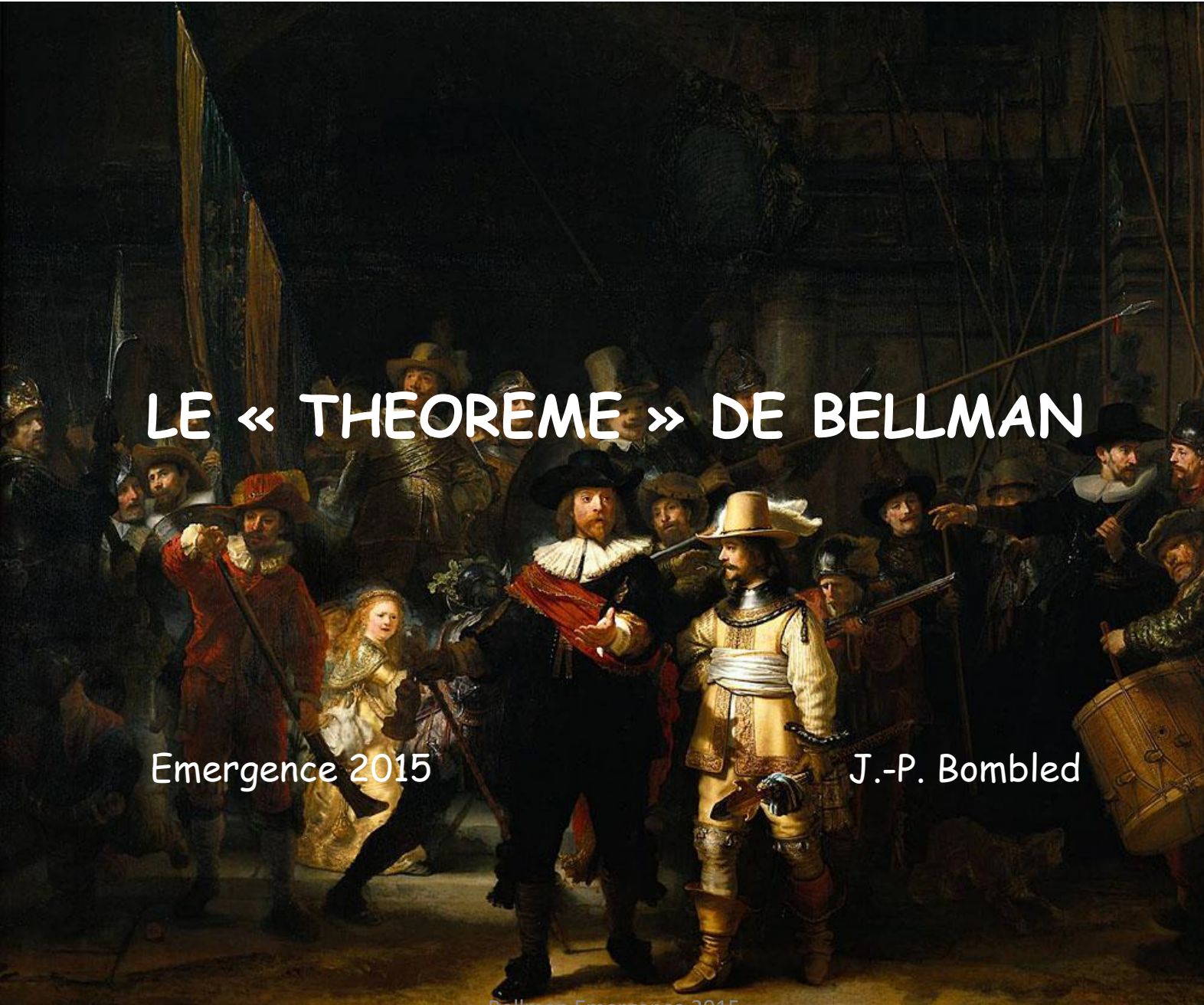




LE « THEOREME » DE BELLMAN

Emergence 2015

J.-P. Bombled

THEME DE L'OPTIMISATION DES SYSTEMES (DANS UN SENS A DEFINIR)

DANS CADRE DE LA RELATION [TOUT $\leftrightarrow$ PARTIES]

Monde matériel,

Monde vivant non humain, des insectes sociaux aux animaux solitaires,

**Monde humain, problème toujours ouvert, de la dictature (« 1984 » et autres)
jusqu'au libertarisme débridé.**

Bouteille à l'encre.

Richard BELLMAN (1920 – 1984)

Mathématicien américain.

- Mathématiques appliqués et optimisation.
- Connu pour « Programmation (planification, ordonnancement) dynamique » en 1963

Avertissement

Ne pas confondre ici avec son autre théorème :

*Si un chemin est optimal * – pour un voyage avec un véhicule imposé – tout sous-chemin est optimal.*

Ici ce serait plutôt du genre :

Quel moyen de transport unique serait optimal pour un rallye passant par plaine, désert, montagne, marécages... plus ou moins carrossables.*

* Pour un critère donné, par exemple le temps ou le confort ou...

PLAN

1) RETOUR SUR LES SYSTEMES

Types de systèmes

Interfaces et contraintes

Optimisation ?

