

## Observer et Décrire

*G. Smadja, Professeur*

*Institut de Physique Nucléaire de Lyon, IN2P3-CNRS et Université Claude Bernard  
43 boulevard du 11 novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex, France*

FERMILAB

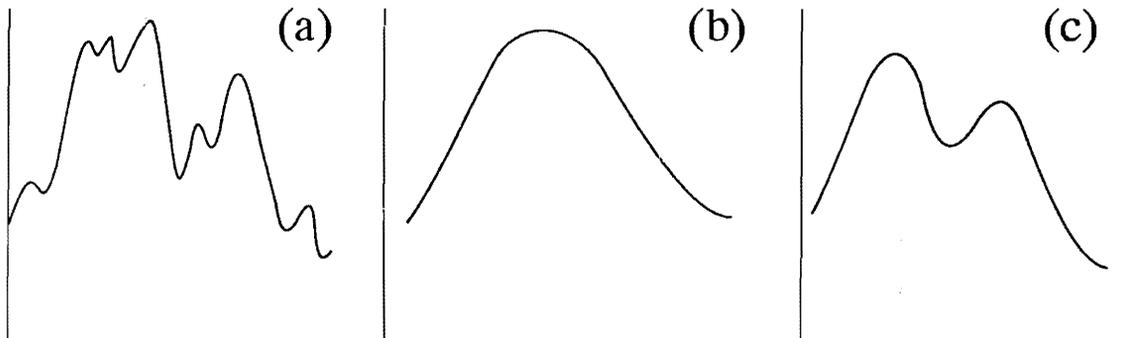
NOV

LIBRARY

### I - MESURE ET THEORIE

#### 1 - Le signal et son bruit

La mesure quantitative des phénomènes, plus simple en physique que dans les sciences humaines, présente les mêmes dangers. Il y a toujours une phase subjective où l'on évalue l'effet des bruits et des erreurs qui affectent le résultat, et cette appréciation tient autant de l'art que de la science. L'effet des bruits parasites peut être illustré par le comportement du signal de la *figure 1a*, où ils provoquent des fluctuations. Faut-il y voir un (*1b*) ou deux maxima (*figure 1c*)? Une nouvelle série d'observations permettra en général de trancher, en faisant apparaître d'autres incertitudes à une échelle inférieure. On comprend la nécessité d'observations indépendantes pour confirmer un résultat, surtout s'il est imprévu. La pratique d'expériences en aveugle ou double aveugle est cependant très rare en physique, ce qui facilite l'irruption de résultats spectaculairement faux.



*Figure 1 : Un signal et son bruit de fond.*

#### 2 - Les mesures pathologiques

L'exemple le plus célèbre de mesures pathologiques est sans doute celle des rayons *N* de Blondlot, au début du siècle (1903) à Nancy. Blondlot mesure par observation visuelle des raies produites par des pièces métalliques et leur distribution angulaire, à l'aide d'écrans fluorescents, et il continue de détecter ces rayons même quand un visiteur a retiré la source. Ce dernier poursuit la logique de son test : l'assistant de Blondlot ne voit rien alors que la "source" a été remise en place (sans qu'il le sache).

Fermilab Library  
0 1160 0049383 7

FLYCEN/9530

Il y a des versions modernes, de ce type d'exploit, parfois financièrement plus coûteuses. Les avions renifleurs, à la fin des années 1970 prétendaient détecter, avec un financement du gouvernement, des neutrinos, ce qui était impossible dans les conditions proposées. C'est par une expérience en aveugle que les charlatans ont été démasqués. Blondlot était cependant parfaitement honnête dans ses hallucinations observationnelles, et il est mort peu de temps après la démonstration de son erreur. Le climat nationaliste de l'époque, qui suivait de peu la découverte des rayons X par Roentgen (1895) a pu jouer un rôle.

Des erreurs (ou tricheries) de ce genre, avec annonce publique orchestrée de résultats suspects se produisent sans arrêt, et, forment elles-mêmes un "bruit" superposé aux informations scientifiques. Nous évoquerons deux cas récents, proches de la physique : la fusion froide de Fleishman et Pons, qui croyaient avoir mis en évidence des réactions de fusion nucléaire capables de produire de l'énergie dans un appareillage de laboratoire. Indépendamment de toute controverse théorique, leur article ne comportait aucun test de cohérence permettant d'apprécier la qualité des mesures effectuées et la signification des signaux. Leur annonce n'a pas été confirmée ultérieurement, mais ils n'ont pas renoncé.

