des mécanismes sous-jacents non-triviaux (scénarios ONERC-MIES)

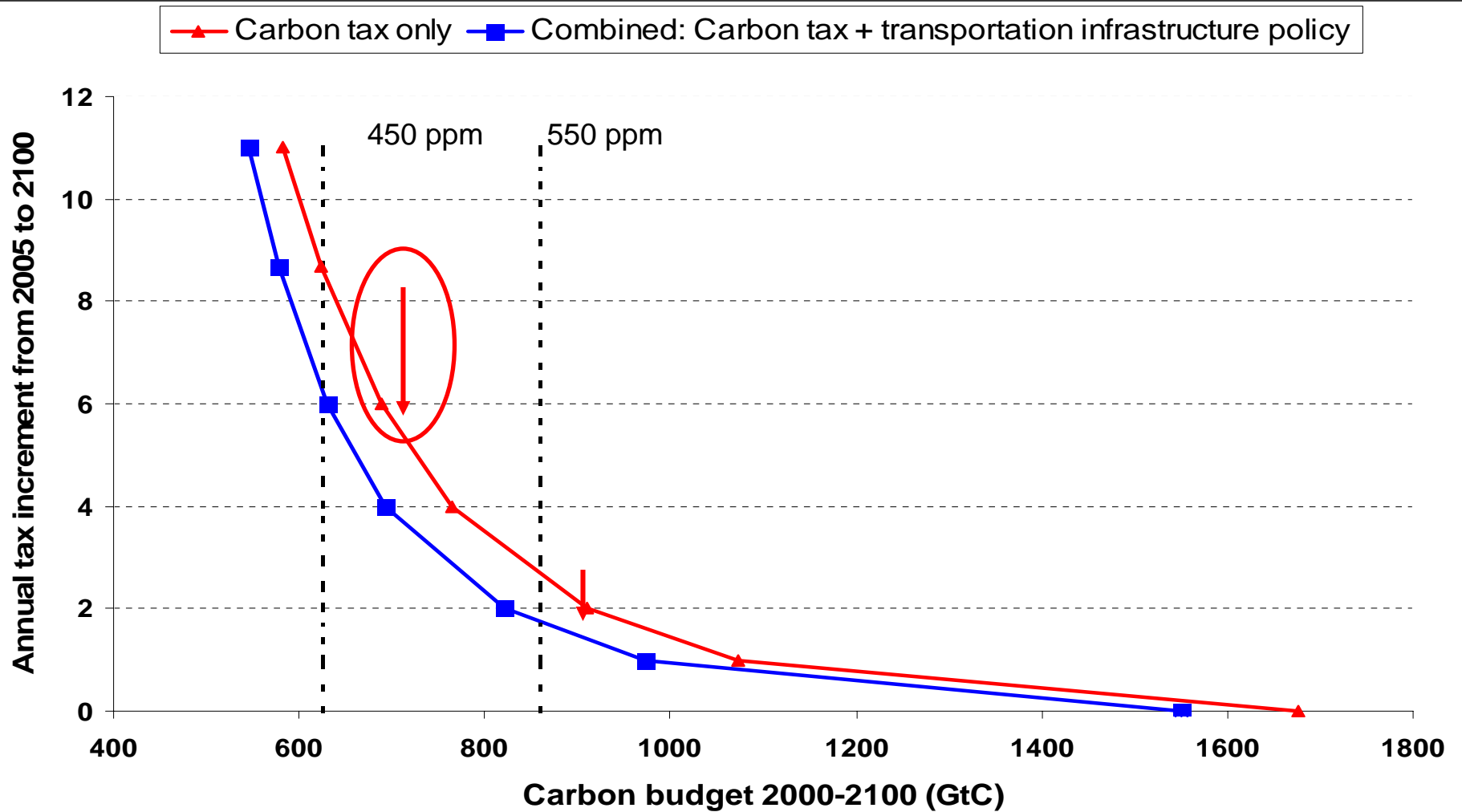


# Effet rebonds de l'efficacité énergétique sur la mobilité

Mobilité automobile OCDE



# De la nécessité de compléments aux politiques – prix du carbone



# Quand un petit coefficient ne peut être oublié ...

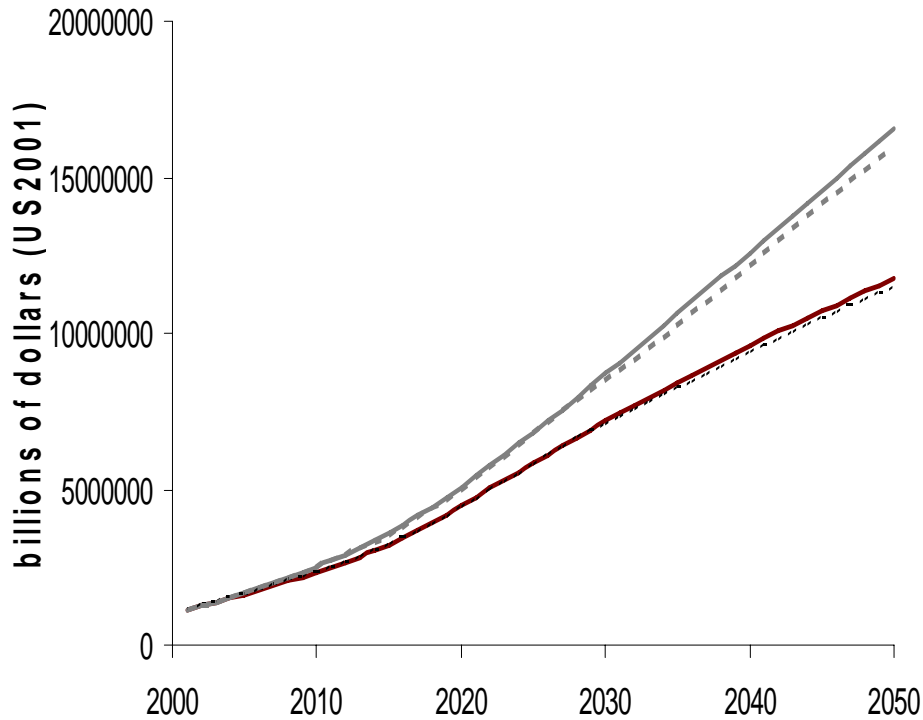
---

- **Soit des hypothèses optimistes de progrès technique en efficacité énergétique**
- **Soit un optimisme modéré sur la production de biocarburants**
- **Le coût d'une cible de 550ppm atteint**
  - 3% du PIB mondial actualisé si on fixe le contenu transport de la production de biens
  - 1% si on admet une réactivité de ce contenu au prix du carbone
- **Un retournement des tendances post WW2 est-il**  
a) nécessaire b possible?