Théorème de Bellman

2) UN PEU DE THERMODYNAMIQUE DE BASE

3) AUTOUR DE BELLMAN

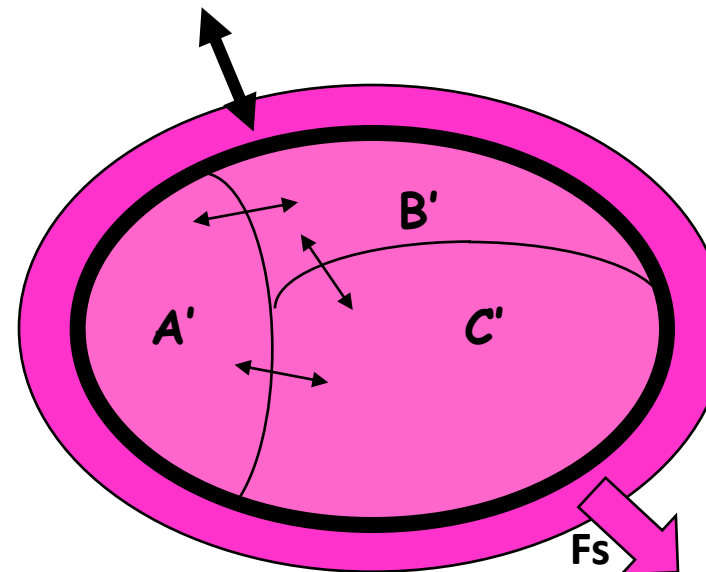
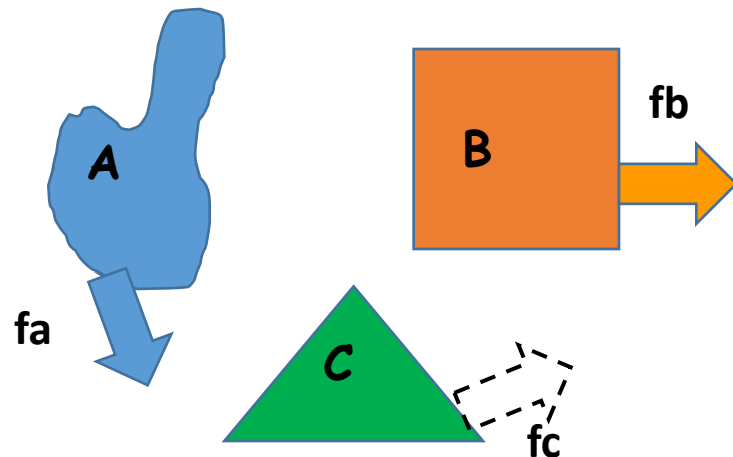
1ère PARTIE RETOUR SUR LES SYSTEMES

Systemes envisagés ici :

Naturels, techniques avec ou sans humains, Humains $\leftrightarrow$ Société

Focus sur interactions passives ou actives d'humains sur eux

Evidences :



Le système est **moins** que la somme des S/S

Le système contraint les S/S à travailler ensemble

Le système impose sa finalité aux sous systèmes

S/S « brimés »

1) ASPECT CONTRAINTES

EXEMPLES : construire la plus belle des cathédrale ?

Σ *plus belles parties* des cathédrales = la plus belle cathédrale ?
= une cathédrale possible ?

Ou encore :

Σ *meilleures parties* des voitures = la meilleure voiture ?
= une voiture possible ?

NON.

Pourquoi ?

- *Plus belles... meilleures... pas clair*
- Parce que ces parties issues de « tous » différents n'ont aucune raison de s'interfacer correctement, ne serait-ce ici que géométriquement (Ariane 501)

Faire un « tout » contraint donc les parties du futur « tout »

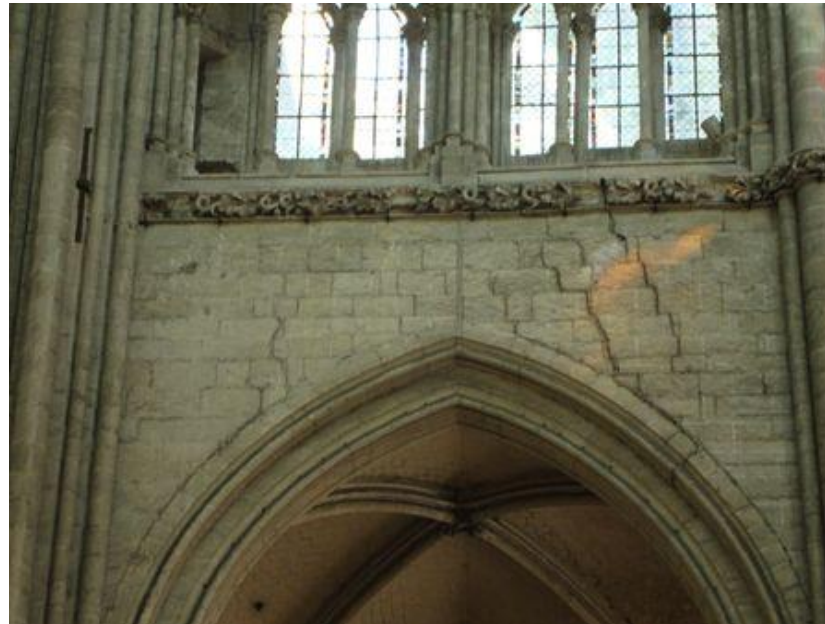
2) ASPECT FONCTIONNEMENT

SYSTEME : Un « tout » qui fonctionne

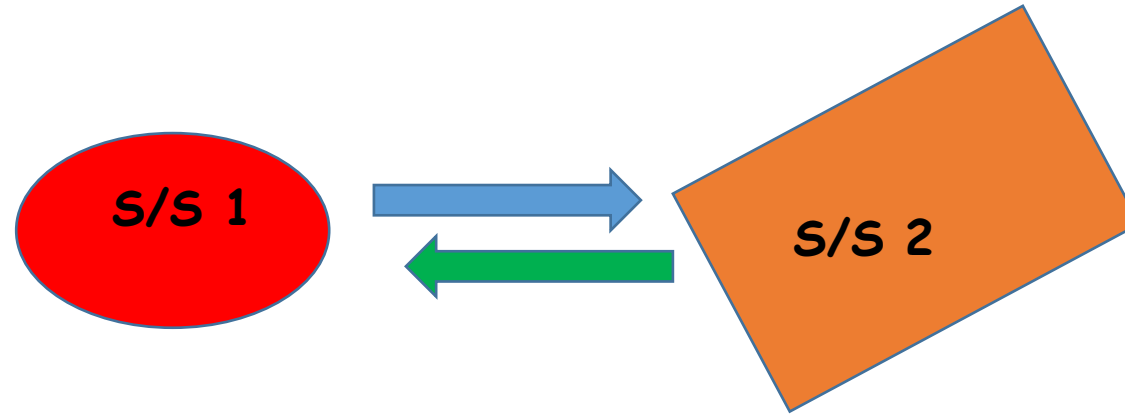
- en interne par ses interfaces internes
- avec un ou des système(s) extérieur(s) via ses interfaces externes

Nota 1 : ce fonctionnement fait émerger des propriétés : *valeur ajoutée*.