La controverse sur la mémoire de l'eau, à la suite des "observations" de Benveniste, repose également sur un protocole de mesures des plus douteux à priori, la contamination des échantillons étant évidemment beaucoup plus grande que la quantité (nulle !) de molécules "actives" qu'ils contiennent. Là encore, compte tenu des enjeux financiers, le débat public n'a pas suppléé à la rigueur expérimentale. Plus grave, il n'a pas même soulevé les problèmes fondamentaux de méthodologie inhérents à la plupart des recherches qui concernent l'homéopathie.

Les moyens d'information semblent privilégier et amplifier les bruits aberrants qui accompagnent l'activité scientifique. Ils forment un récit parallèle, une fiction probablement plus attrayante que l'original. Il serait intéressant d'approfondir les raisons d'un tel écho public.

Comment "savoir" lorsque les experts se disputent ? Le plus sûr est d'analyser, le crayon à la main, les publications originales. Une autre solution : attendre patiemment la fin des controverses.

### **3 - Les concepts qui se désagrègent**

La description des phénomènes observés suppose un arrière plan théorique plus ou moins explicite, qui va évoluer selon les résultats obtenus. C'est ainsi que le postulat d'unicité de la matière, se manifestant sous différentes formes, suggère la possibilité des transmutations cherchées par les alchimistes, qui pouvaient en outre espérer faire fortune en transformant le Plomb en Or. L'échec de toutes les tentatives a permis à Lavoisier de dégager la notion de corps simples, les éléments de base de la chimie. Leur nombre excessif suffisait à faire soupçonner une unité sous jacente inaccessible à l'époque (les nucléons). Cette question reste d'ailleurs ouverte, le nombre de particules "fondamentales" est encore trop élevé aujourd'hui.

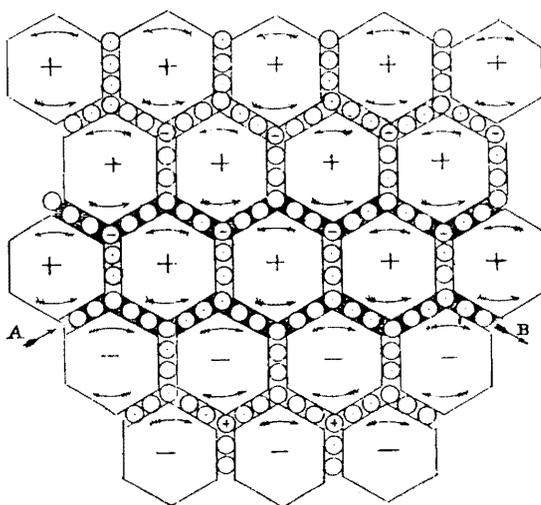
La compréhension des effets de la pression a suivi l'utilisation des pompes pour la distribution de l'eau. On expliquait l'ascension de l'eau dans les tuyaux par "l'horreur du vide", jusqu'aux mesures de Torricelli, mais les puisatiers italiens avaient remarqué que cette "horreur" était limitée à 10 m, et Pascal a démontré qu'elle dépendait de l'altitude à laquelle il se trouvait sur le Puits de Dôme\*. On en est arrivé à la notion de pression : ce n'est pas le vide qui attire, c'est l'atmosphère qui pousse.

Les explications fausses jouent un rôle essentiel dans la réflexion critique sur les observations et constituent un passage obligé. La notion d'éther répondait également à une difficulté qui troublait (à juste titre) les physiciens : comment l'action à distance due à la gravitation ou aux forces électriques est-elle possible ? Comment l'action d'un corps sur l'autre est-elle transmise ? L'idée naturelle était d'invoquer l'émission de particules, comme pour la lumière de Newton, ou la transmission d'une vibration par un milieu particulier qui meublait le vide : l'éther. On comprenait depuis Maxwell la propagation électromagnétique dans les milieux matériels, et l'une des équations les plus importantes y prenait la forme :

$$\epsilon \mu \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = c^2 \operatorname{rot} \vec{B}$$

$\vec{E}$  est le champ électrique,  $\vec{B}$  le champ magnétique,  $c$  la vitesse de la lumière, et les constantes  $\epsilon$  et  $\mu$  caractérisent le milieu matériel considéré. L'équation précédente prédit l'évolution temporelle du champ électrique en fonction de  $\operatorname{rot}(\vec{B})$ , vecteur calculé à partir des composantes de  $\vec{B}(x, y, z)$ . L'éther ("le vide") était un milieu particulier où  $\epsilon = \mu = 1$ , mais Maxwell le peuplait de courants et de charges représentés sur la *figure 2*. La mise en mouvement des charges expliquait la propagation. Le rôle de l'éther était double :

- . il expliquait la propagation des signaux électromagnétiques,
- . il définissait un repère absolu où la vitesse de la lumière était  $c$ .



