

# Dialogues galiléens sur la recherche contemporaine

Christophe DELAHAYE

13 septembre 2020

## Table des matières

<b>1</b>	<b>La physique quantique</b>	<b>2</b>
	Prologue . . . . .	2
1.1	Sur la non localité . . . . .	2
1.2	De la non séparabilité à l'indétermination . . . . .	6
1.3	Indétermination et décohérence . . . . .	8
1.4	Sur la complétude . . . . .	13
1.5	L'équation de SCHRÖDINGER . . . . .	15
1.6	Sur la capacité de raisonnement . . . . .	17
1.6.1	La cryptographie quantique . . . . .	18
1.6.2	L'interprétation de Copenhague . . . . .	20
1.6.3	Le graviton, symptôme des incompatibilités conceptuelles . . . . .	20
1.6.4	L'ordinateur quantique . . . . .	21
1.6.5	Florilèges d'absurdités à la PRÉVERT . . . . .	22
	Épilogue . . . . .	23
<b>2</b>	<b>La cosmologie</b>	<b>24</b>
	Prologue . . . . .	24
2.1	Sur la matière sombre . . . . .	24
2.1.1	Analyse du discours actuel (2009-2013) . . . . .	24
2.1.2	Sur les origines de l'idée de matière noire . . . . .	31
2.2	Sur l'énergie sombre . . . . .	41
2.3	Sur le discours du "Big Bang" . . . . .	44
2.3.1	Le fond diffus cosmologique . . . . .	46
2.3.2	L'expansion . . . . .	51
2.3.3	Les prétentions d'échelle sur le plan historique . . . . .	55
2.4	Sur les forces électromagnétiques . . . . .	56
2.5	Quid de l'autre moitié de l'Univers, voire la quasi-totalité ? . . . . .	58
2.6	Sur la capacité de raisonnement . . . . .	59
2.6.1	Les trous noirs selon Aurélien BARRAU . . . . .	59
2.6.2	L'anomalie de la sonde Pionner . . . . .	60
2.6.3	La zone habitable en astronomie . . . . .	61
2.6.4	La dynamique des plasmas selon le CNRS . . . . .	62
2.6.5	De la véritable perception de l'espace . . . . .	64
2.6.6	Florilège d'absurdités à la PRÉVERT . . . . .	65
2.7	De la faisabilité d'une cosmologie scientifique . . . . .	67
2.8	Quelques mots sur la gravitation universelle de Newton . . . . .	70

2.8.1	Les fondamentaux	70
2.8.2	Modélisation d'une galaxie spirale	71
Épilogue		75
<b>A</b>	<b>Rôles et représentés</b>	<b>77</b>
<b>B</b>	<b>Sur ce document</b>	<b>77</b>
B.1	Historique	77
B.2	Reste à faire	78

## Table des hors-texte

1	Indétermination vs. raisonnement, le cas du spin	7
2	Autres mensonges sur les preuves de validité	7
3	Reste à placer à propos de l'indétermination et la quantification	17
4	Expériences de détection directe de matière sombre	32
5	Paradoxes des trous noirs	45

## 1 La physique quantique

### Prologue

**Salviati** Bonjour messieurs. Je vous ai demandé de venir pour faire le point sur les quelques réflexions que Sagredo et moi nous sommes faites sur l'épistémologie de la physique moderne. Je crois que les choses s'éclairciront plus vite avec des échanges plus interactifs et en faisant intervenir un professionnel. Je compte sur Simplicio pour expliquer et justifier la théorie « standard ». Mon propos n'est pas tant de contester les mathématiques que d'avoir des éclaircissements sur les explications des phénomènes physiques qui leur sont associés.

**Simplicio** Je crois que tous les problèmes soulevés sont liés au fait que, sur ces sujets, le sens commun induit en erreur plus qu'il n'aide.

**Salviati** Je suis tout à fait d'accord sur ce point, et je compte sur Sagredo pour mettre le doigt sur les raisonnements approximatifs ou a fortiori incorrects.

**Salviati** Le premier point que je veux aborder est la question de la non localité, i.e. les corrélations à grande distance entre particules « intriquées ». Cela nous amènera aussi à creuser la distinction incertitude versus indétermination. Plus généralement, il s'agit de clarifier comment la théorie répond aux paradoxes et objections du trio EINSTEIN, PODOLSKY, ROSEN. Je ne vous cacherai pas que les réponses qu'on trouve le plus souvent ne me satisfont pas, et en particulier ne répondent pas complètement au problème.

### 1.1 Sur la non localité

**Salviati** Je voudrais que Simplicio rappelle ce qu'est le principe de non localité et comment on y est arrivé. Ensuite, j'expliquerai les problèmes que j'y vois.

**Simplicio** Il s'agit effectivement de ce qui est probablement le phénomène le plus étrange et le plus difficile à admettre. Certaines interactions entre particules les rendent « intriquées », c'est à dire quelles perdent leur indépendance : les équations les décrivant posent des

contraintes sur les propriétés des particules concernées de telle sorte que, pour un système à deux particules :

- Au départ, avant l'intrication, les propriétés sont indéterminées comme pour des particules indépendantes ou isolées.
- Mais après l'intrication, comme l'explique [13], « une mesure réalisée sur l'une des 2 particules détermine instantanément les propriétés de la seconde » particule, quelque soit la distance à laquelle elle se trouve. (Une explication similaire est donnée dans [98].) C'est le cas même si cette distance est assez grande pour exclure la possibilité d'une interaction entre les 2 particules du système au moment de la mesure, puisque toute interaction ne peut se propager à une vitesse supérieure à  $c$ , la constante au cœur de la théorie de la Relativité.

En fait, j'ai parlé d'un système de 2 particules pour des raisons pratiques et linguistiques, mais il faut plutôt penser cela comme un objet unique, même si le langage ordinaire ne permet pas d'exprimer cela suffisamment aisément. Et plutôt que « non localité », il vaudrait mieux dire « inséparabilité ».

**Sagredo** Pouvez vous aussi nous expliquer de quelles preuves expérimentales on dispose, en appui de quelque chose qui ressemble effectivement à une violation de la Relativité ?

**Simplicio** La famille d'expérience la plus représentative est sans doute celle destinée à tester les inégalités de BELL, des prédictions justement destinées à trancher entre le réalisme, la non séparabilité et la complétude de la théorie. Leur origine et les principes sont décrits dans l'article [25] et dans [99]. Le principe commun à ces expériences est assez simple. Une source ponctuelle émet des particules intriquées, généralement des photons, et nous nous assurons qu'ils se séparent, par exemple par diffraction pour la lumière. Nous mesurons l'une des grandeurs corrélées sur le chemin des 2 particules, par exemple et toujours pour des photons, la polarisation. Nous constatons que les deux mesures sont bien corrélées comme le prévoit la théorie. Le décalage temporel entre les 2 mesures et la distance entre les 2 lieux de la mesure sont respectivement assez court et assez grande pour qu'aucune des 2 mesures ne soit dans le cône de lumière de l'autre.

**Sagredo** Qu'entendez-vous par « cône de lumière » ?

**Simplicio** Il s'agit d'un concept de la Relativité, il s'agit de tous les événements qui peuvent être influencés par l'origine du cône.

**Salviati** Un événement se produit dans une région de l'espace-temps, qu'on peut approcher par une sphère. Une sphère de même centre et de rayon  $ct$ , où  $t$  désigne la durée écoulée depuis l'évènement, englobe toute la région de l'espace temps dans laquelle les événements peuvent être influencés par l'évènement initial, et seulement celle ci. On dit parfois aussi sphère de causalité, mais dans une représentation dans un espace euclidien à 4 dimensions, cette enveloppe est bien un genre de cône, et est un véritable cône si on ne prend en compte que 2 dimensions d'espace et une de temps, l'axe du cône correspondant à la dimension temporelle. Mais il vaudrait mieux dire hypercône pour souligner le fait qu'il s'agit d'une surface à 3 dimensions, dont l'intersection avec le plan normale à l'axe temporel n'est pas un cercle comme dans le cône normal, mais une sphère.

**Salviati** Je vois 2 problèmes liés dans cette expérience. D'abord, vos particules ont toujours une origine commune dont on ne dit rien, et pourtant il se pourrait que c'est là que se passe le plus important. Deuxièmement, le problème avec la lumière est que toutes vos mesures sont destructrices. Le photon disparaissant lors de la mesure, il est impossible de mesurer plusieurs fois la propriété désirée, ce qui est pourtant une manière normale d'estimer les erreurs de mesures.

**Sagredo** En effet, un dispositif à 4 mesures me paraît préférable. Il faudrait utiliser 2 particules matérielles sur lesquelles on puisse mesurer quelque chose 2 fois. Pour que l'influence à distance soit prouvée, il faudrait que, non seulement les 2 premières mesures se produisent dans des cônes de lumières différents, mais aussi que la seconde mesure sur l'une des particules se produise hors du cône de lumière partant de la première mesure de l'autre particule ; et cela dans les 2 sens. Pour que le résultat soit probant, il faut non seulement que la mesure 2 sur le chemin A soit corrélée à la mesure 1 sur le chemin B et vice-versa (mesure 1 sur le chemin A avec mesure 2 sur le chemin B), mais aussi que cette corrélation ne soit pas déductible de la corrélation à la source ; ou carrément qu'il n'y ait pas de source commune.

Cela aide, mais cela ne suffit pas. Pour que la première mesure de chaque chemin soit dans un cône de lumière différent de l'autre, il est nécessaire que les particules soient d'origines différentes

On note au passage que des professionnels contribuent à entretenir le mensonge sur la nature de la mesure, y compris dans des textes destinés à un public averti : [98] mentionne une double mesure sur un photon : « si bien qu'une seconde mesure confirme la même orientation de la polarisation », alors que le photon, boson de l'interaction, est par définition absorbé par l'interaction-détection.

**Salviati** Merci. Cela me donne l'occasion d'avancer une explication radicalement différente des corrélations. Au lieu de supposer, comme le fait Simplicio, que la grandeur mesurée est déterminée à l'instant de la mesure, pourquoi ne pas dire que cette détermination se produit à la source commune ? Après tout, rien n'empêche de faire la mesure le plus près possible de la source, et donc de constater la détermination à une distance arbitrairement petite de la source. La conclusion la plus simple est que la détermination se produit à la source, dans la lignée du principe de prolongement des inégalités du calcul infinitésimal.<sup>1</sup> Et vous ne pouvez pas prouver le contraire tant que vous ne pouvez faire qu'une seule mesure. Si on ne suppose pas l'indétermination, il n'y a pas besoin de corrélations à distance. La description du soi-disant théorème de BELL donné dans [99] soutient cette explication dans le sens où elle montre que le raisonnement contient l'hypothèse de l'indétermination. En considérant que les propriétés corrélées sont déterminées dès la fin de l'interaction, à la séparation plutôt qu'à la mesure, la démonstration de BELL tombe.

**Sagredo** Avant de vous laisser partir sur la question incertitude versus indétermination, je voudrais éclaircir un point. [21] indique à plusieurs reprises que la violation des inégalités de BELL par les résultats des mesures prouve la complétude de la théorie au sens où aucune théorie « à variables cachées » ne peut faire mieux, en termes de précision des prédictions, que la théorie standard. Deux articles indiquent « toutes les théories », et un autre « une théorie ». Qu'est-il précisément ? Il est évident qu'il existe des théories (à variables cachées) qui ne fonctionnent pas, tout comme il existe des théories sans variables cachées qui ne fonctionnent pas. Mais comment pouvez-vous affirmer l'existence de limitations aux capacités de prédiction d'une théorie dont vous n'avez rien explicité ? Il me semble que cela revient à confondre l'ensemble des théories imaginables et la famille de théories qui partagent les mêmes bases mathématiques que les vôtres. Et ceci reste loin de la preuve de complétude de la théorie standard.

**Salviati** J'ai une idée sur ce sujet. Mais d'abord laissez moi citer.

1. Ce principe indique que pour 2 suites numériques convergentes  $(u_n)$  et  $(v_n)$ , on a :

$$(\exists N : \forall n > N : u_n \leq v_n) \Rightarrow \lim(u_n) \leq \lim(v_n)$$

- Page 28 de [25] « *En quelques lignes*, Bell démontre que pour 2 particules intriquées, les prédictions quantiques sont incompatibles avec tout modèle intégrant de façon explicite des paramètres supplémentaires [...] qui [...] détermineraient la polarisation initiale. »
- Page 36 de [26] Anthony Leggett imite Bell et élabore des inégalités qui doivent être vérifiées si sa théorie à variables cachées, est exacte.

Il n'est pas crédible que Bell et Leggett aient démontré quoique que ce soit de précis sur toutes les fonctions à variables réelles qui donnent les mêmes valeurs que les fonctions « standards »<sup>2</sup>. Il semble plutôt que chacun ait construit une unique légère variante de la théorie standard. Sans idée a priori de la nature des variables cachées à introduire, il est invraisemblable que cela puisse fonctionner. Il semble que plusieurs auteurs ne voient pas clairement la différence entre  $\exists$  et  $\forall$ .

**Simplicio** Je ne peux pas répondre sur les caractéristiques des théories éliminées...

**Salviati** Moi j'ai une idée : l'article *Inégalités de BELL*, pages 70-73 de [74] mentionne un coefficient de corrélation d'une manière qui suggère que les variables soi-disant cachées sont liées linéairement, entre elles ou avec des variables observables. Dans ces conditions, prétendre que ces inégalités prouvent la complétude de la théorie est comme prétendre prouver la mécanique de ARISTOTE contre celle de GALILÉE en montrant dans l'expérience de la chute des corps sur plan incliné qu'il n'y a pas de corrélation linéaire entre la hauteur du corps et la durée de chute. (Vous savez tous deux que, en réalité, il y a bien une relation fonctionnelle, mais quadratique et non linéaire.)

**Simplicio** ... mais je peux dire qu'il y a au moins une autre famille de vérifications expérimentales de la corrélation à distance, il s'agit des techniques de téléportation quantique. Je résume le principe, décrit notamment dans [28]. Au préalable, nous intriquons une paire de particules. Au moment de la téléportation, nous mesurons l'état conjoint de la particule à téléporter et l'une des particules intriquées. À destination, nous appliquons une transformation sur la seconde particule intriquée en fonction du résultat de la mesure au point de départ. Cette transformation met la seconde particule dans le même état que la particule à téléporter.

**Sagredo** Je comprends dans cette description que votre téléportation ne transporte ni matière ni énergie ni information. Le terme est manifestement abusif. Vous ne faites que copier une seule grandeur (la polarisation de la lumière dans le cas le plus souvent cité) parmi plusieurs caractéristiques (mais pas la fréquence par exemple). Il est donc mensonger de prétendre téléporter l'état de la particule, et encore plus la particule elle-même.

**Salviati** Et votre processus présente le même point faible que votre première expérience : il y a toujours un unique faisceau laser à la source de tous vos photons intriqués. Montrez moi le même résultat avec des faisceaux indépendants et à ce moment, je croirai à l'intrication, sous réserve évidemment que vous n'introduisiez pas une autre corrélation entre les lasers. Mais n'exagérons rien, une dépendance comme le fait que les 2 lasers soient alimentés par le même réseau de transport d'électricité est acceptable.

**Sagredo** Mais encore plus radicalement, votre encadré « Le coin des sceptiques » dans cet article montre que vous n'avez pas compris grand chose au phénomène. Je viens de dire pourquoi le terme de « téléportation » est inadéquat, et votre réponse sur ce point, qui consiste à confondre une particule et l'ensemble de ses propriétés, est tout à fait insuffisante : je viens de rappeler qu'un photon n'est pas identique à sa polarisation qui

2. On ne connaît pas la forme de ces fonctions, mais... rappelons juste que l'ensemble des fonctions d'approximations par série entière à une seule variable réelle est un espace vectoriel de dimension infinie.

n'est que une propriété parmi plusieurs. Mais en plus, vous osez envisager de « téléporter » des objets matériels, alors que vous indiquez simultanément que l'objet original est détruit dans le processus. Absorber un photon est une chose, faire disparaître un atome en est une autre.

**Salviati** Manifestement, votre choix de ce mot est motivé par des raisons publicitaires, pour marquer les esprits, pas pour décrire une réalité. Ceci est d'ailleurs reconnu dans [98] : « Une autre application du phénomène d'intrication est ce qu'il est convenu d'appeler – avec une connotation malheureusement volontaire de sensationnalisme fort éloigné de la rigueur scientifique – la téléportation quantique. »

## 1.2 De la non séparabilité à l'indétermination

**Salviati** Je vais aussi revenir sur la complétude, mais avant cela, j'aimerais insister sur cette fameuse indétermination, souvent présentée comme une différence majeure entre la physique classique et la physique quantique.

**Simplicio** Il est vrai que cela a soulevé beaucoup de questions il y a quelques décennies, mais aujourd'hui, le principe d'indétermination est acquis. Il indique que les grandeurs caractéristiques de ce qu'on appelle particule quantique un peu par abus de langage ne sont définies qu'à un intervalle près et que le produit de l'incertitude sur des grandeurs corrélées, telle que la position et la quantité de mouvement est minoré pour des raisons fondamentales, indépendamment des instruments de mesure. Il s'agit du principe d'Heisenberg.

**Sagredo** Salviati, vous avez laissé entendre à l'instant que renoncer à l'indétermination permet de se débarrasser des corrélations à distance, pouvez vous expliciter ?

**Salviati** Simplicio a indiqué que les corrélations à distance sont nécessaires pour expliquer la relation entre les mesures sur 2 chemins de particules dans des cônes de lumière disjoints. Mais je rappelle que toutes ces expériences reposent sur une source ponctuelle unique. Si on considère plutôt que les grandeurs mesurées sont déterminées non pas au moment de la mesure mais au moment de la création de ces photons par la source, alors :

- non seulement, il n'y a qu'un seul cône de lumière à prendre en compte, et celui-ci contient à la fois les photons mesurés et les instruments ;
- mais en plus, il n'y a plus aucun besoin d'interaction à distance, puisque les grandeurs considérées sont corrélées dès l'origine, quel que soit la date de la mesure ou la position de l'instrument.

Et nous n'avons toujours pas de preuve de l'inexistence de variables cachées, contrairement aux prétentions de Bell. D'ailleurs, dire « cachées » c'est introduire un biais de perception, objectivement, il faut dire « non prises en compte », car personne ne cache les grandeurs en question, elles sont absentes des modèles parce que vous ne les y avez pas introduites.

En fait, votre raisonnement me fait penser au problème de mécanique newtonnienne de la collision élastique : le théorème de conservation de l'impulsion dans une collision de ce type en mécanique du point matériel donne des contraintes sur le résultat de la collision, mais ne détermine pas complètement les directions et vitesses des objets concernés. Pour résoudre complètement le problème sur le plan théorique, il est nécessaire d'introduire la mécanique des solides, qui manipulent des grandeurs, comme celles liées à la rotation, qui n'ont pas d'équivalent en mécanique du point. Où dans vos soi-disant preuves de complétude montre-t-on l'impossibilité de l'existence de grandeurs qui joueraient le même rôle que la rotation dans cette analogie ?

---

**Note 1** Indétermination vs. raisonnement, le cas du spin

---

Certains interprètent le fait qu'on ne sait mesurer le "spin" que par rapport à une seule direction d'espace et que cette mesure modifie le "spin" par rapport à une autre direction comme une preuve de l'indétermination. Simplicio ne sait pas expliquer comment cela est mesuré, donc l'affirmation selon laquelle cette limitation n'est pas technologique (la méthode de construction de l'instrument) mais intrinsèque à la nature du "spin" reste à prouver.

Mais même dans le cas intrinsèque, on peut imaginer que la représentation mathématique correcte de cette grandeur est un vecteur qui est modifié par l'instrument (une mesure est par définition une interaction, faut-il le rappeler) un peu comme la vitesse d'une particule est modifiée par la force de LORENTZ. Une méthode de mesure de vitesse basée sur une transformation d'énergie cinétique est aveugle aux modifications de direction créées par la composante magnétique de la force de LORENTZ. Il est naturel qu'une mesure basée sur le champ électrique ou exclusivement magnétique soit liée à un axe privilégié, en l'occurrence celui du vecteur au point de l'interaction particule externe - particules de l'instrument. Donc, même s'il est réellement physiquement impossible d'interagir pour mesurer un "spin" sur 2 ou 3 directions à la fois, cela ne prouve en aucune façon que ce "spin" est indéterminé avant l'interaction.

---

---

**Note 2** Autres mensonges sur les preuves de validité

---

On dit fréquemment que l'électronique n'aurait pas pu être inventé sans la mécanique quantique et l'interprétation de COPENHAGUE. C'est complètement absurde. En particulier les inventeurs du transistor n'ont pas utilisé la physique quantique et même en 2020, plusieurs décennies après cette invention, personne n'a de modèle d'une simple jonction P-N basé sur l'équation de SCHRÖDINGER ou des matrices de HEISENBERG ; a fortiori pour le transistor complet avec ses 2 jonctions. En réalité c'est plutôt le contraire : seuls les ordinateurs permettent de faire des calculs de physique quantique valables pour des systèmes à au moins 2 particules, vu que personne ne sait résoudre les équations symboliquement. Donc on construit d'abord des calculateurs électroniques, et seulement ensuite on peut les utiliser pour explorer les équations théoriques.

---

### 1.3 Indétermination et décohérence

**Simplicio** Je vous assure, Salviati, que l'indétermination a fait l'objet de vérifications expérimentales. En particulier, nous pouvons voir de nos propres yeux des phénomènes de nature ondulatoire créés par des particules que vous semblez vouloir considérer comme réellement ponctuelles. Cela montre que les particules sont en réalité étendues dans l'espace. Il y a des exemples dans [13]. D'ailleurs, l'indétermination est indissociable de la dualité onde-corpuscule, renoncer à l'indétermination implique de refaire toute la théorie.

**Sagredo** N'exagérons rien, le formalisme matriciel utilisé à l'époque de la naissance de la théorie est indépendant de cette dualité, et on a montré à l'époque, que dans les cas connus, ce formalisme donne les mêmes prédictions que les équations d'ondes ([26, page 33]). La dualité n'est donc pas aussi intrinsèque que vous l'affirmez.

**Salviati** Prenons donc comme prétendue preuve de la dualité, l'exemple de la figure de diffraction de photons, l'expérience mère de la physique quantique selon FEYNMANN ([23, page 17]). On peut lire dans [13] cette description : Nous envoyons un faisceau laser sur un objet opaque percé de 2 fines fentes. Le laser est réglé de façon à n'envoyer qu'un seul photon à la fois. Une particule classique passerait par une des 2 fentes ou pas du tout, mais l'onde-particule passe par les 2 fentes à la fois, ce qui crée la traditionnelle figure de diffraction. Autrement dit, la particule interfère avec elle-même. Que prouve cela selon vous, Sagredo ?

**Simplicio** Comme vous semblez ne pas beaucoup aimer mes expériences avec des photons, je tiens à préciser que les résultats sont identiques avec des électrons, des neutrons et même des grosses molécules comme le fullerène ( $C_{60}$ ) (cf. encadré page 8 de [22]).

**Sagredo** Première remarque : vous dites « un seul photon à la fois » ; pourtant, je lis dans [31, page 110] « les détecteurs actuels ne savent distinguer qu'entre la présence et l'absence de photons ». La précision des instruments a-t-elle régressé entre 2008 et 2010 ou la présentation de l'expérience est-elle incorrecte ?

**Salviati** Espérons que l'auteur a juste un peu trop simplifié dans un souci de vulgarisation... Bon d'accord, n'ayons pas peur des mots, il ment ou il ne comprend pas de quoi il parle...

**Sagredo** Seconde question : a priori, on veut idéalement un seul photon par flash, ce qui implique un faisceau de faible puissance. Est-il possible qu'un unique flash laser produise une figure lumineuse suffisamment intense pour être visible à l'œil nu ?

**Salviati** Excellente question, la réponse est évidemment non. Au fil de mes recherches, j'ai trouvé la description que je viens de faire plusieurs fois. Mais il me semble que la seule description presque complète soit celle de [27]. On y dit que, en réalité, la figure finale n'est pas produite par un flash, mais par une succession de flashes sur une durée non spécifiée, chaque flash produisant un point d'impact et la figure est l'histogramme de l'ensemble, partitionné le long de l'écran, des points d'impact ainsi obtenus. J'imagine que vous voyez la faille dans ces conditions.

**Sagredo** Oui. La figure finale ne permet pas de distinguer entre l'interprétation avancée (chaque photon passe par les 2 fentes à la fois) et une interprétation dans le style de la mécanique statistique : environ la moitié des particules passe par une fente, et le reste des particules par l'autre fente. La figure ne porte pas de trace de l'ordre des points d'impact ainsi comptés, a fortiori elle ne montre pas si des impacts sont suffisamment proches dans le temps pour provenir d'un même flash. De toute façon, cela ne prouverait rien si on ne peut pas non plus montrer que le flash en question ne compte qu'un seul photon. Or, on peut lire à la fin de [29] que faire descendre l'intensité en dessous de quelques millions de



photons par seconde semble inaccessible avec la technologie actuellement disponible. Ceci implique que l'expérience intéressante, à un seul photon, est irréalisable.

**Salviati** Encore une preuve candidate qui tombe, donc... Et ce n'est pas encore cette fois qu'il sera prouvé que le hasard du niveau quantique est intrinsèque alors que celui du niveau macroscopique est juste une formulation de l'ignorance. Et j'espère qu'il est clair qu'il est inutile de multiplier ce type d'expériences, elles n'ont simplement aucun rapport avec ce qu'elles sont censées prouver.

Mais j'aimerais faire remarquer que dans [7], Bernard d'ESPAGNAT décrit cette expérience en termes d'onde de matière et affirme que la seule façon de conserver un discours cohérent et compatible avec l'expérience, consiste à limiter le discours aux résultats d'expériences et ne pas mentionner d'hypothétiques objets particules. En soutenant que chaque « onde-particule » passe par les 2 fentes, il fait ce qu'il interdit puisque le résultat expérimental ne porte pas sur une « onde-particule », mais sur un phénomène agrégé.

Affirmer que cette expérience prouve la dualité onde-particule ressemble à affirmer que, puisque un liquide apparaît à l'oeil nu comme une substance continue, l'atome n'existe pas.

Appeler ces barres des franges d'interférences d'ondes est abusif pour une autre raison : une onde est censée être un phénomène macroscopique doublant périodique dans l'espace (avec pour caractéristique la « longueur d'onde ») et dans le temps (avec la « période »). On concède la possibilité d'amortissement ou d'amplification, ce qui fait que l'amplitude peut ne peut être constante, mais la durée et la distance et entre 2 extrema doit être constante. Montrer moi la périodicité temporelle dans votre expérience.

**Sagredo** Il y a autre chose qui me dérange dans ce type d'expérience : apparemment, tout ce qui est mesuré, ce sont des positions, des masses, des vitesses, des charges électriques ; bref des propriétés d'objet matériel. Alors pourquoi s'obstiner à représenter cela par une onde, alors que ce choix pose beaucoup plus de problèmes qu'il n'en résout ? D'abord, que peut bien être la masse, la charge électrique d'une onde ? Ensuite, si la représentation ondulatoire est convenable, il doit exister un phénomène physique associé à la « réduction du paquet d'ondes », phénomène que personne n'a jamais nommé, ce qui sous entend que personne ne l'a mis en évidence. Simplicio, que pouvez-vous dire qui montre que cette réduction n'est pas un problème illusoire créé par votre choix de représentation mathématique ?

**Salviati** Allons au fond des choses ! Simplicio, vous avez admis tout à l'heure, à propos des expériences pour les inégalités de BELL, que la distance de l'instrument de mesure à la source de la particule à mesurer ne compte pas. Vous affirmez par ailleurs que les grandeurs mesurées sont indéfinies avant la mesure mais définies instantanément par l'acte de mesure. Je peux donc forcer la détermination à une distance arbitrairement petite de la source et surtout, à l'inverse, le caractère indéfini est par définition inobservable.

**Simplicio** « On sait aujourd'hui que les superpositions et les interférences quantiques ne se maintiennent que si aucune information ne filtre vers l'environnement. » ([22, page 7], et une affirmation similaire dans [23, page 18])

**Salviati** Par définition, une mesure est une extraction d'information. Si vous prétendez être logiquement cohérent, vous devez donc avouer que superpositions et interférences sont théoriquement inobservables, contrairement à ce que vous avez affirmé précédemment.

**Sagredo** Dans ces conditions, si on accepte les critères de Karl POPPER, le choix entre incertitude et indétermination relève d'un acte de foi, pas d'une connaissance scientifique.

**Salviati** Que pouvez vous répondre à cela, Simplicio ? Je préviens à l'avance que, évidemment, me parler de mesures à 140 km d'ici quand je vous demande ce qui se passe à la

source, sous notre nez, est tout à fait inadéquat, contrairement à ce qu'affirme [22, page 9]. Autrement dit, les expériences d'Alain ASPECT sont complètement hors sujet.

Plus généralement, que pouvez vous dire pour soutenir que la borne de Heisenberg n'est pas simplement la traduction de la perturbation apportée par l'instrument de mesure lui-même ? D'ailleurs, je m'étonne qu'on ne se pose apparemment jamais la question de l'intensité des interactions entre l'instrument et l'objet dont on cherche à mesurer quelque chose. Après tout, un vulgaire effet parasite du aux détails de construction de l'instrument peut être négligeable à l'échelle de l'instrument (macroscopique), mais absolument pas à l'échelle de ce qu'on veut mesurer. En guise d'analogie, je peux dire que le courant de base dans un transistor est censé être très faible par rapport au courant de l'émetteur, mais il conditionne portant le fonctionnement du circuit, et donc n'est pas négligeable dans l'interprétation des observations.

Dans [3, chapitre 16], STEWART envisage de remplacer l'hypothèse indétermination par une dynamique chaotique sur un véritable état interne de la particule. On est d'accord sur l'inutilité de l'indétermination, mais je ne crois pas qu'il y ait besoin d'un état interne non trivial. Jusqu'à nouvel ordre, on peut attribuer l'apparence de hasard dans les mesures par les perturbations apportées à un système microscopique par votre instrument macroscopique, immensément colossal par rapport à la particule, ou même un gros atome.

Dans le même ordre d'idées, pouvez vous soutenir que cette même borne est plus fondamentale que la limite de la diffraction (en résumé, l'impossibilité d'observer des objets de tailles inférieure à la moitié de la longueur d'onde de la lumière utilisée pour les éclairer) ? Je mentionne cela car [46] explique comment cette limite a commencé à tomber. Bien que l'article ne le dise pas explicitement, les expériences décrites et leurs résultats renforcent l'idée que les limites prétendument fondamentales tombent lorsqu'on utilise un instrument de mesure à l'échelle des objets à observer.

