

Sociobiologie macroscopique

Hugues Genvrin, Jacques Sénégas

30 janvier 2026

Table des matières

Positionnement

La complexité en biologie

- Le stress
- Résilience
- Systèmes non linéaires
- Irréversibilité
- Empathie
- Équilibre et déséquilibres
- Systèmes dissipatifs
- Auto-adaptation
- Le nichage
- Niveaux de structures
- Réseaux
- Résonances

La rationalité limitée

- Systèmes macroscopique à opérateur central
- Le risque
- L'utilité et la valeur
- Les moyens de décision

La sociobiologie

Definition (Wikipedia)

La sociobiologie est une discipline étudiant les bases biologiques présumées des comportements sociaux répertoriés dans le règne animal.

La sociobiologie macroscopique inclut des bases **biologiques** et des **psychologiques**.

Le complexité

LA COMPLEXITE EN BIOLOGIE

D'où provient la notion de complexité

Un concept protéiforme

1. Origine Physique.
2. Sens Mathématique.
3. Sens Chimie
4. Sens biologique.
5. Sens Informatique.

Problème des trois corps

Poincaré (fin de XIX^e siècle) étudie la stabilité du système solaire, le problème des trois corps.

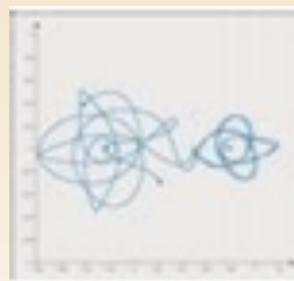


Figure – Vue de Poincaré.

La transformation du boulanger

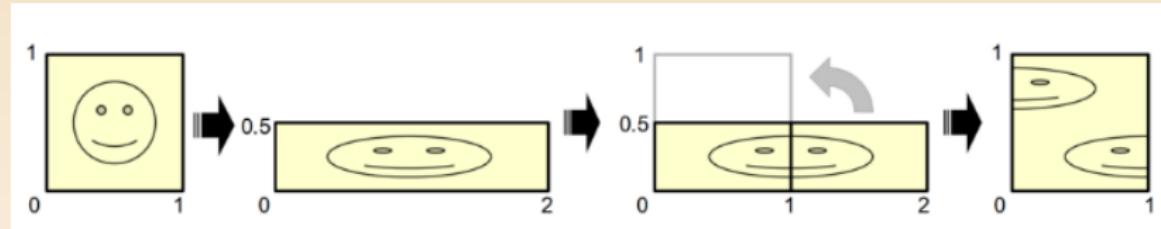


Figure – Transformation du boulanger.

Formulation de la transformation

Sur $I = [0; 1]^2$:

$$S(x, y) = (2x, \frac{y}{2}), \text{ si } 0 \leq x \leq \frac{1}{2}$$

$$S(x, y) = (2x - 1, \frac{y+1}{2}), \text{ si } 0 \leq x \leq \frac{1}{2} \text{ sinon.}$$

En Chimie

Ruelle, Prigogine, Belousov, Zabotinsky



En Météorologie

L'effet papillon de E.Lorentz

Effet Papillon

$$\begin{aligned}\frac{dx(t)}{dt} &= ax(t)\left(1 - \frac{x(t)}{N}\right) = \sigma(y(t) - w(t)) \\ \frac{dy(t)}{dt} &= rx(t) - y(t) - x(t)z(t) \\ \frac{dz(t)}{dt} &= x(t)y(t) - bz(t)\end{aligned}\tag{1}$$

avec $\sigma > b + 1$



En Modèle proie-prédateur

Équations de Lotka-Volterra

Ex : Brochet/Carpe

$$\begin{aligned}\frac{dx(t)}{dt} &= kx(t) - ax(t)y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} &= -\ell y(t) + bx(t)y(t)\end{aligned}$$

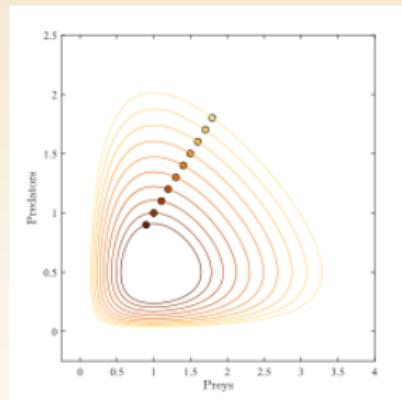


Figure – Équations proie-prédateur.