Nota 2 : même des système qui semblent amorphes fonctionnent :



Ce fonctionnement se fait entre autres via les interfaces internes (et le fonctionnement des S/S)



Pour « être bien » S/S 1 veut se débarrasser du bleu vers S/S 2 et y prendre du vert. Selon quantité, date, qualité, présentation, cadence, durée...

Probabilité que S/S 2 soit « bien » dans cette opération ?

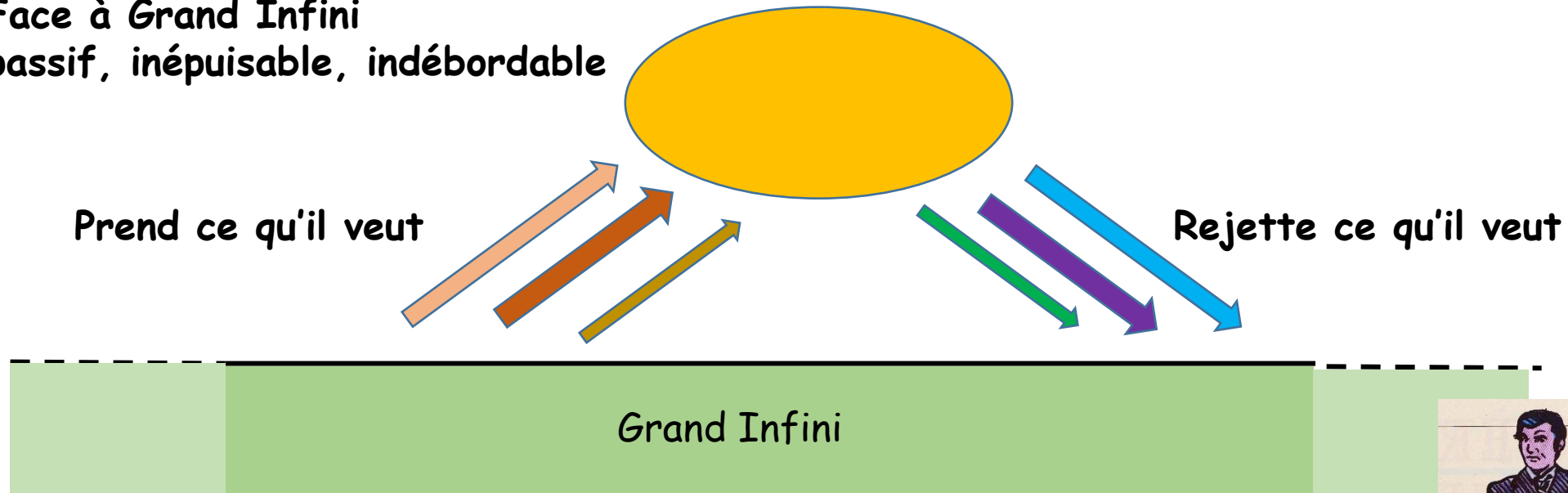
Probabilité que 10 S/S interfacés entre eux soient tous « bien » ?

D'où un problème difficile à résoudre en partant du bas (bottom up)

QUAND UN SYSTÈME EST-IL « BIEN » ou « optimal de son point de vue » ?

Seul

Face à Grand Infini
passif, inépuisable, indébordable



Ou bien

Plusieurs, sans interactions entre eux, face à ce grand infini.

IRREALISTE,

mais PHANTASME PERMANENT



SYNTHESE :

UN SYSTÈME EST UN « TOUT »

Organique (qui fonctionne)

Interfaçant des S/S (qui ont des échanges de toutes natures)

Où les échanges externes et internes sont contraints et contraignants

Un système

Est un lieu où les frustrations sont inévitables

et appelle donc une gestion pas évidente

pour fonctionner au moins *cahin caha*

Mais si l'on veut qu'il fasse mieux, il faut se poser de redoutables questions

OPTIMISER

QUI / QUOI ?

DE QUEL POINT DE VUE ?

AU DETRIMENT DE QUI / QUOI ?

SOUS QUELLES CONTRAINTES ?

REGLER ?

Questions annexes

Qui optimise, comment justifier et faire partager... ?

Comment gérer les conflits liés aux contraintes ?

Comment faire avec les « mauvais joueurs » ?

Comment ne pas s'enkyster dans le « mieux » ?

Comment ne pas chercher sans fin un « mieux » ?

Etc.

3) UNE REGLE : LE « THEOREME » DE BELLMAN

Version 1: la somme de sous/systèmes *optimaux*, ne fait pas un système optimal.

Version 2: l'optimisation (fonctionnelle) d'un système implique nécessairement la sous *optimisation* de tous les sous systèmes (par rapport à ce que chacun tout seul aurait aimé pour lui)
(la réciproque n'est pas vraie)

Pratique de tous les projets techniques

La version 2 correspond à une improbabilité statistique que toutes les faces d'un S/S trouvent leur exact correspondant dans les autres S/S.



Sainte Entropie, ça bout ! (Gamow)