*Figure 2 : Le vide tourbillonnant selon Maxwell.*

\* le Dr. L. Croq a fait remarquer que si Pascal a contribué à éliminer l'"horreur du vide" comme principe physique, il avait horreur du vide des espaces infinis, et manifestait au moment de sa mort une crainte extrême de "tomber dans le vide", à côté de son lit.

L'expérience de Michelson était destinée à mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à l'éther. Le résultat  $v = 0$  était contradictoire : il fallait que l'éther, fluide parfait, soit entraîné sans frottement par la Terre. La relativité était nécessaire pour rendre compte du paradoxe :

- . il n'y a pas d'éther,
- . la vitesse de la lumière est  $c$  dans tous les systèmes en mouvement uniforme,
- . il y a action à distance par l'intermédiaire du "champ électromagnétique", qui s'étend à tout l'espace.

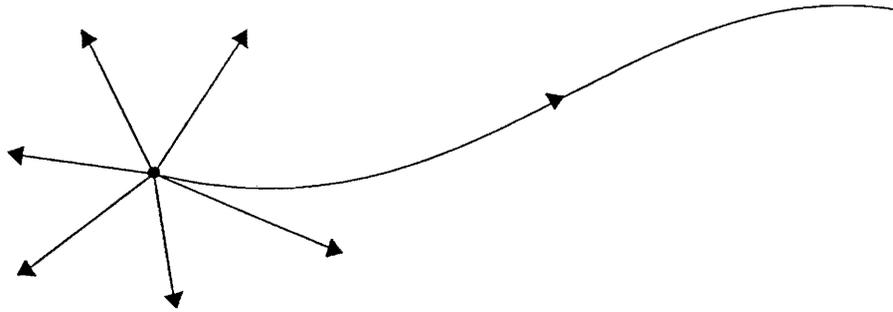
L'image que Maxwell se faisait du vide était à la fois, compliquée et inutile, mais ses équations sont justes et dépassent la "fiction" explicative.

## II - DESCRIPTION DE LA REALITE

### 1 - Repérage et coordonnées

L'espace usuel, avec trois coordonnées d'espace et une de temps est en rapport avec la vie quotidienne et l'intuition. Les positions peuvent y être mesurées avec une précision de  $20 \cdot 10^{-7}$  cm sur des distances d'une dizaine de cm, et les temps à une précision de  $10^{-10}$  s environ. Certains se posent des questions : "Pour nous, physiciens croyants, la distinction entre passé, présent et futur n'a que la signification d'une illusion obstinée" (A. Einstein). Nous considérerons plutôt cette phrase comme une incitation à la réflexion, toujours active sur ce sujet.

Lorsqu'intervient la mécanique quantique, les états physiques sont décrits dans un espace abstrait pourvu d'une infinité de dimensions, et c'est plutôt selon le schéma de la *figure 3* que l'on pourrait visualiser l'évolution dans le temps d'un système quantique. Nous nous intéresserons cependant plus spécialement aux coordonnées dites "internes" des particules, comme la charge électrique : la particule "nucléon" appartient à un espace à deux dimensions, dont les états de base sont le proton et le neutron : un nucléon aura deux coordonnées dans cet espace  $\begin{pmatrix} p \\ n \end{pmatrix}$  même si les seuls états observables sont les états  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  et  $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ , c'est-à-dire protons et neutrons. De même, les leptons apparaissent sous deux formes : le neutrino (neutre) et l'électron (chargé) (seuls états observables) et le lepton  $\begin{pmatrix} \nu \\ e^- \end{pmatrix}$  aura deux coordonnées.