L'équation logistique

Ex : Les paramétries de Gause

L'équation logistique

$$\frac{dx(t)}{dt} = ax(t)\left(1 - \frac{x(t)}{N}\right)$$



Figure –

La complexité en informatique

Le contenu d'information algorithmique : CIA

Kolmogorov, Chaitin, Solomonoff, Turing, Martin-Löf, Levin, Cook.

Definition (CIA d'un objet)

Longueur du plus petit programme écrit en bits capable de décrire l'objet.

La complexité en Biologie

MOTS-CLEFS

1. Stress.
2. Résilience.
3. Résonances.
4. Systèmes non linéaires.
5. Irréversibilité.
6. Empathie.
7. Équilibre et déséquilibre versus normalité.
8. Systèmes dissipatifs.
9. Auto-adaptation.
10. Recherche de niches.
11. Niveaux de structures.
12. Réseaux.



Figure – Complexité en sociobiologie

Le Stress

Hans Selye (1952)

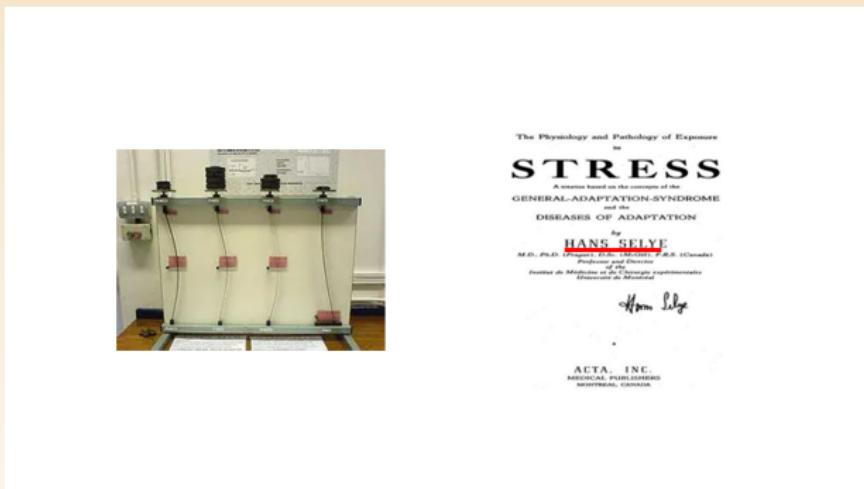


Figure – Le stress - D'un concept mécanique vers un concept biologique.

Norman Garmezy, Emmy Werner, Boris Cyrulnik.

Definition

Aptitude d'un système à ne pas être déstabilisé par des modifications qui l'atteignent.



Figure – La tardigrade

Exemple : Le test de Hall et la résilience face à la chirurgie.

Systèmes non linéaires

Effet non proportionnels aux causes : $y \neq ax + b$.

- ▶ Processus fulgurants : Phase maniaque pour une personne maniaco-dépressive.
- ▶ Ce n'est pas parce qu'on associe deux variables productrices d'utilité, que l'effet résultant sera égal à la somme des deux effets.
- ▶ Existence de niveaux d'activation, d'annihilation.
- ▶ Extinction d'espèces (D.Raup) : Massives et rapides au regard du temps d'évolution.