Soit dit en passant, en biologie moléculaire aussi, des théories qui semblaient raisonnables sur le fonctionnement de la cellule en général et l'expression des gènes en particulier sont tombées lorsqu'on est passé de l'observation d'une activité globale en moyenne d'un tissu à l'observation non destructrice de cellules individuelles, puis à l'observation de l'activité intracellulaire. Votre idée sur la diffraction de particules est aussi naïve que les vieilles théories qui affirmaient que le génome pilote précisément l'activité cellulaire partout de la même façon et sans laisser de place significative au hasard.

**Simplicio** Je ne veux pas abandonner l'indétermination, pas avant que vous n'expliquiez vous même l'interférence.

**Salviati** Je nie qu'il s'agisse d'interférence, mais je peux proposer une explication de la figure de dispersion et une façon de la valider. L'une des chose qu'on ne trouve jamais dans la description de ces expériences est la taille des fentes. À l'aide du point de vue newtonien, en se limitant au cas d'un jet de matière, je peux dire que plus la fente est petite, plus il est probable que les atomes soient déroutés de la ligne droite qu'est la trajectoire inertielle, par les interactions des nuages d'électrons des projectiles entre eux et avec ceux des atomes des bords de la fente. Le point de vue newtonien dit aussi que en dehors de la phase de traversée du masque, les atomes suivent une parabole qu'on approche par une ligne droite car on néglige la gravitation. Un peu de trigonométrie permet de convertir la distribution des points d'impacts en une distribution de l'angle entre le masque fendu et la trajectoire de l'atome vu comme un point matériel. Je prétends que si cette distribution angulaire ne change pas lorsqu'on fait varier la distance entre le masque et l'écran, cela donne du poids à mon explication. Dans le même ordre d'idées, [48], sous entend que les atomes doivent avoir une vitesse faible pour que l'expérience fonctionne comme vous l'avez décrit. Ceci

permet que les atomes projetés aient besoin d'une durée non négligeable pour atteindre l'écran ce qui facilite évidemment la dispersion par simple répulsion électrostatique des nuages, que vous pouvez aussi formuler comme un effet de pression d'un gaz, même si en principe, il n'y a pas assez d'atomes pour que le terme de gaz soit adéquat.

**Sagredo** Oui, mais il reste à dire pourquoi les particules se dispersent à la sortie, au point d'atteindre les 2 fentes.

**Salviati** Dans la mesure où personne n'a jamais posé de contraintes sur la distance angulaire entre les fentes, on ne peut pas dire qu'il ne s'agit pas simplement des limitation de focalisation de la source. D'ailleurs, le point de sortie de la source et les fentes ont cette capacité d'interaction en commun. Enfin, il faut expliciter qu'on néglige la gravitation, parce qu'on s'intéresse à la dispersion horizontale des impacts mais pas à leur hauteur et que la gravitation newtonnienne n'influence que la hauteur. Enfin, une façon de vérifier l'existence d'une dispersion à la source est de mettre un détecteur entre les 2 fentes. Je parie qu'on verra que certaines des particules, voire la majorité, n'atteignent aucune des fentes, contrairement à ce que sous-entend la description originelle.

**Simplicio** De toute façon, il y a au moins une autre preuve expérimentale de l'indétermination : les fluctuations du vide, dont l'un des effets est le rayonnement des trous noirs calculé par Stephen HAWKING.

« En effet, tandis que la Relativité Générale d'Einstein prévoit une évaporation complète sans que subsiste la moindre relique, beaucoup de modèles de gravité quantique suggèrent l'existence de ces minuscules « restes » de trous noirs. » ([59, page 56])

**Sagredo** Complètement faux, l'affirmation selon laquelle les trous noirs s'évaporent n'a rien à voir avec la Relativité Générale, c'est une spéculation basée sur votre croyance en l'indétermination, ce qui est justement ce qu'on vous demande de prouver.

**Salviati** Je crois qu'on peut éliminer cela rapidement : aux dernières nouvelles, on n'a jamais observé de création de particules à partir du vide. En particulier, l'évaporation des trous noirs est seulement une idée théorique, qui ne sera jamais validée expérimentalement<sup>3</sup>. Même sur la plan théorique, l'idée n'est pas garantie valable, car je lis dans [76, page 40] et dans [54, page 5] que ceci est censé se produire à proximité immédiate de l'horizon des événements. Or vous reconnaissez vous même que votre théorie quantique est incompatible avec la Relativité Générale et que vous ne disposez pas de théorie valable lorsque les effets relativistes sont importants. L'horizon d'un trou noir est justement un cas extrême, donc les calculs de Stephen HAWKING, datant rappelons-le de 1974 ([57]), sur le sujet ne valent rien. Ceci s'applique notamment aux prétendus résultats décrits dans [57]. Enfin, même si on pouvait sauver quelque chose des calculs de HAWKING, le rayonnement ainsi annoncé est tellement faible qu'il est définitivement au delà des capacités des instruments, tellement il est faible par rapport au rayonnement ambiant. Ce qui implique que même si l'évaporation était réelle, elle serait plus que compensée par l'énergie du rayonnement ambiant, et donc, le trou noir grossirait malgré l'évaporation, et celle-ci serait très rapidement décroissante, contrairement à votre scénario. En fait, étant donnée les ordres de grandeurs (tout le rayonnement des étoiles et le vent solaire en entrée du trou noir, une particule par siècle ou par million d'année en sortie), essayer d'observer l'évaporation de micros trous noirs est plus stupide que de demander quand un récipient d'eau qui fuit au goutte à goutte d'une part et est alimenté par tout le courant de l'Amazone (le plus grand fleuve du monde)

3. Ce n'est pas demain la veille qu'on pourra satelliser un détecteur à proximité immédiate de l'horizon des événements, et de toute façon, ce détecteur serait trop volumineux pour résister aux effets de marée et donc aurait une durée de vie à peu près nulle.

d'autre part sera vide. Une fois de plus, Simplicio essaie de nous faire prendre une vessie pour une lanterne.

Par ailleurs, dans le cas des collisions dans les accélérateurs de particules, le principe du rasoir d'OCKHAM suggère de préférer croire que les particules nouvelles observées sont issues des particules en collision plutôt que créées par une fluctuation du vide. Et, dans le cas de l'évaporation des trous noirs, il reste à montrer que cela serait compatible avec la loi de conservation de l'énergie et de la charge électrique (cf. les paradoxes des trous noirs, page 45).

De toute façon, le vide au sens de région de l'espace dépourvue de matière et de champs « classiques » ou d'énergie n'existe pas : on peut certes imaginer une enceinte dont on a aspiré tous les atomes hors ceux constituant les instruments de mesure, mais il est impossible d'enlever le rayonnement thermique de l'enceinte et le champ gravitationnel des objets environnants (y compris l'enceinte et les instruments de mesure) ; et les champs magnétiques traversent la plupart des objets matériels<sup>4</sup> et donc en particulier l'enceinte. Il est donc impossible de faire des expériences susceptibles de montrer l'existence de l'énergie du vide.

Et aussi, vous dites parfois que l'effet Casimir est une preuve de cette énergie du vide. Étant donnée les ordres de grandeurs de l'effet, que pouvez-vous dire qui prouve que ni les perturbations d'origine instrumentale, ni la pression de radiation ne peut expliquer cela, même en partie.

**Sagredo** Je crois avoir un autre moyen de tester ce caractère ondulatoire ou corpusculaire : Si je vous suis bien, la longueur d'onde associée à un flot d'atomes en chute libre est inversement proportionnelle à la vitesse des atomes ; sous réserve d'avoir donné un sens à cette relation sachant que tous les atomes de ce flot n'ont pas la même vitesse. Dans le cadre ondulatoire, la longueur d'onde se retrouve dans l'espacement des soi-disant franges d'interférences et cet espacement de dépend de rien d'autre. Simplicio, avez-vous vérifié cette relation entre vitesse et largeur des franges ? En revanche, si le point de vue corpusculaire est correct, la largeur des franges dépend aussi de la distance entre le masque et le détecteur. Nous disposons donc d'un test statistique. Simplicio, c'est à vous d'aller faire cette série de mesures.

À supposer bien sur que vous puissiez traduire des relations floues en procédure de mesure... Car je m'aperçois d'un autre problème lié à votre définition de la longueur d'onde dans cette expérience de diffraction. D'une part, vous affirmez qu'elle est définie en fonction de la vitesse d'une particule, qui est pour vous a peu près une variable aléatoire à valeurs dans  $\mathbb{R}^3$ . Vous l'observez en mesurant la distance entre des pics de densité du nuage des points d'impacts, ce qui est alors une propriété statistique de la distribution, dépourvue de signification pour une particule ou point d'impact individuel. Vos concepts et procédures de mesure sont donc incohérents et incompatibles. Au mieux vous confondez l'espérance d'une variable aléatoire relative à des points matériels et une propriété du phénomène global et non matériel qu'est une onde. Cette distinction doit vous rappeler le cas de la notion de température d'un fluide, dérivée de la distribution des vitesses, mais qui ne peut se réduire à une vitesse.

**Simplicio** Vous semblez vous attacher à nier les différences entre le monde quantique et le mode classique. Il y a pourtant des différences incontestables. Il y a par exemple des liens entre le principe d'incertitude et le fait que les mesures de 2 grandeurs ne donnent pas le même résultat selon l'ordre dans lequel on les réalise.

---

4. comme le montre fort bien le champ magnétique terrestre, qui traverse des milliers de kilomètres de roche et de magma

**Salviati** Cela n'est pas une différence. Même à l'échelle macroscopique, de nombreuses méthodes de mesure entraînent des perturbations et donc l'objet observé est différent avant et après chaque mesure. Pensez par exemple à un dipôle électrique capacitif, un condensateur chargé dans le cas le plus simple. Mesurer la tension à ses bornes puis l'intensité qui le traverse donnera des résultats différents de la séquence mesure du courant puis de la tension car dans le second cas, la capacité se sera déchargée à travers l'ampèremètre, alors que le courant de fuite dans le voltmètre est censé être beaucoup plus faible. Je prends un cas extrême où l'instrument détruit le phénomène à mesurer, mais le problème est général : tout instrument électrotechnique change le circuit dans lequel on le branche et donc change la distribution des courants et des tensions. Et j'espère que vous voyez ici un lien avec la question des effets de bords des instruments que j'ai mentionné à l'instant. Les propriétés que doit avoir un instrument pour mesurer une certaine grandeur (par exemple la résistance interne) sont justement celles qui modifient l'autre grandeur, d'où l'impossibilité de la double mesure.

Parmi les professionnels affichant leur incompétence sur la physique classique, on trouve l'auteur de [98], qui écrit : « Soulignons que cette théorie de la mesure est fondamentalement différente de celle adoptée dans le cadre classique où on considère que le processus ne perturbe presque pas le système mesuré. » Toute la technologie des circuits électriques en régime transitoire est un immense contre-exemple ; domaine qui peut sans doute être étendu à d'autres cas d'oscillations amorties. Et je vous assure que si les ingénieurs ne savaient pas maîtriser les régimes transitoires, on ne pourrait pas utiliser des circuits électroniques fonctionnant à l'échelle du Volt mais alimentés en 230 V efficaces, le circuit supporterait fort mal la mise sous tension.

**Sagredo** Dans le même ordre d'idées, [2, chapitre 10] indique que l'une des raisons pour lesquelles on préfère faire de gros efforts en résolution numérique, donc approchée, de l'équation de NAVIER, BARRÉ DE SAINT-VENANT et STOCKES plutôt que des essais en soufflerie est que les manomètres influencent trop les courants à mesurer. Une indication similaire est donnée dans [3] pour les mesures du champ de vitesse basées sur l'injection de colorants.

**Sagredo** Il me semble qu'il existe un moyen théorique de vérifier la compatibilité entre le principe d'indétermination et la Relativité Restreinte qui n'a pas encore été mentionné et encore moins exploité : Considérer une interaction élémentaire entre 2 particules et vérifier si l'incertitude sur l'énergie d'une part et sur la quantité de mouvement d'autre part sont bien reliés de la façon avancée pour toutes les vitesses malgré l'effet du facteur  $(1 - (v/c)^2)^{-1/2}$  : à très grande vitesse une erreur minime sur  $v$  correspond à une erreur énorme sur l'énergie cinétique.

Ceci nécessite toutefois que cette « relation d'incertitude » ne soit pas spécifique au cadre newtonien. Je soupçonne que ce soit le cas pour le même genre de raisons que l'équation de SCHRÖDINGER est lié au cadre newtonien.

## 1.4 Sur la complétude

**Salviati** Sagredo demandait tout à l'heure comment vous pouviez affirmer que des théories inconnues à ce jour ne peuvent pas être plus complètes que la votre. Je vais être encore plus radical en vous demandant de soutenir la compatibilité de votre théorie avec le reste de la physique actuelle.

Je ne prétends pas connaître vos équations, mais il y a apparemment consensus pour dire que vos équations sont symétriques par rapport au temps, ce qui implique a priori que tous

les phénomènes qu'elles peuvent décrire sont réversibles. Or, l'évolution du monde réel est bien irréversible. Comment conciliez-vous la physique quantique et la thermodynamique ? La mécanique statistique montre bien comment l'irréversible émerge du réversible décrit par le principe fondamental de la dynamique newtonnienne. Existe-t-il une construction similaire basée sur la mécanique quantique ?

**Simplicio** Oui ! Richard FEYNMANN a montré comme il est décrit dans [2, page 320] comment la loi de la réfraction de SNELL-DESCARTES en optique géométrique classique émerge de la superposition d'états quantiques de photons.

**Sagredo** Soit, j'admets que c'est un cas où le monde « classique » émerge naturellement du quantique, mais ce n'est pas un exemple de phénomène irréversible. Qu'en est-il de la matière ?

**Salviati** J'ai aussi entendu dire ([64]) que la théorie prévoit que, dans une molécule pour laquelle il existe plusieurs formes tridimensionnelles pour un ensemble de liaison covalentes donné, toutes les formes sont équiprobables. Pourtant, je lis dans [15] « les expériences de synthèse organique produisent invariablement des mélanges à parts égales d'acides aminés L et D, alors que la proportion des acides aminés L dans les organismes vivants est proche de 100% ». (De mémoire, D pour « dextrogyre », L pour « lévogyre »). La même sélection se produit pour les sucres des nucléotides. Il existe donc au moins un moyen inconnu de la théorie de réduire la probabilité d'une forme de 0.5 à 0. Bien entendu, aucune forme de « principe vital » ne serait considérée comme une explication valable. (Cela relèverait du finalisme, principe éminemment anti-scientifique.)

**Sagredo** Enfin, il me semble que la combinaison de la quantification des interactions et de la représentation ondulatoire, donc continue plutôt que discrète, est susceptible de créer des paradoxes intéressants : on s'attend à ce que la dispersion d'une onde dans l'espace affaiblisse l'intensité des interactions en un point donné, jusqu'à passer sous le seuil de quantification, on pourrait par exemple avoir des charges électriques insensibles aux champs électriques ou des masses qui ne pèsent rien... À creuser.

**Salviati** En voici un exemple, **le paradoxe de la flamme invisible**, certes pas complètement développé : Considérons une source lumineuse, pour simplifier à peu près monochromatique, comme une flamme de brûleur de gazinière convenablement alimentée en gaz et oxygène, et donc essentiellement bleue. Cette flamme est initialement masquée puis démasquée pendant une durée infinitésimale. Selon le point de vue quantique, la zone de combustion du gaz émet à chaque instant et dans toutes les directions un paquet de photons en nombre proportionnel à la puissance rayonnée. Selon le point de vue ondulatoire, la lumière émise est une onde sphérique, l'intensité reçue par un détecteur est proportionnelle à la distance flamme - détecteur à la puissance  $-2$  et à la surface du détecteur à la puissance  $1$ . Selon le point de vue quantique, le nombre de photons émis est borné, puisque correspondant à l'énergie émise pendant une durée finie. Mais le front d'onde est continue. Il existe donc une certaine distance à partir de laquelle le point de vue ondulatoire affirme que la flamme est détectable, alors que le point de vue quantique affirme qu'il n'y a rien à voir. En effet, si on considère qu'un photon est raisonnablement localisé dans l'espace, alors au delà d'un certain rayon de la sphère, les photons sont suffisamment distants pour ne pas toucher le détecteur. Si on affirme que le photon est réellement étalé dans l'espace de façon à toucher le détecteur à coup sur, alors à partir d'un certain rayon, la dispersion de l'énergie d'un unique photon est telle que la quantité d'énergie qui atteint le détecteur est inférieur au seuil de quantification, et a fortiori à celle du photon. Si on persiste à affirmer que dans ce cas, le détecteur reçoit malgré tout toute l'énergie du photon, alors il faut aussi affirmer qu'un détecteur identique voisin et à la même distance de la flamme ne



peut pas recevoir le même photon, même si l'extension du photon considéré est telle qu'il atteint les 2 détecteurs. Dans ce cas, on aurait réellement une interaction à distance avec cônes de lumière séparées. Mais il reste à quantifier tout cela, pour s'assurer que le paradoxe est valide ; au moins que les rayons seuils considérés soient finis, cela est déjà acquis, mais aussi suffisamment petits pour que le raisonnement ait un sens. Et expérimentalement parlant, il vaut mieux prendre comme source de lumière la désintégration radioactive d'atomes lourds, car une source  $\gamma$  concentre d'avantage l'énergie qu'une flamme bleue, et donc réduit la distance à partir de laquelle le paradoxe s'applique.

**Sagredo** Je crois que nous avons mis en évidence bien assez de problèmes logiques et mathématiques dans ces prétendues corrélations à distance et la soi-disant indétermination qui en est à l'origine pour qu'il soit nécessaire d'examiner d'où viennent ces idées. En particulier, le fait que HEINSEBERG a affirmé ce principe d'incertitude au moment où on découvrait tout juste la phénoménologie à l'échelle atomique rend difficilement crédible l'hypothèse qu'il ait pu mettre un jour un phénomène fondamental indépendant des rares expériences qu'il pouvait faire, avec toutes les limitations de la technologie disponible à l'époque.

**Salviati** Simplicio, racontez-nous donc la découverte de ce principe...

**Sagredo** *Le principe d'incertitude d'HEINSEBERG*, pages 30-33 de [74] donne une version. Elle montre que le principe est issu du traitement semi-classique d'une expérience de pensée d'observation d'un électron au microscope à rayons X. L'article ne donne pas aucun détail du calcul, mais je ne vois rien qui suggère qu'il y ait ici plus qu'un calcul de marge d'erreur comme on est censé en faire sur toute mesure indirecte, comme on m'a appris à le faire en première année universitaire. Il s'agit ici d'incertitude et non pas d'indétermination.

**Salviati** Au passage, je note que cet article indique que HEINSEBERG a tâtonné pour inventer son formalisme matriciel, alors que l'algèbre linéaire n'était pas une nouveauté à l'époque pour les mathématiciens et que la linéarisation est une technique standard d'approximation lorsque les calculs ou les équations sont trop complexes pour être résolues exactement. Et donc, les physiciens devraient connaître un minimum d'algèbre linéaire. Il semble que leur formation mathématique laissait à désirer, ce qui crée de nouveaux doutes sur l'hypothèse que vous avez choisi les objets mathématiques les plus pertinents pour représenter les phénomènes à l'échelle atomique. On a déjà parlé du choix discutable de la représentation ondulatoire, mais le problème est probablement plus général.

## 1.5 L'équation de Schrödinger

**Sagredo** Je rebondis sur le problème de la connaissance des équations que Salviati a soulevé. Comment se fait-il qu'il soit nettement plus difficile de mettre la main sur des équations manipulables que pour la mécanique newtonnienne ou relativiste ou encore l'optique ou l'électromagnétisme ? L'équation de SCHRÖDINGER, parfois brandie comme une formule magique, ne nous dit rien sur une situation expérimentale quelconque, tout est dans l'opérateur hamiltonien. Et en plus, elle est de toute façon fautive dans la majorité des cas, car incompatible avec la Relativité Restreinte ; et pour des particules subatomiques libres, avoir une vitesse relativiste est plus la règle que l'exception. À l'opposé, même les très générales équations de MAXWELL nous disent quelque chose de spécifique comme la forme générale des champs, à savoir (en formulation newtonnienne, i.e. sans quadrivecteurs)  $\vec{B} = \vec{rot} \vec{A}$ ,  $\vec{E} = -(\vec{grad} V + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t})$ , et cela sans qu'il soit nécessaire de spécifier complètement une distribution de charges et de courants. Alors Simplicio, dites-nous donc quelque

chose sur la façon de construire cet opérateur hamiltonien pour un dispositif expérimental donné.

**Simplicio** À titre d'exemple, voici tirée de [9, section 2.3] une spécialisation de l'équation de SCHRÖDINGER pour une particule ponctuelle de masse inerte  $m$  soumise à un champ de potentiel d'interaction  $V$  :

$$i \frac{\hbar}{2\pi} \frac{\partial \psi}{\partial t} = - \left( \frac{\hbar}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{2m} \Delta \psi + V \psi$$

**Sagredo** Bien, maintenant qu'on a quelque chose d'analysable plutôt que de vagues affirmations gratuites, on va pouvoir regarder en détail si votre soi-disant indétermination est bien présente dans les équations et dans quelle mesure celles-ci sont compatibles avec les acquis de la Relativité Restreinte.

- Premier ennui : comment conciliez vous votre indétermination entre masse et position pour mesurer une masse au repos ? Dans cette lignée, comment concilier la dépendance de l'inertie à la vitesse si la vitesse est seulement partiellement déterminée ?
- Le membre de gauche contient une dérivée par rapport au temps. De quel temps s'agit-il ? Si vous affirmez qu'il s'agit du temps d'un référentiel lié aux instruments, cette équation ne tient pas compte de la dilatation du temps, donc est fausse quasiment par principe. Si vous affirmez qu'il s'agit du temps propre de la particule d'épreuve, alors comment conciliez vous ce temps avec celui des particules à l'origine du champ de potentiel  $V$ , qui n'a aucune raison d'être le même.
- Étant donnée une distribution de probabilité de la vitesse solution de cette équation, il faudra ensuite vérifier si elle est bien invariante par changement de référentiel avec la transformation de LORENTZ.
- À la réflexion, ce n'est pas la peine de chercher très loin la preuve que cette équation est complètement fausse : elle ne peut prendre en compte que les forces dérivant d'un potentiel scalaire, soit la gravitation de NEWTON et la force électrostatique de COULOMB, mais pas la force magnétique de LAPLACE (ou si vous préférez la composante magnétique de la force de LORENTZ). Cette équation est donc fausse pour une particule chargée à la surface de la Terre (ou dans le système solaire en général), dans l'espace newtonien comme dans le cadre relativiste. Certes, dans le cas où la particule quantique est plongée dans une onde électromagnétique (de la lumière), le champ magnétique est d'intensité négligeable par rapport au champ électrique, mais cela ne vaut pas comparaison par rapport au champ magnétique planétaire, sans oublier que vos instruments consomment de la puissance électrique, et qui dit présence de courants électriques dit présence de champs magnétiques...
- Regardons de plus haut encore : il s'agit d'une équation aux dérivées partielles de fonctions à valeur réelles pour la position et la vitesse ou complexes pour l'inconnue  $\psi$ . Cette équation implique donc que position, vitesse et forces sont parfaitement déterminées, contrairement à ce que vous essayez de me faire croire : un nombre réel est parfaitement défini et infiniment précis. S'il était vrai que les mathématiques prouvent l'indétermination, au lieu de position et vitesse réelles, on aurait quelque chose qui ressemblerait à des ensemble flous, seul objet mathématique traitant les prédicats « plus ou moins vrai », le graduel.

**Simplicio** Cette équation est inspirée d'un cadre newtonien, nous savons qu'elle n'est pas compatible avec la Relativité Restreinte. Pour être précis, elle est inspirée de la formulation hamiltonienne de la mécanique classique. Pour avoir cette compatibilité avec la Relativité Restreinte, il faut utiliser l'équation de DIRAC.



---

**Note 3** Reste à placer à propos de l'indétermination et la quantification

---

L'effet photoélectrique ne prouve pas que la lumière est quantifiée, cela suggère juste que les interactions lumière-matière sont quantifiées ce qui est complètement différent. Par ailleurs, les équations de MAXWELL sont linéaires en les champs électrique et magnétique  $\vec{E}, \vec{B}$  ainsi qu'en leurs champs sources  $\rho, \vec{j}$ . Ceci interdit les interactions lumière-lumière, quantifiées ou non. Comment croire alors à la quantification intrinsèque de la lumière, i.e. même en l'absence d'interaction ?

Mathématiquement : La linéarité implique que la somme de 2 solutions est aussi solution. La somme de 2 solutions est la représentation de la superposition des ondes représentées. S'il y avait interaction, les champs seraient différents de la simple somme dans la région où les ondes se croisent.

Et encore dire « les interactions lumière-matière sont quantifiées » est sans doute aussi une généralisation abusive : où est la quantification dans la réflexion de la lumière sur la matière (et plus généralement tout l'optique géométrique), un phénomène qui, jusqu'à nouvel ordre, se traite bien avec les équations de MAXWELL, donc sans quantification.

Affirmer que l'indétermination est prouvée, c'est entre autres prétendre que tous les objets interagissant avec les particules atomiques mesurées ont été construits au nm près et que les perturbations introduites par les défauts du matériau à cette échelle <sup>a</sup> ont été calculées et qu'ils ne suffisent pas à expliquer les variations apparemment aléatoires des résultats de mesures. Prétendre résoudre les équations avec un nombre d'objet de l'ordre de grandeur du nombre d'AVOGADRO, c'est l'un des plus gros mensonges que j'ai jamais rencontré. Même les escrocs de cosmologistes qui prétendent faire des simulations à  $1 \cdot 10^{12}$  particules-galaxies (page 65) ne vont pas aussi loin.

**Aléatoire vs. défini** – Si l'aléatoire est intrinsèque, est la réalité ultime comme le prétendent les adeptes de l'indétermination, qu'est-ce qui définit la distribution de probabilité et assure elle qu'est stationnaire, donc mesurable ? Et si ces distributions n'étaient pas stationnaires, i.e. si les lois de la nature changeaient de temps à autres, l'existence d'un assemblage de quelques grammes de matières sujet à un immense réseau de réaction chimiques continues, en un mot un être vivant, serait un miracle thermodynamique. Sans même parler de leur existence durant quelques milliards d'années. Croire à l'indétermination, c'est croire au miracle permanent.

---

<sup>a</sup>. Des images au microscope électronique de fragments de métaux montrent que pour un électron tombant sur une électrode, la plaque-électrode n'est pas plus lisse que la chaîne de l'Himalaya l'est pour un homme au pied des montagnes. C'est vrai aussi au microscope optique, même si à cette échelle de perception, il y a un lissage de la surface.

---

**Salviati** Une équation qui

- ne s'applique pas avec précision aux particules chargées (à cause de l'absence de la prise en compte des champs magnétiques)
  - ne s'applique pas ne serait-ce que approximativement quand les champs électriques sont forts par rapport aux champs magnétiques (car si on veut plusieurs décimales correctes, une pichenette suffit à donner une vitesse relativiste à un électron)
  - n'apporte rien par rapport à la mécanique newtonnienne pour les objets électriquement neutres assez lourds pour que la gravitation ait un effet significatif
- peut-elle vraiment avoir un intérêt ? Cette équation est-elle autre chose qu'un totem ? À quels systèmes non triviaux pouvez-vous l'appliquer ?

## 1.6 Sur la capacité de raisonnement

Voici quelques exemples qui montrent que certains professionnels n'ont pas compris grand choses aux théories qu'ils défendent. Il existe un biais de perception lié à la différence entre

présence médiatique et niveau d'expertise. Ceci explique peut-être le degré d'incompétence involontairement affiché.

### 1.6.1 La cryptographie quantique

On a fait de ce discours sur les corrélations à distance un produit commercial destiné à la transmission de petits secrets, typiquement des clés de chiffrement. On affirme que les lois quantiques garantissent l'impossibilité d'écouter les communications de ce produit sans que cette écoute soit détectée. Ce produit est censé fonctionner par échanges de photons éventuellement intriqués avec un protocole qui permet de vérifier la cohérence entre les mesures des 2 extrémités d'une façon telle qu'une incohérence prouve l'existence d'un espion. Le protocole est décrit entre autres dans [30, 80, 84, 78]. [78] indique 7 noms de vendeurs. Le sujet est également survolé dans [98].

Le problème évident est que nulle part dans les équations censées régir le comportement des photons, il n'y a de place pour l'identité des interlocuteurs. Or, on n'a jamais vu un protocole cryptographique d'authentification dans lequel l'identité des interlocuteurs n'intervient pas. De même, le protocole ne fait pas intervenir de secret spécifique aux interlocuteurs, ce qui interdit la détection du mensonge. Plus profondément, prétendre qu'un objet matériel dont le comportement est basé sur ces équations peut dire quelque chose sur l'identité de celui qui le manipule équivaut à prétendre que les lois de l'électronique qui décrivent le fonctionnement du clavier avec lequel j'écris ces lignes disent quelque chose à propos de mes doigts. Il est censé être évident que cela est totalement indépendant, sinon comment pourrait-on construire l'objet en question (clavier ou équipement de communication)? Les modèles théoriques sont publiques et les dispositifs de communication mettant en œuvre ce protocole sont automatiques et donc indépendants des identités et a fortiori des intentions des personnes qui les manipulent. Et qu'est-ce qui distingue un espion des interlocuteurs légitimes? Seulement leurs états d'esprit, ce qui n'est pas une propriété des instruments de communications ni une variable des lois de la physique quantique.

Rien n'empêche donc un espion de se brancher sur la fibre optique avec les mêmes appareils de communication que les interlocuteurs visés et d'exécuter le protocole avec chacun des interlocuteurs légitimes en s'annonçant sous le nom de l'autre. Au final, les interlocuteurs légitimes ont chacun un canal protégé avec l'espion qui connaît et relaie ni vu ni connu tous les échanges sans avoir ni à cryptanalyser quoi que ce soit ni violer un éventuel théorème de non clonage.

Les choses deviennent franchement ridicules lorsqu'on prétend pouvoir construire des répéteurs compatibles avec ce protocole pour les situations où les distances à couvrir deviennent trop grandes pour garantir l'absence de défaut de transmission. Un répéteur en télécommunications est un dispositif qui reçoit une chaîne de bit et la ré-émet à l'identique au niveau symbolique mais amplifiée au niveau physique. Dans le cadre de ce protocole, ce comportement est exactement ce qu'il faut empêcher, *l'écoute passive d'un espion* (cf. encadré dans [84, page 46]).

Les lecteurs qui connaissent la cryptographie auront compris que le soit disant échange de clés quantique n'est fonctionnellement qu'une variante bien enveloppée du protocole de DIFFIE et HELLMAN présenté en 1975, variante d'ailleurs plus chère et plus contraignante à l'usage que l'originale, puisque nécessitant un matériel particulier et de portée limitée à la longueur de la fibre optique (sauf à ajouter des répéteurs-espions). Et il est bien connu que ce protocole ne protège pas contre les écoutes. Précisément, au mieux, ce type de protocole protège contre les écoutes passives du médium, mais pas contre les interceptions. Et comme ce protocole d'échange de clés quantique ne fonctionne que avec des transmissions par fibres optiques, il n'y a pas de fuites électromagnétiques comme ce qu'on peut observer pour un fil de cuivre, et donc rien à écouter. En un mot, ce protocole ne sert à rien et ce type de produit relève au mieux de la publicité mensongère.