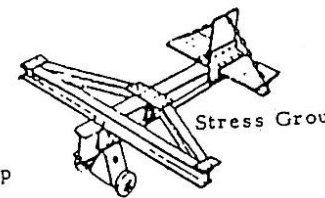
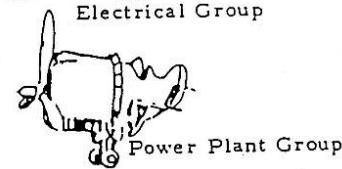
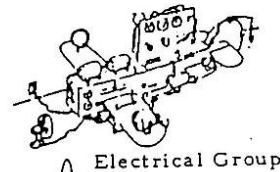
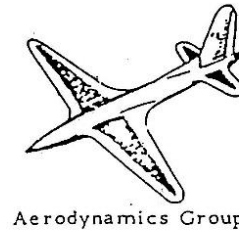
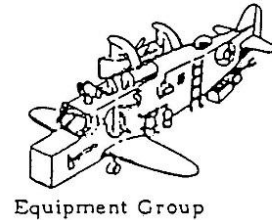
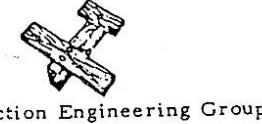
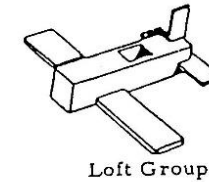
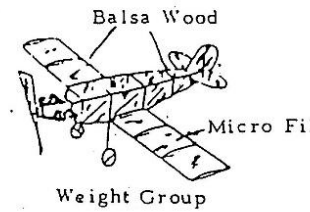
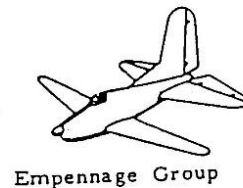
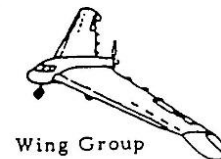
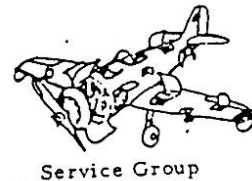
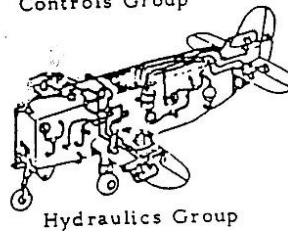
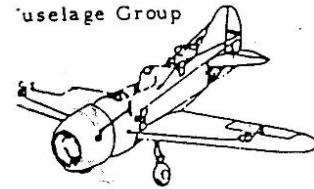
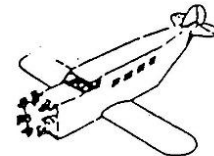
Illustration 1

Planche 28

A completed airplane in many ways is a compromise of the knowledge, experience and desires of the many engineers that make up the various design and production groups of an airplane company.

It is only being human to understand why the engineers of the various groups feel that their part in the design of an airplane is of greater importance and that the headaches in design are due to the requirements of the other less important groups.

This cartoon "Dream Airplanes" by Mr. C. W. Miller, Design Engineer of the Vega Aircraft Corporation, indicates what might happen if each design or production group were allowed to take itself too seriously.



A completed airplane in many ways is a compromise of the knowledge, experience and desires of the many engineers that make up the various design and production groups of an airplane company.

It is only being human to understand why the engineers of the various groups feel that their part in the design of an airplane is of greater importance and that the headaches in design are due to the requirements of the other less important groups.

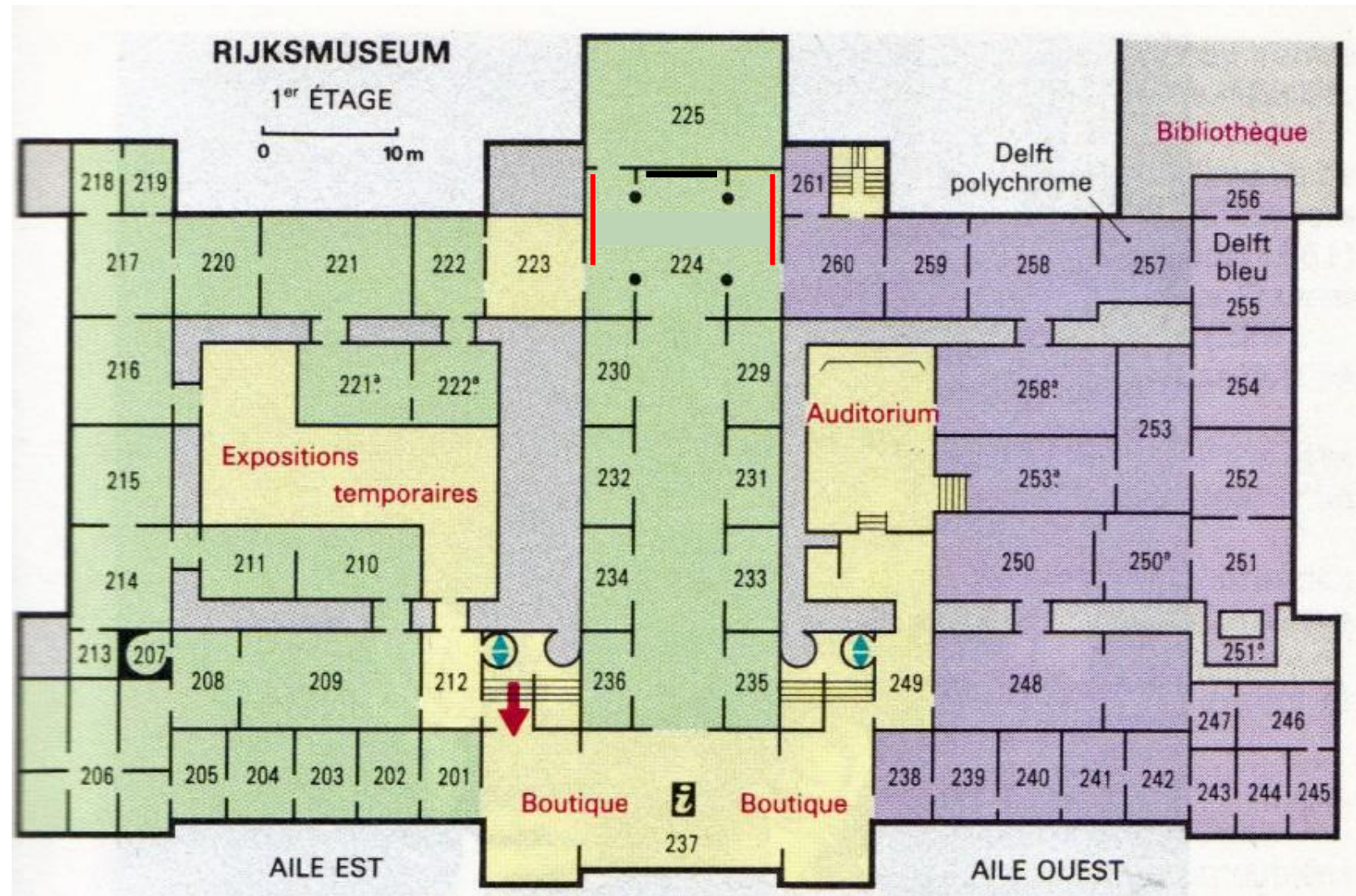
This cartoon "Dream Airplanes" by Mr. C. W. Miller, Design Engineer of the Vega Aircraft Corporation, indicates what might happen if each design or production group were allowed to take itself too seriously.