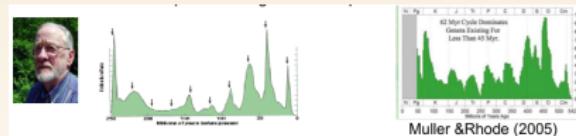


Figure – Non linéarité

Irréversibilité

- ▶ Le saumon du pacifique qui remonte le cours d'eau pour la ponte des oeufs et sa mort.
- ▶ La tique qui se laisse tomber sur un mammifère, lui pompe le sang, retombe au sol, pond ses oeufs et meurt. Si elle ne peut lui pomper le sang, elle refait un cycle. (Von Uexküll)
- ▶ Apoptose
- ▶ Nécrose
- ▶ Effets secondaires de la prise de certains médicaments.
- ▶ Aléas thérapeutiques en chirurgie.
- ▶ Extinction d'espèces.
- ▶ Les cycles économiques
 - ▶ Cycle de 3 – 5 ans (Kitchin).
 - ▶ Cycle de 7 – 11 ans (Juglar).
 - ▶ Cycle de 15 – 25 (Kuznets).
 - ▶ Cycle de 40 – 60 ans (Kondratiev).

Irréversibilité à l'échelle sociale

La démographie

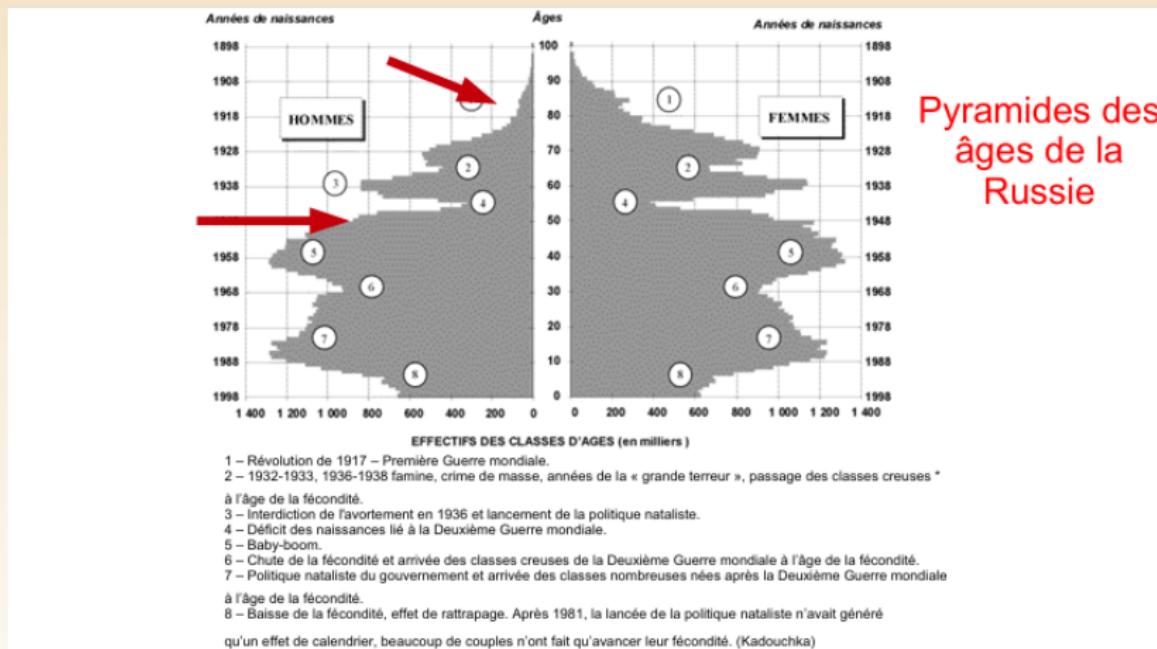


Figure – Pyramide des ages de la Russie (Ex URSS))

