

Stabilité et changement de modélisation du comportement économique

Romuald ELIE

Université Paris-Est

13 Décembre 2018

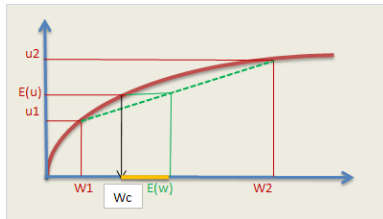
- L'agent rationnel est-il si représentatif?
- Asymétrie d'information et incitations
- Influences et interactions entre agents économiques
- Décisions économiques et développement durable

Décisions économiques rationnelles

- Les agents économiques sont tous **identiques** et leur comportement est caractérisé par celui d'un **agent économique représentatif**.
- **Axiomes** de décision rationnelle en univers incertain introduits par **Von Neumann et Morgenstern (1944)**.
- Théorie de l'**espérance d'utilité**.

X est **préféré** à Y si et seulement si $\mathbb{E}[U(X)] \geq \mathbb{E}[U(Y)]$

- La **fonction d'utilité** est croissante et **concave**.



- Sa convexité caractérise l'**aversion au risque** de l'agent économique.
- Exemple : problème de Merton : $\text{Sup}_\alpha \mathbb{E}[U(X_T^\alpha)]$

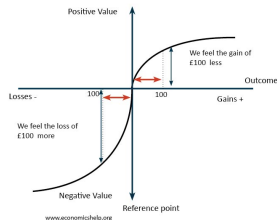
Voici un petit Jeu

- **Option A :**
 - vous gagnez \$5.000 avec probabilité $1/2$
 - vous perdez \$8.000 avec probabilité $1/2$
- **Option B :**
 - vous perdez \$1.000 avec probabilité 1

Voici un petit Jeu

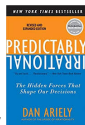
- **Option A** :
 - vous gagnez \$5.000 avec probabilité 1/2
 - vous perdez \$8.000 avec probabilité 1/2
- **Option B** :
 - vous perdez \$1.000 avec probabilité 1
- Généralement, le gens choisissent l'Option A. Le ressenti vis à vis des **pertes** est différent de celui ressenti vis à vis des **gains**.
- Approche formalisée par **Kahneman et Tversky** (1970, Nobel 2002)
- **S shaped utility function**
- Les individus **surestiment les probabilités d'évènement rares**
- Les 4 attitudes envers le risque :

	Petites probabilités	Grandes probabilités
Gains	Recherche de risque	Aversion pour le risque
Pertes	Aversion pour le risque	Recherche de risque



Economist.com	SUBSCRIPTIONS
Saturday May 24th 2008	Welcome to The Economist Subscription Centre
Home	Pick the type of subscription you want to buy or renew.
This week's print edition	Economist.com subscription - US \$59.00 One-year subscription to Economist.com. Includes online access to all articles from The Economist since 1997.
Daily news analysis	16
Opinion	Print subscription - US \$125.00 One-year subscription to the print edition of The Economist.
World politics	0
Special reports	Print & Web subscription - US \$125.00 One-year subscription to the print edition of The Economist and online access to all articles from The Economist since 1997.
Business	84
Finance and economics	
Markets and data	
Science and technology	
Books and arts	
People	
Diversions	

source : Dan Ariely

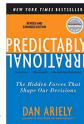


Economist.com		SUBSCRIPTIONS
Saturday May 24th 2008		Welcome to The Economist Subscription Centre
Home		Pick the type of subscription you want to buy or renew.
This week's print edition		Economist.com subscription - US \$59.00
Daily news analysis		One-year subscription to Economist.com. Includes online access to all articles from The Economist since 1997. 68
Opinion		Print & Web subscription - US \$125.00
World politics		One-year subscription to the print edition of The Economist and online access to all articles from The Economist since 1997. 32
Special reports		
Business		
Finance and economics		
Markets and data		
Science and technology		
Books and arts		
People		
Diversions		

Nudge



source : Dan Ariely



- Problème de l'Assuré - Agent :

$$V_0^A = \inf_{\lambda} \mathbb{E} \left[U_A \left(\int_0^T f_t dL_t^{\lambda} + \int_0^T \pi_t dt + \int_0^T c(\lambda_t - \lambda_t^0) dt \right) \right]$$

L^{λ} processus à saut de sinistres d'intensité λ contrôlé par l'assuré

c : fonction de coût pour s'écarter de la fréquence par défaut λ^0

π_t : prime versée de façon continue en temps

f_t : montant de la franchise

- Problème de l'Assureur - Principal :

$$V_0^P = \sup_{f; \pi} \mathbb{E} \left[U_P \left(\int_0^T f_t dL_t^{\lambda_t} + \int_0^T \pi_t dt \right) \right] \text{ sous la contrainte } V_0^A > R$$

R : Utilité de réservation de l'agent (i.e. offres de la concurrence)

- Comment choisir un contrat incitatif pour l'assuré ?