En Systématique,
- Chacun ne regarde pas midi à son horloge,
- Mais chacun regarde à l'horloge commune

Illustration 2



Paix de Munster





Bellman Emergence 2015

2ème PARTIE THERMODYNAMIQUE

UN SYSTÈME FONCTIONNE...

FONCTIONNEMENT :

ENERGIE (Jancovici)	[	FLUX TRANSFORMATION DEGRADATION
------------------------	---	---------------------------------------

ENERGIE : 2 ASPECTS

Quantitatif (Joule, calorie, kWh)

Qualitatif lié à la facilité de s'en servir : indiqué par **L'ENTROPIE**

L'ENTROPIE

L'entropie partage le monde en deux parties : ceux qui ne savent pas ce que c'est et ceux qui croient savoir ce que c'est (Albert E.)

Historiquement une « fonction d'état » introduite par Clausius en 1865.

Concept très subtil...

... qui a donné naissance - plus ou moins par analogie formelle - à entropie de l'information, des trous noirs, en mathématiques (métrique).

Rend compte de la dégradation de la qualité de l'énergie dès qu'on l'emploie.

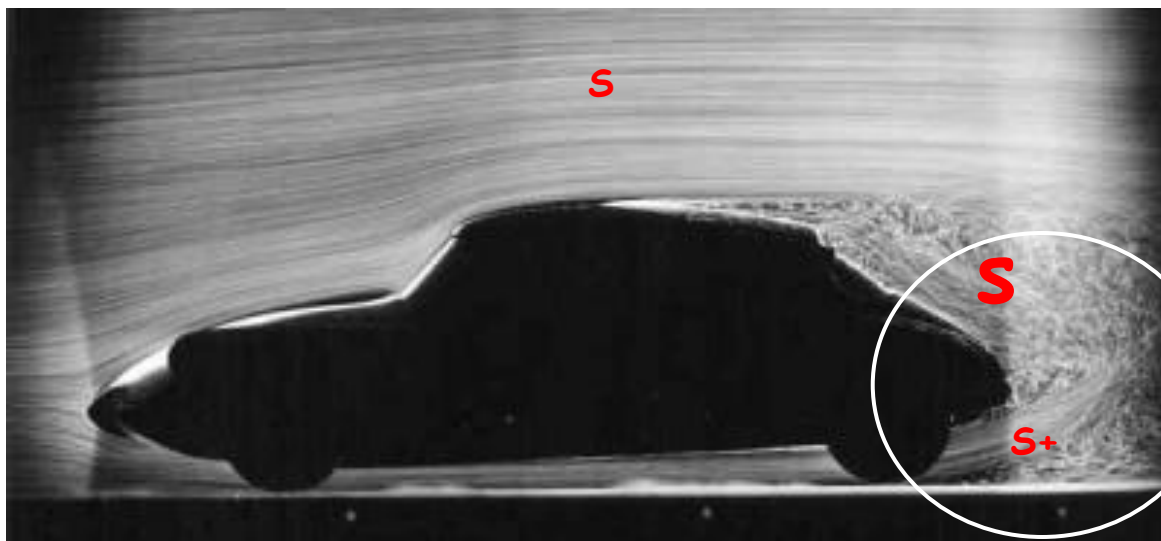
- Dans ses transformations l'énergie se conserve quantitativement

MAIS

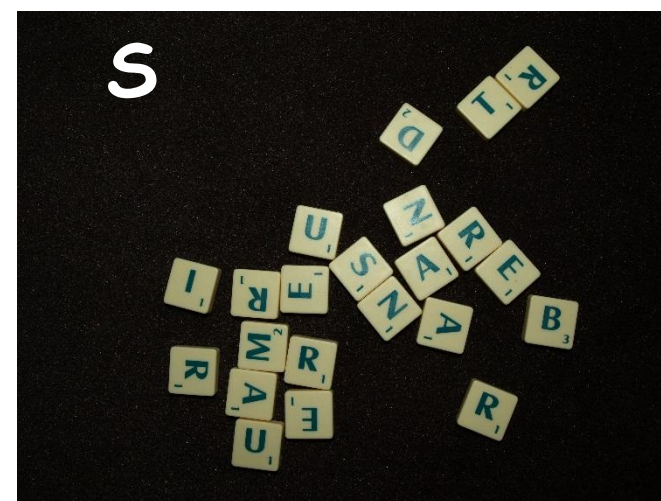
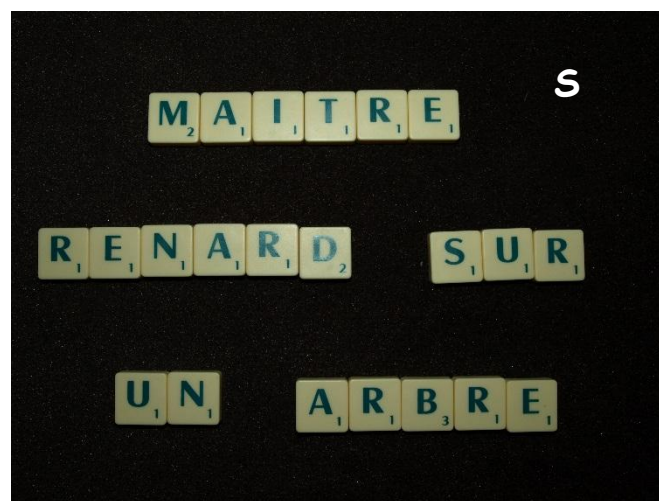
- Devient de moins en moins utilisable et pour la « regonfler » il faut dépenser une plus grande quantité d'énergie.