Irréversibilité à l'échelle sociale

La démographie

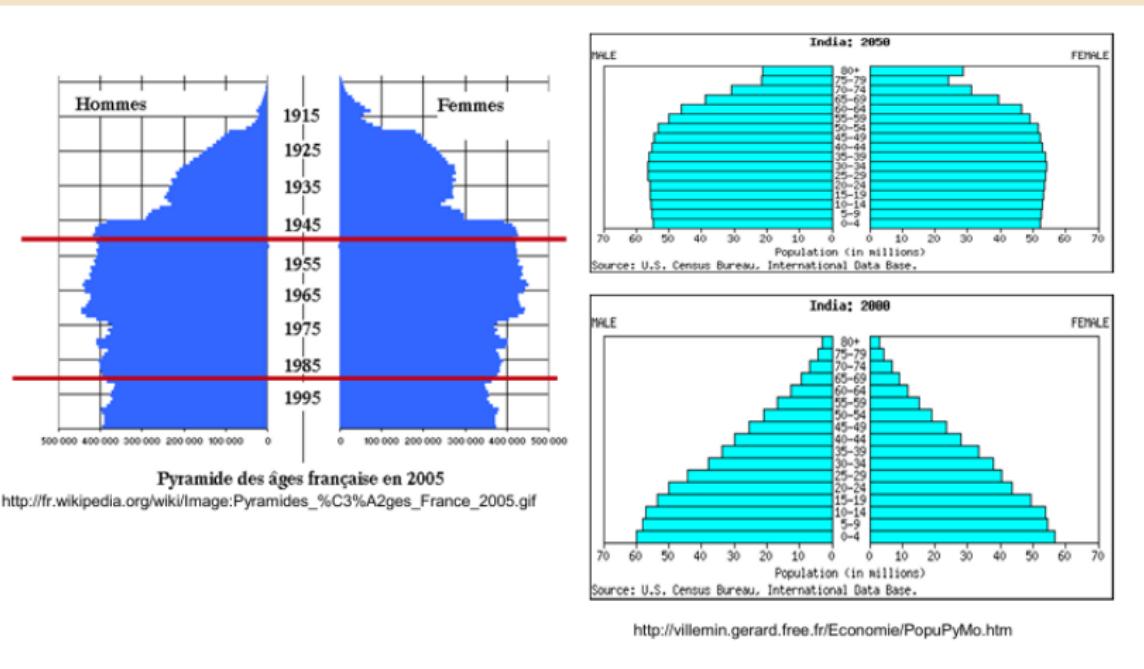


Figure – Pyramide des âges de France et de l'Inde

Deux formes d'empathie

Definition (Sensibilité à l'empathie d'autrui)

Aptitude à se mettre à la place d'autrui et à adopter le meilleur comportement de son point de vue.

Definition (Dégager de l'empathie)

Aptitude à ce qu'autrui adopte le meilleur comportement de mon point de vue.

Applications :

- ▶ Observance, compliance : respect stricto-sensu d'un traitement.
- ▶ Comportement d'imitation (mimèsis).
 - ▶ Processus d'apprentissage.
 - ▶ Imitation créative.

Équilibres et Déséquilibres

- ▶ Entre deux populations sur un même territoire (Gause et les paraméries).
- ▶ Canguilhem, Gadamer et l'équilibre d'un état de santé, contre un état normal.



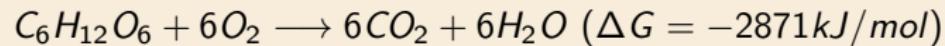
Figure – Équilibre stable et instable

Systèmes dissipatifs

Un système empruntant de l'énergie dissipée : la photosynthèse



Un exemple de système libérant de l'énergie : la respiration cellulaire



Auto-adaptation

- ▶ Évolution et adaptation : L'anémie falciforme.

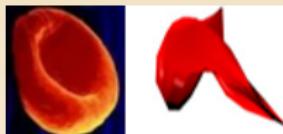


Figure – L'anémie falciforme.

- ▶ Attracteur à partir d'une partition multidimensionnelle des résultats pour la chirurgie.