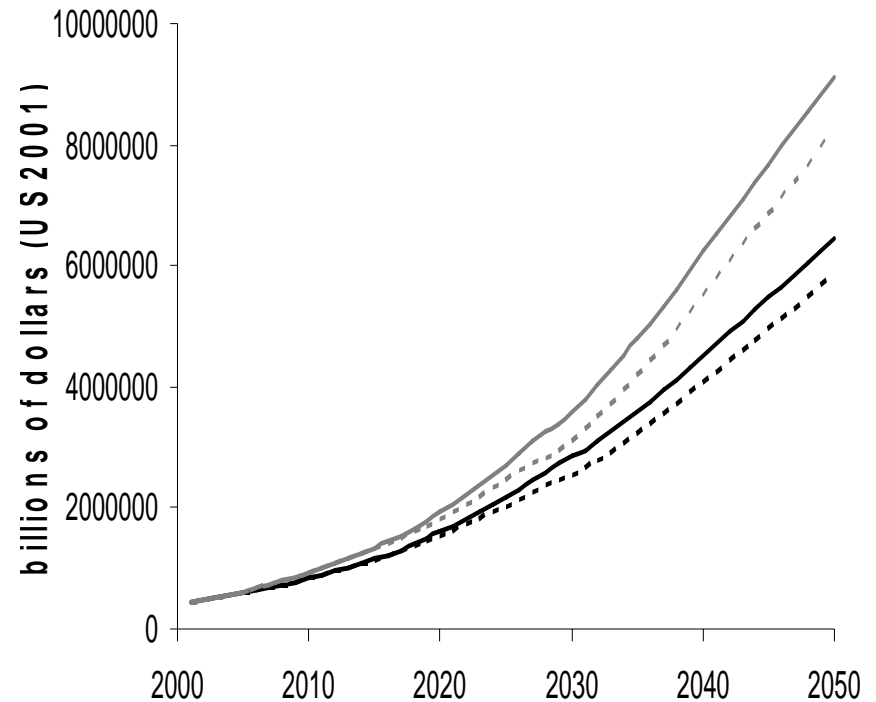


# 'Negotiated' growth baselines L&H, w/o & with frictions

## Real GDP - China



## Real GDP - India

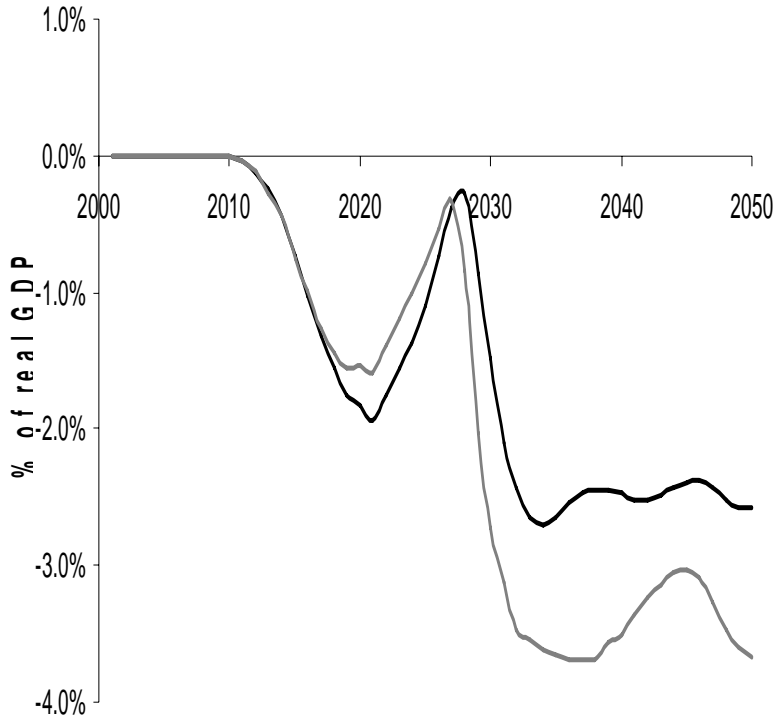


— Low Growth                      — High Growth  
..... Low Growth + energy frictions      - - - High Growth + energy frictions

— Low Growth                      — High Growth  
..... Low Growth + energy frictions      - - - High Growth + energy frictions

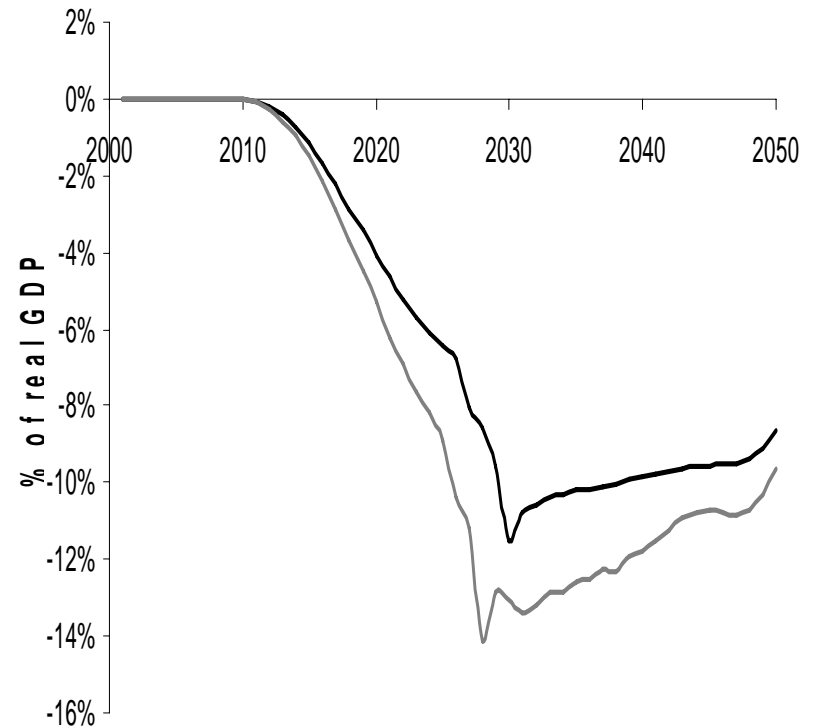
# Beyond the regular growth curves: when singularities occur may be critical