Il existe même une autre description du protocole, notamment *Cryptographique quantique*, pages 94-97 de [74], qui indique que la vérification de la cohérence des mesures, et donc la détection des écoutes nécessite une communication directe (sans interception) entre les 2 interlocuteurs « légitimes ». Le problème évident est que si on dispose d'une telle liaison, il suffit d'utiliser ce canal pour transmettre le secret et tous les échanges préalables sont inutiles. Autrement dit, le protocole ne fonctionne que si le problème qu'il est censé résoudre... est déjà résolu. Dans ce cas, le protocole et les produits associés relèvent clairement de l'escroquerie. On retrouve la même contradiction sur les capacités supposées de l'ennemi dans [78].

Il est vrai que ces restrictions sont à moitié avouées dans l'article de Artur EKERT et Renato RENNER *Comment LA PHYSIQUE QUANTIQUE protégera notre vie privée* page 32 de [80] : « Il faut aussi supposer qu'Alice et Bob communiquent publiquement sans que personne ne modifie leurs message ou n'usurpe leur identité. » mais on peut s'étonner que l'auteur n'estime pas que cela invalide le protocole. Réponse : il est possible que l'un des auteurs de l'article, Artur EKERT soit lié avec les vendeurs du produit. D'ailleurs, pour défendre à tout prix le protocole, EKERT joue les prestidigitateurs en essayant d'attirer l'attention sur des biais théoriquement envisageables mais ridicules et hors sujet comme l'absence de libre arbitre ou un déterminisme depuis le Big-Bang (et ce alors que la propagande sur l'intrication quantique nie le déterminisme même local). [98] le reconnaît également mais en ne demandant que l'intégrité sur ce second canal et pas la confidentialité. En pratique c'est équivalent, car dans les 2 cas, il s'agit pour l'attaquant de s'introduire sur un routeur ou de couper une fibre optique, personne n'essaie l'écoute passive d'un fibre pour les raisons déjà indiquées précédemment.

Enfin, le titre montre que les auteurs ou éditeurs ne connaissent rien à la cryptographie. Il est censé être bien connu que les enjeux de la cryptographie asymétrique dépassent de très loin la protection de la vie privée.

Tous ces aspects illustrent d'ailleurs une règle empirique des télécommunications : une question qui apparaît dans une certaine couche protocolaire ne peut pas être résolue dans les couches inférieures. À titre d'illustration, rappelons que les protocoles IPsec, TLS et S/MIME ont tous pour but principal la confidentialité par le chiffrement, mais ils ne sont absolument pas équivalents ni même grossièrement substituables, car la nature des interlocuteurs et la nature des adversaires dont il faut empêcher les écoutes sont différents dans les 3 cas.

Coté faisabilité technologique, il faut noter une contradiction dans [78] : Sébastien TANZILLI indique que le protocole nécessite de produire des photons individuels et qu'on sait le faire ; mais il avoue aussi que les détecteurs ne sont pas capables d'affirmer la présence d'un unique photon. Ce qui signifie qu'il n'est pas garanti qu'on puisse vérifier si la source émet des photons individuellement identifiables. (Une astuce envisageable consiste à produire des photons de fréquence variable avec une suite de fréquence connue a priori. Cela permet à reconstruire l'horloge, et donc de savoir si on a reçu tous les photons et dans le cas contraire lesquels manquent dans la séquence prévue. Ceci suppose toutefois que le processus de création de « photons intriqués » permette de produire plusieurs fréquences, ce que l'outil le plus fréquent, le laser, ne peut pas faire.)

### Récapitulatif

- Si l'attaquant peut lire et modifier le trafic, alors l'ennemi a juste à positionner 2 équipements en coupure, éventuellement reliés par un enregistreur. Ces 2 équipements dérouleront le protocole normal avec chacune des 2 cibles en relayant les messages interceptés et le protocole échoue complètement.
- Si l'attaquant peut lire le trafic mais pas le modifier, alors le protocole n'apporte rien par rapport à la cryptographie asymétrique classique (typiquement chiffrement RSA ou génération DIFFIE-HELLMAN) tout en imposant des contraintes d'interopérabilité et une dépendance à un matériel spécifique et des distances entre les interlocuteurs très petites.

Il est donc inutile.

- Si l'ennemi ne peut pas lire le trafic, le chiffrement est inutile donc ce protocole aussi.

### 1.6.2 L'interprétation de Copenhague

Cette interprétation, initialement portée par Niels BOHR, affirme que le principe de HEISENBERG est une véritable indétermination plutôt qu'une incertitude. Si on pouvait ramener cette école à quelques slogans, on entendrait « La mesure définit l'état du système quantique. », « La réalité n'existe qu'après la mesure » ou encore le titre de [26]. On retrouve ici la négation du principe de réalité soutenu par EINSTEIN. Il est pourtant évident que ce point de vue soulève une suite sans fin de paradoxes. L'une des absurdités les plus évidentes qui en découle est que cette interprétation fait dépendre les lois de la physique des étiquettes linguistiques : un tas d'atome appelé instrument de mesure ne se comporte pas comme le même tas d'atome appelé autrement. Cela introduit un point de vue finaliste, ce qui est le contraire de l'attitude scientifique.

On a pu lire des absurdités liant la soi-disant réduction du paquet d'ondes à la conscience de l'expérimentateur, discours qui ajoute au finalisme l'erreur qui consiste à oublier que la mesure n'est pas faite par des humains mais par des instruments pilotés par des ordinateurs. Si les adeptes de l'école de Copenhague veulent affirmer que les ordinateurs ont une conscience...

On retrouve ces 2 associations entre indétermination, définition de la signification des grandeurs observées par l'instrument et utilisateur humain dans l'article [97], quoique sous une forme légèrement moins affirmée que celle donnée dans les 2 paragraphes précédents.

De postulats comme « Un phénomène n'est bien défini que lorsqu'on le mesure. », on peut aussi tirer des paradoxes comme celui-ci : Aucun physicien n'a observé la fusion des molécules d'ADN issues des géniteurs de Niels BOHR, donc le patrimoine génétique spécifique de BOHR n'est pas défini, donc BOHR n'a jamais été conçu et donc n'a jamais existé. On peut faire le même raisonnement avec la Terre voire l'Univers entier.

### 1.6.3 Le graviton, symptôme des incompatibilités conceptuelles

L'un des objectifs des recherches actuelles est l'intégration de la physique quantique et de la Relativité Générale. Pour cela, on cherche une particule quantique de l'interaction gravitationnelle, qu'on a appelé graviton, en attendant de la trouver.

Je trouve remarquable que personne ne semble s'être posé la question de la faisabilité de cette intégration. L'approche quantique suppose une force que le graviton est censé transmettre. Mais en Relativité Générale, il n'y a pas de force gravitationnelle, l'effet de ce qu'on appelle gravitation en mécanique newtonienne est formulé en Relativité Générale comme une propriété du tenseur métrique de l'espace temps, une propriété géométrique. Le premier paradoxe que cela soulève est : Comment peut-on quantifier une force inexistante ?

De plus, on dit de cette théorie unifiée qu'elle s'appliquera à partir de là où la Relativité Générale s'arrête, à des seuils brutaux : ( $1 \cdot 10^{-43}$  seconde après le "Big Bang", à une densité d'énergie de  $1 \cdot 10^{105} \text{ Jm}^{-3}$ ). Je trouve passablement naïve l'hypothèse que les domaines de validités des théories soient séparés aussi brutalement. Il est beaucoup plus plausible que les différences entre la théorie unifiée, à supposer qu'elle soit constructible, et la Relativité Générale augmentent avec la densité d'énergie ; de la même façon que la différence

- entre le principe fondamental de la dynamique newtonienne et le principe équivalent en Relativité Restreinte augmente avec la vitesses des corps considérés ( $\sum \vec{F} = m_0 \frac{\partial \vec{v}}{\partial t}$  vs.  $\sum \vec{F} = \frac{\partial \gamma m_0 \vec{v}}{\partial t} = m_0 \frac{\partial ((1-(v/c)^2)^{-1/2} \vec{v})}{\partial t}$  pour être précis) ;
- entre la gravitation universelle de Newton et la Relativité Générale augmente avec la masse des objets considérés et leur vitesse (puisque les effets de la Relativité Restreinte

doivent également apparaître dans la théorie unifiée). D'autres grandeurs entrent sans doute en ligne de compte.

Ceci jette un sérieux doute sur la validité des calculs faits soit dans le cadre de la Relativité Générale soit dans le cadre quantique mais dans des conditions proches de la limite. C'est le cas notamment de tout ce qui touche aux modèles d'inflation dans le discours sur les origines de l'univers. C'est le cas aussi du rayonnement de HAWKING pour les trous noirs, dont a déjà on discuté page 11.

En fait, le problème est plus simple que cela : [100] indique que ce temps de PLANCK est juste tiré de la constante d'action  $h$  de ce nom, la vitesse de la lumière et de la constante de NEWTON (on suppose qu'il s'agit de la constante  $G$  de la gravitation universelle) avec les exposants requis par les équations aux dimensions. Ce temps et la longueur du même nom n'ont donc rien à voir avec les équations, il n'y a aucun processus physique associé et donc ces valeurs n'ont aucune signification. [100] n'indique pas les formules, mais les équations aux dimensions sont faciles à résoudre, on obtient :

$$t_P = C_1 \sqrt{\frac{hG}{c^5}} \approx C_1 \times 1,3 \cdot 10^{-43} s, l_P = C_2 \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = \frac{C_2}{C_1} t_P c \approx C_2 \times 4,0 \cdot 10^{-35} m$$

ou  $C_1$  et  $C_2$  sont des constantes arbitraires. Choisir 1 pour ces 2 constantes donne approximativement les valeurs numériques rencontrées sans justification. Le soi-disant « mur de PLANCK » qui empêche le soi-disant « modèle » du “Big Bang” de décrire l'instant 0 n'existe pas.

Enfin, notons que le paradoxe de la flamme invisible défini ci-dessus se transpose au graviton, en remplaçant la source de lumière par une masse quelconque et le photon par le graviton.

Mais le plus remarquable est ceci :

**Simplicio** « Il n'existe pas de dispositif terrestre capable de détecter les gravitons ([...]) parce qu'un détecteur de ce type devrait être tellement grand et dense qu'il s'effondrerait sur lui-même en trou noir avant d'avoir pu effectuer la moindre observation. » (propos attribué à Freeman DYSON de Princeton par [85, page 84])

**Salviati** Donc votre début de soi-disant théorie quantique de la gravitation, le modèle qui a servi à montrer cette propriété, est *totalelement faux* : il est manifestement incapable de retrouver les phénomènes décrits par la gravitation newtonnienne entre par exemple la Terre d'une part et un banal caillou ou un accéléromètre ordinaire, tel qu'on en trouve dans les ordiphones dans les années 2010 d'autre part. Car ces objets sont évidemment sensibles aux gravitons si ce dernier bidule existe.

**Simplicio** « un des principes les plus subtils de la gravitation quantique, le principe holographique. [...] ce principe énonce que la physique d'un univers à  $n$  dimensions peut-être entièrement décrite par une théorie plus simple à  $n - 1$  dimensions. » ([86, page 106])

**Sagredo** Vous sous-entendez donc, par simple récursivité, qu'il est possible de décrire l'Univers avec une théorie portant sur un univers de dimension 0, qui ne contient qu'un unique point... Un point qui bien sûr ne peut pas interagir avec quoi que ce soit, puisque par définition, il est seul au monde...

#### 1.6.4 L'ordinateur quantique

**Simplicio** « Bien que les vérités mathématiques soient indépendantes de la physique, nous en acquérons souvent la connaissance en exploitant des phénomènes physiques. Une démonstration mathématique est une suite d'opérations logiques. Donc ce qui est démontrable ou non dépend des fonctions logiques (telle la fonction NON) que les lois physique permettent de réaliser. » ([82, page 29])

**Sagredo** Vous avez presque tout faux. Les opérateurs logiques booléens sont définis les uns en fonction des autres, donc il n'est pas nécessaire d'avoir un processus physique par opérateur (NON ET et NON OU suffisent chacun à définir ET, OU, NON via les lois de MORGAN). D'autre part, la révolution de la géométrie aux 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles par GAUSS, LOBATEVSKY, BOLAY et RIEMANN a justement consisté à séparer totalement les préoccupations mathématiques de ce qu'on croit être le monde matériel (construction des géométries sphérique et hyperbolique, puis des variétés générales), ce qui rend impossible toute expérience physique de la réalité mathématique. Et il y a aussi les résultats de CANTOR sur les différents infinis, inaccessibles à l'expérience physique.

Et encore, une démonstration formelle n'est pas une suite d'évaluations de valeurs booléennes, mais une suite d'inférences. En fait, vous n'avez presque rien compris, vous confondez proposition, prédicat et inférence.

Enfin, les développements autour du théorème d'incomplétude de GÖDEL, notamment par Leonid LEVIN ([50]) ont consacré l'idée que les phénomènes physiques tel que le soi-disant aléa quantique fondamental ne peut apporter une quantité d'information significative sur les grandes questions des mathématiques.

**Simplicio** La possibilité de mettre un électron dans un état de superposition quantique en maîtrisant dans 100 % des cas l'effet de la répétition de l'opération, rend le calcul quantique possible.

**Sagredo** Le fait que la double interaction soit déterministe prouve d'abord que l'indétermination et la complétude de vos modèles de particules sont des illusions : pour passer d'une probabilité 1/2 à 1 sur le résultat de l'interaction, il faut que la particule ait un état qui rend les 2 interactions dépendantes, état qui n'apparaît pourtant nulle part dans vos équations et dont vous niez même la possibilité d'existence. En fait, ce dispositif expérimental prouve que les conclusions tirées hâtivement des inégalités de BELL sont fausses.

### 1.6.5 Florilèges d'absurdités à la Prévert

Cette section liste les absurdités rencontrées les plus remarquables et qui n'ont pas besoin ou ne méritent pas d'analyse détaillée comme les précédentes. Simplicio commence pour chacun des points abordés.

**Simplicio** « le principe d'indiscernabilité selon lesquels des particules identiques, même si elles n'interagissent pas, connaissent l'état quantique de toutes les particules du même type et contraignent leur comportement en conséquence » ([83, page 35])

**Sagredo** Mettre un quantificateur universel sur ce genre de choses est évidemment une parfaite absurdité. Ceci implique en particulier que les électrons d'une étoile au bout de l'Univers influence le comportement de ceux qui circulent dans mon clavier au moment où j'écris ces lignes. Et donc, vous niez une fois de plus les résultats de la Relativité Restreinte et en particulier rejetez la notion de cône de lumière. Je vous laisse essayer de prouver comment, dans les conditions que vous postulez, il est possible d'observer la moindre régularité dans une expérience de laboratoire.

**Simplicio La sphère de Bloch** On peut représenter l'état d'un qbit par un point sur une sphère de rayon 1 et caractérisé par 2 angles  $\theta$  et  $\varphi$ <sup>5</sup>. Ceci correspond à 2 nombres complexes  $a$  et  $b$  contraints reliés par la contrainte  $|a|^2 + |b|^2 = 1$ . (encadré de [24, page 22])

**Sagredo** Grossière erreur : les angles dans ce système de coordonnées sont des réels de  $[0, \pi] \times [0, 2\pi]$  ou  $[0, 2\pi] \times [0, \pi]$ . L'espace réel ainsi défini est de dimension 2 plongé dans

5. qui correspondent aux angles des coordonnées sphériques de la mécanique et de l'électromagnétisme classique

un espace de dimension 3, alors que 2 complexes définissent un espace réel à 4 dimensions. D'ailleurs, s'il est assez naturel de définir des angles (non orientés) dans un espace vectoriel réel doté d'un produit scalaire, je n'ai jamais rencontré d'angle à valeur complexe.

## Épilogue

**Salviati** Pour résumer, je crois avoir montré :

- que le principe du rasoir d'Ockham oblige à renoncer à l'indétermination au profit de l'incertitude de mesure ordinaire ; au moins jusqu'à ce qu'il soit prouvé que la borne de Heisenberg est plus grande que l'effet des perturbations introduites par l'appareil de mesure lui-même.
- que le même rasoir d'Ockham élimine tout ce qui relève des corrélations à distance, les difficultés à l'origine de cette idée ayant disparues suite au revirement juste mentionné.
- que la théorie est incomplète, et le restera tant que les phénomènes et paradoxes apparents que j'ai identifiés ne seront pas convenablement intégrés.

**Sagredo** Il me semble que les difficultés peuvent pour l'essentiel se ramener à 3 causes :

- des raisonnements circulaires et approximatifs dans des situations où le sens commun est plus trompeur qu'autre chose et que les mathématiques ne tranchent pas ;
- une confusion entre les représentations mathématiques et les phénomènes physiques ;
- une spécialisation excessive qui aboutit à ce que les physiciens quantiques ne connaissent pas assez les autres domaines de la discipline, ce qui empêche de voir les incohérences mentionnées ici.

**Salviati** Il semble que les mathématiques fonctionnent malgré la mauvaise compréhension que Simplicio en a parce que l'équation de SCHRÖDINGER fonctionne à la manière des équations de MAXWELL pour l'électromagnétisme classique : Les équations de MAXWELL éliminent l'asymétrie du point de vue de la mécanique newtonnienne dans le système d'une charge d'épreuve soumise à des forces de COULOMB et de LAPLACE dans une superposition de champs électriques et magnétiques. I.e. elles éliminent la distinction entre les objets à mesurer / manipuler et les objets servant à mesurer / manipuler. De même, l'équation de SCHRÖDINGER intègre dans le même système d'équations toutes les « particules » en jeu indépendamment du rôle qui leur est attribué à l'extérieur. Du moins, ceci semble correct dans la forme générale mais inexploitable de l'équation. C'est devenu faux dans la forme donné ci-dessus pour une particule dans un champ de forces. Mais cette intégration n'est pas nécessairement la même chose que l'inséparabilité.

**Salviati** Dans l'idée d'explorer la prétendue limite entre le monde quantique avec cette prétendue indétermination et le monde macroscopique des équations de MAXWELL combinées avec la mécanique newtonnienne du point matériel, dans l'idée de déterminer l'origine du prétendu principe d'incertitude de HEISENBERG, je vous propose ce problème mathématique : Considérez un point matériel chargé électriquement, représentation classique d'un électron par exemple, allant à la rencontre d'une onde électromagnétique plane dans le vide et déterminez comment sont reliées l'incertitude sur les conditions initiales (position et vitesse de l'électron) et l'incertitude sur les conditions finales après prise en compte des forces *déterministes* de COULOMB et de LAPLACE.



## 2 La cosmologie

### Prologue

**Salviati** Je voudrais discuter du camembert de la composition de l'Univers, de ces modèles qui annoncent  $\frac{2}{3}$  d'une énergie sombre exotique,  $\frac{1}{4}$  de matière sombre à peine moins exotique et  $\frac{1}{20}$  de matière ordinaire connue (et  $\frac{1}{30}$  d'erreur d'arrondis ou de non spécifié). Plus généralement, je m'interroge sur la compatibilité de ces nouveaux modèles, qui décrivent quelque chose de complètement différent de ce qu'on a fait jusqu'ici en astronomie ou astrophysique, qui fonctionne bien localement, a priori. Si ces 2 disciplines ne s'appliquent vraiment qu'à 5% de quelque chose de l'Univers, que valent les procédures de vérification expérimentales dans tous ces domaines ?

### 2.1 Sur la matière sombre

#### 2.1.1 Analyse du discours actuel (2009-2013)

**Simplicio** « Son analyse [la carte construite à partir des résultats de WMAP] [...] et conforte le modèle concordant du “Big Bang” : un Univers composé pour 1/4 de matière noire froide et pour un peu plus de 2/3 d'énergie sombre (la matière et le rayonnement qui nous sont familiers ne représente qu'environ 5% du total). » ([40, page 81])

**Sagredo** Je fais remarquer qu'on trouve dans [43, page 103] des chiffres un peu différents : « En résumé, la combinaison du fond diffus et la mesure de l'expansion cosmique nous apprend que l'Univers est plat, que la matière connue ne représente que 5% environ de son contenu, que 21% correspondent à une mystérieuse matière noire et que les 74% restants sont composés d'une énergie sombre encore plus énigmatique » Vous devez spécifier à combien vous arrondissez et quelle est la marge d'erreur de mesure, sans oublier bien sûr la marge d'incertitude en sortie des calculs, incertitude résultant de la propagation de l'erreur initiale sur les mesures à travers ces calculs.

**Salviati** Je conteste la pertinence du mot « modèle » et a fortiori celui de « théorie » pour des discours qui ne disent rien de vérifié sur 95% en volume des ingrédients mis en avant. De même, je trouve mauvaise cette idée d'appeler « matière noire » quelque chose dont vous dites qu'elle est parfaitement transparente.

Et pour l'estimation de la marge d'erreur des prédictions, je parie que Simplicio est en totalement incapable. Les météorologues indiquent avoir déjà du mal à estimer cela ; alors que leur problème est incomparablement plus simple, car leur objet, l'atmosphère, est incomparablement plus accessible à la mesure ; et les durées à prendre en compte pour la déviation, considérablement plus faibles (quelques jours vs. des millions d'années).

**Sagredo** En annonçant ces ratios, vous sous-entendez avoir pesé la quantité de matière et de rayonnement dans tout l'Univers. En dehors du caractère éminemment prétentieux de cette affirmation, je constate que cela suppose que vous soyez capable d'échantillonner dans vos mesures toutes les formes de matière et de rayonnement, ce qui n'est pas crédible :

- Je lis dans [36] que « les ondes radio de fréquence inférieure à un kHz environ [...] ne peuvent pénétrer dans notre Galaxie. ».
- Et surtout, l'atmosphère est opaque aux rayonnements de fréquence inférieure à environ 10 MHz (cf. [6, partie 9]), et bien sûr il n'est pas question de mettre en orbite un télescope avec une antenne de plus de 30 mètres de diamètre.
- L'héliosphère, le front du vent solaire et la limite du système solaire, est susceptible de réfléchir une partie du rayonnement de l'espace interstellaire de la même façon que l'ionosphère terrestre réfléchit les signaux radio vers le sol.



Il est donc impossible d'estimer correctement le dénominateur de vos ratios. Par conséquent, l'affirmation de Alain RIAZUELO dans [38], « un dernier rayonnement [...] compte à lui seul pour 95% de l'énergie lumineuse de tout l'Univers. C'est le fond diffus cosmologique, [...] » est totalement invérifiable. De même, l'affirmation « La densité moyenne de rayonnement électromagnétique étant déjà bien connue [...] » (encadré page 66) est totalement fausse. Et ce chiffre de 5% est au mieux un minimum plutôt que la valeur la plus probable.

**Salviati** En fait, on verra plus loin, dans la section 2.5 sur l'antimatière que le scénario de Simplicio implique que cette fraction est non pas 0.95 mais au plus de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-17}$ , c'est à dire, après arrondi à la précision des instruments, zéro.

**Simplicio** Grâce aux liens avec le modèle standard de la physique des particules, nous connaissons la nature probable de cette matière noire : des particules super-symétriques qui ne sont sensibles qu'à la gravitation et à l'interaction faible, voire pour certaines seulement à la gravitation. Elles ont pour particularité d'être très lourdes et d'être leur propre antiparticule ([42, page 95], [42, encadré page 96] et [63, page 108]).

**Salviati** Pourquoi invoquer des particules inconnues ? Qu'est ce qui prouve qu'il ne s'agisse pas de matière ordinaire ?

**Simplicio** Les hétérogénéités de la répartition de la matière ordinaire sont visibles à l'état de germes dans la carte du fond diffus, ces variations ne sont pas suffisantes pour expliquer la formation des structures (galaxies, amas de galaxies et étoiles), étant donné l'âge de l'Univers ([90, 60–62<sup>e</sup> minutes]). On en déduit aussi que l'attraction de la matière noire est la principale cause de la formation des galaxies : « Ces particules [de matière noire] ne feraient qu'exercer une force gravitationnelle sur la matière ordinaire, dite baryonique. [...] Celle-ci ayant un riche éventail d'interaction possibles, elle s'est assemblée en structures de plus en plus complexes, tandis que la matière noire, inerte, restait dans son état primitif. » ([41, page 85])

**Sagredo** Voila un discours fort remarquable pour le logicien. D'une part, la loi de la gravitation universelle de Newton parle d'une attraction mutuelle, le principe de Relativité implique également une symétrie. En contradiction avec cela, vous considérez que l'attraction se fait dans un seul sens, matière ordinaire vers matière noire. Donc soit vous sens-entendez que vous rejetez la mécanique newtonnienne et la Relativité Générale, soit vous n'avez fait au mieux que la moitié des calculs et vos modèles sont incompatibles avec ces 2 « théories de la gravitation ». D'autre part, vous mentionnez plusieurs possibilités d'interaction pour la matière ordinaire, mais tous vos modèles ne prennent en compte que la gravitation, ce qui implique que matière noire et matière ordinaire jouent le même rôle, et sont donc indiscernables, même si vous venez d'affirmer le contraire. Dites-nous donc quelles sont les interactions de ce « riche éventail » que vous prenez en compte et comment. Sur le plan logique, cette double contradiction est plus que suffisante pour éliminer ces scénarios. Du moins, leur justification n'est pas valable et ils relèvent donc plus que de la croyance que de la science.

Enfin, du point de vue épistémologique, il est a priori plus économe pour résoudre votre problème de taille d'hétérogénéités de remettre en cause l'estimation de l'âge de l'Univers que d'imaginer une matière exotique. N'avez-vous pas envisagé cela ?

**Simplicio** Pour éliminer l'hypothèse de la matière ordinaire, nous avons aussi cherché des traces de désintégration d'anti-atomes, dont l'existence prouverait l'existence d'anti-étoiles. ([39, page 73])

**Salviati** Voila bien une recherche inutile : si des anti-étoiles existaient, leur vent stellaire disperserait des positrons un peu partout et on verrait depuis longtemps des sources de

rayons  $\gamma$  à 511 keV permanentes un peu partout sur le ciel. Or [71] indique que les sources ce rayonnement sont concentrées dans la région du centre de la Galaxie. Votre hypothèse est réfutée par vos propres mesures.

**Simplicio** De plus, la théorie de la nucléosynthèse primordiale indique une quantité de matière ordinaire cohérente avec ce qu'indique la carte du fond diffus. « Les mesures des proportions d'hélium et de deutérium sont en accord avec les prédictions du modèle de nucléosynthèse. » ([36, page 51])

**Sagredo** Prouvez-moi qu'on peut distinguer du deutérium de l'hydrogène, alors qu'il s'agit du même élément chimique, et donc que les spectres d'émission et d'absorption sont a priori identiques. [20] affirme qu'il existe effectivement des différences dans le spectre, mais n'en mentionne pas la cause. Cela ne peut pas être une affaire de charge électrique (un proton et un électron dans les 2 cas), ce n'est pas censé relever des 2 interactions fondamentales nucléaires dont la portée annoncée est trop petite. Ceci réussi, il vous restera à montrer qu'il est possible de reconnaître du deutérium primordial de celui produit par d'autres phénomènes, ce qui implique de prouver que vous connaissez tous les phénomènes susceptibles de produire du deutérium, ce qui nécessitera peut-être de trouver toutes les façons possibles de le transformer ou de le détruire. ([20] indique que les étoiles le détruisent.) Et la distinction entre les origines du deutérium en question ne peut vraisemblablement pas se faire par datation, car la loi de décroissance radioactive (le taux de désintégration est constant) suggère que les noyaux n'ont pas de mémoire, i.e. pas de propriété dépendante directement du temps. Bref, votre prétendue démonstration est largement incomplète.

**Salviati** Je dirais qu'il y a moins d'arguments valables dans votre preuve, qu'il n'y a de matière dans un atome. (Vous savez que la matière est surtout remplie de vide, n'est-ce pas ? <sup>6</sup>)

**Simplicio** Par ailleurs, nous avons maintenant des cartes de la répartition de cette matière noire. « Les galaxies et amas de galaxies seraient enchâssés dans des « halos » géants de matière noire. » ([41, page 85]) On la trouve aussi dans le centre des galaxies. Une partie de ces cartes a été construite par la détection d'effet de micro-lentilles gravitationnelles.

**Sagredo** D'abord, je dois dire qu'il me semble difficile d'avoir confiance dans votre estimation de la quantité de matière ordinaire, et encore moins dans votre estimation de sa répartition. Je rappelle qu'il y a pas si longtemps, on estimait le nombre d'étoiles de notre galaxie à  $1 \cdot 10^{11}$ , puis on a annoncé  $2 \cdot 10^{11}$  ([32]) voire  $3 \cdot 10^{11}$  <sup>7</sup> Je vous rappelle que c'est seulement en 2002 que vous avez découvert une étoile naine rouge, SO25300.5+165258, pourtant une voisine à seulement une douzaine d'années de lumière. Comment croire dans ces conditions que vous en avez détecté la grosse majorité ? De même, à la fin du 20<sup>e</sup> siècle, on disait que les planètes étaient rares dans la galaxie. Maintenant qu'on a un catalogue de planètes extrasolaires remarquablement fourni, étant donné la petitesse des distances accessibles, on dit que la plupart des étoiles ont sans doute des planètes. Voilà qui fait une impressionnante multiplication des masses en une poignée d'années... Et encore, je ne tiens pas compte des naines brunes et des planètes errantes (non liées à une étoile).

Je pourrais aussi insister sur le gaz et la poussière, qui ne sont pas nécessairement eux-mêmes des sources lumineuses, et qui sont aussi éloignés des étoiles, donc interagissant peu avec leur lumière, ce qui les rend quasi indétectables. Je lis aussi p. 56 de [18], dans

6. Dans le modèle courant d'atome, la taille du noyau est très faible par rapport à celle de l'atome, et donc le volume occupé par un atome comprend principalement le volume du vide entre le noyau et le nuage électronique.

7. chiffre donné par Antoine LABEYRIE, autour de la 30<sup>e</sup> minute de l'enregistrement audio présent à <http://www.franceculture.fr/emission-1-elope-du-savoir-1-elope-du-savoir-2014-02-01-0>.

un interview de Riccardo GIACCONI, présenté comme le quasi inventeur de l'astronomie en rayons X, que les instruments de cette dernière « nous ont permis de découvrir [...] ou encore le gaz des amas galactiques, si abondant qu'il constitue l'essentiel de la matière ordinaire de l'Univers. ». (Même affirmation sur l'importance de ces nuages dans les amas de galaxies dans [32, 23<sup>e</sup> minute]) Ceci signifie que même des sources lumineuses très importantes n'ont pas été remarquées pendant longtemps en raison des limitations sur les longueurs d'onde accessibles à l'observation. Bref, quelles certitudes avez-vous sur la précision de vos estimations de masse ?