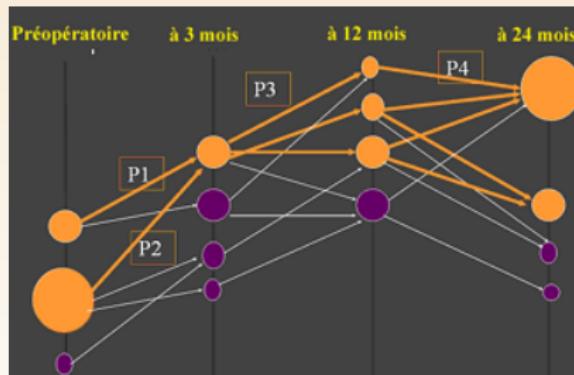


Figure – Attracteur biologique.

Recherche de niches

- ▶ Niches écologiques : les pousses de bambou du panda ont une durée de vie qui est un nombre premier (S.J Gould).
- ▶ Niveaux de structures.
- ▶ Les avantages secondaires en médecine.
- ▶ Aversion à la critique pour un opérateur central.

Les niveaux de structures

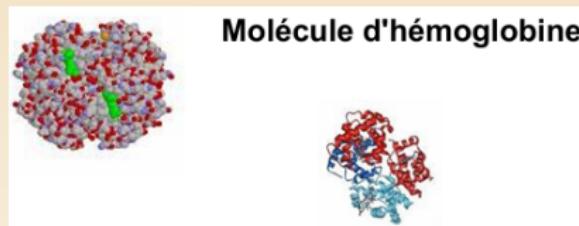


Figure – Molécule d'hémoglobine.

- ▶ Les polypeptides.
- ▶ La cellule biologique.
- ▶ Le couple.
- ▶ La famille.
- ▶ La meute, la masse (Canetti).

Réseaux

L'être humain est imbriqué dans des réseaux multiples :

- ▶ Professionnel.
- ▶ Familial.
- ▶ Loisirs.



Figure –

Les résonances se propagent plus facilement dans un réseau.

Les résonances

- ▶ Quand on excite une entité, elle a tendance à battre à sa fréquence propre.
- ▶ Les lucioles de Thaïlande synchronisent leurs illuminations.
- ▶ Synchronisation des comportements locomoteurs.

« Le monde naturel est plein d'oscillateurs couplés et les plus remarquables sont ceux des êtres vivants : les cellules excitables du cœur, les cellules du pancréas qui sécrètent l'insuline, les neurones du cerveau et de la moelle épinière qui commandent des comportements rythmés tels que la respiration, la course ou la mastication.

Parfois même, les oscillateurs sont couplés alors qu'ils ne sont pas dans le même organisme : les criquets stridulent à l'unisson et les groupes de lucioles ont une luminescence synchrone » (Strogatz Stewart 1995 :114).

Système macroscopique

À opérateur central humain

- ▶ Dans toute structure sociale émerge un chef, qui a des responsabilités.
- ▶ Hyperspécialisation des fonctions de nos jours.
- ▶ Certains opérateurs centraux apportent une utilité, de la valeur à d'autres individus.

Rôle de l'opérateur central

À toute utilité on attribue une valeur

- ▶ L'effet moyen d'une variable est une condition nécessaire à un bon résultat, mais pas suffisante.
- ▶ Comparer deux effets moyens peut revenir à comparer d'autres variables que la ou les variables présumées responsables de l'effet moyen.
- ▶ Amener les individus d'une situation de déséquilibre à un état d'équilibre.

Bounded Rationality

Definition (Rationalité limitée (BOUNDED-RATIONALITY))

C'est la rationalité qui s'exprime aux limites de la raison.

Le risque

- ▶ Deux comportement antinomiques :
 1. Aversion au risque.
 2. La conduite à risque.
- ▶ La perception du risque :
 1. Déni de risque.
 2. Risque avéré.
 3. Risque perçu.

Aversion au risque

Effet Allais

Un salarié quitte son entreprise pour licenciement. Il a deux options, un premier choix suite à une négociation avec le patron, un second choix (pas sûr du résultat) en allant aux prud'hommes.