Point central : quelle est l'information disponible pour l'assureur ?

- Problème de l'**Assuré - Agent** :

$$V_0^A = \inf_{\lambda} \mathbb{E} \left[U_A \left(\int_0^T f_t dL_t^{\lambda} + \int_0^T \pi_t dt + \int_0^T c(\lambda_t - \lambda_t^0) dt \right) \right]$$

- Problème de l'**Assureur - Principal** :

$$V_0^P = \sup_{f; \pi} \mathbb{E} \left[U_P \left(\int_0^T f_t dL_t^{\lambda_t} + \int_0^T \pi_t dt \right) \right] \text{ sous la contrainte } V_0^A > R$$

Point central : quelle est l'**information disponible** pour l'assureur ?

- **First Best** : l'Assureur observe tout
⇒ répartition des risques entre assurés et assureur
- **Second best** ou **Aléa moral** :
⇒ l'Assureur observe les sinistres mais ne voit pas λ
- **Third best** ou **Anti Sélection** : l'assureur ne connaît pas bien les caractéristiques de chaque assuré
⇒ Principe de **révélation** : l'assureur offre un **menu de contrat**
- A l'ère du digital / Big Data :
 - **Boitier connecté,...** : Second best → First best
 - meilleure **connaissance client** : Third best → Second best

A quand une **mise en commun de données entre assureurs**? Prévention ?

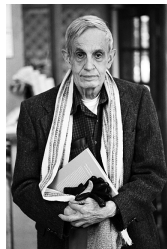
- Problème de **chaque Assuré - Agent** :

$$V_0^{A_i} = \inf_{\lambda^i} \mathbb{E} \left[U_A \left(\int_0^T f_t^i dL_t^{\lambda^i} + \int_0^T \pi_t^i dt + \int_0^T c(\lambda_t^i - \lambda_t^0) dt \right) \right]$$

- Problème de l'**Assureur - Principal** :

$$V_0^P = \sup_{(f^i)_i; (\pi^i)_i} \mathbb{E} \left[U_P \left(\frac{1}{N} \sum_i \int_0^T f_t^i dL_t^{\lambda^i} + \int_0^T \pi_t^i dt \right) \right] \text{ contrainte } V_0^{A_i} > R$$

- L'assureur observe les sinistres des assurés
- En fonction des **sinistres observés**, il calibre une **loi de sinistre** et décide sa politique tarifaire
- Donc les "contrôles" de l'assureur : **prime π et franchise f** dépendent de la **distribution des sinistres de tous les agents**
 - ⇒ Chaque agent est en train d'optimiser en fonction de la distribution des sinistres de tous les autres
- **Jeu** et recherche d'**équilibre de Nash** entre les agents



- Régulateur & Institutions financières
- Producteur d'énergie & consommateurs
- Assureur & Assurés
- coach & Joueurs
- Chercheur & étudiants en thèse

Comment réconcilier **comportements microéconomiques** et **effets macroéconomiques** ?

Une réponse convaincante : **les jeux à champs moyen**

La **théorie des jeux** est l'étude mathématiques des interactions stratégiques entre plusieurs agents rationnels.

Les mots important sont dans cette définition sont :

- **Interaction** : il y a plusieurs agents (ou joueurs) qui interagissent.
- **Stratégique** : Les joueurs ont le choix entre plusieurs options.
- **Rationnel** : un joueur ne joue pas n'importe comment, il cherche à optimiser sa satisfaction.

Élément clef : **la satisfaction de chacun dépend (en partie) des actions des autres.**

Idée des jeux à champs moyen : **anonymiser** les trop nombreux autres agents et les représenter par leur **distribution**

Comment passer des comportements microéconomiques aux effets macroéconomiques ?



Idee : Comme pour la modélisation des gaz, si le **nombre de joueur** est grand, faisons comme si il était **infini**.

Les variables d'état caractéristiques des agents (position géographique, vitesse, richesse) sont représentées par leur **densité de probabilité**.