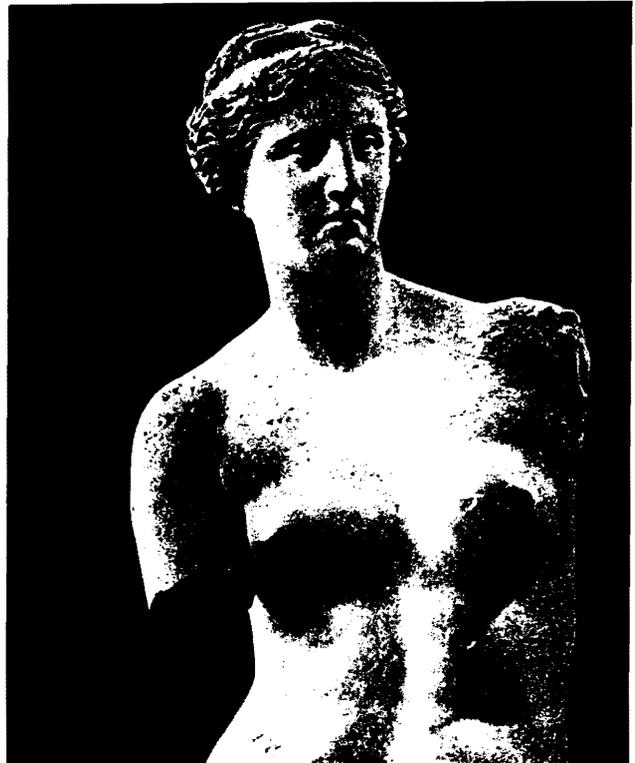


*Figure 3 : L'évolution d'un état en mécanique quantique.*

Les protons et les neutrons d'une part, ou les électrons et les neutrinos de l'autre, sont alors des aspects de la même particule. Le repérage des objets est indissociable de leur identification.

## **2 - Identité et symétries**

Le même objet prend des aspects différents, selon le point de vue adopté, comme sur la *figure 4*.



*Figure 4 : Une statue célèbre vue sous deux angles différents.*

Un objet est ainsi défini non seulement par ses coordonnées, mais par la manière dont

celles-ci se transforment dans un changement de point de vue. Pour la rotation de la *figure 4*, les coordonnées horizontales sont modifiées selon :

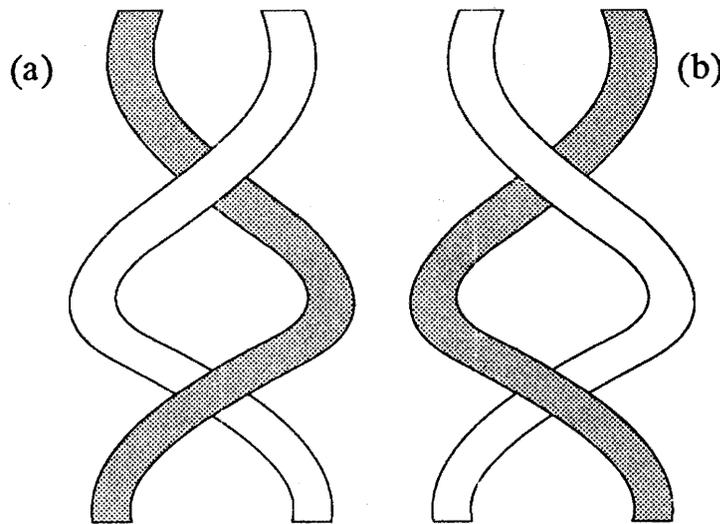
$$\begin{aligned}x' &= \alpha x + \beta y \\y' &= -\beta x + \alpha y\end{aligned}$$

Le changement de repère peut être discontinu : c'est le cas de l'image miroir : l'objet et son image sont-ils "identiques" ? Peut-on distinguer une scène de son image miroir ?

L'expérience enseigne la possibilité de cette distinction pour le monde vivant et, pour les objets en rotation, mais, en "général", les deux images sont **possibles** : entre une scène et son image, le déroulement des phénomènes physiques restera homologue, même si la présence excessive de gauchers constitue l'indice, pour nous, qu'il s'agit d'une image et non pas de l'original.

Le monde vivant constitue un cas particulier : il ne respecte manifestement pas la symétrie gauche-droite, que ce soit à l'échelle de notre corps (les organes), ou à l'échelle microscopique, comme Pasteur l'a montré pour l'acide tartrique fabriqué par des levures.

L'origine de cette violation tient à la configuration spatiale de l'ADN, représentée sur la *figure 5a*. L'image miroir *5b* est possible, mais n'est pas réalisée sur Terre, laissant penser à un événement unique pour l'origine de ces molécules.