Choix 1	Choix 2
64 000 €	80 000 € - Probabilité 0.9

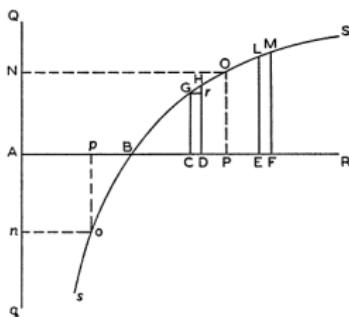
Les sujets choisissent ce qui est sûr en majorité. Ce qui est contraire aux axiomes de la théorie classique qui fait reposer le choix sur la maximisation de l'utilité restreinte.

- ▶ $|\mathbb{E}(X_1) = 64\ 000\ \text{€}|$
- ▶ $|\mathbb{E}(X_2) = 80\ 000\ \text{€} \times 0.9 = 72\ 000\ \text{€}|$

Fonctions d'utilité et de valeurs

- Bernouilli (1738)

Pour les gains $\forall x_0 \left(\frac{\Delta U}{\Delta x} \right)_{x_0} \geq \left(\frac{\Delta U}{\Delta x} \right)_{x_0+h}$



$(u'') < 0$ pour les valeurs positives

$(u'' > 0)$ pour les valeurs négatives

- Kahneman & Tversky (1979)

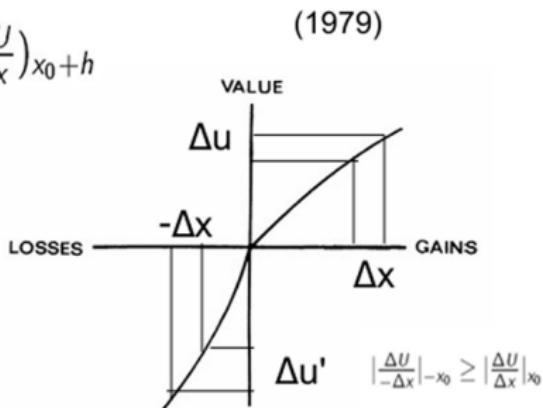


Figure – Courbes d'utilité et de valeur.

Surpondération des faibles probabilités (Tversky et Kahneman).

Pondération des faibles probabilités dans la théorie des perspectives

$V(x_i) = \pi(p)v(x_i)$ où $v(x_i)$ est la valeur attribuée au résultat x_i et $V(x_i)$ est la perspective associée au résultat x_i .

Les conduites à risque

Les investissements spéculatifs à la bourse : euphorie spéculative, bulles.

Maniaco-dépressif en phase d'exaltation maniaque : achats inconsidérés par exemple.

Un individu souffrant du dos qui va réaliser des travaux au-dessus de ses capacités physiques (désadaptation physique). Ex : porter des sacs de ciment de 50kg.