Dans la série des preuves de la fragilité de vos estimations de masse, rappelons pour la masse d'un trou noir galactique que [90] indique environ  $5 \cdot 10^{-3}$  de la masse du bulbe, [53, page 115] indique  $1 \cdot 10^{-3}$  de la masse des étoiles et  $4 \cdot 10^6$  de masses solaires pour le nôtre. Ces 2 derniers chiffres sont incompatibles avec la fourchette pourtant très large de 100 à 400 milliards d'étoiles pour notre galaxie.

De même à propos des estimations de distance, je rappelle que pour cette nouvelle voisine, vous avez d'abord indiqué à peine 8 années de lumière, alors que la méthode de la parallaxe est censée être la plus directe et la plus précise lorsqu'elle est applicable. Avec 50% d'erreur dans ce cas favorable, comment puis-je vous faire confiance pour des objets très lointains avec des méthodes très complexes et très indirectes ?

Enfin, la répartition de matière sombre que vous venez de décrire est rejetée par certains de vos collègues dans [108].

**Salviati** Ce que vous venez de dire à propos de la détection d'effets de lentilles gravitationnelles va d'ailleurs dans ce sens : bien que vous n'ayez pas l'honnêteté d'annoncer la précision de vos mesures, on a clairement l'impression que vous n'êtes jamais à 5% près. Cet ordre de grandeur de l'imprécision me paraît incompatible avec des calculs valables avec les équations de la Relativité Générale, au vu des ordres de grandeurs des différences entre la Relativité et la mécanique newtonnienne. D'ailleurs, l'article [17, page 109] présente la technique de détection de planètes par effet de micro-lentille, et il me semble clair que les calculs ne sont faisables qu'avec une idée a priori et raisonnable de la distribution de masse, ce qui impliquerait que vous êtes *encore* tombés dans un raisonnement circulaire, donc incorrect.

**Sagredo** Et il me semble également que vous ignorez complètement une autre conséquence des effets de lentille gravitationnelle. Les lentilles ne créent pas de lumière, elles ne font que modifier son chemin. La conséquence est que vous ne pouvez pas avoir des effets d'amplifications sans avoir en même temps des effets d'atténuation : s'il existe un effet de lentille pour un observateur à une position donnée, alors la même déviation rendra l'objet moins visible pour un observateur « voisin », celui qui aurait du recevoir cette lumière en l'absence de déviation. Et symétriquement pour un même observateur, s'il y a des objets rendus visibles par l'effet de lentille, d'autres sont atténués par le même effet de lentille. Ceci constitue un facteur d'incertitude supplémentaire sur vos estimations du nombre d'objets et de la masse correspondante. (À titre d'illustration du premier cas, considérez le schéma illustrant cet effet [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravitational\\_lens-full.jpg?uselang=fr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravitational_lens-full.jpg?uselang=fr) et imaginez un observateur sur une droite normale à la droite source de lumière - Terre.)

## Les paradoxes de la matière noire

**Salviati** Mais mettons de côté ce problème un instant et voyons ce qu'on peut déduire de vos interprétations... Vous ne dites rien sur le mouvement de ces particules de matière

noire, laissez-moi creuser un peu cet aspect. Il est évident que seul un mouvement orbital suffisamment rapide peut les empêcher de tomber du halo vers la galaxie, et en particulier dans le trou noir central<sup>8</sup>. Pourtant, il est tout aussi évident qu'une orbite strictement stable est impossible, la révolution des étoiles modifie en permanence le tenseur métrique qui pilote leur trajectoire<sup>9</sup>, ce qui aboutit nécessairement à des collisions. Vous devez savoir que le mouvement de  $n$  corps soumis à la gravitation newtonnienne est, pour  $n > 2$ , chaotique comme l'a montré le grand mathématicien Henri POINCARÉ dans son traité de 1890 (Ces travaux sont bien racontés dans [3, chapitre 4].) et comme l'ont observé Michel HÉNON et Carl HEILES ([3, pages 217–218]). Et bien sûr, ce qui est chaotique en mécanique newtonnienne l'est aussi en Relativité Générale car la première est une approximation plutôt bonne de la seconde. Comme vous prétendez que ce halo est sa propre antimatière, ces collisions doivent conduire à l'annihilation des particules en question dans un feu d'artifice de rayon gamma. Pourtant, je lis dans [42, encadré page 98] qu'aucun rayonnement gamma de ce type n'a été observé jusqu'ici, ni dans le halo local, ni dans le centre de notre galaxie, ni dans 14 galaxies naines voisines, alors que vous affirmez que la proportion de matière noire dans ces galaxies est encore plus grande que dans les grandes spirales comme la notre. Enfin, même en supposant l'impossible, i.e. une orbite non chaotique et initialement compatible avec les lois de KEPLER, le phénomène d'usure des orbites finira par faire tomber ces particules vers le trou noir central : l'une des différences entre la mécanique newtonnienne et la Relativité Générale est que cette dernière mentionne une perte d'énergie par émission d'ondes gravitationnelles par toute masse en mouvement. Au passage, je note que si le mouvement newtonnien est chaotique à presque toutes les échelles de durée, en Relativité générale, à très très long terme, c'est plus simple : tous les corps finissent par s'agréger, et l'objet final ne peut qu'être qu'un trou noir.

Maintenant, si on considère le halo dans son ensemble, plutôt que les particules individuelles censées le constituer, on voit qu'un nuage grossièrement sphérique aussi lourd (en gros, 6 fois la matière ordinaire de la Galaxie, dites vous, voire au moins 9 fois selon [95] et 10 fois selon [32, 20<sup>e</sup> minute] et [93]) ne peut que s'effondrer en une boule, l'unique forme possible pour atteindre l'équilibre gravitationnel. Sauf que le centre est déjà occupé par le trou noir. Dans tous les cas, votre matière noire ne peut survivre, elle est détruite par les galaxies qu'elle est censée former.

Mais je peux aussi imaginer autre chose : s'il est possible que ce halo de matière noire puisse apparaître, étant donné que celui-ci est beaucoup plus lourd que la galaxie englobée, l'attraction mutuelle ferait que la galaxie se disloquerait pour se fondre dans le halo (dans un référentiel galactocentrique, le plus léger des corps en présence, ici les étoiles, fait la plus grande partie du mouvement de rapprochement). Dans ce cas, c'est la galaxie qui disparaîtrait. Mais les galaxies existent, jusqu'à nouvel ordre. Comme vous prétendez que le halo de matière noire contribue à la formation des galaxies, on peut croire que vous sous-entendez que l'effet de ce halo est... répulsif ; mais dans ce cas, son effet serait plutôt de compacter le disque galactique en une boule, jusqu'à sa disparition dans le trou noir central.

**Sagredo** Je crois que ceci est une erreur, si le halo est effectivement sphérique, il n'a pas d'effet gravitationnel sur le contenu matériel intérieur, c'est une conséquence directe du « théorème de la coquille » (cf. la section 2.8 sur la gravitation universelle). Il est vrai toutefois que j'ai du mal à admettre qu'un halo, une matière non solide donc, puisse avoir

8. Je suppose ici qu'il est exact que la majorité des galaxies ont en leur centre un trou noir géant.

9. en discours newtonien, on parlerait de gravitation variable en raison du mouvement des masses en présence, mais il ne faut plus parler comme cela...

et conserver une symétrie sphérique, malgré les effets gravitationnels asymétriques du plan galactique sur le halo en question. Et de toute façon, la position et trajectoire des amas globulaires suffisent à casser la symétrie de la répartition de la matière galactique.

**Salviati** Encore plus radicalement, pour une forme de matière d'une part stable et compatible avec la Relativité Générale ou la gravitation universelle de Newton pour sa dynamique et d'autre part incapable de toute autre forme d'interaction que gravitationnelle (ou l'effet équivalent dans le cadre de la Relativité Générale), la moindre agglomération de ce type de matière devrait dégénérer en trou noir, car aucune interaction n'empêche la densité d'augmenter indéfiniment. Pour les planètes, c'est typiquement la résistance des nuages électroniques des atomes métalliques qui conduit à un équilibre avec une disposition cristalline. Pour les étoiles, l'énergie dégagée par la fusion nucléaire équilibre la différence de pression due à la gravitation. Pour cette hypothétique matière noire, rien ne s'oppose à la pression et donc toute masse finit par atteindre la densité critique de SCHWARZSCHILD, ce qui marque la transformation en un trou noir. Puisque vous prétendez que la matière noire est majoritaire dans les galaxies, expliquez-moi pourquoi l'Univers n'est pas rempli de trous noirs.

Et pendant la phase d'agglomération, en supposant que celle-ci soit assez longue pour que de la matière ordinaire s'agglomère autour ou lorsque cette matière noire tombe dans une étoile, toujours en raison de l'absence d'interaction électromagnétique, la matière noire devrait se regrouper au centre des étoiles, partout où la répulsion électrique des noyaux laisse la moindre place. L'hydrogène (ou l'hélium pour les géantes rouges) doit alors être repoussé en périphérie, où la température est inférieure, voire sous le seuil de la fusion, et donc la fusion nucléaire doit ralentir et la luminosité de l'étoile doit baisser. En un mot, la matière noire doit éteindre les étoiles. Mais les modèles d'évolution des étoiles ne prennent en compte que la matière ordinaire de l'étoile, les modèles d'étoiles et les modèles de matière noire ne peuvent donc pas être vrais simultanément. RIAZUELO envisage ce phénomène dans [37, page 58] mais prétend curieusement que cela ne se produit qu'après la mort de l'étoile, alors que l'étoile de la séquence principale est plus massive donc plus attractive.

Encore plus fort, en considérant ces 2 derniers points simultanément, on déduit que le cœur des étoiles doit devenir un trou noir qui absorbera le reste de l'étoile au plus tard lorsque la densité du cœur dépassera celle de SCHWARZSCHILD. Comment se fait-il alors que les étoiles existent ?

Voici encore une autre famille de problème pour vous. Puisque vous prétendez que des courants de matière noire traversent le système solaire à des vitesses non relativistes, elle devrait aussi être capturée par des objets moins exotiques qu'un trou noir, et en particulier notre Soleil et les géantes gazeuses. Quelqu'un a-t-il annoncé avoir vu Jupiter grossir ? Et pourtant, le champ gravitationnel newtonnien étant croissant avec la masse, le taux de capture de matière noire devrait augmenter à chaque traversée du nuage, et donc la masse des planètes capturantes croître plus que linéairement par rapport au temps. D'un autre côté, si les masses en jeu sont aussi énormes que vous l'affirmez, le plus probable est plutôt l'inverse, à savoir que ces courants de matière noire capturent les systèmes planétaires comme des planètes capturent des météorites, et ne les emportent à l'extérieur du disque. Ceci n'est pas non plus ce qu'on observe, et cela donne, un majorant de la masse de cette hypothétique matière noire. (Théoriquement du moins, mais je doute que les calculs soient réalisables.)

Encore un exemple de détection prévisible mais pourtant absente : vous avez annoncé la détection d'ondes gravitationnelles issues de la fusion de 2 trous noirs pour une masse totale de environ 65 masses solaires à  $1,3 \cdot 10^9$  années de lumière. Comment se fait-il alors

que le prétendu halo de matière noire qui tourne autour de nous et qui devrait peser des dizaines de milliards de masses solaires ( $1 \cdot 10^9$  fois plus lourd) et est censé se trouver à moins de  $1 \cdot 10^6$  années de lumière (plus de 1 000 fois plus près) n'ait pas d'effet sur ces détecteurs LIGO, alors que ce dernier est en service depuis 2002 et que le signal attendu est  $1 \cdot 10^{15}$  fois plus grand<sup>10</sup> ? Certes, a priori le signal en question est dans une bande de fréquence différente ; mais que le changement de fréquence réduise le signal d'un facteur environ  $1 \cdot 10^{15}$  ou plus reste à prouver.

**Sagredo** Voilà plusieurs phénomènes envisageables, chacun selon son jeu d'hypothèses complémentaires et dont aucun ne se produit. Il va falloir expliquer cela, Simplicio. En résumé, il semble donc que votre matière noire

- est sensible à la gravitation mais ne s'agglomère pas (voir par exemple le scénario de collision d'amas de galaxies dans [32, entre 0h58 et 1h01])
- attire la matière ordinaire mais n'est pas attirée par elle ([72, 39<sup>e</sup> minute]), ni par les trous noirs<sup>11</sup> ;
- peut entrer en collision avec son antiparticule sans être détruite.

Bref, elle semble violer des lois et principes majeurs pourtant bien établis par ailleurs. Mais pour savoir ce qu'il en est réellement de ces paradoxes, et en particulier pour commencer à les résoudre, il faut passer au quantitatif, ce qui pose de grosses difficultés à Simplicio étant donné l'énorme incertitude sur la répartition de la matière qu'on a montré précédemment.

Françoise COMBES nous donne d'ailleurs un remarquable exemple de concentré de contradictions : elle affirme dans [90, 60–62<sup>e</sup> minutes] en réponse à une question sur la formation des galaxies, que la matière sombre s'agglomère en galaxies, germes des agglomérations d'étoiles, puis quelques dizaines de secondes plus tard dans le même développement, que la matière sombre ne pouvant se refroidir par rayonnement ne s'agglomère pas. On nous dit que rien ne peut échapper à un trou noir, mais elle affirme que les trous noirs ne contiennent pas de matière noire, ce qui implique que même lorsqu'elle s'approche, elle n'y tombe pas. Encore une fois, Simplicio nous affirme tout et son contraire.

Il me vient une autre remarque : comment se fait-il que vos présumées observations de matière noire portent toutes sur des régions très lointaines mais qu'il n'y en ait aucune trace dans notre système planétaire ? Car il est certain qu'il y en a pas. Les lois de la mécanique newtonnienne puis de la Relativité Générale ont été validées dans cette région avec une bonne voire excellente précision, les masses du Soleil et des planètes ont été validées par le fait que des sondes d'exploration de Mars, Vénus, Jupiter et Saturne ont réussi à se satelliser autour de ces planètes, voire pour Mars, Venus et Titan à s'y poser. (Les sondes ne peuvent pas emporter une quantité importante de carburant pour corriger leur trajectoire en cours de vol. Il est donc nécessaire que cette trajectoire et les manoeuvres qui permettent de la suivre aient été très précisément calculées avant le lancement. [2, chapitre 4] décrit l'exploitation de mathématiques subtiles pour optimiser le trajet d'une sonde, optimisation rendue nécessaire par cette limitation sur le carburant.) Et tout cela sans prendre en compte la moindre matière noire, puisque cette idée a été développée après le lancement de la majorité de ces sondes. Et la masse observée via la dynamique des planètes est reliée à leur densité, leur composants chimiques possibles, les propriétés des atmosphères ; ce qui offre bien des moyens de contrôle de cohérence.

Il va falloir que quelqu'un se dévoue au calcul raisonnablement exact du potentiel gravitationnel newtonnien d'une distribution de masse en une sphère plus un disque équatorial intérieur.

10. signal supposé de dimension  $ML^{-2}$

11. Je distingue les trous noirs de la matière car la nature matérielle d'un trou noir n'est pas vraiment claire.



**Salviati** J'aimerais revenir aussi sur l'une des conséquences de la présence d'un halo de matière noire autour de la galaxie et les tentatives de détection directe sur Terre, conséquence susceptible de mesures nettement plus directes que ce que vous avez imaginé jusqu'ici, et donc plus fiable.

En essayant une détection directe sur Terre, vous supposez que ce nuage de matière noire traverse de temps à autre le disque galactique, à moins d'être anthropocentrique au point de prétendre que ce courant de matière noire ne passe que par la Terre. Vous prétendez aussi que ce nuage obéit à la gravitation universelle de Newton, du moins lorsque cela vous arrange. Dans ce cas, à chaque traversée du disque galactique par ce nuage, une partie de sa matière devrait être capturée par les objets du disque, et notamment le trou noir central. D'autre part, vous affirmez que les mouvements des étoiles les plus proches de ce trou noir sont suffisamment rapides pour être mesurables à l'échelle du trimestre<sup>12</sup>. Dans ces conditions, vous devriez pouvoir exhiber une augmentation de la masse du trou noir central au fil des années. Quelqu'un a-t-il annoncé avoir vu cela ?

**Sagredo** Nous pouvons donc ajouter une propriété exotique à la matière noire : elle peut échapper à un trou noir, en contradiction manifeste avec la Relativité Générale.

**Salviati** Il y a même encore mieux en matière de détection directe de la traversée de la Terre par cette mythique matière noire : [47] montre que le réseau de sismographes qui couvre les continents atteint désormais une précision et une longueur d'historique de mesures remarquables au point qu'il devient possible d'utiliser la microactivité sismique provoquée par les vagues océaniques pour suivre l'état des couches géologiques profondes, couches autrement inaccessibles. Une masse astronomique de matière noire traversant la Terre ou même passant à moins de 1 seconde lumière (plus proche que la Lune) aurait vraisemblablement un effet notable sur les sismogrammes, mais aux dernières nouvelles, aucun signal sortant du cadre géophysique n'a été mis à jour.

Tant qu'on y est, Simplicio, prouvez-nous que les ondes gravitationnelles créées par votre halo galactique de matière noire n'est pas censé avoir d'effet sur ce réseau de sismographes, alors que le diamètre de la Terre, bien plus grand que les tunnels de LIGO, permet de détecter des ondes d'une autre gamme de longueur d'onde.

**Sagredo** Je crois que nous avons là suffisamment de contradictions dans les propriétés annoncées de la matière noire, et suffisamment de désaccords expérimentaux pour que son existence ne soit pas crédible. Il est temps de reprendre à la base et de voir d'où vient cette idée.

### 2.1.2 Sur les origines de l'idée de matière noire

**Simplicio** Dès les années 1930, l'astrophysicien suisse Fritz ZWICKY a constaté à partir de la « théorie newtonnienne de la gravitation » « que la masse de certains amas de galaxies était bien plus élevée que celles des étoiles qui les composaient ». « Puis l'astronome néerlandaise Louise VOLDERS démontra que les galaxies spirales tournent trop vite sur elles-mêmes pour être stables, à moins d'être plus massives qu'on ne le supposait. » (Citations provenant de : [38], [40] et [66].)

**Salviati** En voilà des hypothèses gratuites. Pour commencer, je souligne que, une fois de plus, vous n'avez pas justifié l'approximation de la Relativité Générale par la gravitation universelle de Newton ; apparemment, vous n'avez même pas essayé d'estimer la marge d'erreur, ce qui va dans le sens de mon affirmation précédente sur votre incapacité à le

12. Cf. l'animation pour la période 1995-2010 à <http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/dossiers/d/astronomie-voie-lactee-mysteres-galaxie-spirale-1826/page/5/>

---

**Note 4** Expériences de détection directe de matière sombre

[41] liste quelques tentatives de détection directe de cette matière sombre, il donne fort peu de détails sur les phénomènes en jeu, mais on peut retenir ceci :

**AMS** recherche de désintégrations de positrons exotiques par spectrométrie depuis la station spatiale internationale (2011)

**Super-Kamiokande, IceCube** recherche de neutrinos

**DAMA, CoGeNT, CDMS** Collision entre matière sombre et noyau de kionomatière

Production de matière sombre comme produit de collision dans le LHC

**Pamela** recherche de positrons ?

Aucune de ces expérience n'a donné de résultat non contesté. Celles pour lesquelles un résultat a été avancé sont CDMS, DAMA, CoGeNT, Pamela. Comme 20 ans d'échecs (en 2011) ne leurs suffisent pas, d'autres projets sont dans les cartons, à défaut d'avoir des protocoles, on a des noms : SuperCDMS, XENON, MAJORANA, Spectrométrie magnétique Alpha.

---



faire. Par ailleurs, il est ridicule de confondre la masse d'une galaxie et la masse cumulée de ses étoiles, ne serait-ce qu'à cause du trou noir central et des nuages de gaz et de poussière indépendants. Il est vrai que les trous noirs galactiques ne faisaient pas consensus à cette époque. Mais aujourd'hui, cet argument devrait avoir été jeté. Plus généralement, comme Sagredo l'a en partie dit, l'atmosphère est opaque à la majeure partie du spectre ; donc les astronomes d'avant l'époque spatiale, et en particulier ZWICKY, ne connaissaient à peu près rien du contenu de l'Univers au-delà du système solaire, voire simplement au-delà de Neptune.

Concernant ces amas de galaxies selon ZWICKY, j'aimerais bien savoir comment vous pouvez peser un amas de Galaxie alors que dans le cadre newtonien, le mouvement d'un corps soumis seulement à la gravitation ne dépend pas de sa masse. Cela est aussi vrai en Relativité Générale, et c'est d'ailleurs ce qui autorise à faire des facteurs numériques du mouvement d'un objet, une propriété de l'espace plutôt que des objets en présence. Et ne prétendez pas résoudre le système d'équations différentielles issu de la gravitation universelle, j'ai déjà rappelé que les système de ce type sont chaotiques, et les mouvements à ces distances sont majoritairement trop petits pour être observables sur une plaque photographique à l'échelle de la vie humaine, ce qui interdit aussi de les connaître avec une précision suffisante pour les introduire dans une simulation.

**Pesée et dénombrement des étoiles** — Vous devez expliquer aussi comment vous prétendez compter et peser des étoiles. N'oubliez pas de tenir compte du fait que les écarts angulaires entre les étoiles d'une galaxie autre que la nôtre sont bien trop petits pour que ces étoiles soient des points distincts sur une photographie. Donc le comptage direct est impossible. Si vous prétendez vous baser sur la luminosité totale, vous devez faire l'impossible, inverser une fonction non injective : il existe de nombreuses combinaisons de nombre et masses d'étoiles qui donnent la même luminosité cumulée. On peut sûrement tirer des encadrements du spectre total (intensité en fonction de la fréquence sur un intervalle de fréquence assez large) ; mais vous avez un gros travail de preuve de la validité de votre séparation des sources.

Enfin, concernant les vitesses de révolution d'étoiles selon VOLDERS, je ne suis pas davantage convaincu de la possibilité de mesurer ces vitesses, toujours en raison des ordres de grandeur à mesurer, sans oublier les grosses imprécisions sur les mesures de distance.

**Simplicio** Mesurer des vitesses d'étoiles est très simple : on les obtient par des mesures de l'effet DOPPLER-FIZEAU. Et les lois de KEPLER ([69, 1h20–1h22], [32, 17–18<sup>e</sup> minutes], [11, 14<sup>e</sup> minute], [93]) donnent suffisamment de contraintes sur ce mouvement pour savoir si l'ensemble de ces observations est cohérent et même, selon [32, 17–18<sup>e</sup> minutes], de calculer la masse de la galaxie.

**Sagredo** Très simple ? À condition de faire énormément d'hypothèses que vous passez complètement sous silence. Dans un référentiel en coordonnées sphériques centré sur l'instrument, l'effet DOPPLER-FIZEAU, à supposer qu'il soit mesurable sans hypothèses indues sur le spectre à l'émission, ne donne que la composante radiale de la vitesse, qui est donc systématiquement sous estimée, et avec une erreur très variable puisqu'elle dépend de l'inclinaison entre le disque galactique et la ligne de visée. Deuxièmement, toujours en raison du caractère fini de la vitesse de la lumière, vous mélangez des vitesses d'objets à des dates très différentes. Qu'est-ce qui vous autorise à faire cela, i.e. qu'est-ce qui prouve que ce mélange ne fausse pas complètement les interprétations ?

**Salviati** Oui, nous avons là un véritable **principe d'incertitude astrométrique** : lorsque la ligne de visée est proche de la normale au plan galactique, la vitesse radiale est faible devant les 2 autres composantes mais en contrepartie, moins les étoiles sont superposées,

ce qui est nécessaire à la mesure de leur position. Inversement, lorsque l'angle entre la ligne de visée et la normale est grand, la projection de la spirale sur le capteur (lentille de lunette ou miroir de télescope et oeil ou capteur numérique) est proche de la simple bande lumineuse aux étoiles inséparables, alors que la part de la composante radiale de la vitesse est grande. La différence majeure avec les objets microscopiques est que l'arbitrage entre précision sur la position et précision sur la vitesse est imposé, et pas choisi par l'observateur.

**Simplicio** Le spectre à l'émission est connu pour les galaxies : nous utilisons la raie de 21 cm de longueur d'onde correspondant à la bascule de spin de l'hydrogène neutre.

**Salviati** Comment pouvez-vous savoir si une raie quelconque dans un spectre correspond à cette raie de 21 cm décalée de l'effet DOPPLER-FIZEAU à mesurer ? Après tout, la raie pourrait a priori avoir bien d'autres origines. Et, à vous en croire, il y a au minimum le biais dû à l'expansion. Comment pouvez-vous distinguer les deux effets ? De même, pour obtenir la part de l'effet DOPPLER-FIZEAU, vous devez quantifier ce qui relève du « décalage d'EINSTEIN », un effet de contraction / étirement de l'espace sur le parcours de la lumière en fonction des variations de courbure de l'espace-temps dans le cadre de la Relativité Générale. Mais vous ne le pouvez pas : il faut connaître la répartition de masse pour calculer cet effet, et la répartition de masse est justement ce que vous prétendez mesurer à partir de l'effet DOPPLER et FIZEAU.

**Sagredo** Je fais remarquer sur ce point qu'il n'est pas nécessaire de distinguer finement ces effets si on peut montrer que leurs ordres de grandeur sont différents. Précisément, il doit suffire de montrer que l'effet DOPPLER-FIZEAU domine les 2 autres. Pour Simplicio, c'est un problème plus simple, mais qui reste difficile.

**Salviati** Je remarque également que vous sous-entendez ainsi que la matière ordinaire des galaxies n'est pas seulement constituée d'étoiles, puisque celle-ci n'ont pas d'hydrogène neutre. Comment se fait-il alors que vous n'ayez pas jeté les conclusions de ZWICKY et VOLDERS, qui ne tiennent compte que des étoiles qui rayonnent dans le visible ? Mais bien sûr, sur ce point, la raison principale pour laquelle il faut jeter les conclusions de ZWICKY est qu'il ne compte pas les nuages de plasma évoqués précédemment comme source de rayons X (p. 27), alors qu'on dit qu'il s'agit de l'essentiel de la masse de l'amas. (Il ne pouvait pas les prendre en compte car ils ont été découverts des années plus tard.) Bref, tous les calculs sont à refaire.

**Sagredo** Je m'aperçois que le problème est plus profond que cela : pour des distances intergalactiques se comptant en millions d'années de lumière, des diamètres de galaxies de l'ordre de  $1 \cdot 10^5$  années de lumière, et une incertitude sur les mesures de distances d'environ 10%, du moins dans les rares cas où avez l'honnêteté d'indiquer cette incertitude, l'erreur sur les distances des étoiles est typiquement supérieure au diamètre de la galaxie. Il n'est donc même pas possible d'affirmer que nous voyons un groupe d'étoiles, chacune en révolution autour du centre géométrique de la galaxie. À part peut-être pour les galaxies voisines immédiates, ce niveau d'imprécision implique que ces seules observations ne suffisent pas à prouver qu'une galaxie est un objet réel, plutôt qu'une illusion d'optique projective, à la manière d'une constellation.

**Simplicio** Non, ce n'est pas une illusion. L'effet DOPPLER-FIZEAU montre clairement un mouvement dans des directions opposées de chaque côté du centre géométrique de la galaxie. Cela montre bien un mouvement de révolution des étoiles.

**Salviati** Vous pouvez estimer grossièrement les distances, confondre la vitesse totale avec la vitesse radiale, mais cela ne vous donnera jamais l'accélération, ce qui est la seule chose reliée à la masse dans la loi de la gravitation universelle. Mais de toute façon, je ne crois pas

qu'il soit possible de mesurer les composantes non radiales des vitesses (Hellène COURTOIS reconnaît cela dans [87]) ; cela nécessite a priori de mesurer un déplacement sur une image photographique. Aux distances qui nous intéressent ici, il faudrait apparemment entre 2 mesures de position, une durée de l'ordre du siècle pour avoir vu un déplacement mesurable, et compter en millénaires pour avoir une précision de mesure pas complètement ridicule. Ce qui implique que l'astrométrie extra galactique est impossible, n'en déplace à ZWICKY et VOLDERS. En résumé, vous ne pouvez pas avoir de mesures de position raisonnablement précises, donc vous ne pouvez pas calculer de vitesses à partir des positions, donc vous ne pouvez pas calculer d'accélération à partir des vitesses, donc vous ne pouvez pas calculer de masse.

## De l'utilisation et de la validité des lois de Kepler

**Sagredo** Mais plus simplement et plus radicalement... Simplicio, je regrette de devoir être brutal, mais vous être un idiot. Les lois de KEPLER sont une approximation de la mécanique newtonnienne valable uniquement lorsque la plus grande part de la masse est concentrée dans l'un des objets. Cela convient pour un système planétaire sans géante gazeuse, mais cette condition est totalement fautive pour les étoiles d'une galaxie. Même en ajoutant le trou noir central, ce qui ne pouvait être fait à l'époque, la distribution de masse reste incompatible. À titre d'exemple pour notre propre galaxie : le plus gros corps est bien sûr le trou noir central de masse estimée à  $4,5 \cdot 10^6$  masse solaire ( $M_S$ ), et pour environ  $2 \cdot 10^{11}$  étoiles visibles (i.e. hors naines brunes) de masse minimale  $0,07 M_S$  (plancher au dessous duquel la boule de gaz ne s'allume pas en étoile), on obtient un ratio de masse centrale maximum de  $3,2 \cdot 10^{-4}$ , très loin de l'unité donc.

Et d'ailleurs, puisque cette soi-disant preuve ne prend en compte que les étoiles, qu'avez-vous utilisé dans vos calculs de vitesse théorique pour la masse du corps central ?

**Salviati** Vérifier la démonstration des lois de KEPLER à partir de la loi de la gravitation de NEWTON et la loi de conservation du moment cinétique, dérivable du principe fondamental de la dynamique du même NEWTON est un exercice de niveau 1<sup>re</sup> année universitaire (avant une éventuelle spécialisation en physique). Et faire la démonstration proprement dite est du même niveau à la résolution de la dernière équation différentielle près (dont les solutions donnent les 3 formes de sections coniques du plan pour les trajectoires possibles, pas seulement l'ellipse qui est seulement le cas stable).<sup>13</sup> Comment se fait-il alors que des professionnels puissent ne pas savoir cela, puissent confondre une théorie générale et un modèle cinématique spécifique à un petit domaine d'échelle ? (Bien sûr, le fait qu'il s'agisse de notre quartier d'habitation n'est pas une justification valable à cette confusion.) Bref, les auteurs des références [32, 17–18<sup>e</sup> minutes], [11, 14<sup>e</sup> minute], [93], Nathalie PALANQUE-DELABROUILLE et Jean-Marc BONNET-BIDEAUD tous deux du CEA, Marc LACHÈZE-REY, mais aussi Richard TAILLET du CNRS (cf. section 2.6.4) et Alain MAZURE du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (cf. section 2.6.6) sont des ignorants ou des menteurs.