*Figure 5 : a) : la molécule ADN, et b) : l'image miroir de la double hélice.*

Il y a dans l'espace interne des particules une opération tout à fait analogue à l'image miroir : c'est la correspondance entre matière et antimatière. La *figure 6* représente la combinaison d'une image miroir classique, appelée P (Parité) et d'une image miroir interne C (Conjugaison). Il se trouve que C et P ne sont pas vraiment des symétries de la nature, alors que la combinaison CP l'est (presque) : une expérience et son image par CP se déroulent de manière (presque) semblable.

Le monde blanc (matière) et le monde noir (antimatière) de la *figure 6* sont tous les deux possibles.

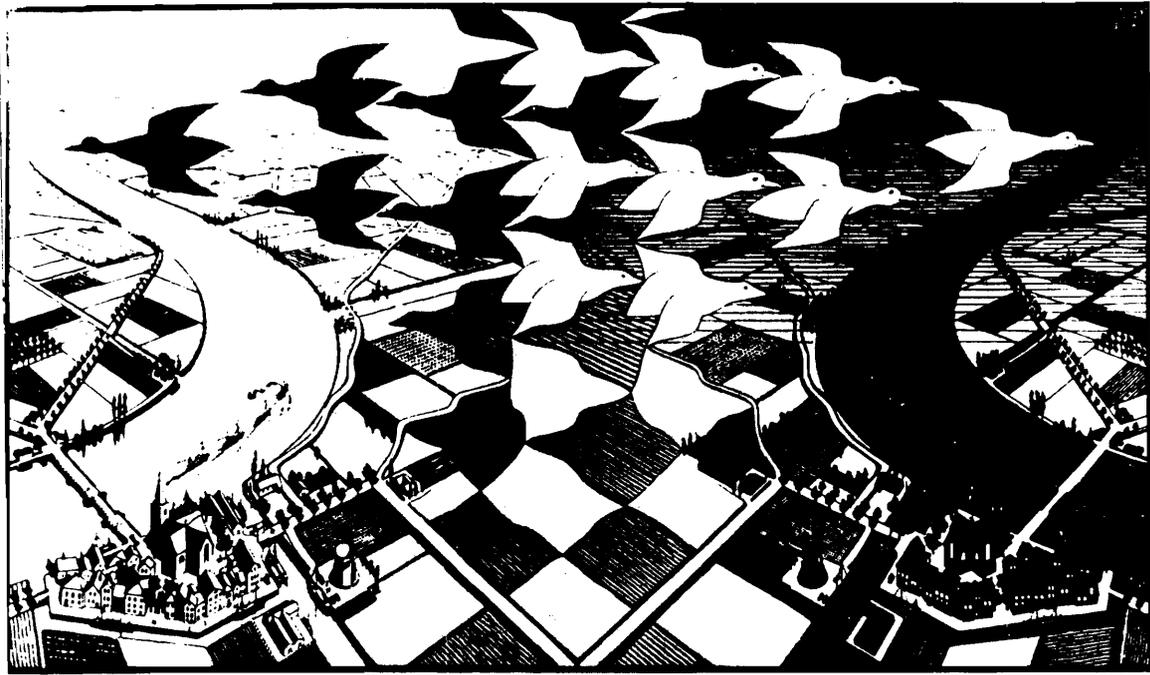


Figure 6

### 3 - Changements de point de vue dans l'espace interne

La conjugaison était l'analogie interne d'une symétrie miroir. Celle-ci est cependant insatisfaisante sur le plan esthétique, et, si les rois l'adoptent pour leurs jardins, les peintres préfèrent un ordre plus complexe\* et lui font même parfois la guerre. La nature aussi, et elle utilise abondamment l'analogie interne des rotations, transformation évoquée par la *figure 7*, qui montre qu'on peut transformer un oiseau en poisson : poisson et oiseaux sont deux aspects d'un même animal (ichtyoptère ?), et qu'un "changement de point de vue" dans l'espace interne conduira à des ichtyoptères (non observables) de coordonnées :

$$\begin{aligned} & \alpha \text{ poisson} + \beta \text{ oiseau} \\ & -\beta \text{ poisson} + \alpha \text{ oiseau} \end{aligned}$$

l'identification oiseau-poisson, où les poissons sont des oiseaux aquatiques, et les oiseaux des poissons volants est d'ailleurs justifiée par des textes, non pas de cladistique mais de poésie baroque : nous citerons trois paires d'alexandrins :

"Et les hôtes de l'air aux plumages divers  
Volant d'un bord à l'autre y nagent à l'envers"

(Saint Amand)

"Ai-je vu mille fois sous des cercles brûlants  
Tomber comme des cieux de vrais poissons volants"

(Saint Amand)

"Et que le sens charmé d'une trompeuse idole  
Doute si l'oiseau nage ou si le poisson vole"

(Hubert de Cerisy)

\* C'est le Dr. L. Croq qui est à l'origine de cette remarque.