Liée à l'usure mécanique, au désordre, au vieillissement des matériaux et des vivants, à la flèche du temps (irréversibilité)

Pas visible ni mesurable mais calculable. Mais laisse sa signature un peu partout



Analogie





 Wake Vortex Study at Wallops Island
NASA Langley Research Center

5/4/1990

Bellman Emergence 2015

Image # EL-1996-00130

RUSER AVEC L'ENTROPIE : cuire des pâtes

Transformation physique



- Pâtes : amidon, très longue chaîne de molécules de sucre.
- Sans eau, les chaînes s'attirent les unes les autres et forment un réseau d'où pâtes crues dures.
- Avec eau, les molécules s'intercalent entre les chaînes d'amidon, et les désolidarisent. D'où pâtes gorgées d'eau, souples, mangeables.
- **L'énergie chaleur sert uniquement à accélérer cette transformation par agitation des molécules.**

Question : Bilan de l'énergie (gaz ou électricité) pour ->

- **partie 1 : agiter les molécules eau et amidon ----->**

- partie 2 : reste dans l'eau après retrait des pâtes

- partie 3 : reste dans les brûleurs et la casserole --->

- partie 4 : reste dans l'air (vapeur d'eau chaude)

Pratiquement irrécupérable en totalité et qui se dissipera en échauffement final de l'atmosphère et échappement radiatif partiel vers l'Espace

PATES MANGEABLES (cuisson)

RESULTAT VISE

Agitation **DESORDONNEE** : énergie non réutilisable (aisément)

↔ Augmentation d'ENTROPIE de l'Univers **proche, puis lointain**



C'est la (dure) loi de la thermodynamique, liée à l'irréversibilité du temps par exemple.

Question : peut-on ruser avec elle ?

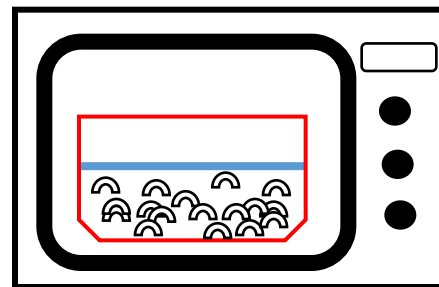
Réponse : OUI, un peu.

En rendant ~ nul le poste de pertes par une cuisson « par états successifs de chauffages successifs infiniment » petits (isentropique).

Pas vraiment pratique.

Intermédiaire

Pâtes en bol eau froide 1 heure
Eliminer eau **excédentaire**
Chauffage progressif en μ ondes



IDEE DIRECTRICE FONDAMENTALE :

**REDUIRE LA CREATION D'ENTROPIE
PAR OPERATIONS PROGRESSIVES, AUSSI « NON VIOLENTES »
QUE POSSIBLE
SELON UN MODE OPERATOIRE (organisation) MIS AU POINT GRACE
A REFLEXION PREALABLE HORS CHEMINS BATTUS**

**Nota : cette réflexion, travail intellectuel, produit une hausse d'entropie (ça chauffe !). Mais minuscule vu les masses et gamme de température en jeu.
Par contre elle peut demander du temps.
A faire en avance de phase**

LA REFLEXION : UN EXCELLENT MOYEN POUR RUSER AVEC L'ENTROPIE

CONCLUSION D'ETAPE

La Physique nous dit que

- Faire quelque chose conduit obligatoirement à l'accroissement de l'entropie de l'Univers (concrètement la Terre)
- C'est regrettable puisque cela correspond à du gâchis d'énergie, laquelle est indispensable
- Mais vivre implique de faire quelque chose.
- Donc faut agir subtilement :
faire ce qui est nécessaire
sans brutalité
en évitant les concentrations de création d'entropie
(zones de faiblesse, colosses aux pieds d'argile).

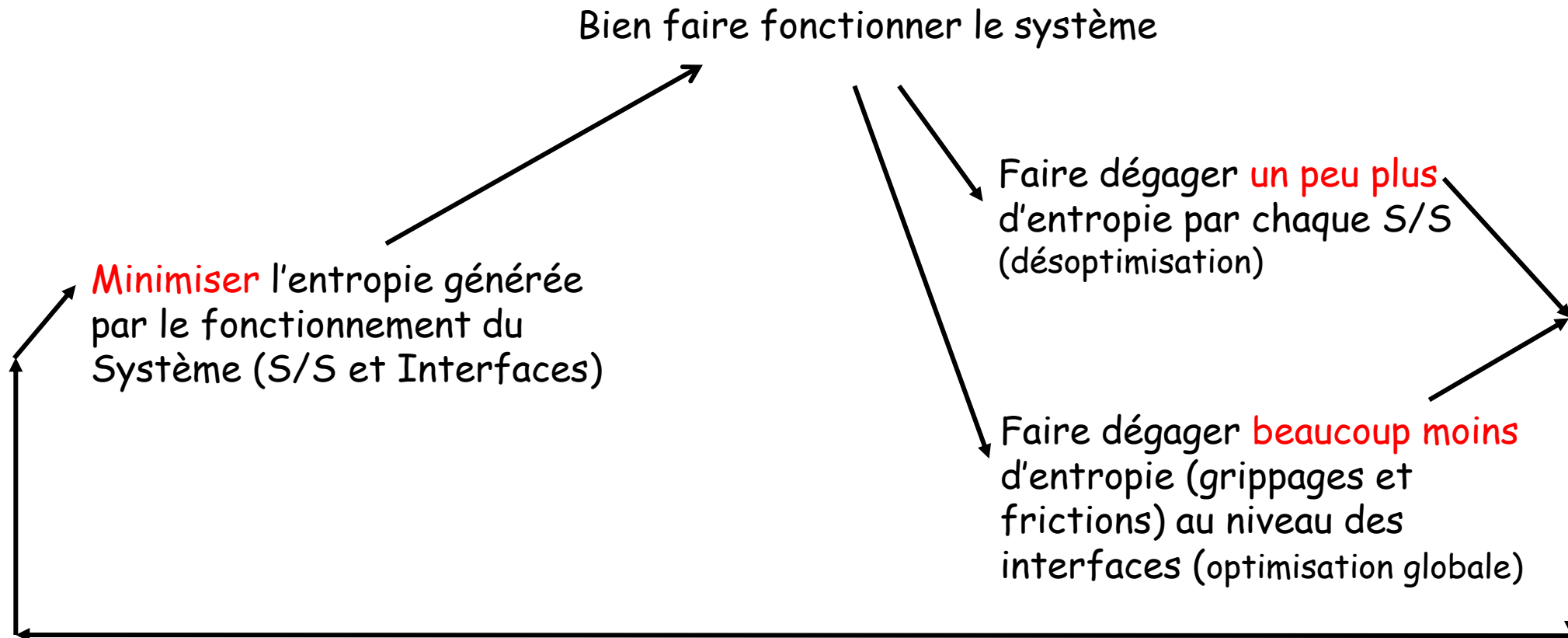
Mort (crée pas d'entropie
pas passionnant)

VIE
créativité
Génération d'entropie

Désordre (entropie
gigantesque)

(Thème de la vie au bord du chaos)

QUEL LIEN AVEC BELLMAN ?