Cette densité p a une dynamique **forward** via une équation de **Fokker Planck** :

$$\frac{\partial p}{\partial t}(t, x) = \frac{\sigma^2}{2\gamma^2} \Delta \frac{\partial V}{\partial x}(t, x) p(t, x) + \nabla \left(\frac{F(x)}{\gamma} p(t, x) \right)$$

Etant donné cette **densité** p , les agents choisissent leur **action optimale** de façon dynamique et rétrograde du type :

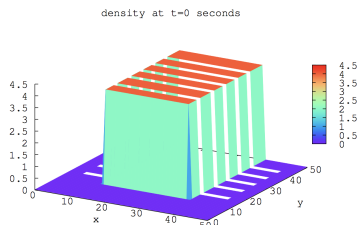
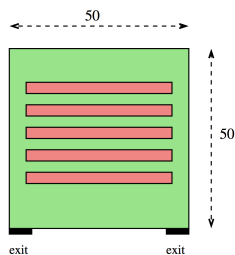
$$-\frac{\partial V}{\partial t}(t, x) = \frac{1}{2} q(t, x, p) + \frac{\partial V}{\partial x}(t, x) ax - \frac{b^2}{2r(t)} \left(\frac{\partial V}{\partial x}(t, x) \right)^2 + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}(t, x)$$

Bouclage : le contrôle optimal $\frac{\partial V}{\partial x}(t, x)$ influence la densité p et la densité p influence le contrôle optimal.

L'**aggrégation** des comportements de chacun décide la dynamique de la population.

⇒ Passage de la **modélisation microéconomique fine** à des **mouvements macroéconomiques globaux**.

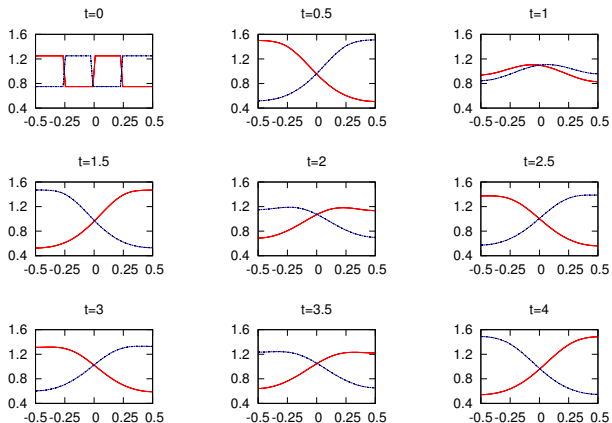
Un exemple de mouvement de foule [Achdou, Capuzzo-Dolcetta]



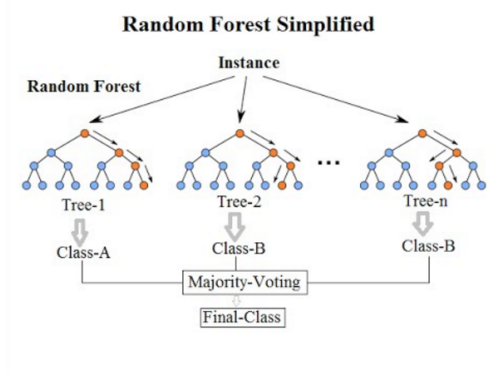
A gauche : géométrie de la salle. A droite : répartition initiale

Evolution de la densité de population
source : Mathieu Laurière, Princeton University

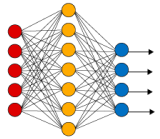
Equilibre instable de répartition entre 2 populations :



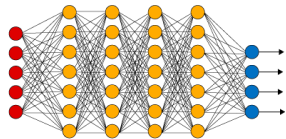
Consensus et Interaction entre agents/modèles pouvoir prédictif



Simple Neural Network



Deep Learning Neural Network



● Input Layer ● Hidden Layer ● Output Layer



Enjeu de notre siècle : le réchauffement climatique

- Hausse de température de 4°C d'ici la fin du siècle si rien ne change
- Soient N nations choisissant une politique climatique de coût c et de bénéfice nB où n est le nombre de nations participant.
- Si tout le monde participe, le bénéfice est $NB \gg c$ pour tout le monde!!!

Qui va participer ?

- Si la France participe comme tout le monde, le gain est $NB - c$
- Si la France ne participe finalement pas, le gain est $(N - 1)B$
- Si $c > B$, la France est passager clandestin
- Tous les états souhaitent être passager clandestin
- Problème économique : le climat est un bien public

Quelques éléments de réflexion :

- Quel **horizon de temps** ?
fin du mois fin du monde fin du mandat
- Une politique de réduction d'émission de CO2 provoque des effets à horizon 50 ans
- Comment pondérer les **générations futures** ?
Que vaut aujourd'hui 1 Million dans T années ?

	T=50	T=100
10%	8.000	73
4.6%	105.000	11.000
1.4 %	499.000	249.000

- Modèle de **Chichilnisky** ou λ pondère les populations futures

$$\sup_c \int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c_t) dt + \lambda u(c_{\infty})$$

- Résolution par équilibre de Nash inter-génération : **coordination possible** si niveau de capital élevé, mais **on ne peut pas reconstituer le capital naturel une fois détruit**

If not us, who ?
And if not now, when ?

quote by Rabbi Hillel, JFK, I. Ekeland...