## Real GDP losses - China



— Low Growth + energy frictions  
— High Growth + energy frictions

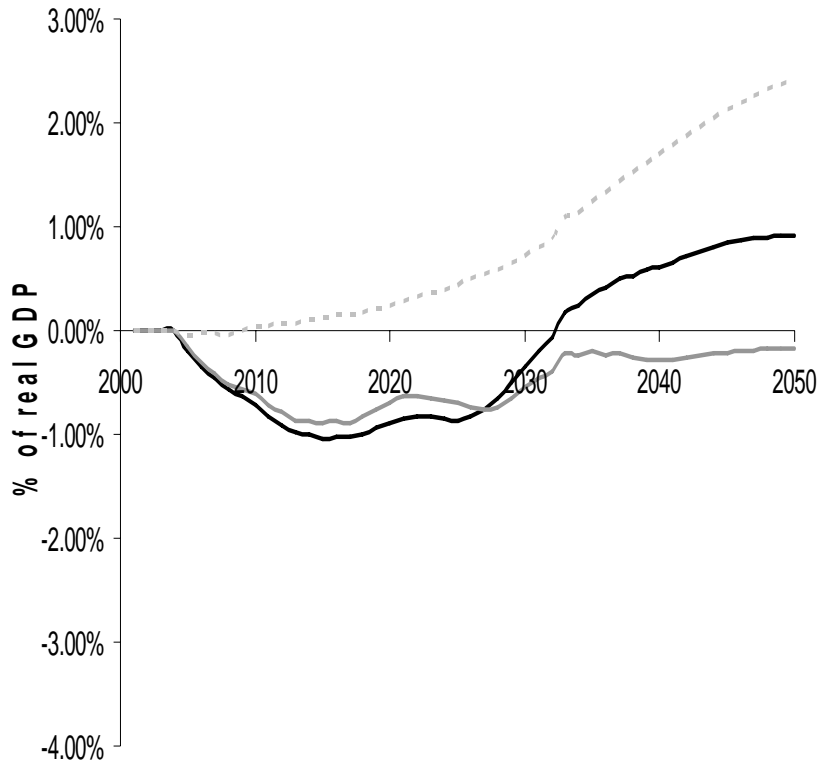
## Real GDP losses - India



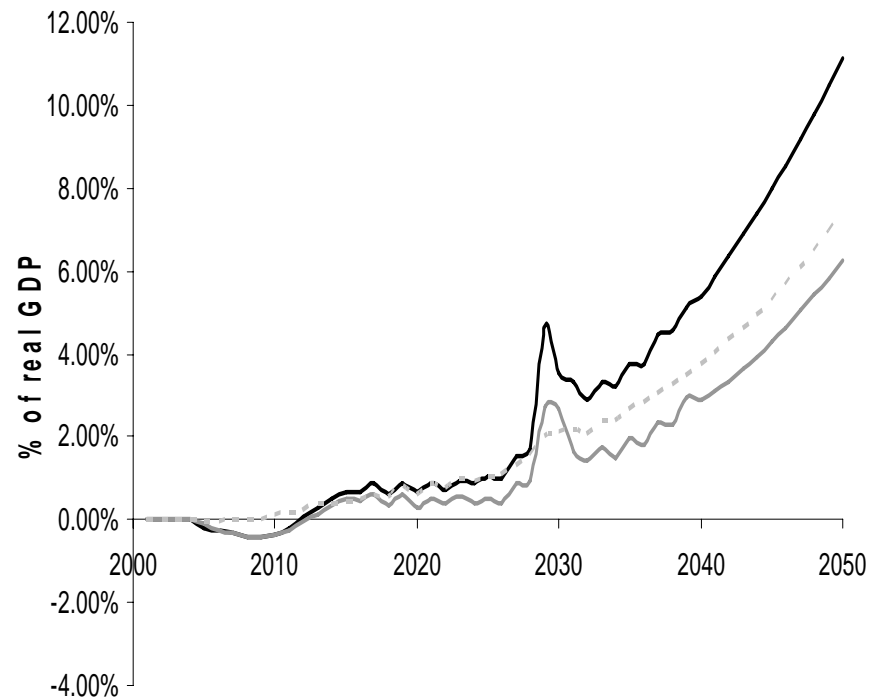
— Low Growth + energy frictions  
— High Growth + energy frictions

# Rhetorical usefulness of overly politically correct assumptions

Real GDP losses w.r.t. High Growth scenario - China



Real GDP losses w.r.t. High Growth scenario - India



— HG + SUPPLY + DEMAND    — HG + SUPPLY    - - - HG + DEMAND

— HG + SUPPLY + DEMAND    — HG + SUPPLY    - - - HG + DEMAND

# Un lien inattendu ....