L'utilité est une fonction objective

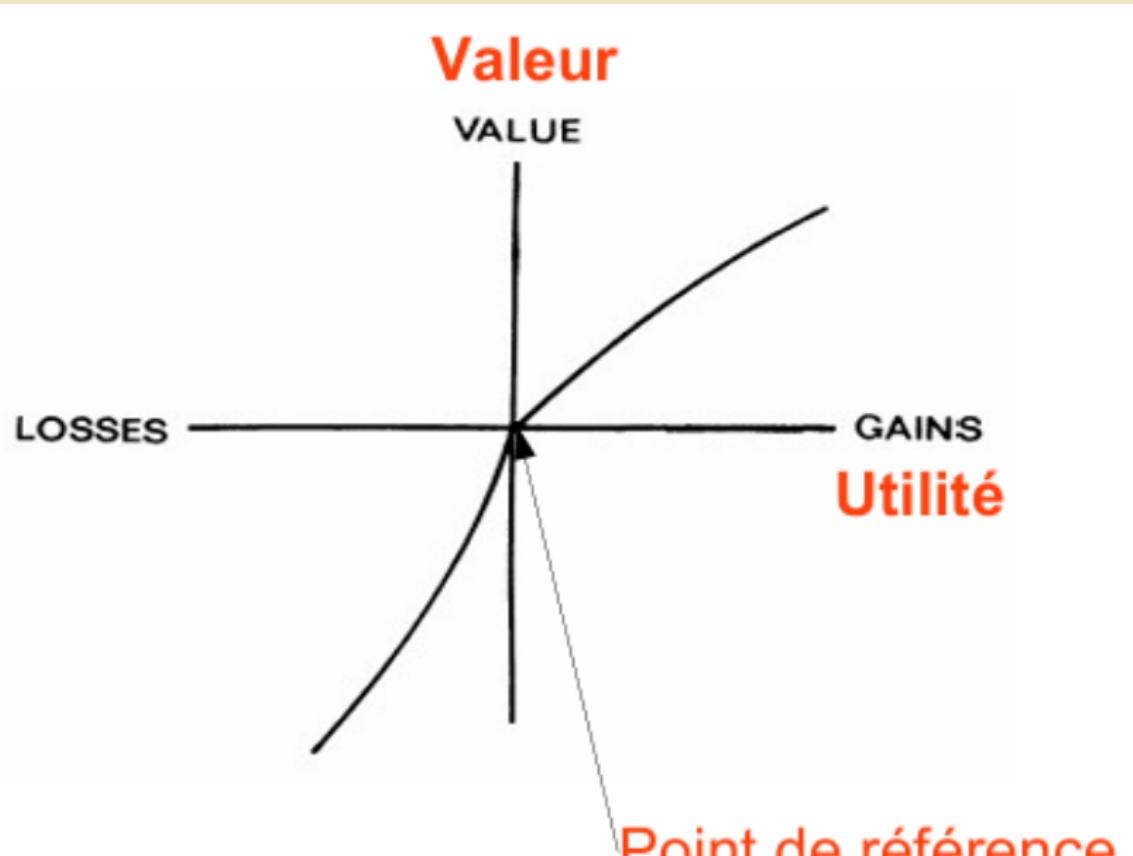
- ▶ Marcher 500 mètres.
- ▶ Avoir une glycémie de 0.9 g/L.
- ▶ Bloquer l'effet d'un neurotransmetteur.
- ▶ Une variation du pouvoir d'achat de 2%.
- ▶ Un indice de masse corporelle de 18 %.
- ▶ Une ration alimentaire journalière de 2 000 Cal.
- ▶ L'incapacité.
- ▶ La déficience.
- ▶ Le handicap.
- ▶ La fin d'un épisode dépressif majeur (DSM) : 227 types de dépression.
- ▶ QALY (Anne Fagot-Largeault).

La valeur est une fonction subjective

- ▶ La douleur.
- ▶ La tristesse.
- ▶ La dépression.
- ▶ La qualité de vie,
- ▶ Le bien-être.
- ▶ Le bonheur.
- ▶ ...

Hypothèse de travail

À toute utilité on attribue une valeur



Moyens utilisés

Le savoir confronté au réel (Kahneman)

- ▶ Rationalité limitée
 - ▶ Temps de prise de décision limité.
 - ▶ Utilisation d'heuristiques.
 - ▶ Représentativité.
 - ▶ Validité.
 - ▶ L'ajustement.
 - ▶ L'ancrage.
 - ▶ Danger de la surconfiance.
 - ▶ Probabilité inverses.
- ▶ La raison.

Les probabilités inverses

Sous principe de raison insuffisante

Causes	C_1	...	C_n	Laplace	Cournot
Probabilité directe de l'événement	$P(E C_1)$		$P(E C_n)$	Probabilité objective – fréquentiste	Sans ambiguïté
Probabilité Inverse	$P(C_1 E)$		$P(C_n E)$	Principe de raison insuffisante	Subjective, Arbitraire

« *A history of parametric statistical inference from Bernouilli to Fisher 1713-1935* », Anders Hald (Springer)

Figure – Schéma de Bayes-1665, Laplace-1774

Definition (Probabilité inverse)

$$Pr(C|E) = Pr(E|C) \times P(C)$$

ici $P(E) = 1$.