Je dois signaler aussi que la détection des planètes extrasolaires<sup>14</sup> reposent largement sur les perturbations de mouvement existantes dans le cadre newtonnien mais pas dans le cadre keplerien. Cela montre bien la petitesse du domaine de validité des lois de KEPLER.

13. Pour les lecteurs qui ne veulent pas ou ne savent pas vérifier les mathématiques, mais admettent la parole d'un mathématicien officiel et désormais célèbre : [51, 26<sup>e</sup> minute].

14. À propos de cette recherche : « Les planètes extrasolaires : la découverte des nouveaux mondes », conférence de Alain LCAVELIER des Étangs disponible à [http://www.canal-u.tv/video/cerimes/les\\_planetes\\_extrasolaires\\_la\\_decouverte\\_des\\_nouveaux\\_mondes.11178](http://www.canal-u.tv/video/cerimes/les_planetes_extrasolaires_la_decouverte_des_nouveaux_mondes.11178) ; enfin un vrai discours scientifique dans lequel on fait l'effort de dire ce qui est mesuré et comment c'est exploité.

Précisément, la principale technique de détection est la mesure des oscillations de la vitesse radiale de l'étoile par rapport à la Terre, ces oscillations sont une violation de la première loi de KEPLER, puisqu'elles montrent que la figure de révolution est bien une ellipse mais dont aucun des foyers ne correspond à l'étoile. Enfin, il est connu depuis longtemps que les lois de KEPLER ne sont pas valables à long terme, et c'est la raison pour laquelle le mathématicien POINCARÉ s'est cassé la tête sur la question de la stabilité du système solaire dans les années 1887-1890.

**Sagredo** Je note que vous semblez faire des efforts pour tenir un discours délibérément ambigu où vous ne dites pas clairement si les lois de KEPLER sont ce que vous utilisez effectivement pour faire des prédictions ou si c'est une allusion à un modèle simplifié présumé plus connu du public que les vraies lois de NEWTON. Mais on finit par trouver [88], qui a laissé échapper une formule : « [...] Vera Rubin a ainsi pu établir le profil de vitesse de plusieurs galaxies. Elle a montré que la vitesse devenait constante à une certaine distance du centre galactique, au lieu de décroître selon la racine carrée de la distance d'après les lois de la gravitation de Newton. » Ceci sous-entend un mouvement circulaire uniforme avec une vitesse linéaire de la forme  $v = k/\sqrt{r}$  ou  $k$  est une constante quelconque, ce qui implique une accélération  $\vec{a} = -k^2/r^2\vec{u}_r$ , ce qui correspond au champ gravitationnel d'une masse ponctuelle au centre de la galaxie, pas à celui d'une distribution de masse répartie dans tout le disque. Vous définissez habituellement une galaxie comme une concentration d'étoiles, mais vos calculs sont basés sur une définition complètement différente : un corps central de nature non spécifiée et des grains de poussière répartis dans un disque et de masse totale négligeable.

**Salviati** En lâchant cette formule, le journaliste nous permet de prouver que tous vos calculs sont insensés (si vous êtes simplement inférieur à un bachelier) ou mensongers (si vous êtes compétents) et le fait que ce soit un journaliste qui la lâche, plutôt qu'un professionnel qui ont pourtant de nombreuses occasions pour le faire et ne l'ont pas fait, suggère que vous l'avez délibérément caché. Reste à savoir pourquoi vous faites cela. Malheureusement pour vous, et heureusement pour la Science, ce journaliste donne un pointeur sur l'article de professionnels sur lequel il se base, à savoir [108] et le premier paragraphe de cet article indique bien que les auteurs se basent sur le modèle de KEPLER et laissent entendre que tout le monde fait cela. (Et comme les pairs relecteurs ont approuvé ce papier pour publication, on peut supposer qu'ils partagent cette opinion.<sup>15</sup>) D'autre part, le début de la seconde section annonce bien la formule de la vitesse linéaire que Sagredo vient d'utiliser. L'infraction à l'une des règles de base de la méthode scientifique, à savoir utiliser un modèle ou une théorie seulement à l'intérieur de son domaine de validité, est donc caractérisée.

Je note au passage, à la fin de la page 2 de cet article [108], "Independent estimates range from  $0.42M_{\odot}/L_{\odot}$  to  $0.60M_{\odot}/L_{\odot}$ . By astronomical standards, this is a small systematic uncertainty, [...]". Ainsi donc une incertitude de 50% sur une mesure est considérée comme bonne ou excellente. Et avec des erreurs pareilles, vous osez parler de « cosmologie de haute précision »... Pas étonnant que vos modèles soient fantaisistes et dépourvus de capacité de prédiction, ce qui rappelons-le est le signe d'un discours non scientifique.

**Sagredo** D'ailleurs, toujours à propos des conditions d'applicabilité des lois de KEPLER, le rapport de masse n'est pas non plus acceptable dans le cas d'une étoile binaire dont l'une est en fait trou noir, cas considéré dans [60, page 70] et [61, page 76], mais heureusement pour LASOTA cette fois, il s'agit d'un problème à 2 corps, soluble analytiquement dans le

15. Bien entendu, l'identité des relecteurs est inconnue, impossible de savoir par qui ils sont payés, sauf à pouvoir interroger l'éditeur.

cadre général newtonnien et donc on peut peut-être sauver quelque chose de ces mauvais calculs.

**Salviati** J'ai idée que vous vous obstinez à utiliser des modèles faux comme les lois de KEPLER parce que vous voulez absolument des chiffres, mais qu'il n'est pas dans vos possibilités d'utiliser des modèles valables : même le modèle très simplifié d'une galaxie comme ensemble de points-étoiles en interaction avec uniquement la gravitation universelle de NEWTON est largement au delà des possibilités, tant pour la mesure des conditions initiales que pour le calcul de l'évolution du système avec la gravitation et le principe fondamental de la dynamique (la seconde loi du même NEWTON).

- En ce qui concerne le calcul, rien que pour stocker la masse, la position, la vitesse et l'accélération de  $1 \cdot 10^{11}$  points-étoiles (valeur minimale des estimations), il faut de l'ordre de 7.3 To de mémoire à accès rapide<sup>16</sup> ; à supposer que des flottants sur 64 bits suffisent à borner suffisamment les erreurs d'arrondis, ce qui reste à prouver. Ceci est hors de portée des super calculateurs des années 2010, et a fortiori pour l'époque de VOLDERS ; quant à ZWICKY, il n'avait pas de calculateur électronique du tout. Quant à la durée du calcul, en remplaçant l'intégrale de l'accélération de chacun des points-étoiles par une somme de RIEMANN, le calcul d'un seul des termes de ces sommes exige le calcul de (toujours pour seulement  $1 \cdot 10^{11}$  étoiles)  $5 \cdot 10^{21}$  termes de la loi de la gravitation universelle, chacun exigeant 9 opérations en virgule flottante dont une racine carrée, opération nettement plus coûteuse en temps de calcul que les autres. Ceci est manifestement totalement inaccessible, même si la « loi de Moore » était encore vraie. Disons pour fixer les idées : à 1 téraflows, ce qui est accessible mais difficilement en 2016 et en continu, cela fait 1426 ans de calcul pour le premier pas de temps ; et il faut plusieurs millions de ces pas pour avoir une précision raisonnable. Et encore, la puissance électrique que consommerait un calculateur aussi monstrueux fait craindre le pire pour la durée de vie des circuits, étant donné la quantité de chaleur dont il devrait se débarrasser.
- En ce qui concerne la mesure des conditions initiales (mathématiquement parlant : les constantes d'intégration), même si votre manière de mesurer masse, position et vitesse des étoiles est correcte et précise, le fait de devoir faire entrer dans le calcul les vitesses et positions initiales à une même date fait que la durée de la mesure de ces conditions initiales est d'au moins le diamètre de la galaxie compté en temps de lumière, soit de l'ordre de 1000 siècles pour la nôtre. Cette contrainte est évidemment totalement indépendante de la technologie disponible, donc incontournable.

### Une autre vitesse théorique

**Sagredo** J'ai trouvé une autre formule que Simplicio utilise pour la vitesse théorique des étoiles dans une galaxie : [91], [10, équation 4.1], [93]. La vitesse linéaire théorique en fonction de la distance au centre galactique serait  $v(r) = \sqrt{\frac{GM(r)}{r}}$  ou  $M(r)$  est la masse enfermée dans une sphère de rayon  $r$  et de même centre que la galaxie. Comment relier cela aux 4 lois de NEWTON (les 3 lois de la dynamique plus la loi de la gravitation universelle) ? Si on suppose un mouvement circulaire autour du centre galactique, la norme de l'accélération est  $v^2(r)/r = GM(r)/r^2$ , ce qui correspond bien à la formule de Simplicio, et aussi au champ gravitationnel produit par une boule de masse totale  $M(r)$  ayant une distribution de masse à symétrie sphérique. Mais ceci ne correspond absolument pas

16. Des disques durs magnétiques peuvent avoir la capacité de stockage requise, mais ils n'ont pas la vitesse d'accès nécessaire pour faire les millions de milliards de milliards de lecture et écriture nécessaires à ce calcul, et cela en une durée raisonnable comme au plus un siècle.

à la situation d'une galaxie spirale, qui est beaucoup plus proche d'un cylindre de faible hauteur (ou si on préfère, un disque légèrement épais) que d'une boule, et surtout cela ne prend absolument pas en compte l'attraction des étoiles qui sont situées plus loin que la masse d'épreuve sur un rayon orienté du centre vers la surface. Avec cette équation, vous sous-entendez donc qu'un objet donné à un effet gravitationnel ou non en fonction de l'endroit pour lequel vous vous posez la question. Il suffit de se poser la question pour 2 distances différentes pour obtenir une contradiction logique. J'ai une révélation pour vous Simplicio : *les lois de la nature ne dépendent pas des choix arbitraires d'un observateur*, observateur à l'existence d'ailleurs contingente.

Une autre façon de voir que cette formule ne peut pas être vraie consiste à prendre 2 sphères cocentrées avec la galaxie en question et constater que selon cette formule, les masses comprises entre ces 2 sphères ont un effet gravitationnel sur les objets extérieurs à la grande sphère mais pas sur les objets intérieurs à la petite sphère. Autrement dit, cette formule implique une violation du principe de l'action et de la réaction, également connu sous le nom de 3<sup>e</sup> loi du mouvement de NEWTON. Elle implique que leur forme de gravitation à un sens privilégié.

Puisque la fonction en question est strictement monotone, elle est aussi incompatible avec les figures stables comme celles formées par les points de LAGRANGE. De même elle interdit les systèmes d'étoiles doubles, alors qu'on dit parfois que ces couples forment la majorité des étoiles (environ les 3/4 dans notre galaxie). À plus long terme, elle interdit les nébuleuses planétaires et les systèmes planétaires. Tout ceci parce que la monotonie de la fonction implique des effets de marées qui vont dissocier tout couple d'objets. Précisément, 2 points de coordonnées initiales  $(R, \theta)$  et  $(R + l, \theta)$  initialement séparés d'une distance  $l$ , se trouvent séparés après une durée  $t$  petite par rapport à la période de révolution de  $\sqrt{l^2 + GM(r)R^{-2}t^2}$ , approximativement, car on confond ici la longueur d'un arc de cercle et la longueur de la corde. (Un calcul plus précis dans le plan complexe amène à la distance  $R|e^{i(\frac{\partial\omega}{\partial r}(R+\varepsilon)l)t} - 1|$  avec  $\omega(r) = \sqrt{GM(r)}r^{-3/2}$  et  $0 < \varepsilon < l$ . Cette fonction distance est évidemment périodique.

Bien sûr, pour savoir que cette formule est fausse, il suffit aussi de se rappeler que Henri POINCARÉ a montré que le mouvement de  $n, n > 2$  corps en interaction mutuelle gravitationnelle est chaotique, ce qui interdit des solutions simplistes : le théorème de récurrence dont la démonstration a été publiée en 1890 interdit les solutions indépendantes des conditions initiales comme celle-ci.

Indépendamment des raisons mathématiques de sa fausseté, on peut également remarquer une autre raison pour laquelle elle ne peut pas être pertinente pour l'étude de la dynamique des galaxies spirales : étant donné que les bras spiraux ne sont pas des cercles concentriques, la fait de n'avoir pour seule variable d'espace la distance au centre fait que cette formule ne peut pas tenir compte de la position des bras spiraux et donc pas non plus de leur effet. De plus, l'absence de symétrie circulaire (invariance de la répartition de masse par toute rotation d'axes (0z)) interdit les solutions stationnaires : la solution du champ des vitesses doit dépendre des 3 coordonnées d'espace et du temps.

Et de toute façon, même si elle était vraie, elle serait inapplicable, puisque comme on l'a déjà montrée, vous n'êtes pas capable de peser les étoiles d'une section de galaxie donnée, ni même de les compter.

**Salviati** Dans la série « Un professionnel étale son incompetence », on trouve également sous la plume de James LEQUEUX dans [95] « Chaque point de la Galaxie étant en équilibre entre l'attraction gravitationnelle des régions centrales et la force centrifuge, [...] », ce qui sous-entend clairement aussi que les objets extérieurs n'ont pas d'effet. On note au



passage que la force centrifuge n'existe pas, et que en réalité on ignore toute éventuelle accélération centrifuge, puisqu'un référentiel galactique est toujours supposé galiléen : les galaxies ne sont pas censées tourner autour d'un indéfinissable centre de l'Univers.

**Sagredo** Il existe aussi une linéarisation de l'équation de champ d'EINSTEIN, le cœur de la Relativité Générale, qui permet de se débarrasser de cette mythique matière sombre, sans pour autant résoudre le problème dans le cadre newtonien. Difficile de dire dans quelle mesure ce modèle est suffisamment approché pour être valable, mais il est au moins vérifié que même dans une approximation assez grossière, en particulier, une répartition de masse à symétrie circulaire, l'hypothèse matière sombre n'est pas une nécessité logique. Les détails sont donnés dans [105].

**Salviati** Bien entendu, les professionnels n'en tiennent pas compte ni pour l'approuver (cela éliminerait leur domaine de pseudo-recherche), ni pour tenter de l'invalidier.

### Les amas de galaxies prétendent trop rapides

**Sagredo** Mais revenons aussi à cette étude de la vitesse des galaxies d'un amas. En affirmant que ces galaxies forment un amas, vous sous-entendez qu'elles restent voisines au fil des millions d'années... alors que l'astronomie crédible, i.e. non limitée à la minuscule partie visible du spectre, a à peine 50 ans. Comment pouvez-vous le savoir puisqu'il est impossible d'observer leur mouvement sur une durée aussi longue ? D'ailleurs [102, section 1] indique que l'interprétation dominante initiale était bien que ces hypothétiques amas sont instables et donc qu'on ne peut rien affirmer.

Soyons concret, les galaxies de l'amas de COMA sont censées se situer, en moyenne, à une distance de  $3,23 \cdot 10^8$  années de lumière. La définition du Télescope spatial HUBBLE est de  $1\mu\text{s}$  d'arc i.e.  $4,8 \cdot 10^{-12}$  radians). Pour voir un déplacement, préalable à une mesure de vitesse, il faut un déplacement dans la direction orthoradiale de  $323 \cdot 10^6$  a.l. fois  $1\mu\text{s}$  d'arc soit  $1,6 \cdot 10^{-3}$  a.l. Et encore, cette limite n'a de sens que si les mouvements individuels des étoiles pendant la période de mesure n'ont pas déformé le nuage de points lumineux, sinon vous ne pouvez pas avoir une seule valeur pour la vitesse d'ensemble de la galaxie. La vitesse de notre galaxie et de ses voisines est annoncé à  $5 \cdot 10^5$  ou  $6 \cdot 10^5$  m/s ; quoique la disponibilité d'un référentiel dans lequel ces chiffres seraient valables reste à démontrer. Si on suppose que les galaxies visées et la nôtre ont des vitesses de même ordre de grandeur, cela donne une durée minimale entre 2 mesures de position de  $2,7 \cdot 10^7$ s, soit 315 jours. Mais bien sûr, au sol, avec les perturbation atmosphériques, l'absence d'optique adaptative (on parle des années 1930), le fait que les galaxies en question n'ont pas une trajectoire pile normale à la ligne de visée, et la nécessité d'obtenir plusieurs points pour mesurer une vitesse avec mieux que 100% de marge d'erreur, on compte probablement la durée nécessaire aux mesures en décennies. Il n'est donc pas encore prouvé que ZWICKY et ses prédécesseurs aient réellement mesuré des vitesses de galaxies.

Pour ce qui est de la vitesse théorique, même si les estimations de masse sont valables, la condition suffisante d'apparition du chaos (au moins 3 corps de masses de même ordre de grandeur) est satisfaite, et donc les vitesses théoriques calculées sont garanties fausses. Et les estimations de masse lumineuse sont fantaisistes : les étoiles naines rouges, les nuages de gaz extragalactiques et la poussière sont invisibles avec les moyens d'observation des années 1930.

Enfin, mesurer une vitesse linéaire moyenne sur quelques années ou même décennies ne suffit pas à reconstituer un arc de trajectoire et ainsi montrer que les galaxies en question en se dispersent pas. Si 2 millénaires suffisent à constater grossièrement une trajectoire

pour des étoiles proches, cf. la déformation des figures du zodiaque depuis les débuts de l'astrologie, c'est tout à fait insuffisant pour des objets situés 1 million de fois plus loin.

Bref, les calculs de ZWICKY et Cie n'ont aucune valeur.

**Salviati** Je me demandais aussi si les distances intergalactiques ne sont pas suffisantes pour que le délai de propagation du signal de courbure soit assez long pour faire une différence avec le cadre newtonien. Mais finalement, je crois que même s'il y a un effet de ce type, il est certainement négligeable devant les obstacles à la mesure, quel que soit le cadre théorique utilisé.

**Sagredo** Bref, pour conclure sur cette matière noire, vous avez mélangé plusieurs modèles dynamiques pas entièrement compatibles pour les mêmes objets. Il est donc tout à fait normal que vous obteniez des résultats fantaisistes : Comme le savent tous ceux qui ont étudié le raisonnement, des philosophes grecs de l'Antiquité aux logiciens contemporains, à partir d'un ensemble d'axiomes contradictoire, on peut prouver tout et son contraire. Ce qui implique à son tour que toutes vos expériences sont inutiles : Un résultat expérimental ne soutient une prédiction théorique que si la théorie est non contradictoire. Cela fait partie de ce que les (mauvaises) traductions de POPPER ont appelé la falsifiabilité.

**Salviati** Vous ressemblez à quelqu'un qui, face à un problème où il devait calculer  $e^{\pi\sqrt{2}}$  sans en être capable, a calculé à la place  $\frac{2}{2}$ , et pour expliquer que  $1 \neq 85,0196\dots$  sans reconnaître son erreur sur ce qu'il fallait calculer, a imaginé tout un univers inobservable.

**Simplicio** Puisque vous vous croyez si fort, donnez-moi une explication alternative.

**Salviati** Sagredo a expliqué que les prédictions basées sur les lois de KEPLER sont invalides, et donc que les anomalies basées sur ces prédictions sont illusoires. Il n'y a donc aucune anomalie à expliquer. De même, en raison des durées nécessaires à la mesure des conditions initiales, tout calcul sur des mouvements individuels de galaxie, que ce soit dans le cadre newtonien ou dans celui de la Relativité Générale est impossible.

Et ne me parlez pas d'observations directes : même entre les partisans de ce modèle, il y a exactement zéro observation non contestée.

La conclusion me paraît claire : il n'y a à l'existence de la matière sombre ni justification théorique ni appui observationnel. Le rasoir d'OCKHAM me permet de convertir cela en « La matière sombre n'existe pas. »

**Sagredo** Récapitulons. L'argument de ZWICKY sur Coma n'est pas valable car :

- Que les galaxies concernées constituent un amas est une hypothèse a priori, pas un fait. Et si elle est fausse, il n'y a aucune contrainte applicable aux observations.
- Même dans le cas où il s'agit réellement d'un amas stable, les vitesses théoriques ne peuvent pas se tirer des lois de KEPLER car il n'y a pas de corps central dominant.
- Les lois générales de NEWTON ne sont pas utilisables car il est impossible de mesurer les conditions initiales à une unique date à cause de la taille de ces objets comptée en temps de lumière par rapport à l'âge des sociétés humaines technologiques.
- La mesure des vitesses réelles est très imprécise pour ne pas dire impossible.
- Toutes les estimations de masse « lumineuse » d'avant l'époque spatiale sont fantaisistes, tout juste bonnes pour la poubelle.

L'argument de VOLDERS et RUBIN sur la vitesse de rotation des galaxies spirales n'est pas valable car :

- les vitesses théoriques ne peuvent pas se tirer des lois de KEPLER car il n'y a pas de corps central dont la masse domine l'ensemble du système. La loi légèrement plus générale avec une masse variable en fonction de la distance est également fantaisiste et en particulier incompatible avec les lois de NEWTON.



- Les lois générales de NEWTON ne sont pas utilisables car il est impossible de mesurer les conditions initiales à une unique date à cause de la lenteur de la lumière.
  - Le volume de calcul qu'implique l'application des lois de NEWTON à toutes les étoiles d'une galaxie est très largement au-delà des capacités de ce siècle.
- De plus, la section 2.8.2 (page 71) montre qu'une courbe de vitesse de rotation presque plate n'est pas nécessairement anormale dans le cadre newtonien.
- Enfin, notons que [102, section 2] donne un résumé de cette « découverte », mais en se concentrant sur les publications et sans donner de détails sur les modèles utilisés.

## 2.2 Sur l'énergie sombre

**Simplicio** Certes, l'énergie sombre est bien étrange, mais c'est la seule possibilité d'expliquer l'accélération de l'expansion de l'Univers. À partir de 1998, nous avons remarqué cette accélération à partir des mesures de distances basées sur la luminosité des supernovae de type I-a.

**Sagredo** Je lis dans l'encadré *Les distances dans l'Univers* de [40] que les mesures de distances de ce genre font intervenir le décalage dans le rouge dans le calcul. D'après ce qu'on dit de la nature de l'expansion (notamment dans [34]), le facteur cosmologique (au sens de cause parmi d'autres) du facteur de décalage (au sens de multiplicateur) dans le rouge ressemble à une intégrale du taux d'expansion sur le trajet du rayon lumineux considéré. Or le taux d'expansion est inconnu a priori, puisque c'est justement ce qu'on cherche à mesurer. Et le trajet du rayon lumineux n'est connue que approximativement : depuis qu'il est prouvé que la Relativité Générale est plus pertinente que la gravitation newtonnienne, on n'a plus le droit de supposer que la lumière se propage toujours en ligne droite. J'ai donc le droit de demander ce que valent vos mesures et ce que vous mesurez réellement.

**Salviati** Manifestement, vous avez supposé que ce taux d'expansion est constant et, au mieux, vous avez raccroché le décalage dans le rouge aux mesures de vitesse d'expansion obtenues pour des objets proches dont les distances sont obtenues par des méthodes supposées indépendantes.

**Sagredo** Dans ce cas, nous avons un ensemble de théories et procédures de mesure qui contiennent l'hypothèse d'une expansion à un rythme constant qui, combiné à certaines mesures montre un rythme d'expansion variable. La conclusion valable n'est pas que l'expansion accélère, mais que les mesures sont incorrectes ou que votre théorie est contradictoire, *encore une fois*. En fait, ce que nous avons ici est une preuve par l'absurde que l'ensemble modèle et procédure de mesure est faux.

En particulier, il semble que ceci invalide tout le calibrage de vos échelles de distances extragalactiques, que ce soit à base de Céphéides ou de supernovae. Au mieux pour vous, toutes les estimations de distance basées, directement ou non, sur la constante de HUBBLE sont invalidées, puisqu'il apparaît que ce taux n'est justement pas une constante. Avez-vous enregistré pour chaque objet de vos catalogues, la technique de mesure et les hypothèses sous-jacentes ? Pouvez-vous prouver pour chaque distance annoncée avant 1998 qu'elle ne dépend pas de l'hypothèse d'un taux d'expansion constant ? Quel taux d'expansion utilisez-vous depuis 1998 ? Hellène COURTOIS dans [87] sous-entend dans ses planches que les estimations de distance de galaxies sont effectivement basées sur la « constante » de HUBBLE. Donc, on ne peut pas accepter à la fois ses chiffres de distance et l'hypothèse de l'énergie noire.

**Salviati** Je lis dans [67, page 54] que la densité d'énergie sombre est constante malgré l'expansion de l'espace. Cela implique que la quantité totale d'énergie sombre croît avec le

temps, ce qui est évidemment une violation flagrante de la loi de conservation de l'énergie. Comment se fait-il que personne n'ait relevé cela ? Comment croyez vous pouvoir résoudre cette nouvelle contradiction ? Ou peut-être faut-il comprendre que vous appelez énergie ce qui n'en est pas ?

**Simplicio** Il n'y a aucune contradiction puisque la loi de conservation de l'énergie est intégrée dans l'équation de champ de la Relativité Générale, dans le membre définissant le tenseur métrique.

**Sagredo** Vous prétendez que cette hypothétique énergie sombre est mise en avant par la Relativité Générale, mais la même linéarisation de la Relativité Générale invalidant la nécessité de la matière sombre invalide aussi celle de cette énergie sombre. Les détails sont dans [106]. Cette approche est manifestement bien plus respectueuse du principe du rasoir d'OCKHAM.

**Salviati** Même si vous aviez réussi à invalider l'approche de LE CORRE, il resterait à justifier la compatibilité entre cette énergie comme facteur de courbure qui sort de nulle part et l'énergie comme facteur de transformation qui doit être bornée et a priori constante. Autrement dit, vous devez expliquer comment éviter de tomber dans les rêves de moteur perpétuel au mépris du second principe fondamental de la thermodynamique.

**Sagredo** Je vois autre chose d'important à remarquer à propos de ces supernovae. Vous dites que vous vous en servez pour mesurer les distances de galaxies très lointaines. Mais comment pouvez-vous savoir si telle supernovae de ce type, à supposer qu'elle soit bien identifiée, est effectivement située dans la galaxie à laquelle vous la rattachez ? Le fait que sur la photographie, le point lumineux soit dans la tache lumineuse censée représenter la galaxie ne prouve rien, puisque nous ne voyons qu'une projection géométrique, pas la galaxie réelle. Mais à vrai dire, vous n'avez même pas besoin de cela, apparemment : dans [43], on trouve une photo dont la légende indique « ici la supernovae 1994D dans la galaxie NGC 4526 ». Or le point lumineux censé être la trace de la supernovae est clairement excentré, loin du noyau lumineux et loin des traces sombres identifiables aux bras spiraux. Et donc, je ne vois aucune raison d'affirmer que l'étoile est dans la galaxie plutôt qu'à l'extérieur. Dans ces conditions, comment puis-je avoir la moindre confiance dans vos mesures de distances ? (En plus, la même photo et la même interprétation douteuse se retrouvent dans [45, page 10].)

Et encore, puisque toutes les observations se font depuis un unique point (notre système solaire), expliquez moi comment vous pouvez prétendre mesurer la décroissance de la luminosité avec la distance, puisque vous ne pouvez pas affirmer pour un point lumineux donné qu'il n'y a pas de nuage de gaz ou de poussière sur le trajet de la lumière, nuage qui change complètement la relation entre luminosité apparente et luminosité absolue. Bien sûr, ceci est vrai pour tous les objets lumineux, pas seulement les présumées supernovae de type I-a.

Et encore, qu'entendez-vous donc par « galaxies très lointaines » ? Bien que vous ayez déjà annoncé avoir observé des galaxies à une distance supérieure à  $1 \cdot 10^{10}$  années de lumière ; il me semble à moi que ce genre de mesure n'est valable que pour une petite partie de l'Univers observable. Puisqu'une supernova I-a est un accident destructeur arrivant à une naine blanche de masse initialement inférieure à 1,4 masse solaire ([53, page 20]), l'étoile originelle est une petite étoile de durée de vie importante<sup>17</sup> comme notre Soleil (9-10 milliards d'années). Et bien sûr, on doit avoir (date de naissance de l'étoile + durée de vie

17. La durée de vie d'une étoile dans son état « adulte » (i.e. la « séquence principale » du diagramme HERTZPRUNG-RUSSEL) est proportionnelle à la masse puissance -2 selon [6, partie 13], [37, page 56] indique cube à la place de carré sans préciser « adulte » ou totale.

de l'étoile (y compris la phase de « agonie » de naine blanche) + durée de propagation de la lumière de la supernova jusqu'à la Terre) inférieure à l'âge de l'Univers (durées à compter dans un référentiel lié à l'étoile bien sûr). Sachant que [35] suggère un minimum de  $2 \cdot 10^8$  années pour la naissance des premières étoiles et pour un âge de l'Univers estimé à  $13,82 \cdot 10^9$  années, on voit que le maximum pour la durée de propagation et donc la distance de l'ex-étoile, est assez bas (de l'ordre de  $4 \cdot 10^9$  années de lumière), soit moins du tiers central de l'Univers observable. Et encore, vos modèles indiquent que les étoiles de la première génération étaient très massives, et donc qu'elles n'ont pas pu former de naines blanches, et a fortiori ne pas donner de supernovae I-a. Ceci réduit encore la distance maximale à laquelle des supernovae de ce type sont observables.

**Sagredo** De toute façon, il semble que l'existence même des supernovae de type I-a ne soit pas prouvée : vous dites qu'il s'agit au départ d'étoiles à neutrons ; mais comme vous l'avouez vous-même, vous ne disposez pas de modèle d'interaction nucléaire (chromodynamique quantique) en espace courbe. Pourquoi devrais-je croire alors que votre scénario de transformation d'une étoile en un gigantesque agrégat de neutrons est valable ? L'article de NOVAK [56] est une pure spéculation, au moins jusqu'à ce qu'on soit capable d'aller voir de près un cadavre d'étoile, ce qui n'arrivera jamais bien sûr. Et même Jean-Pierre LUMINET admet dans [12] que les conditions de température, pression et densité des naines blanches et donc a fortiori des étoiles dites « à neutrons » sont totalement inaccessibles à l'expérience de laboratoire.

Ces problèmes sont connus des professionnels<sup>18</sup>, mais ils refusent bien sûr d'en tenir compte car il faudrait avouer l'inconnaisabilité de l'Univers.