QUESTION ICONOCLASTE :

Tout ceci est de la Physique.

Peut-on en tirer quelque chose dans le domaine de l'humain ?

ELEMENTS DE REFLEXION :

- Contraintes : seulement effet des interfaces quoi que soient les S/S. Intrinsèquement lié à la structure interactive des systèmes quels que soient les composants.
- Fonctionnement: on (re)découvre que l'esprit pas un ectoplasme pilotant un corps à part, seul lieu de la physique. UN corps, **ystème très complexe, très émergent**.
La vie sociale ressortit de la systémique, avec un haut niveau de complexité.

MAIS l'humain a des modes de fonctionnement moins stéréotypés que la physique (usuelle), peu prévisibles (avantage et inconvénient) et pas faciles à organiser.

CE QUI NE DISQUALIFIE PAS L'APPROCHE SUIVIE

- Analogie au sens que la physique, simple, est une **bonne maquette** pour réfléchir les situations humaines bien plus complexes...
... dont l'attaque (sens alpinisme) directe, de son côté, n'a pas fourni des résultats convaincants ; ce qui est justifié par l'excuse que « tout cela est bien complexe » !

Comment désigner tracer, repérer la création d'entropie dans le monde humain
(bio, psycho, socio...)
Regroupée, faute de mieux, sous le vocable de PENIBILITE, DURETE DE LA VIE
individuelle ou collective ----> Signatures



Ghirlandaio



Bellman Emergence 2015





CONCLUSION :

Dans la partie humaine du monde et l'interface humaine avec monde non vivant,

JOUER BELLMAN EST UNE BONNE OPTION,

UNE OPTION RAISONNABLE, RATIONNELLE

Mais sommes nous raisonnables et rationnels ?

3ème PARTIE : AUTOUR DE BELLMAN

DES NON APPLICATIONS DE BELLMAN

Famille Mari « macho »
Femme « qui porte la culotte »
Enfant « roi »

Footballeur qui joue « personnel »

Idem pour musicien d'orchestre.

Pratique de l'Union Européenne. Etat « problème » aux USA.

Solution spontanée du dilemme du prisonnier

Voisin bruyant

Refus des règlements

« Phobie administrative »



. . . / . . .



Entreprendre, les clés de l'économie
20 F, chez votre marchand de journaux

Nous traverserions, en un mot, la deuxième grande crise de la démocratie après celle qui a culminé avec les totalitarismes. Sauf que le danger serait inverse : *« Il ne vient plus de l'affirmation du tout au détriment des individus, mais d'une affirmation sans limite des individus »*, explique le philosophe. Résultat : *« Nos sociétés ont de plus en plus de difficulté à agir sur elles-mêmes selon une perspective d'ensemble. »*

(Article sur Marcel Gauchet,
dans Le Monde du 22 11 2002)

CE A QUOI BELLMAN S'OPPOSE

Pas d'omelette sans casser des œufs

Charité bien ordonnée commence par soi-même.

Optimum du tout = moyenne (?) des optima de chacun des composants
(in medio stat virtus)

Optimiser un système, c'est optimiser le gérant, propriétaire, chef, responsable... du système

Une bonne réunion est une réunion d'où tout le monde sort content. Les accords « gagnant - gagnant »

Ce qui est bon pour General Motors, est bon pour les Etats Unis, ce qui est bon pour les Etats Unis est bon pour le Monde



CE QUE NE DIT PAS BELLMAN :

Bellman est seulement technique (tactique). Il n'énonce qu'une condition nécessaire sans dire :

- Si la finalité du système est bonne, justifiable ... C'est un PROBLEME ETHIQUE.
- Qu'il faut optimiser un système : c'est un choix stratégique... dont il faudra assumer les conséquences plus tard (1789, réchauffement climatique, ...)
- Qui est légitime pour optimiser (ne justifie pas les dictateurs autoproclamés ou non)
- La clé de répartition des sous optimisations

BELLMAN Under Ground

Chant des Girondins (hymne national 2^{ème} République) : Mourir pour la Patrie est le sort le plus beau.

Monuments aux morts dans chaque commune.

CE A QUOI BELLMAN S'OPPOSE

Adams Smith (toujours bien vivant)

*... et en dirigeant cette industrie de manière à ce que son produit ait le plus de valeur possible, **il ne pense qu'à son propre gain** ; en cela, comme dans beaucoup d'autres cas, il est conduit par une main invisible à remplir une fin qui n'entre nullement dans ses intentions ; **et ce n'est pas toujours ce qu'il y a de plus mal pour la société, que cette fin n'entre pour rien dans ses intentions. Tout en ne cherchant que son intérêt personnel, il travaille souvent d'une manière bien plus efficace pour l'intérêt de la société, que s'il avait réellement pour but d'y travailler.***

Quod gratis affirmatur, gratis negatur

Affirmation, prophétisme, rhétorique ou bien démonstration ?

Oserait-on « démontrer » ainsi en physique ?

Conviction ou bien savoir ?