Figure 7 : Transformation continue dans l'espace (oiseau, poisson).

La rhétorique et la mythologie s'emparent de toutes les possibilités de correspondance, qu'elles soient ou non réalisées significativement par la nature. Les changements de point de vue dans l'espace interne des particules se traduisent de même par des transformations :

$$e' = \alpha e^- + \beta \nu$$

$$\nu' = -\beta e^- + \alpha \nu$$

qui expriment l'identité des états ainsi obtenus. Ces transformations combinent des états de charge nulle (neutrino) et de charge unité ( $e^-$ ), qui ne **peuvent pas** exister macroscopiquement, faute d'une charge électrique définie, et sont donc "absolument" inobservables.

Il se trouve que le traitement actuel de l'unification de l'électromagnétisme et de la radioactivité repose de manière fondamentale sur ces configurations "interdites" : l'interaction sous jacente ne "voit" pas la charge électrique comme une direction particulière.

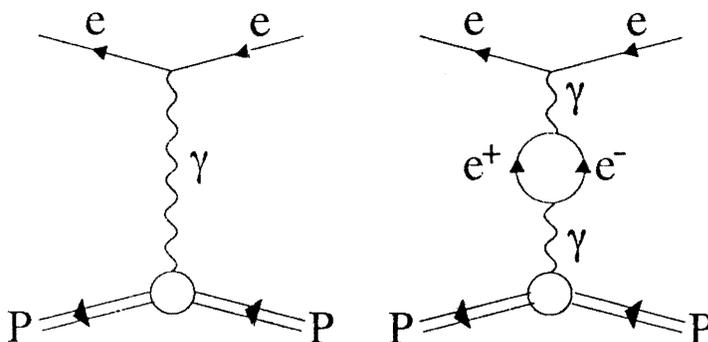
#### 4 - L'Observabilité

La distinction entre ce qui est observable et ne l'est pas est difficile. Un expérimentateur serait presque tenté de dire que rien n'est observable hors de ce qui se passe dans notre propre cerveau, ce qui ne relève ni de la physique (pour l'instant), ni de l'observation.

Il n'est pas surprenant dans ces conditions que les théories physiques fassent systématiquement appel à des "états" inobservables, que ce soient les états  $\alpha e^- + \beta \nu$  rencontrés

précédemment ou des particules “virtuelles” qui interviennent dans les interactions, comme sur la *figure 8*. Les schémas de la *figure 8* représentent des nombres calculables. Dans la plupart des cas, on ne perd rien à les interpréter comme des séquences se déroulant dans l’espace temps, sans avoir d’assurance contre le risque d’erreur.

“Tout se passe comme si” le photon allait du proton à l’électron et/ou de l’électron au proton, créant éventuellement une paire  $e^+ e^-$ .



*Figure 8 : Deux contributions à la diffusion d’un électron par un proton.*

### III - DE LA PHYSIQUE A LA FICTION

“Les biologistes ne nous écoutent pas et collectionnent les faits au hasard. Ils devraient apprendre les méthodes de la Physique”.

(Enrico Fermi selon Laura)

Laura Fermi avait senti une certaine arrogance. Les méthodes utilisées par les physiciens ne diffèrent pourtant pas sensiblement de celles qu’adopte toute démarche scientifique, y compris celle des biologistes ou des sociologues. Le matériau de base est sûrement plus complexe dans le dernier cas.

En parallèle avec les observations plus fines, un langage théorique se forme, évolue et raconte l’histoire d’une utopie optimiste : il y a un ordre à découvrir dans l’Univers.

Je remercie les organisateurs de leur invitation à cette rencontre originale. L’évocation des différents aspects de la fiction formait une boucle (virtuelle), de l’utopie sociale aux mythes de Robocop, sans négliger, au passage, les physiciens et leur réalité.