**Salviati** Je vois encore un autre problème à ce genre d'observation. Puisque la mort d'une étoile disperse les produits de la nucléosynthèse, la composition des nuages de gaz et des étoiles qui en sont issues change avec le temps. Cette composition a évidemment une incidence sur le spectre à l'émission. Comment pouvez-vous distinguer dans le spectre à la réception les variations dues à la composition et les variations dues au décalage du à l'expansion censé donner la distance ? Ceci semble être une autre partie de la question déjà énoncée « Comment identifier raisonnablement une raie spectrale observée à une raie connue d'un élément connu si on autorise des décalages par effet FIZEAU ou d'expansion arbitrairement grands ? »

**Sagredo « Pression négative » vs. gravitation** — J'ai cru comprendre que vous avez inventé cette idée d'énergie sombre pour avoir l'effet d'une pression négative dans un module d'univers considéré comme un fluide de galaxies. Il faut rappeler que dans les équations de NAVIER, BARRÉ DE SAINT-VENANT et STOCKES de la dynamique des fluides, les forces de pression supposent un fluide suffisamment dense pour qu'il y ait des collisions, la pression est la résistance des atomes à l'interpénétration (de fait celle de leurs nuages électroniques). Il n'y a aucune force répulsive de contact entre galaxies ; au contraire, il y a une force attractive à distance, la gravitation newtonnienne ou son équivalent dans le cadre relativiste. Et cette attraction entre galaxies n'est pas prise en compte dans un modèle de fluide : le champ gravitationnel présent dans les équations de NAVIER, BARRÉ DE SAINT-VENANT et STOCKES est un champ uniforme d'origine extérieure uniquement, créé par la Terre évidemment. En conséquence, d'une part le modèle de fluide de galaxies n'est pas valable sur le principe et les équations de NAVIER, BARRÉ DE SAINT-VENANT et STOCKES ne sont pas applicables, ni a fortiori tout simplification que vous auriez imaginé, car il n'est pas crédible que vous avez résolu les équations originelles de NAVIER, BARRÉ

18. voir la présentation d'un ex-chercheur <http://www.ca-se-passe-la-haut.fr/2014/06/lenergie-noire-existe-t-elle-les-sn-ia.html>, URL valable au 2019-08-13

DE SAINT-VENANT et STOCKES. D'autre part, au cas où Simplicio peut montrer que c'est une approximation valable sur le plan numérique, il restera à montrer que le besoin d'une « pression négative » n'est pas en fait une illusion et que la gravitation ne suffit pas à expliquer l'effet qui vous fait inventer cela.

**Salviati** Pour résumer la problématique de l'énergie sombre, disons qu'introduire un taux d'expansion variable invalide toutes les mesures de distance extragalactiques et donc rend impossible la mesure de l'expansion. Cette soi-disant théorie est autodestructrice.

Mais cela ne suffit manifestement pas à empêcher les élucubrations : [103] est un baratin sur un  $n$ -ième champ hypothétique destiné à expliquer la nature de l'énergie sombre : on commence par supposer une expression de la densité d'énergie sombre en fonction du non mesurable décalage dans le rouge, hypothèse promue au rang de connaissance à la page suivante et on prétend utiliser des données sur les hypothétiques supernovae de type I-a pour voyager dans le temps et mesurer un paramètre de cette fonction de densité d'énergie sombre. Il utilise aussi le « fond diffus cosmologique ». La section 2.6.5 explique en quoi un télescope ne saurait être assimilé à une machine à observer le passé. Et la section 2.3.1 montre que le fond diffus est hypothétique et garanti non mesurable.

**Sagredo** Encore une chose sur les photos de supernovae : à des distances extra-galactiques, l'image d'une étoile à une taille inférieure à celle du pixel ; or les photos de supernovae qu'on me montre montrent une tache lumineuse beaucoup plus grande que cela. De quoi s'agit-il vraiment ?

**Salviati** Si c'est une tache de diffraction dans l'instrument, alors les cartes de spectroscopie sont probablement fausses parce qu'on ne peut pas associer ce spectre à une direction suffisamment précise. On est encore ramené à des ambiguïtés de projection avec cette fois une épaisseur de cône de lumière plutôt importante. Si la source est réellement aussi grande, cela signifie apparemment que la lumière de la supernova est réfléchiée et diffusée à grande échelle autour de l'étoile et il faut craindre que les spectroscopies soient polluées même plusieurs degrés à côté de la supernova.

**Sagredo** Bien entendu, ces 2 causes de biais ne sont pas exclusives l'une de l'autre.

## 2.3 Sur le discours du “Big Bang”

**Salviati** Je crois qu'il est clair maintenant que matière noire et énergie sombre sont très problématiques, pour ne pas dire illusoire. Par ailleurs, la première chose que vous avez faite dans cette discussion est lier ce que vous appelez la théorie du “Big Bang” à ces ingrédients imaginaires. Fatalement, cela m'oblige à remettre en cause l'ensemble de votre « théorie ». Que dit cette « théorie » qui ne soit pas lié à ce que nous venons de rejeter ? « Théorie » avec des guillemets pour la raison déjà donnée quand on a commencé à parler de matière noire (95% des ingrédients de votre recette reconnus inconnus).

**Simplicio** [36, 94] donnent un résumé et relie ces résultats aux observations qui en sont à l'origine. (Les citations proviennent de [36].)

« Le premier pilier est la théorie de la Relativité Générale d'Einstein », à propos de laquelle je veux souligner que vous l'avez implicitement admise et même déclarée supérieure à la gravitation universelle de Newton.

**Salviati** C'est vrai. Ce que je vous reproche n'est pas de croire en la Relativité Générale, mais au contraire de ne pas vous en servir ; tout comme vous n'utilisez pas la Relativité Restreinte comme on vient de le voir à propos de la pseudo découverte de la matière noire.

**Note 5** Paradoxes des trous noirs

Il est bien connu que ces choses étranges touchent aux limites des théories. Voici quelques problèmes mis à jour sur la description habituelle de ces objets. Ces incohérences montrent que le discours habituel sur ces objets n'est pas maîtrisé, et que, encore une fois, les limites du domaine de validité des théories ne sont pas prises en compte.

**Singularité et dérivabilité** L'équation de champ d'EINSTEIN, le coeur de la Relativité Générale, est un système d'équations aux dérivées partielles dont les solutions doivent donc être différentiables, ce qui implique continues, et aussi bornées... Pourtant, on affirme que lors de la formation d'un trou noir, la densité, qui est une variable de cette équation, devient infinie en une durée finie, ce qui signifie que la fonction de densité n'est pas continue et donc ne satisfait pas à l'équation d'EINSTEIN. La solution est peut-être qu'il y a un cafouillage dans les changements de référentiel et que l'effet de la dilatation du temps par les fortes courbures n'est pas correctement pris en compte. Cet argument n'interdit pas en effet que la densité en fonction du temps soit non bornée à l'infini ; puisqu'aucune propriété n'est observable à l'infini. En particulier, la métrique extérieure de SCHWARZSCHILD est la plus souvent citée à propos des trous noirs, mais elle n'est valable que du côté extérieur de l'horizon. Toute affirmation à propos de l'intérieur d'un trou noir et basée sur cette métrique est donc injustifiée.

**Trou noir et charge électrique** L'horizon des événements est présenté comme une surface limite qui ne peut être traversée que dans un seul sens. En particulier, aucun champ électromagnétique ne peut sortir. Il s'avère que cette affirmation est incompatible avec la conservation de la charge électrique telle que décrite par les équations de MAXWELL. Remarquons d'abord que toutes les citations des équations de MAXWELL que j'ai vu ne prennent pas en compte le tenseur métrique au coeur de la description de l'espace-temps de la Relativité Générale. Mais introduire ce tenseur métrique ne suffit peut-être pas à résoudre le paradoxe suivant.

Considérons un trou noir et une particule chargée (noyau ou électron) sur le point de traverser l'horizon. L'équation de GAUSS relie le flux du champ électrique à travers une surface fermée arbitraire et la charge électrique contenue dans le volume intérieur de cette surface. Prenons comme surface de référence une surface enfermant l'horizon des événements et la particule chutant et seulement cela. L'équation de GAUSS indique que le flux sortant est non nul, puisque la surface enferme une charge non nulle. Mais un instant plus tard, après que la particule ait traversé l'horizon : d'une part, le volume entre la surface définissant le flux et l'horizon ne contient plus de charges ; d'autre part le flux sortant de l'horizon est présumé nul. Le flux total est donc nul, ce qui implique la disparition de la charge électrique. Ou à l'inverse, si on conserve la loi de GAUSS, il faut qu'un champ électrique sorte de l'horizon.

On affirme également que les trous noirs peuvent avoir une charge électrique (modèle de KERR-NEWMAN), la charge intervient dans le tenseur métrique qui est censé être défini également à proximité de l'horizon côté intérieur comme côté extérieur. Comment se fait alors la jointure, la métrique étant censée être une fonction continue de toutes les coordonnées d'espace-temps ?

Et aussi...

**Simplicio** « les trous noirs sont vides de matière » ([57, pages 42 et 44])

**Sagredo** En voilà une drôle d'idée ! Dans ce cas, dites-nous donc : Où donc est partie la matière constitutive de l'étoile originelle ? Que devient la matière qui traverse l'horizon des événements ? Et si la matière a disparu, comment la courbure peut-elle persister et comment le trou noir peut-il avoir une masse ?

Voir aussi la section 2.6.1, page 59 pour un échantillon d'âneries sur ces objets.

**Simplicio** Les observations astronomiques ont montré que l'Univers est homogène à grande échelle, dans le sens où la répartition des amas de galaxies est à peu près uniforme dans l'espace. On a donc appliqué les équations de la Relativité Générale à un Univers homogène et isotrope. Il y a plusieurs méthodes de traitement, mais la base commune est le jeu d'équations de FRIEDMANN. On a montré qu'un univers comme cela ne peut être en équilibre. Il est nécessairement soit en contraction sous l'effet de la gravitation ; soit en expansion. Le deuxième pilier est l'observation de Vesto SLIPHER et Edwin HUBBLE que, dans leur grande majorité, les galaxies s'éloignent de nous, la seule conclusion possible sans anthropocentrisme est que l'Univers dans son ensemble est en expansion continue. Il suffit alors de reconstituer les trajectoires de galaxies à l'envers pour aboutir à une phase de l'Histoire où l'Univers était simultanément très dense et très chaud. Les connaissances en physique nucléaire et en physique quantique permettent de retrouver les détails d'une Histoire commençant avec cette phase hyperchaude et hyperdense et s'étalant sur  $13,8 \cdot 10^9$  années. Le lien avec l'expansion nous indique également que notre Univers observable est une sphère évidemment centrée sur nous et d'un rayon compté en temps de lumière correspondant à l'âge de l'Univers moins la durée de la période d'opacité, la période des débuts où l'univers était trop dense et trop ionisé pour que la lumière puisse se propager. Cette période d'opacité a duré 380 000 ans.

**Sagredo** Vous prétendez avoir reconstruit l'histoire d'une région d'espace temps de 13 820 000 000 années de lumière de rayon et autant en durée uniquement à partir d'observations depuis une région quasi ponctuelle de 0,000 016 années de lumière de rayon et pas plus de 50 ans en durée. Votre échantillon de volume représente donc  $1 \cdot 10^{-45}$  de l'Univers observable <sup>19</sup>. Je vous trouve extrêmement audacieux. Avez-vous essayé de lister tout ce qui pourrait être variable et que vous avez supposé constant parce que vous n'avez pas vu de variations importantes dans la minuscule région d'espace temps que nous occupons ? Quant à l'échelle temporelle, notons pour fixer les idées qu'à l'échelle cinématographique, i.e. 24 images par seconde, cela revient à reconstruire un film de plus de 133 jours et 7 heures uniquement à partir de la dernière image. Il n'est pas vraisemblable et il est impossible dans le cas général, que la dernière image puisse contenir autant d'information, au sens de SHANNON, que l'intégralité du film, même si comme on l'a déjà vu, la dernière image est un mélange d'événements étalés sur une longue durée.

### 2.3.1 Le fond diffus cosmologique

**Simplicio** Nous avons évidemment des observations à l'appui de cette théorie. « Le troisième pilier du modèle cosmologique est le fond diffus cosmologique [...]. » ([36] toujours) Il s'agit du résidu des premières lueurs de l'Univers, juste à la fin de la période d'opacité. Ce qui était au moment de son émission un rayonnement très intense s'est affaibli en raison de l'expansion jusqu'à devenir un rayonnement dans la gamme des micro-ondes. Celui-ci baigne tout l'Univers. Il a pour particularité d'être celui d'un corps noir en équilibre thermique et d'être identique dans toutes les directions. Je souligne qu'il a été découvert indépendamment de sa prédiction ; c'est seulement après publication de l'observation qu'on a fait le lien avec une prédiction antérieure du modèle du "Big Bang".

**Salviati** Indépendamment, c'est vous qui le dites. Vous avez dit que la pseudo température de ce rayonnement décroît avec le temps ; or dans les années 1960 vous n'aviez pas d'observations à la fois précises et couvrant une partie importante du ciel. Je doute que vous ayez

19. Il n'est pas garanti que le ratio calculé seulement sur les coordonnées spatiales à la fin de la période considérée ait un sens, mais calculer les volumes en 4 dimensions suppose de prendre en compte la présumée expansion, ce que je ne peux pas à ce jour.



alors les éléments pour calculer un âge de l'Univers ou une pseudo température. Racontez moi donc cette prédiction si vous en êtes capable.

**Simplicio** GAMOV a prédit ce rayonnement en 1948, avec une température de  $10\text{ K}$ . On ne sait pas sur quelles observations il s'est basé pour ce calcul...

**Salviati** Facile : aucune, puisque à cette époque les astronomes étaient aveugles, l'atmosphère étant opaque à la quasi-totalité du spectre.

**Sagredo** Je parlais d'information à l'instant. Dans la même veine, je note que [73] reconnaît que l'image globale collectée par le satellite Planck, image de plus d'un million de points est réduite à environ 2000 nombres qui servent à estimer 6 paramètres. Il est évidemment parfaitement impossible de faire tenir une description valable de l'Univers i.e. de faire tenir les conditions finales d'un système de plusieurs milliards de milliards de milliards d'objets, dans seulement 2000 nombres. Vous avez donc à faire un gros travail d'explication et de justification des procédures de mesure et des modèles théoriques pour montrer que l'ingrédient essentiel de vos conclusions est bien l'information issue des observations et non celle comprise dans vos hypothèses théoriques, qu'elles soient explicites ou intégrées dans la construction des instruments. N'oubliez jamais que lorsque un modèle d'interpolation comprend plus de paramètres que de données d'entrée, il peut très bien reproduire n'importe quel jeu de données, y compris un tirage aléatoire. Il s'agit là de la problématique désormais classique de la sur-interprétation en apprentissage statistique (interprétation d'un bruit comme un signal). Ce piège est présent partout, que le modèle soit une boîte noire du type gros réseau de neurones artificiels ou un simple polynôme d'interpolation de LAGRANGE.

**Salviati** Sur ce point, cela me semble perdu d'avance : quand on lit l'article chapeau des résultats de la mission Planck [104], en particulier le sommaire et la section « conclusion », on comprend que tout le traitement des données est établi avec l'objectif de confirmer le modèle  $\Lambda$ CDM et de mesurer les paramètres libres de ce dernier, alors que normalement une expérience est conçue pour invalider une prédiction.

**Sagredo** À la réflexion, je trouve votre « fond diffus cosmologique » très curieux. Vous commencez par prétendre qu'il s'agit du rayonnement du bout de l'Univers. Comme vous n'avez pas osé prétendre que vous avez fait faire à vos télescopes le tour de l'Univers, il vous reste à expliquer comment vous pouvez, à partir d'une minuscule région qu'est une orbite terrestre, soustraire de l'image reçue par les télescopes le rayonnement émis par l'ensemble des objets du ciel situés entre l'instrument et le présumé fond de l'Univers. N'oubliez pas de prendre en compte que :

- vous ne savez même pas à  $1 \cdot 10^{11}$  près combien d'étoiles de notre propre galaxie éclairent vos satellites COBE, WMAP, Planck ;
- vous ne savez même pas à  $1 \cdot 10^{11}$  près combien de galaxies éclairent ce même satellite ; chacune de ces galaxies ayant elle aussi des d'étoiles en nombre inconnu mais assurément largement variable, ne serait-ce que parce qu'elles ont des âges différents.
- vous ne savez même pas la nature, l'emplacement et le nombre d'objets qui réfléchissent et diffusent la lumière dans les bandes de fréquence auxquelles vous vous restreignez. Or ces réflexions et diffusions mélangent les sources avant que leur lumière ne tombe dans vos instruments.
- le rayonnement collecté est la superposition de rayonnements émis à des dates très espacées si on admet votre estimation de  $13,8 \cdot 10^9$  années de lumière pour le rayon de la région observée, et donc que le spectre à l'émission peut changer en fonction de la date d'émission, elle-même liée à l'âge de la source lumineuse ; géométriquement



- parlant, chaque pixel du capteur reçoit toute la lumière du « cône de lumière » au sens de la Relativité Restreinte, dont il est le sommet (dans le sens du passé bien sûr) ;
- entre 2 interactions avec la matière, la lumière ne se propage pas toujours exactement en ligne droite, courbure de l'espace-temps oblige.

Et puis, comment peut-on distinguer sur le spectre d'une section d'image encadrant une galaxie ce qui relève du rayonnement de cette galaxie et du rayonnement des objets situés derrière et qui la traverse, car une galaxie est loin d'être un objet opaque, au moins dans certaines bandes de fréquence ? Et je peux aussi imaginer des objets situés devant mais pas reconnus comme tel, ou pas vu du tout, que ce soit en raison de leur petite taille, des imprécisions des mesures de distance, ou toute autre cause inconnue. Pour reprendre un slogan connu, « une affirmation extraordinaire réclame des éléments de preuves plus forts que ordinaires ».

**Salviati** Quant à moi, je vous préviens que je ne refuserai une affirmation du genre « Nous avons mesuré le spectre de ces objets, ce qui permet de le soustraire. ». Puisque personne n'a jamais osé donner un nombre raisonnablement précis pour le nombre total de galaxies, ou même d'étoiles de notre galaxie, sans même parler de la durée nécessaire à tant de relevés, il est clair que vous n'avez pas de mesures exhaustives des spectres individuels. Il semble même impossible, avec les imprécisions sur le nombre de galaxies comme le nombre d'étoiles de notre galaxie qu'on puisse aboutir sur le prétendu fond diffus à une incertitude aussi petite : quelle est la baguette magique, qui ajoutée à la prétendue soustraction des spectres des objets d'avant plan, permet de diviser l'incertitude par de l'ordre de  $1 \cdot 10^5$  ? Je nie même que les spectres des étoiles qui ne sont pas des voisines immédiates soient mesurables : On n'a jamais vu une photo de galaxie dont les étoiles sont des points individuels sur la photo en question. Et bien sûr, la lumière d'un objet correspondant à un seul pixel est certainement trop faible pour passer une analyse spectrale.

**Sagredo** En fait, d'après les explications et photos d'instrument et de résultats que j'ai pu trouver, à cette échelle de distance, on ne mesure pas le spectre d'une étoile, les ouvertures optiques sont beaucoup trop grandes pour cela. On mesure le cumul sur une grande galaxie entière, plusieurs milliards d'étoiles donc ; et tout ce qu'il y a devant bien entendu.

**Salviati** Un mélange inexploitable donc...

**Simplicio** La procédure de mesure est en partie décrite dans [77, 42<sup>e</sup> minute] : Planck mesure les rayonnements dans plusieurs tranches de longueur d'onde, ce qui permet de construire un modèle du rayonnement de la Voie Lactée qu'on peut soustraire des mesures brutes de Planck. Ceci est également abordé dans [73].

**Sagredo** Donc vous sous-entendez bien que le rayonnement cumulé des  $1 \cdot 10^{11}$  galaxies qui nous entourent, voire 10 fois plus selon les sources, est nul. Ceci suffit à enlever toute crédibilité à votre soi-disant mesure. Pour être complet, il reste à expliquer quelles sources votre modèle galactique prend en compte. J'espère que vous n'osez pas prétendre connaître la position et la trajectoire de toutes les nébuleuses planétaires et systèmes planétaires de la Galaxie. Surtout que les estimations sur le nombre et la nature des planètes ont énormément varié depuis la première annonce de planète extra-solaire en 1995. Toujours à propos de planètes, êtes-vous capable de montrer que les vents stellaires, i.e. le bombardement permanent des magnétosphères planétaires par des particules éjectées par l'étoile locale à des vitesses souvent relativistes, ne crée pas de rayonnement dans les bandes de fréquence que vous prétendez étudier ? (À commencer évidemment par la Terre et nos voisines géantes gazeuses.)

**Salviati** Rien dans [73, 77, 104] ne mentionne le filtrage du rayonnement des étoiles, ce qui laisse penser qu'il n'est pas pris en compte.

**Sagredo** Sur un tout autre plan, vous prétendez que ce fond diffus a le spectre d'un corps noir et en même temps qu'il est issu de la combinaison d'un électron et d'un proton en un atome d'hydrogène. Expliquez-nous donc pourquoi le spectre n'a pas de variation d'intensité brutale au niveau d'énergie de la transition atomique considérée ?

**Salviati** Quant à l'homogénéité de ce fond diffus, j'ai envie de vous demander de prouver que la superposition d'un si grand nombre de sources lumineuses, les galaxies, réparties à peu près uniformément peut produire autre chose que ce fond homogène avec une probabilité non négligeable, malgré les résultats de la théorie des probabilités comme la loi des grands nombres<sup>20</sup> ou le théorème de la limite centrale<sup>21</sup>

Prouvez-nous également que ce corps noir n'est pas le résultat de l'accumulation du vent stellaire de milliards d'étoiles de notre galaxie, dispersé tout autour de nous depuis des milliards d'années. Car le vent stellaire est un plasma, comme les étoiles, et donc effectivement un corps noir.

Je vous propose 2 schémas d'explication beaucoup plus vraisemblables a priori et beaucoup plus économes en hypothèses, conformément au principe du rasoir d'OCKHAM. À vous de les invalider si vous ne voulez pas reconnaître que vos soi-disant mesures sont sans signification.

Quant à la prise en compte des interactions de ce soi-disant rayonnement de fond avec la matière, il semble bien que vous en soyez au degré zéro : il suffit d'entendre François BOUCHET pour s'en rendre compte (cf. la section 2.6.6)

**Sagredo** En fait, il me semble que même la manipulation de base « mesure du spectre d'un objet céleste » est plus subtile que vous semblez le penser. Comment prétendez-vous vous assurer que la lumière qui tombe dans l'instrument provient uniquement de l'objet visé ? En particulier, je vois un conflit entre l'utilisation d'un obturateur pour encadrer le plus finement possible l'objet à observer et la nécessité de recevoir assez de lumière pour que l'instrument y soit sensible. Pouvez-vous me donner des indications précises sur les capacités de vos instruments ? Et si on s'intéresse aux plus grandes longueurs d'onde on s'aperçoit d'une autre limite aux mesures : on ne peut pas avoir à la fois un pointage précis de l'instrument et une mesure des grandes longueurs d'onde, car il faut garantir dans la construction de l'instrument l'absence de diffraction à l'entrée dans le capteur. Car une diffraction est susceptible a priori de créer une illusion d'isotropie.

Enfin, comme je l'ai fait remarquer au début de la discussion sur la matière noire, vous ne disposez d'aucune information sur la partie du spectre correspondant aux longueurs d'onde supérieure à 30 mètres. Et les hautes fréquences (au delà de l'ultra-violet) sont également difficiles à recevoir.

**Salviati** Manifestement, ce dont vous avez besoin, c'est d'une douane de la lumière, qui obligerait tous les photons qui nous tombent dessus à être étiqueté par, au minimum, leur origine et leur date d'émission (date et lieu de naissance donc). Pour pouvoir tenir compte de l'effet DOPPLER-FIZEAU, il faut aussi la vitesse de la source dans les 3 dimensions d'espace. Et pour tenir compte des effets de la Relativité Générale, il faudrait aussi le trajet complet et le tenseur métrique en tout point de ce trajet. Certes, c'est impossible,

20. La loi des grands nombres donne une borne de la probabilité que la moyenne de variables aléatoires de même distribution s'écarte de la moyenne d'une variable individuelle. Cette borne est proportionnelle à l'inverse du nombre de variables dont on fait la moyenne.

21. Le théorème de la limite centrale indique que les séries de variable aléatoire converge vers une variable aléatoire suivant la distribution de LAPLACE-GAUSS, également appelée loi « normale ». Le théorème donne également la moyenne et la variance des sommes partielles. Il suffit que le terme général de la série admette une espérance et une variance.

mais heureusement pour moi, ceci est *votre* problème, Simplicio. La charge de la preuve repose sur vous.

**Sagredo** Au minimum, parmi tous les points précédents, vous devez nous expliquer comment vous pouvez distinguer entre le rayonnement d'un plasma d'hydrogène et d'hélium et le rayonnement d'un plasma d'hydrogène et d'hélium. C'est de très loin la question la plus déterminante. (Je vous laisse deviner lequel de ces plasmas est une étoile ou un nuage interstellaire ou un nuage intergalactique, et lequel est la prétendue matière primordiale.)

**Salviati** Ceci est d'autant plus important que, en raison de la variation de l'intensité lumineuse selon le carré de la distance entre la source et l'instrument de mesure, on s'attend à ce que le rayonnement des étoiles de notre galaxie domine les autres sources. Oui, je sais, vous prétendez ([38]) que la source dominante est le fond diffus, mais on vous demande justement d'en montrer l'existence, donc cette affirmation n'est absolument pas un argument, c'est une hypothèse invalide voire une tentative de me faire prendre des vessies pour des lanternes.

**Sagredo** Je voudrais également faire remarquer une curiosité des cartes de ce présumé fond diffus. Vos images sont à peu près symétriques par rapport au plan galactique, pourtant la galaxie est censé avoir un mouvement propre. Vous dites par exemple que nous et Andromède se rapprochons. Et les périodes de mesures couvrent plusieurs révolutions de la Terre. Où est l'effet DOPPLER-FIZEAU ?

**Simplicio** Nous connaissons les vitesses en jeu et nous avons soustrait tous ces effets pour produire les cartes diffusées (cf. [77, 73]).

**Salviati** Vous prétendez donc connaître les mouvements impliqués à toutes les échelles (système solaire, galaxie, amas de galaxie et éventuellement au-delà) et vous sous-entendez qu'il reste une image du rayonnement fixe par rapport à la source, i.e. les limites de l'Univers observable. Vous rendez-vous compte que cela implique quasiment que vous avez déterminé un mouvement absolu ? Je vous rappelle que la physique est née à peu près quand Galilée s'est rendu compte que le mouvement absolu n'existe pas. L'affirmation selon laquelle il est possible, abstraction faite de toute limitation technologique, de soustraire tous les effets DOPPLER-FIZEAU est contradictoire avec les 3 niveaux de Relativité du mouvement (galiléenne, restreinte de EINSTEIN et générale de EINSTEIN).

**Sagredo** J'entends dans [73] que votre modèle comprend une partie à (relativement) haute fréquence du rayonnement fossile, enregistrée par Planck et de pseudo température quelques dizaines de KELVIN. Or, les estimations de vraie température des objets du nuage de OORT sont de ce même ordre. Au même titre que les étoiles et les magnétosphères planétaires, le nuage de OORT fait partie des objets d'avant plan dont vous devez soustraire le rayonnement. Expliquez-nous donc comment vous faites cela, malgré l'énorme ignorance sur la composition et taille de ce nuage, pourtant très proche à l'échelle astronomique.

**Simplicio** Ce n'est pas très important, l'essentiel pour la cosmologie est le rayonnement de la bande de fréquence basse.

**Salviati** Grossière erreur : les données sur la plage de fréquence haute servent au calibrage de celles de la bande de fréquence basse. Si les premières sont incorrectes, les secondes le sont aussi.

**Sagredo** Les planètes géantes gazeuses et surtout Jupiter rayonnent beaucoup de l'infrarouge au domaine radio, donc en particulier dans votre domaine critique. Là encore, il s'agit d'objets d'avant plan dont vous devez être capable de prédire le rayonnement et de le soustraire. Prouvez-nous que vous l'êtes !

On peut encore énumérer des sources parasites d'avant-plan longtemps. Je vous propose comme exemple de diffuseur, la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter, ou la ceinture de EDGEWORTH et KUIPER. Bien sûr, il faut envisager que tous les systèmes planétaires de la Galaxie aient des groupes de débris dans ce genre, sans oublier le vent stellaire qui remplit l'espace intra-galactique. Prétendez-vous toujours que la grande homogénéité de ce bruit de fond soit une information ?

**Salviati** Pour en finir avec ce fond diffus, on peut récapituler toutes ces objections en disant que mesurer cette chose implique de connaître tous les objets d'avant plan, i.e. d'avoir une carte précise de l'Univers entier, carte dont vous ne disposez évidemment pas. Donc, même s'il existe, il est à jamais non mesurable. Oui, la cosmologie basée sur ce fond est une escroquerie. En particulier, comment se fait-il que, à en croire [73, 77, 104], vous faites beaucoup d'efforts pour calibrer et filtrer des sources de bruit à l'échelle microscopique ou centimétrique, mais que vous n'ayez pas remarqué les parasites macroscopiques que sont les étoiles. Pourquoi ne devrais-je pas en conclure que le filtrage documenté est de la poudre aux yeux ?

Ajoutons, que puisque tous les mesures de cette mission Planck sont interprétés dans le cadre du « modèle »  $\Lambda$ CDM, et les procédures de mesure elles-même définies dans ce cadre, la conclusion positive de la collaboration Planck dans [104] signifie en réalité « Si le modèle est correct, alors il l'est. ». À 500 000 000 € voire 1 000 000 000 € la mission selon les sources, cela fait cher la tautologie.

### 2.3.2 L'expansion

**Sagredo** Je reviens sur la présumée fuite des galaxies que vous avez évoqué comme premier signe de l'expansion. Je dois rappeler que le fait que 2 corps semblent s'éloigner l'un de l'autre n'implique absolument pas que ces corps ont un mouvement rectiligne et donc une région d'origine commune. Les orbites quasi elliptiques des planètes autour d'une étoile sont un contre exemple assez répandu. Et plus généralement, dans un univers contenant au moins 3 objets massifs, par exemple 3 galaxies, obéissant à la gravitation universelle de NEWTON et non exactement alignés, un mouvement rectiligne permanent est impossible. Et comme vous n'avez qu'une seule observation (depuis une région ponctuelle et une durée quasi infinitésimale), vous ne pouvez pas reconstruire de trajectoire uniquement à partir des observations de HUBBLE.

D'autre part, qu'est-ce qui prouve vraiment que les galaxies s'éloignent ? Contrairement à ce que vous affirmez, vous ne pouvez pas mesurer le décalage dans le rouge cosmologique, seul le spectre à l'arrivée dans vos télescopes est mesurable. Que supposez-vous comme spectre à l'émission pour calculer le fameux ratio de décalage ? Montrez moi comment vous pouvez deviner le spectre à l'émission sans rien savoir de la galaxie en question. En particulier, montrez-moi que vous n'avez pas commis l'erreur stupide et grossière de supposer que toutes les galaxies ont à peu près le même spectre que la nôtre. Car, à cause du caractère fini de la vitesse de la lumière, ces images de galaxies lointaines sont des images de galaxies plus jeunes que la nôtre, avec donc proportionnellement davantage d'étoiles jeunes voire de proto-étoiles, des étoiles qui rayonnent davantage dans le rouge voire l'infrarouge que des étoiles actuelles de leur séquence principale au sens du diagramme HERTZPRUNG-RUSSEL. Dans le cas le plus simple pour vous, il vous faut construire un estimateur de spectre à l'émission qui dépend de l'âge de la galaxie, âge directement lié à la distance de la source de l'image. Mais cette distance est inconnue a priori, alors comment appliquer votre éventuel modèle de formation des galaxies ? Ensuite, si vous arrivez à ce stade, et comme on l'a mentionné précédemment, il faudra répartir le décalage éventuel en

ses composantes : erreur sur le spectre à l'émission, effet DOPPLER-FIZEAU à l'émission, décalage d'EINSTEIN et expansion. Et n'oubliez pas que je sais que HUBBLE ne disposait à son époque ni de catalogue d'objets célestes important et précis, ni de puissance de calcul importante pour un éventuel traitement statistique sur ces catalogues.