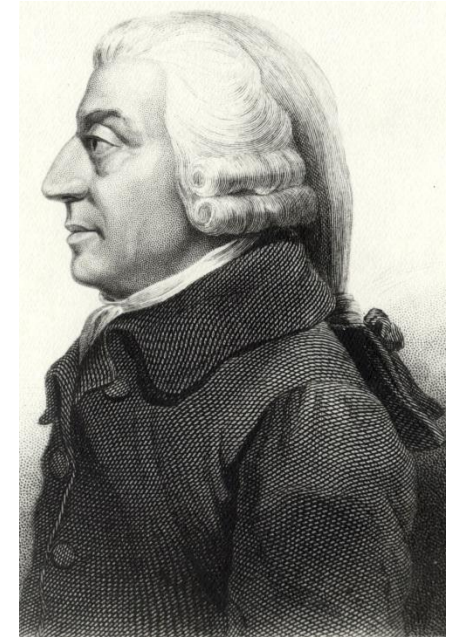
Pas de plus mal ? Souvent ?

Taille de l'échantillon observé ?

Dossier justificatif ?

Intérêt de la société ... qu'est-ce ? Quelle société ?

FLOU !



La richesse des Nations (1776)

QUELQUES SATISFACTIONS

– Pour des raisons économiques, nous n'avons pas les moyens de chambouler l'effectif d'une saison sur l'autre. Un joueur, cela vaut cher. Un autre joueur, cela vaut cher également. Mais ce qu'il y a entre deux joueurs n'a pas de prix. C'est cela que nous essayons de faire fructifier. Voilà pourquoi nous n'avons cessé de multiplier les combinaisons de joueurs. Il nous arrive d'expérimenter cinquante associations différentes au cours d'un cycle de formation pour, à l'arrivée, extraire une quintessence de sept ou huit combinaisons. Le problème, c'est que rien n'est scientifique dans tout cela.

Entraîneur FC de Nantes Le Monde 15 05 2001

L'INTÉRÊT COMMUNAUTAIRE

Les participants doivent comprendre, a indiqué M. Frattini, que *« l'intérêt de l'Europe n'est pas seulement la somme des intérêts des Etats membres »*. Même si, au terme des travaux, les Etats n'obtiennent pas tout ce qu'ils ont demandé, a-t-il conclu, il n'y aura pas *« d'un côté ceux qui auront gagné »* et *« de l'autre ceux qui auront perdu »*, mais la seule victoire de *« l'intérêt communautaire »*.

Le Monde 18 10 2003

**La Margarine
du Ministre
italien**

PHILOSOPHIE DE « BELLMAN »

Un contrat social implicite, ou un investissement,
opposé à *un bon tiens vaut mieux que deux tu l'auras*.

Tel que :

- plutôt que les parties se comportent en prédatrices du système qui les englobe (cancer qui tue l'hôte, et soi-même)
- elles admettent qu'il vaut mieux que le système ait un bon fonctionnement qui renvoie du bien être et de la facilité à ses parties.

BIEN COMMUN ?

Mais point faible dans le monde humain :

« Si, durant mon temps de vie, je peux profiter d'une sur-optimisation avant que le système ne s'effondre... pourquoi m'en priver ? »

Réponse : **PARCE QUE JE LE VAUX BIEN !**

Effets d'entraînement

Mais pas un « jeu » à somme nulle (+ 1 ici et - 1 là).

Le système fonctionne mal, d'où sur création d'entropie (+1 ici et -10 là)

Le Monde

Mercredi 10 Décembre 2014

ECO&ENTRE

Les inégalités au sein de l'OCDE pèsent sur la croissance

Jamais en trente ans le fossé entre riches et pauvres n'a été aussi prononcé qu'actuellement au sein des économies avancées. Tel est le constat de l'économiste de la Banque d'Italie Federico Cingano, détaché à l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), dans une

étude publiée mardi 9 décembre. Aujourd'hui, le revenu des 10 % les plus riches est en moyenne 9,5 fois plus élevé que celui des 10 % les plus pauvres. Dans les années 1980, ce ratio était de 7.

En cause : les riches se sont enrichis davantage et les pauvres se sont appauvris encore plus, leur revenu ayant augmenté

plus lentement dans les années de croissance et ayant reculé en période de crise.

D'après les calculs de l'économiste italien, cette hausse des inégalités a coûté sur vingt-cinq ans 9 points de croissance au Royaume-Uni ou à la Norvège, près de 7 points aux Etats-Unis ou à l'Italie et à la Suède. C'est l'écart entre les ménages à

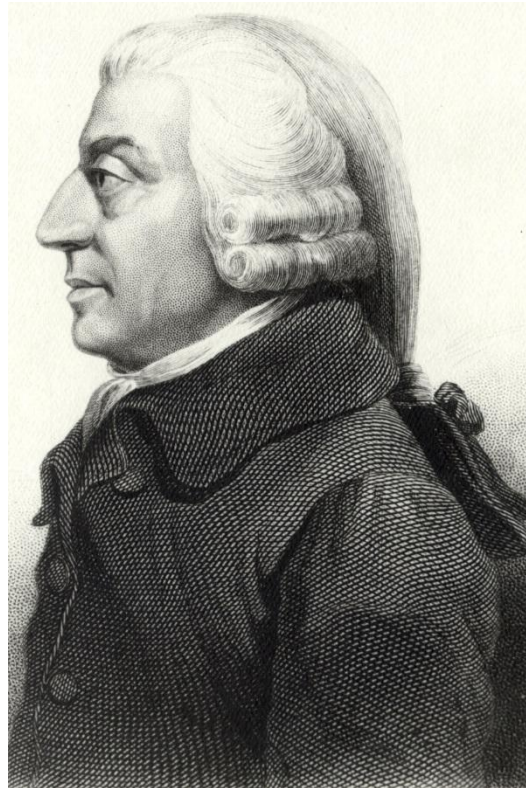
faible revenu et le reste de la population – et non pas celui entre les plus riches et leurs concitoyens – qui coûte cher à la croissance. Autrement dit, la France aurait pu s'épargner, au moins sur le plan économique, le feuillet de la taxe à 75 % sur les très hauts revenus. ■

→ LIRE PAGE 4

Article du Monde : écho d'un lointain texte ?

Aucune société ne peut prospérer et être heureuse, dans laquelle la plus grande partie des membres est pauvre et misérable.

Signé ?



Adam SMITH

**Recherches sur la nature et les causes de
la richesse des Nations (1776)**

MERCI DE VOTRE ATTENTION