**Salviati** Jean-Philippe BEAULIEU donne des indications à ce sujet dans [8]. On y comprend notamment :

- Les estimations de distance de galaxies sont basées sur la relation entre période et luminosité des étoiles variable de type Céphéides mise en évidence par Henrietta LEAVITT en 1912.
- Le fait que la poussière située entre le télescope et l'étoile de type Céphéide déforme la relation entre fréquence intensité lumineuse pour une étoile et que cette déformation est mal compensée voire complètement ignorée.
- L'hypothèse de HUBBLE et de ses successeurs selon laquelle toutes les Céphéides ont la même relation période - luminosité est fausse, ce qui invalide le calibrage de l'échelle de distance.

Les disputes sur la valeur du ratio entre vitesse et distance relatées ici montrent d'ailleurs assez bien que déjà à cette époque, la « recherche » ne suit absolument pas la méthode scientifique.

Encore une fois, n'oublions pas les objets d'avant plan : je lis dans [16] : « Ces étoiles nous paraissent d'ailleurs rougies, du fait de l'absorption sélective de leur lumière par les grains interstellaires, [...] ». Êtes-vous capable de prouver que vous savez isoler ce rayonnement d'avant-plan du véritable effet DOPPLER et FIZEAU ?

**Sagredo** Passons aux mesures modernes en supposant que les estimations de distance soient fiables cette fois, pour donner une nouvelle chance à Simplicio. Si vous prétendez vous baser sur des spectres d'absorption, je vous demanderai comment vous pouvez savoir que cette absorption s'est faite dans l'environnement immédiat de l'étoile source, plutôt qu'en un endroit quelconque des chemins de lumières entre cette étoile et la Terre. Dans le cas de l'hydrogène et de l'hélium, je vous rappelle que le Soleil nous bombarde en permanence avec ces éléments (hydrogène surtout). Pire encore pour vous : le vent solaire est un flux de particules comprenant entre autres des atomes d'hydrogène qui a un mouvement d'ensemble d'éloignement du Soleil, et donc de la Terre. Prouvez-moi que ce que vous appelez la trace de la fuite des galaxies n'est pas en réalité la trace de l'expansion de la bulle du vent solaire. À cette difficulté, il faut évidemment ajouter la difficulté de la possibilité de la présence de plusieurs éléments dont les spectres se superposent. (J'y ai déjà fait allusion quand on a parlé des mesures de distance à partir des supernovae de type I-a.)

**Salviati** Je reviens sur les équations de FRIEDMANN que vous avez mentionné au début. Aux dernières nouvelles, ces équations sont des équations différentielles, donc locales, ajoutant aux équations de la Relativité Générale l'hypothèse d'une densité de matière-énergie constante. Je trouve extrêmement naïve, pour ne pas dire stupide, l'idée de considérer une homogénéité à une échelle supérieure à celle des amas galactiques comme équivalente à une homogénéité à l'échelle microscopique. Comment pouvez-vous prétendre que ce modèle est compatible avec l'existence des concentrations locales de matière que sont les galaxies, les étoiles et les planètes ?

Encore plus fort, il s'agit non pas d'une constante spatiale mais d'une constante dans l'espace-temps. Vous sous-entendez donc que l'état actuel de l'Univers avec ses étoiles, galaxies et amas de galaxies d'une part et la soupe primitive des premières minutes d'autre part sont décrits de la même façon par la Relativité Générale. Vous prétendez donc que 2

états complètement différents de l'Univers sont décrits exactement de la même façon par la Relativité Générale. Ce qui implique qu'il n'y a pas eu d'évolution descriptible par la Relativité Générale, alors que votre récit prétend justement au titre d'Histoire de l'Univers scientifiquement basée sur celle-ci. Cela peut aussi s'interpréter comme le sous-entendu que les amas de galaxies ont toujours existé, avec la même contradiction d'ensemble. On constate une fois de plus qu'un modèle contradictoire est pire que faux car on peut en déduire tout et son contraire. N'ayons pas peur des mots : Votre soi-disant modèle n'est que du baratin.

**Sagredo** Je rappelle aussi que vous ne connaissez pas la densité d'énergie due au rayonnement sur l'intégralité du spectre, ce qui signifie probablement que votre constante est sous-estimée dans des proportions inconnues.

**Simplicio** Certes, ce modèle est approché, mais aucune tentative de prise en compte des perturbations liées aux concentrations locales n'a suffi à remettre le modèle en cause.

**Sagredo** On trouve dans [43] et [44] quelques mots sur les tentatives de prise en compte des irrégularités locales. S'il est exact qu'on ne dit pas que le modèle à densité constante est clairement invalidé, il est aussi suggéré dans un cas ou affirmé dans l'autre, que cette approximation n'est pas raisonnable, un siècle après les premières propositions de modèles.

**Salviati** Dans ce cas, je vous propose de participer à une expérience destinée à vérifier à l'échelle du laboratoire si l'effet de la moyenne et la moyenne de l'effet sont effectivement proches. Je vous propose d'expérimenter l'effet d'un champ périodique et de moyenne nulle, et plus précisément dont l'intensité moyenne sur une durée  $t$  est inférieure à  $0,83/t$ , unités S.I. C'est une situation plus favorable que la vôtre, puisque nous pouvons rendre l'erreur aussi petite que nous le désirons en prolongeant raisonnablement l'expérience, alors que vous n'avez évidemment pas d'influence sur les distance entre galaxies. Si vous être d'accord, prenez donc une de ces aiguilles dans chaque main, et enfoncez les dans les 2 trous de ce mur, paire de trous communément appelée prise électrique.

**Simplicio** Êtes-vous fou ?

**Salviati** N'avez-vous donc pas confiance dans votre propre théorie ? ...

Vous admettez donc, j'espère, que essayer d'introduire les effets de l'erreur a posteriori n'est pas une approche valable, mathématiquement parlant, en tout cas lorsque les équations ne sont pas linéaires en les champs à étudier, qu'il s'agisse d'un champ électrique (vectoriel) ou d'une densité de masse (scalaire).

**Sagredo** On vient de mentionner des hétérogénéités à l'échelle galactique, mais si j'en crois vos cartes, la répartition de masse est irrégulière à des échelles encore bien supérieure : [2, page 300] mentionne des assemblages de galaxies à l'échelle du milliard d'années de lumière (« grand mur de SLOAN, complexe de super amas Poissons-Baleines, Laniakea. ([87] consacré à Laniakea, mentionne une répartition de type alvéolaire, ce qui est très différent d'une répartition uniforme.) Et bien sûr, ces structures ne sont identifiables que par rapport à un environnement moins dense, il ne s'agit pas d'une simple pointe de densité locale par rapport à un environnement presque partout moyen. De même, [80] mentionne l'identification d'une région vide d'environ  $2 \cdot 10^9$  d'années de lumière de diamètre.

**Salviati** Bref, il est désormais parfaitement clair que l'hypothèse initiale d'homogénéité est totalement fausse, ce qui invalide les équations de FRIEDMANN et à peu près tout ce qui en découle.

**Sagredo** Je reviens un instant sur la distinction entre moyenne de l'effet et effet de la moyenne dans [43, page 105] et [44, page 113]. Le premier admet que les tentatives ne sont pas concluantes. Le second affirme qu'une région relativement vide assez grande pour



expliquer l'accélération de l'expansion à la place de l'énergie sombre est improbable selon les théoriciens. C'est pourtant ce qu'on prétend avoir trouvé dans [89].

**Simplicio** L'hypothèse d'homogénéité est incontournable, c'est la traduction du principe de COPERNIC qui affirme que la Terre n'occupe pas une place privilégiée dans l'Univers.

**Sagredo** Certainement pas. Vous semblez confondre « non privilégiée » et « statistiquement représentative », ce qui n'est similaire que sous l'hypothèse d'homogénéité. Vous essayez donc de justifier l'hypothèse d'homogénéité par elle-même, circulairement. Cette confusion est clairement exprimée dans [44, page 106]. Elle est présente dans la plupart des sources sans être nommée ainsi.

**Salviati** À titre d'analogie, prenez la somme des nombres indiqués par 2 dés ordinaires lancés de la manière habituelle. Aucun des résultats possibles d'un unique lancer n'est statistiquement représentatif, même pas la valeur la plus probable, à savoir le 7, de probabilité seulement 1/6. Il est impossible de soutenir rationnellement l'hypothèse que ce qui est mesurable depuis la Terre est représentatif d'un Univers dont la taille totale est inconnue. Il n'est même pas prouvé qu'un Univers infini soit impossible. (La Relativité et ses sphères de causalité fait que même dans un Univers infini, seul un voisinage fini est significatif pour les lois de la physique, et donc même le démon de LAPLACE n'aurait pas à manipuler quoique ce soit d'infini.<sup>22</sup>)

**Sagredo** Je crois aussi que, même si les observations de HUBBLE sont correctes et si le décalage vers le rouge est réel, malgré toutes les subtilités que vous avez négligées, conclure de ces observations et calculs que les galaxies ont un mouvement d'ensemble centrifuge est incorrect. Dans les reproductions du diagramme initial de HUBBLE<sup>23</sup>, diagramme censé montrer la relation entre distance et vitesse, on voit clairement que le nuage de points est bien plus large que l'environnement proche de la droite de régression. Il faut apparemment rappeler que le fait qu'il soit toujours possible de calculer des coefficients de régression linéaire à partir d'au moins 2 points, n'implique absolument pas qu'il existe effectivement une loi linéaire entre les 2 grandeurs objets de la régression. Il est clair ici que le modèle linéaire qu'a choisi HUBBLE ne convient pas à ce nuage de points.

**Salviati** Et si l'hypothèse de dispersion homogène des galaxies est fausse, tout ce qui a été dit à propos du "Big Bang" devient sans objet, puisque vous avez construit votre présentation sur cette base...

**Sagredo** Il est bien sûr possible de compléter le nuage de points du diagramme de HUBBLE, je ne peux pas exclure a priori qu'on trouvera bien un nuage de forme convenable, mais on a vu qu'obtenir ces paires (distance, vitesse) de façon fiable est beaucoup plus problématique que Simplicio semble le croire.

**Salviati** De plus, ce que j'ai dit sur l'effet de la finitude de la vitesse de propagation des effets gravitationnels à propos d'un amas de galaxies, se généralise au nuage de points de HUBBLE : pour pouvoir affirmer que quasiment toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres, il faut pouvoir reconstituer leurs trajectoires, ce qui nécessite un historique d'observation clairement plus long que la durée de vie des sociétés humaines. En clair, cette reconstitution est impossible.

---

22. Le démon de LAPLACE est impossible, mais principalement pour d'autres raisons liées à la quantité de matière nécessaire pour stocker autant d'information et à la quantité d'énergie nécessaire pour faire des calculs sur ces données.

23. Ce diagramme est reproduit dans la conférence [52, 22<sup>e</sup> minute]. On le trouve aussi dans [32] : reproduction et commentaires du diagramme aux 38-39<sup>e</sup> minutes de l'enregistrement vidéo



**Simplicio** Nous avons d'autres observations en appui. « Le dernier pilier du Big Bang est la nucléosynthèse primordiale. » Au tout début de l'Univers, sa température était si élevée que des réactions de fusion nucléaire de l'hydrogène en hélium se sont produites.

**Sagredo** On a déjà évoqué ce sujet (section 2.1.1, p. 26). Tant que vous n'avez pas de réponses justifiant vos procédures de traitement des mesures, ce soi-disant pilier observationnel ressemble davantage à une reconstruction biaisée par le résultat désiré qu'à une véritable observation.

**Salviati** On retrouve ces soi-disant piliers dans [94], mais sous des intitulés et groupements un peu différents : « La confiance des scientifiques en ces modèles repose essentiellement sur trois piliers : l'expansion de l'Univers [...], les abondances des éléments légers <sup>24</sup> [...], le fond diffus cosmologique ».

**Sagredo Dilution de la lumière** — Vous avez évoqué à plusieurs reprises le décalage vers le rouge des rayons lumineux en raison de l'expansion. Mais si on accepte comme vous la relation  $E = h\nu$ , issue de la physique quantique, on voit que l'expansion implique la non conservation de l'énergie. Ceci montre une fois de plus que vos modèles sont contradictoires et que tenter de conserver quelque chose de la physique quantique dans un discours basé sur la Relativité Générale, ou du moins prétendu tel, est une idée stupide.

**Salviati** Étant donné l'imagination débridée des charlatans en blouse blanche, il ne faudra pas s'étonner si un olibrius affirme que l'énergie des photons ne disparaît pas mais que c'est là l'origine de l'énergie sombre. Et comme les étoiles convertissent de la matière en rayonnement, on trouverait peut-être quelqu'un pour dire que ceci explique l'accélération de l'expansion. Que le rythme de variation et la chronologie ne coïncident pas ne devrait gêner aucun de ces olibrius.

**Sagredo** Une autre contradiction apparaît dans ce scénario quand on remonte assez loin dans le temps sur votre chronologie : vous postulez l'expansion à partir de quasiment zéro et la conservation de la masse, ceci implique qu'il n'y a pas de borne à la densité. En particulier dans votre scénario, il a existé un moment où la masse entière d'une galaxie était concentrée dans un volume microscopique. Or le rayon de SCHWARZSCHILD d'une galaxie de  $1 \cdot 10^{11}$  masses solaires est environ 11,5 jour-lumière. Selon votre scénario, l'Univers devrait être un unique trou noir. Votre modèle démontre que vous, Simplicio, n'existez pas.

### 2.3.3 Les prétentions d'échelle sur le plan historique

[12, à partir de 1h 33 min] et [37] prétendent résumer l'histoire de l'Univers sur des échelles de temps inaccessibles à l'entendement humain et sous-entendant à cette occasion qu'ils connaissent toutes les caractéristiques pertinentes de l'Univers, y compris des choses que l'humanité n'a jamais eu et n'aura jamais l'occasion d'observer. Une telle prétention est ridicule, aussi ridicule que le « raisonnement » : « De mémoire de rose, on n'a jamais vu mourir un jardinier. » Donc les jardiniers sont immortels.

Dans [12, à partir de 1h 43 min], Jean-Pierre LUMINET délire sur l'idée d'écrire l'histoire de 2 générations d'univers comme si prétendre observer cela avant un sens.

La vulgarisation exige des simplifications, mais cela n'autorise pas ce niveau d'élucubrations.

---

24. à la place de nucléosynthèse primordiale

## 2.4 Sur les forces électromagnétiques

**Simplicio** Vous prétendez invalider tous nos modèles, mais vous ne pouvez rien proposer de mieux.

**Salviati** Comme on l'a déjà fait remarquer, vos modèles ne prennent en compte que la gravitation. Pourtant, à en croire [35], [36, page 52], [72], l'Univers est certes rempli de champs gravitationnels (en termes newtoniens encore), mais surtout de champs électromagnétiques. Il est dit précisément que la matière est très majoritairement ionisée, voire parfois entièrement sous forme de plasma. Le simple fait qu'on puisse détecter un peu partout des atomes ionisés plutôt que du gaz neutre montre également que l'attraction électrostatique, qui tend a priori à s'annuler en provoquant la combinaison des noyaux et électrons, ne joue pas à petite échelle. La matière reste donc dispersée, et par conséquent la gravitation faible. Je rappelle aussi que dans la majorité des phénomènes astronomiques de haute énergie, l'origine de l'accélération de la matière est censée être un champ électrique, et que ce dernier l'emporte largement sur l'attraction gravitationnelle. J'en veux pour témoin les jets de matière à des vitesses relativistes expulsés par les trous noirs avalant (une partie de) la matière de leur disque d'accrétion. On a ici un cas où les forces électriques l'emportent très largement sur les effets gravitationnels alors même qu'un trou noir est censé être le genre d'endroit où ces derniers ont leur maximum d'intensité.

Vous prétendez que vos modèles sont basés sur la Relativité Générale, mais contrairement à ce que vous semblez croire, la Relativité Générale n'a pas aboli le principe fondamental de la dynamique, tel qu'il est apparaît dans la Relativité Restreinte et la géométrie de l'espace-temps ne détermine le mouvement d'un corps que si ce dernier est en chute libre, ce qui n'est pas le cas des particules d'un plasma. Pour mémoire le P.F.D en Relativité Restreinte est :  $\Sigma \vec{F} = m_0 \frac{\partial}{\partial t} (1 - (v/c)^2)^{-1/2} \vec{v}$ . (Il est noté ici en termes d'un espace euclidien ; en situation réelle, il faut expliciter un référentiel et utiliser la forme quadrivecteur pour tenir compte de tous les termes.)

Il y a une autre source de champs électromagnétiques à prendre en compte. Il s'agit de champs considérablement moins intenses que ceux d'un jet de plasma par un trou noir, mais considérablement plus nombreux, j'ai nommé le vent stellaire. Les particules éjectées par l'activité stellaire sont issus d'un « corps », en l'occurrence les couches extérieures de l'étoile, à peu près homogène en termes de température. Les particules expulsées, des noyaux d'atomes et des électrons, ont donc des énergies (au sens de la Relativité Restreinte :  $(1 - (v/c)^2)^{-1/2} m_0 c^2$ ) de même ordre de grandeur. Et donc, l'énormité du rapport des masses entre les électrons et les noyaux se retrouve dans le rapport des vitesses, pas proportionnellement bien sûr. Les particules se séparent donc par signe de charge électrique, et cette séparation de charges crée un champ électromagnétique, dont l'intensité attendue est à la hauteur du nombre de charges expulsées. Il est toutefois difficile de savoir ce que ce champ devient à grande distance de l'étoile source. [101] me rejoint sur l'existence de ce champ électrique et de son sens mais ne dit rien sur son intensité et son devenir. [55] s'interroge certes sur le rôle du vent solaire dans la formation des mal nommées « nébuleuses planétaires » mais vous semblez considérer que ce vent disparaît magiquement dans l'espace interstellaire.

Mais le plus important est ailleurs : Si les colossales masses de gaz des amas galactiques qu'on a déjà mentionnées (section 2.1.1, p. 27) rayonnent en X, elles sont totalement ionisées, c'est un plasma plutôt qu'un gaz. Et par conséquent, les champs électromagnétiques y sont beaucoup plus importants que la gravitation. Et s'il est exact que ces amas de plasma représentent la plus grande masse de la matière ordinaire ([92, [matiere\\_noire3a2.php](#)]), à supposer qu'il en existe d'autres, la géométrie de l'espace-temps pourrait fort bien n'avoir

qu'un rôle très mineur dans la dynamique de l'ensemble. La dynamique serait dominée par les forces électromagnétiques. Après tout, vous annoncez un rapport d'intensité des interactions fondamentales électromagnétique et gravitationnelle de  $1 \cdot 10^{38}$ .

**Sagredo** À supposer qu'un nombre unique ait un sens pour ce genre de comparaison... Pour 2 protons (ou noyaux d'hydrogène si vous préférez), on trouve plutôt  $1 \cdot 10^{34}$  (répulsion électrostatique de COULOMB vs. gravitation newtonnienne). Pour 2 électrons, on obtient en gros  $1 \cdot 10^{40}$ .

**Salviati** En fait, à ce niveau de rapport d'intensité, il est parfaitement clair que la gravitation est négligeable là où les effets purement relativistes ne sont pas dominants (partout à bonne distance d'un trou noir en pratique), ce qui implique que bâtir un modèle d'Univers sur la gravitation est totalement ridicule.

**Sagredo** Rappelons aussi que si on demande à des étudiants de savoir que la gravitation est négligeable devant les forces électromagnétiques (cf. [5, chapitre 13]), alors a fortiori Simplicio est censé le savoir aussi. En conséquence, en ce qui concerne les modèles cosmologiques, la première chose à faire est d'apprendre à avouer que vous ne savez pas, lorsque des mesures raisonnablement directes sont impossibles. La seconde est de prendre en compte les forces électromagnétiques.

**Simplicio** Je nie que cela soit d'importance critique : comme l'Univers est globalement neutre, tous ces champs sont d'intensité faible pour ne pas dire nulle en moyenne à distance cosmologique, alors que la gravitation est cumulative à toutes distances. Les forces électromagnétiques ne peuvent donc avoir d'effet global permanent.

**Salviati** Voilà un argument bien naïf. Je viens de vous prouver avec l'exemple du courant électrique que l'effet de la moyenne d'intensité des champs n'a mathématiquement rien à voir avec la moyenne de l'effet. Et puisqu'il s'agit d'un fait mathématique, cela est valable pour tous les champs qui ont la même représentation, indépendamment de leur nature physique. Vous êtes censé savoir en particulier que le champ électrostatique de COULOMB et le champ de la gravitation universelle newtonnienne sont définis par la même équation locale, même si les grandeurs causales concernées (répartition de masse dans un cas, répartition de charges électriques dans l'autre), diffèrent. Et l'existence des points de LAGRANGE montrent que des champs gravitationnels newtonniens peuvent aussi se compenser, plutôt que s'ajouter. Veuillez ne pas confondre un champ vectoriel et le champ scalaire de l'intensité du premier. Bref, l'argument n'est pas seulement naïf, il est mathématiquement insensé.

**Sagredo** Quant à votre demande de modèle alternatif, elle est illégitime. C'est vous et vous seul, qui essayez de faire carrière sur ces questions. Pour Salviati et moi, la proposition « Tout ceci est inconnaissable par les sociétés humaines. » est parfaitement admissible, et donc nous n'avons aucune obligation à fournir un modèle.

**Salviati** Il faut remarquer aussi que même si la gravitation dominait aujourd'hui, dans le scénario que Simplicio nous raconte, il n'y a plus du tout de matière neutre avant l'émission du prétendu rayonnement fossile. Même si les équations de FRIEDMANN étaient valables aujourd'hui, il faudrait les abandonner au plus tard à ce moment, ce que vous n'êtes pas capable de faire bien sûr, faute de modèle de remplacement. En conséquence, tout ce que vous pouvez raconter sur la période « opaque » n'est basé sur rien et chercher des effets de Relativité Générale sur les images de Planck est aussi insensé que de débattre de l'effet d'une collision entre un grain de poussière et une chaîne de montagne sur les sismogrammes : Les recherches de l'expérience Bicep 2 sont de la poudre aux yeux, pour ne pas dire une escroquerie.

## 2.5 Quid de l'autre moitié de l'Univers, voire la quasi-totalité ?

**Salviati** Cela devrait être bien connu et pourtant cela a encore failli fonctionner : Plus un mensonge est gros, mieux cela passe. Simplicio a essayé de nous faire croire qu'il savait quelque chose sur l'Histoire de l'Univers et Sagredo et moi avons failli laissé passer un gigantesque trou dans son récit de la genèse : il n'y a aucune place pour l'antimatière dans son récit. On vérifie depuis longtemps en laboratoire que matière et antimatière sont créées symétriquement et pourtant, il n'y a pas de quantité significative d'antimatière dans la distribution de masse que Simplicio prétend avoir mesuré. Toutes les sources connues (voir notamment [71]) ne représentent qu'une quantité microscopique en comparaison de la matière ordinaire (« kionomatière » a-t-on proposé à une époque, pour éviter de créer un biais linguistique là où les lois du monde matériel sont symétriques).

**Sagredo** En effet, une particule de matière et son antiparticule étant censées se transformer en rayonnement à la première rencontre, il vous faut expliquer dans votre modèle de « big bang » comment l'Univers peut-il contenir autre chose que de la lumière. Rappelons qu'une particule de matière et son antiparticule ont des charges électriques opposées et sont donc censées s'attirer, ce qui facilite évidemment les rencontres « fatales ».

**Salviati** [71, 50<sup>e</sup> minute] indique que dans votre modèle de genèse, il y a bien création en quantités quasi égales de kionomatière et d'antimatière avec un excédent de une particule de kionomatière pour  $1 \cdot 10^9$  de paires de particules disparues par annihilation.

Ici, les choses deviennent franchement ridicules, puisqu'on comprend que vous avez baratiné pendant des décennies sur une énergie-masse manquante d'un facteur 6 à 20 en ignorant complètement le facteur  $2 \cdot 10^9$  correspondant au rayonnement issu des annihilations.

**Sagredo** Je m'aperçois effectivement que tous les camemberts de répartition que vous avez invoqués jusqu'ici ne parlent que de matière ordinaire (dont tous ceux de [33], y compris [39, page 72]) alors que dans l'équation centrale de la Relativité Générale, le rayonnement intervient au même titre que la matière (dans le célèbre rapport  $E/m = c^2$  évidemment).

**Salviati** N'ayons pas peur des mots : Simplicio, vous êtes manifestement un âne ou un escroc.

**Sagredo** Étant donné ce rapport énorme entre la quantité de rayonnement et la quantité de matière, ce n'est pas la moitié de l'Univers que nous avons perdu mais 0,999 999 999, autant dire la totalité. Il faut se demander quel serait l'effet d'un rayonnement aussi intense sur la matière ordinaire, et en particulier une planète (sol et atmosphère). Est-il possible qu'une telle quantité d'énergie traversant l'Univers n'a pas d'effet significatif et continu sur les planètes ainsi éclairées à commencer évidemment par la Terre, principale planète observable ? Il faut noter en particulier que la quantité d'énergie en jeu est très considérablement supérieure à celle de l'hypothétique rayonnement fossile, puisque il s'agit de la totalité de l'énergie de masse des paires kionomatière-antimatière de 0,999 999 999 de la masse initiale de l'Univers au lieu de l'énergie d'une liaison chimique concernant  $1 \cdot 10^9$  fois moins de matière. Je doute que la planète puisse survivre à un tel déluge d'énergie. Dans ce cas, l'existence de la Terre prouve que ce rayonnement n'existe pas, et donc peut-être qu'il n'y a pas eu d'annihilations kionomatière-antimatière, en tout cas pas dans la proportion annoncée.

Soyons quantitatif : l'énergie de liaison de l'hydrogène est 13,6 eV, un nucléon pèse environ 938 MeV. Le ratio d'énergie entre le rayonnement issu des annihilations kionomatière - antimatière et le présumé fond diffus cosmologique est donc de environ  $\frac{938 \cdot 10^6 \times 2 \cdot 10^9}{13.6} \approx 1,4 \cdot 10^{17}$ . Comme la puissance de rayonnement solaire reçue par la Terre (atmosphère compris) est estimée à  $1,73 \cdot 10^{17}$  W (<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/>

[ressource/memento-energie-Artru2.xml](#)), étudier l'hypothétique rayonnement fossile revient à prétendre isoler la lumière d'une ampoule de environ 1 W placée juste devant le soleil.<sup>25</sup> Cette prétention est évidemment ridicule. Et bien sûr, aucune description des satellites COBE, WMAP, Planck et des traitements de leurs données n'a jamais fait allusion à ce filtrage, pourtant digne d'éloges s'il était réel.

Qualitativement parlant, l'erreur est encore plus grosse, car selon le scénario de Simplicio, il faut aussi ajouter les d'annihilations entre électrons et positrons issus de la transformation de protons en neutrons lors de la nucléosynthèse primordiale. Mais quantitativement, cela n'est pas significatif par rapport au ratio précédent de  $1 \cdot 10^{17}$ .

**Simplicio** Pas du tout, comme la phase d'annihilation matière-antimatière date d'avant la recombinaison, le rayonnement que cela a provoqué ne nous est pas encore parvenu, il est bloqué dans le plasma derrière la surface de dernière diffusion qui est la source du rayonnement fossile.

**Salviati** Cette objection contredit l'idée que vous avez avancé auparavant que le « Big Bang » s'est produit partout en même temps dans l'Univers. Car cette affirmation implique que le rayonnement issu des annihilations s'est dispersé dès son émission, il était dès le départ mélangé à la matière et a été débloqué en même temps qu'était émis le rayonnement de combinaison proton + électron en atome d'hydrogène. La Terre doit donc subir ce rayonnement d'enfer maintenant et en permanence, aussi longtemps que ce rayonnement de combinaison est censé l'attendre.

Conclusion : l'existence de la Terre prouve que le rayonnement d'annihilation n'existe pas et que votre scénario est totalement faux. Et vous êtes censé avoir compris cela bien avant de lancer la mission Planck, qui n'a donc jamais eu de sens.

## 2.6 Sur la capacité de raisonnement

Salviati et Sagredo ont déjà montré ci-dessus que les principes de base de la méthode scientifique (raisonnement logique, usage des équations compatible avec leur domaine de validité et la précision des mesures comme des calculs) sont allègrement violés à plusieurs reprises. Voici plusieurs illustrations où cette incapacité ou absence de volonté est vraiment flagrante. Il me paraît clair, qu'à ce stade, il ne s'agit plus de science. On le met en évidence ici parce que les limites du tolérable en matières d'approximation ou de confusion sont largement dépassées. Les affirmations les plus choquantes sont démontées en détail, d'autres sont simplement listées pour mémoire, des âneries répétées entraînant des réactions décroissantes.

### 2.6.1 Les trous noirs selon Aurélien Barrau

Aurélien BARRAU prétend expliquer la nature et le comportement des trous noirs dans [79]. De tout cet exposé, le plus remarquable concernant les trous noirs est probablement la diapositive occupant l'intervalle 14 min 50 à 16 min environ et les commentaires associés. On y lit et entend que Aurélien BARRAU

- confond la pseudo-métrique de MINKOWSKI avec la vraie norme euclidienne (3<sup>e</sup> paragraphe sur la diapositive).
- utilise la métrique extérieure de SCHWARZSCHILD (1<sup>re</sup> ligne) à l'intérieur (ce qui est aussi insensé que de discuter de la racine carrée de -2 ou du logarithme de -1). C'est bien de dire qu'elle est définie pour un observateur à l'infini. Mais il faut aussi en tenir compte.

25. Certes, on ignore ici la différence de fréquence et les possibilités de filtrage que cela crée, mais il n'y a pas de filtrage à prendre en compte pour ce qui est des effets sur la Terre et son atmosphère.

- prétend décrire une trajectoire traversant l'horizon alors que cette métrique ne le permet pas (le terme de la métrique en  $dr^2$  conduit à une division par 0 à l'horizon ; donc la métrique n'est pas définie et encore moins intégrable).
- n'a pas compris que la Relativité Restreinte montre qu'aucun objet matériel ne peut atteindre exactement la vitesse de la lumière.

Et bien sûr, on n'a pas le droit de changer les unités pour avoir  $c = G = 1$  sans changer les autres (distance, durée, masse) en conséquence. Ce serait foncer dans le mur à la première application numérique.

Bref, « en un sens assez précis et non métaphorique », presque tout est faux... Mais cet assemblage de symboles suffit à impressionner le grand public, les gens des ressources humaines (qui décident des embauches et promotions) et les financeurs (entendez par ce terme ceux qui répartissent les fonds aux projets de « recherche » plutôt que les payeurs en dernier ressort, c'est à dire les contribuables qui sont aussi le grand public), alors pourquoi se fatiguer avec la vraie science quand on veut juste faire carrière ?

Les planches suivantes brodent sur les absurdités de la première et donc n'ont pas plus de valeur. En particulier, on retrouve des mélanges entre les phénomènes et équations de la Relativité Générale d'une part et des équations et phénomènes de la physique quantique d'autre part. Il est pourtant censé savoir que cela ne fonctionne pas. (Voir en particulier le paragraphe « Dilution de la lumière » page 55.)

En fait, il semble qu'on ne dispose pas de métrique comme solution de l'équation de champ de la Relativité Générale qui permette de traverser l'horizon. Dans ce cas, la variété qui modélise l'espace-temps n'est plus connexe et les outils mathématiques de géométrie différentielle ne s'appliquent pas à travers l'horizon. Et donc, la théorie ne permet pas de décrire le franchissement de cette frontière, contrairement à ce que prétendent les nombreux discours qu'on sert au public sous prétexte de vulgarisation, dont justement ce [79]. Parmi ces discours bidons, il y a aussi [58], dans lequel le texte et les images de synthèse de RIAZUELO ne tiennent aucun compte de la rotation des étoiles à l'origine des trous noirs qu'il prétend décrire : il se base sur la métrique de SCHWARZSCHILD au lieu de celle de KERR (ou sa généralisation, le modèle de KERR et NEWMAN).

## 2.6.2 L'anomalie de la sonde Pionner

La polémique sur la trajectoire de la sonde Pionner décrite dans l'article [68]) montre comment les professionnels triturent les théories de la façon qui les arrangent sans le moindre souci de vérité. L'anomalie en question est simplement un ralentissement de la sonde plus rapide que prévu aux bords du système solaire.

L'explication officielle de la NASA est que ce ralentissement est l'effet de la pression de radiation sur l'antenne du rayonnement émis par le moteur de la sonde. Par ailleurs, la NASA rejette l'explication du freinage par collisions avec un nuage de poussière.

L'explication de la NASA ressemble moins à une preuve que la poussière de Cantor (de dimension de HAUSDORF inférieure à 2/3) ne ressemble à une droite (de dimension 1). Sans chercher beaucoup, on trouve vite quelques failles de cette soi-disant explication :

- Si la pression de radiation n'est pas négligeable, alors pourquoi ne pas prendre en compte des lampes beaucoup plus puissantes, à commencer par le Soleil... qui pousse dans l'autre sens.
- Le rejet de l'explication par la poussière, qui est l'explication la plus naturelle, est totalement stupide. La répartition de la poussière dans ces régions est largement, pour ne pas dire totalement, inconnue. Et pour cause, Pionner est le premier objet terrestre à attendre

ces régions, et donc rien n'y a été mesuré avant son arrivée. L'effet d'un nuage de poussière sur la sonde n'est donc pas calculable, ce qui suffit à éliminer la polémique.

- Ceux qui ont étudié la question prétendent évidemment avoir correctement pris en compte les effets gravitationnels, c'est totalement faux pour ce qui est de la ceinture de EDGEWORTH et KUIPER pour lesquelles des méthodes d'estimation différentes donnent des chiffres qui diffèrent d'un facteur 100. ([96]) Une incertitude du même genre vaut pour le nuage de OORT. Quand à connaître les détails de la répartition spatiale de ces corps (du simple caillou à la planète naine) pour calculer le champ gravitationnel qu'il produisent, c'est évidemment a fortiori impossible.

Mais le plus révélateur est ce qui reste implicite. Il est totalement faux et stupide de chercher une cause explicative unique. Il faut manifestement rappeler le principe fondamental de la dynamique en mécanique newtonnienne : l'accélération est proportionnelle à la somme de *toutes* les forces appliquées au système étudié ; et pas seulement celle qui a la préférence du locuteur <sup>26</sup>. Il faut donc prendre en compte, en plus de la gravitation et au minimum, les collisions avec la poussière, le vent solaire, l'effet des champs magnétiques des planètes géantes que la sonde a visité et aussi effectivement la pression de radiation. Les forces impliquées dans ces phénomènes sont majoritairement inconnues et non mesurables, donc leur effet est incalculable, tout comme dans le cas isolé du nuage de poussière juste mentionné.

Enfin, le plus ridicule est peut-être ce que sous-entend la mesure de l'écart. [68] indique un écart sur l'accélération de  $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2$  et un écart sur la distance parcourue inférieur à  $\frac{4 \cdot 10^5}{12 \cdot 10^9} = 1/3 \times 10^{-4}$ . L'affirmation implicite selon laquelle la trajectoire de référence est calculée avec cette précision sur 30 ans est difficile à croire <sup>27</sup>, quand bien même seule la gravitation newtonnienne serait applicable, ce qui est loin d'être le cas. En un mot, l'anomalie n'existe pas et toute polémique est sans objet.

Manifestement, la NASA et tous ceux qui rêvent de complexifier la Relativité Générale, alors qu'on ne sait même pas résoudre les équations dans des cas non triviaux, ont prouvé leur incompétence.

### 2.6.3 La zone habitable en astronomie

Il ne s'agit pas de cosmologie, mais cet exemple montre assez bien que les « spécialistes » ont un discours largement stéréotypé qui ne tient pas compte du monde matériel.

Les astronomes appellent « zone habitable » la portion de sphère dans laquelle doit se trouver une planète pour connaître des conditions de températures propres à permettre la présence d'eau liquide, et donc la vie dans les formes que nous connaissons.

Il est censé être évident que cette « zone habitable » n'est pas définissable : s'il est exact que la température à la surface d'une planète dépend de la quantité d'énergie reçue de son étoile, et donc de la distance entre la planète et l'étoile, les paires de voisines (Mercure, Venus) et (Mars, Jupiter) suffisent à prouver que les caractéristiques de l'atmosphère sont un facteur beaucoup plus important que la distance planète - étoile en matière de température. (Pour ces 2 paires, la planète de la paire la plus lointaine du Soleil est aussi la plus chaude.) De plus, les grands problèmes de dérégulation climatique que connaît actuellement la planète prouvent qu'il suffit d'une modification minimale de l'atmosphère pour affecter significativement la température.

En conséquence, on ne peut pas définir d'intervalles de distance tolérable valable pour ne serait-ce que 2 planètes distinctes. On peut certes définir une atmosphère de référence, celle de

26. Cette idée aurait la préférence de ARISTOTE, mais la physique de ARISTOTE est largement fautive et obsolète.

27. Une petite partie des raisons des difficultés à faire des prédictions précises a été abordée précédemment (pour rappel : imprécision des mesures, propagation de ces imprécisions au fil des calculs, erreurs d'arrondis dans les calculs, énormité de la puissance de calcul nécessaire, etc.).



la Terre par exemple. Mais comme les planètes cherchées n'ont aucune raison d'avoir exactement la même atmosphère, cela ne fait qu'embrouiller la question de la possibilité d'existence de la vie. Et comme le montre le choix du mot « habitable », c'est uniquement de cela qu'il s'agit.

Rappelons enfin que ces conditions ne sont pas nécessaires à l'existence de la vie : il existe des endroits où la température dépasse les 100 °C et où la vie foisonne. Il s'agit même probablement des endroits où elle est apparue, à savoir les grands fonds océaniques avec leurs cheminées hydrothermales. C'est d'ailleurs ce genre d'endroits qui intéressent les planétologues qui envisagent de la vie dans l'océan d'Europe, le satellite de Jupiter, très loin de la soi-disant zone habitable. Il faut noter que cet océan est recouvert de glace et la présence d'une atmosphère dense n'est manifestement pas une condition nécessaire à l'existence d'eau liquide. On comprend aussi à cette occasion que les conditions à la surface n'ont pas nécessairement la moindre importance, même si un point de vue astronomique ne permet pas de parler d'autre chose. À l'inverse, il existe des bactéries extrêmophiles qui vivent confortablement dans la glace.

Et à l'inverse, prendre comme condition l'intervalle de température où l'eau pure est liquide est naïf : l'eau des cellules biologiques est tout sauf pure et les protéines de la majorité des espèces de métazoaires commencent à dysfonctionner bien au-dessous de la température d'ébullition de l'eau sous une pression de l'ordre de 1 atm, à savoir autour de 60 °C.

En un mot, l'idée même de définir les endroits convenables pour la vie avec des critères astronomiques est stupide.

Une démonstration similaire se trouve dans [4, chapitre 18]. [14] montre que les conditions d'apparitions de la vie sont bien plus subtiles que ce qu'imaginent des astronomes.

#### 2.6.4 La dynamique des plasmas selon le CNRS

**Simplicio** La page *L'émission en X du gaz chaud* de [92, [matiere\\_noire3a2.php](#)] montre comment on prouve l'existence de matière noire dans les amas de galaxies. Concernant l'étude de ce gaz, qui est précisément un plasma, je cite : *Pour cela, adoptons une hypothèse courante dans ce domaine et supposons que le gaz est en équilibre hydrostatique. [...] Dans ce cas, le gradient de pression dans le gaz est relié à la pesanteur locale, selon l'expression connue de tout étudiant qui affronte la statique des fluides ([...]) :*

$$-\overrightarrow{\text{grad}} P = \vec{g}$$

**Sagredo** Simplicio, vous êtes un âne. Il est censé être évident que cette équation est fausse, et plutôt 5 fois qu'une. D'abord vous avez fait 2 erreurs en recopiant l'équation, ensuite il y a au moins 3 raisons pour que le modèle de la statique des fluides ne soit pas applicable à ce qui nous intéresse ici.

- On voit au premier coup d'oeil, que dans le domaine d'origine de la statique des fluides, cette équation est fausse : elle ne tient pas compte de la densité. Il n'est pourtant pas nécessaire d'être un physicien génial pour savoir que avoir une colonne d'air de 10 km sur la tête, cela n'est pas du tout la même chose que d'avoir 10 km d'eau. Cette grossière erreur a son symptôme mathématique : cette équation ne peut jamais être vraie en physique car elle n'est pas homogène : la dimension du membre de droite est  $LT^{-2}$ , alors qu'une masse intervient à gauche, car la pression est dérivée d'une force. Précisément, on trouve pour la partie gauche  $ML^{-2}T^{-2}$ . Le ratio est  $ML^{-3}$  qui est justement la dimension de la densité.
- On voit au second coup d'oeil que cette équation affirme que la pression augmente avec l'altitude. Il n'est pas nécessaire d'escalader le mont Everest avec un baromètre, ou de plonger dans la fosse des Mariannes, pour savoir qu'en réalité c'est l'inverse. D'ailleurs, votre équation implique que les atmosphères et les océans n'existent pas : les

fluides devraient s'envoler et converger vers les zones de gravité minimale, dans l'espace interstellaire, autrement dit votre équation implique que la gravitation newtonnienne est... centrifuge.

- La dynamique des fluides, et en particulier l'hydrostatique, s'occupe de fluides électriquement neutres, de sorte que dans la seconde loi de Newton, seule la pesanteur est à prendre en compte. Vous l'appliquez à un plasma, qui est tout le contraire d'un fluide électriquement neutre. Lors de l'application du principe fondamental de la dynamique, s'il est nécessaire de tenir compte de la gravitation pour être précis, les forces de première importance à prendre en compte sont celles de COULOMB et de LAPLACE, effets des champs électriques et magnétiques. (Ceci concerne un cadre newtonnien, l'équivalent dans un cadre relativiste est nommé différemment.) Vous êtes censé savoir, au même titre que des lycéens et étudiants de premier cycle universitaire ([5, chapitre 13]), que dans un plasma, la gravitation appliquée à des ions n'a aucune importance : elle est totalement négligeable.
- L'hydrostatique s'occupe de fluides suffisamment peu étendus dans l'espace pour qu'on puisse considérer que la pesanteur est constante. Dans un nuage de gaz intergalactique, la gravité n'est absolument pas constante, puisque la part la plus significative est d'origine interne, elle provient de la masse du nuage lui-même. Et si  $\vec{g}$  est variable, le nuage ne peut pas être en équilibre statique, et rien ne garantit l'existence d'un équilibre dynamique ; et cela d'autant moins qu'un plasma n'est pas un liquide incompressible. Le fait que ces nuages deviennent parfois des étoiles suffit d'ailleurs à prouver qu'ils ne sont pas toujours en équilibre. En fait, l'état d'équilibre mécanique, c'est plutôt le stade d'étoile. Et bien sûr, le fait de recevoir de la lumière en provenant prouve qu'ils dissipent de l'énergie, ce qui est une autre façon de dire qu'il ne sont pas en équilibre du tout.
- Et enfin, je rappelle que  $\vec{g}$  en dynamique des fluides n'est pas la gravitation, mais la pesanteur, qui inclut en plus de la gravitation newtonnienne une composante inertielle, car un référentiel terrestre n'est pas galiléen en seconde approximation. (Cette composante inertielle est principalement l'accélération d'entraînement due à la rotation de la Terre.)

Je note une fois de plus que vous jouez avec des équations très largement en dehors de leur domaine de validité. J'en déduis également que tous les modèles basés sur l'assimilation de la dynamique des plasmas à la statique des fluides sont faux. Et puisque vous dites que cette assimilation est « une hypothèse courante », la plupart de vos modèles sont concernés et donc sont faux.

En fait, il aurait du vous sauter au yeux en écrivant cela que votre équation est en réalité la définition du champ de potentiel gravitationnel newtonnien, si on dit que  $\vec{g}$  est le champ gravitationnel newtonnien.

**Kepler vs. Newton** — Sur la question de la distinction entre le cas général des lois de NEWTON et la spécialisation à un système planétaire pour les pseudo-preuves de l'existence de la matière noire, une page du même dossier montre que TAILLET fait apparemment partie de ceux qui croient à l'équivalence : [92, [matiere\\_noire3c.php](#)] indique « A une distance donnée du centre de la galaxie, la vitesse de rotation est donc reliée à l'attraction gravitationnelle en cet endroit, et donc aussi à la distribution de masse dans la galaxie. C'est analogue à ce qui se passe dans le système solaire : la vitesse de rotation des planètes est fixée par la masse du Soleil et la distance qui les en sépare. »

Les explications ci-dessus invalident totalement le pseudo-raisonnement exposé, mais il faut remarquer que nulle part l'auteur n'écrit qu'il approuve ce modèle et que dans la conférence [71], il tend plutôt à rejeter l'hypothèse de la matière noire d'une manière épistémologiquement

correcte. (Voir notamment les tranches de 32 min 15 s à 35 min 30 s, de 39 min 55 s à 43 min 50 s et de 1 h 0 min 10 s à 1 h 4 min 40 s.) On ne peut donc pas trancher sur la question « Que croit réellement TAILLET à quelle date ? »

On conserve toutefois cette section parce des arguments de ce type se retrouvent ailleurs (dans [10] par exemple) et qu'il est utile d'analyser l'ensemble. En particulier, [95] affirme également que les étoiles de la Galaxie sont assimilables à un gaz avec une pression, bien qu'il n'existe évidemment pas de collisions qui sont à l'origine de la pression dans les vrais gaz.

### 2.6.5 De la véritable perception de l'espace

Les incompatibilités logiques considérées dans la section 1.6.3 sur le graviton ne sont pas les plus graves. Les professionnels ne donnent pas l'impression d'avoir compris la Relativité Générale, leurs discours en astrophysique et cosmologie sont systématiquement formulés, au mieux, en termes newtoniens. En particulier, il y a souvent confusion entre la date de l'observation d'un phénomène astronomique et la date à laquelle il s'est produit<sup>28</sup>, ce qui n'est valable que sous plusieurs hypothèses, dont une vitesse de la lumière infinie. Ils sont pourtant censés savoir que cette dernière condition est fausse. Et si le mot n'est jamais prononcé, il arrive d'entendre parler de la voûte céleste des grecs de l'Antiquité, la profondeur de l'espace réel étant oubliée, suite à la projection de l'espace-temps réel à 4 dimensions sur la petite surface à 2 dimensions qu'est une pellicule photographique ou un capteur numérique.

Soulignons que cette projection efface la profondeur, mais aussi mélange sur un même plan la lumière émise à des dates aussi dispersées dans le temps que les sources de cette lumière sont dispersées sur la coordonnée radiale. On qualifie parfois le télescope de « machine à remonter le temps ». Il serait plus adéquat de dire « machine à observer le passé », mais le principal problème avec cette métaphore est qu'elle suggère qu'on peut choisir la date des événements observés, mais c'est faux avec la projection qui nous est imposée. Ce que nous observons en fait est un mélange d'images du passé proche de l'environnement proche, du passé lointain de régions lointaines et de toutes les distances et dates intermédiaires. ([75] explique une des illusions que ceci entraîne et en montre un exemple. Voir aussi [62, page 85].) Et encore, ceci se comprend comme une approximation dans l'espace sans courbure de la Relativité Restreinte, la Relativité Générale introduit des complications supplémentaires par la possibilité de l'existence de plusieurs chemins de lumières entre 2 points (effet de lentille gravitationnelle).

Peut-être la meilleure illustration concrète de la difficulté pour ne pas dire l'impossibilité d'inverser les projections est la « triplette » de Douglas HOFSTADTER, utilisée comme illustration de couverture de son livre *Gödel, Escher, Bach, les Brins d'une Guirlande Éternelle*<sup>29</sup> : elle montre que 3 projections de dimensions 2 ne suffisent pas nécessairement à reconstituer un objet tridimensionnel. En particulier, les ombres ne donnent aucune indication sur le caractère plein ou creux de l'objet source (ou dans le cas de l'astronomie, sur l'épaisseur de l'objet visé). Et bien sûr, la reconstitution d'un objet quadridimensionnel à partir d'une seule projection bidimensionnelle est encore moins définie.

Enfin, notons que les 2 Relativités (Restreinte et Générale) invalident les notions de temps absolus, alors que les cosmologistes bâtissent leur scénarios sur cela, un temps identique à l'échelle de l'Univers entier. Le corps du texte mentionne à plusieurs occasions des difficultés intrinsèques dans les mesures de distance et de vitesse. Rien ne permet de dire que les référentiels d'espace-temps locaux des objets lumineux soient « raccordables » de façon à ce que la comparaison de 2 sources différentes aient un sens. Le paradoxe des jumeaux de LANGEVIN est une autre illustration des subtilités à prendre en compte lors du chaînage de changement de référentiel. À titre

28. Il y a quelques exemples dans [19, 12].

29. Voyez [http://en.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6del,\\_Escher,\\_Bach](http://en.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6del,_Escher,_Bach) pour une image partielle

d'analogie très lointaine, on se souviendra qu'en mécanique newtonnienne, le travail sur un trajet donné des forces de l'attraction universelle et électrostatique ne dépend que des points de départ et d'arrivée ; alors que celui des forces de frottement dépend du chemin spécifique parcouru entre ces 2 points. Et pourtant, les frottements sont censés dériver de l'interaction fondamentale électromagnétique, on en déduit que des propriétés valables à l'échelle microscopique ne le sont pas nécessairement à l'échelle macroscopique.<sup>30</sup> Toute la thermodynamique peut d'ailleurs être vue comme une étude de la façon dont l'irréversible macroscopique émerge du réversible microscopique.

### 2.6.6 Florilège d'absurdités à la Prévert

Cette section liste les absurdités rencontrées les plus remarquables et qui n'ont pas besoin ou ne méritent pas d'analyse détaillée comme les précédentes. Simplicio commence pour chacun des points abordés.

**Simplicio** Nous avons réalisé une grande simulation de tout l'Univers observable. Ceci permet de mesurer la répartition de la matière noire, des galaxies en amas, et même la distribution de masse des amas de galaxies. (Communiqué de presse du CNRS du 12 avril 2012, <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/2561.htm>)

**Salviati** Vous osez prétendre valider des modèles cosmologiques de formation des galaxies avec une simulation qui ne comptent pas significativement plus de points qu'il n'y a de galaxies. Ceci-sous entend que vos 550 milliards de particules ne sont rien de moins que des galaxies. Comment osez-vous prétendre montrer la formation de quelque chose qui existe dès le début des calculs ?

**Sagredo** Pire encore, comment osez-vous appeler « mesure » le résultat de vos calculs, alors que les calculs ne peuvent que ressortir les hypothèses avec lesquelles vous avez écrit le programme de calcul.

**Salviati** Êtes-vous un idiot ou un menteur, pour ne pas dire un escroc ?

**Simplicio** « Une galaxie spirale semble, en première approximation, être similaire à un système solaire » [...] « suivant l'astronome J. Kepler se fondant lui-même sur la loi de la gravitation établie par Newton » (Alain MAZURE du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille à <http://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/astronomie-cosmologie-notre-place-univers-65-page/3/>)

**Sagredo** On a déjà prouvé que les lois de KEPLER ne sont pas valables pour les étoiles d'une galaxie. Quant à l'affirmation que KEPLER connaissait et a utilisé les lois de NEWTON, c'est une pure absurdité : les *Principia Mathematica* contenant les 3 lois du mouvement et la loi de la gravitation universelle ont été publiés en 1687, NEWTON est né en 1642 et KEPLER a commencé à publier les résultats de ses travaux en 1609. ([2, chapitre 4] pour les dates de publication) Croyez-vous que KEPLER disposait d'une machine à voyager dans le temps ? En réalité, c'est justement parce que NEWTON a prouvé les lois de KEPLER à partir des lois générales du mouvement que ses travaux ont été immédiatement acceptés. La même ânerie (une galaxie ressemble à un système stellaire) est écrite en termes mathématiques dans [10, page 29] et dans [93] comme discuté dans la section 2.8.2.

**Simplicio** Dans [10, page 31] justement : « En effet, en supposant que les galaxies ont eu une vitesse uniforme depuis le Big Bang, [...] »

30. Dans le cas des frottements, les interactions au niveau atomique entre surfaces sont l'origine de la conversion d'énergie cinétique macroscopique en rayonnement électromagnétique et agitation thermique des atomes des surfaces en contact.

**Sagredo** Cette hypothèse est une absurdité, aussi bien vis à vis de la mécanique newtonnienne couplée à la gravitation universelle newtonnienne que vis à vis de la Relativité Générale. Ceci est d'ailleurs admis plus loin dans le document. C'est a fortiori mathématiquement absurde étant donné votre genre d'idée sur la forme du champ gravitationnel, ce dont on vient de parler.

**Simplicio** L'analyse du faisceau d'ondes gravitationnelles détecté par LIGO en septembre 2015 combinée avec l'analyse de l'observation simultanée d'un sursaut gamma a permis de retrouver le fil des événements : une étoile géante s'est scindée en 2 morceaux qui sont devenus des trous noirs qui ont presque immédiatement fusionné avec pour résultat la création d'un faisceau intense d'ondes gravitationnelles et un sursaut gamma créé dans le disque d'accrétion formé par la matière de l'étoile qui n'a pas été absorbée au moment de la formation des trous noirs.<sup>31</sup>

**Sagredo** Vous prétendez donc qu'il a existé une étoile dont la masse était au moins le double de la limite au-delà de laquelle toute masse s'effondre en trou noir, ceci est manifestement contradictoire avec votre discours habituel sur l'évolution des étoiles. Ensuite, et surtout, en construisant ce scénario invraisemblable, vous supposez qu'il y a un rapport entre l'observation de LIGO et le sursaut gamma. Ce faisant, vous oubliez une conséquence de base de la Relativité Restreinte : la simultanéité dans un référentiel centré sur la détection de LIGO n'implique en aucune façon la simultanéité du sursaut gamma et de la fusion dans un référentiel lié à l'un des trous noirs impliqués.

**Salviati** D'ailleurs, l'incertitude sur la localisation de l'événement « fusion des trous noirs » et surtout sa distance font que le cône de lumière de cette détection « épaissi » de la marge d'erreur, i.e. l'ensemble des régions de l'espace-temps qui peuvent être la source d'un sursaut gamma simultané à la détection de LIGO dans le référentiel de LIGO, même tronqué à  $1,3 \cdot 10^9$  années de lumière (distance estimée de l'événement) comprend un volume d'espace-temps bien assez grand pour contenir plusieurs galaxies.

En conséquence de quoi, supposer que la détection de LIGO et le sursaut gamma sont liés est ridicule et semble surtout prouver que votre perception de l'espace n'a pas dépassé le stade aristotélicien, vous êtes toujours incapable de tenir compte des effets de projection dus à la finitude de la vitesse de la lumière (qui est aussi celle des ondes gravitationnelles). (On a déjà abordé ces effets de projection dans la section 2.6.5.)

**Simplicio** « Le 10 mai 2009, 2 photons gamma de longueurs d'onde différentes et issus de la même source ont ainsi été détectés à un intervalle de 2 secondes par le satellite Fermi. On pense toutefois aujourd'hui qu'ils ont été émis à 2 instants distincts, même si l'hypothèse d'un décalage dû à la structure discontinue de l'espace-temps n'est pas totalement exclue. » ([42, encadré page 98])

**Sagredo** Je suis stupéfait que vous osiez affirmer pouvoir déterminer la date d'émission de 2 photons censés provenir d'événements impactant des objets de la taille d'une étoile à 2 secondes près.

**Salviati** Faut-il vous rappeler que nous parlons de cataclysmes stellaires, et pas de collisions de quelques  $\mu g$  de matière dans un accélérateur de particules ? En particulier, le diamètre des étoiles observables est nettement supérieur à 2 secondes lumière, ce qui signifie que vous prétendez observer et distinguer des événements qui se produisent à l'intérieur d'une

---

31. Je n'ai pas de sources directes pour cela, mais je crois que l'argument de Simplicio est l'origine, moyennant diverses déformations par des journalistes ou chargés de communication insuffisamment compétents, de l'article de presse <https://www.newscientist.com/article/2077783-ligos-black-holes-may-have-lived-and-died-inside-a-huge-star/>.

étoile, qui a rappelons-le une surface opaque et alors que vos télescopes ne peuvent montrer au mieux qu'un unique point lumineux.

Et comme d'habitude, vous ne tenez pas compte des effets de projection : ce que vous considérez comme des photons ayant la même source peuvent en fait être d'origine complètement différente et indépendante.

**Simplicio** Le rayonnement du fond diffus cosmologique n'a pas interagi entre son émission et le moment où il tombe dans nos télescopes. (François BOUCHET dans *A-t-on découvert les ondes de la gravitation ?*<sup>32</sup>)

**Salviati** Comment pouvez-vous oser affirmer cela et prétendre en même temps qu'entre la source de ce soi-disant fond diffus et le télescope, il y a de l'ordre de  $1 \cdot 10^{11}$  galaxies, des nuages de gaz et de poussières tant entre les galaxies qu'à l'intérieur, et plus important encore, l'enveloppe de particules de notre système solaire créé par le vent solaire permanent, le courant de particules issu du même vent solaire canalisé et concentré par le champ magnétique terrestre et enfin l'atmosphère lui-même ? (Le télescope dont il est question ici est sur Terre, en Antarctique.) Comment osez-vous affirmer que ce rayonnement n'interagit avec aucune des couches de matière à traverser ? Cette hypothèse est d'autant plus difficile à admettre que les pôles sont justement un endroit où les particules emportées par le champ magnétique terrestre sont plus concentrées et le plus proche du sol, d'où d'ailleurs le phénomène des aurores boréales et australes.

**Sagredo** D'ailleurs, je vous entends critiquer les résultats et les procédures de mesure de cette expérience Bicep 2<sup>33</sup>, et en particulier mettre en doute leur capacité à séparer l'hypothétique rayonnement fossile du rayonnement des objets d'avant-plan. C'est une difficulté majeure que nous avons déjà soulevé ; mais vous ne dites pas un mot sur la bonne façon de faire selon vous.

Et vous indiquez vous-même dans [36, page 52], que l'ionosphère de la Terre réfléchit les ondes radio (sans préciser l'ensemble de fréquence concerné, à tort).

**Simplicio** Nous connaissons l'évolution de la répartition du contenu de l'Univers entre matière noire, énergie sombre, matière ordinaire et rayonnement. [38, page 68] donne des camemberts à 5 dates.

**Sagredo** Comment diable pouvez-vous avancer des chiffres de ce genre alors que vous n'avez aucune théorie valable, et même aucune théorie du tout, sur la nature de la matière noire et de l'énergie sombre ? En particulier, vous n'avez aucune loi sur la transformation de l'un en un autre, en dehors de la paire (matière baryonique, rayonnement) ; ni de loi sur une éventuelle création ex-nihilo.

**Salviati** Pourquoi tenez-vous tant à annoncer des chiffres, quitte à les tirer du chapeau ?

## 2.7 De la faisabilité d'une cosmologie scientifique

Il est évident que l'astronomie et a fortiori la cosmologie ne peuvent être des disciplines expérimentales : on ne peut pas manipuler une planète, une étoile ou une galaxie en laboratoire. Le mieux qu'on puisse faire est de produire des modèles qui correspondent bien aux observations. La question fondamentale est donc « Peut-on faire des observations valables, suffisamment précises et non ambiguës pour construire des modèles et imaginer des observations de réfutations ? » En particulier, peut-on réellement observer un objet à étudier ? Il est évident que en, dehors des

32. <http://www.franceculture.fr/emission-science-publique-a-t-on-decouvert-les-ondes-de-la-gravitation-2014-04-18>, aux 38-40<sup>e</sup> minutes de l'enregistrement audio

33. <http://www.universcience.tv/video-francois-bouchet-et-les-echos-du-big-bang-6216.html>, daté de avril 2014



planètes voisines de notre système solaire, nous ne sommes pas capable d'aller voir les objets à étudier de près. La question fondamentale se ramène donc à « Peut-on faire des observations suffisantes de loin, voire de très loin, sans quitter la Terre ? »

Il est bien connu qu'un animal doit avoir au moins 2 yeux pour pouvoir reconstruire le relief, i.e. voir en 3D. Et encore quiconque a pris la route de nuit sait que 2 yeux ne suffisent pas à connaître la distance d'une source lumineuse ponctuelle sur un fond obscur. Pourtant les astronomes prétendent voir en 4D avec un seul oeil / télescope. « 4D » fait référence à l'espace-temps de MINKOWSKY, celui de la Relativité Restreinte. (Il est inutile de réfléchir aux effets de la Relativité Générale tant qu'on n'a pas au moins une solution pour un espace-temps plat.) On devrait même dire en 7D, car ce qu'il faut observer en réalité, ce n'est pas l'espace réel, mais l'espace des phases : 3 dimensions pour la position des objets, autant pour leurs vitesses et une coordonnée temporelle.

Un objet à étudier doit pouvoir être examiné simultanément de 2 points de vue suffisamment distants pour le distinguer des objets d'avant-plan. En l'absence de maîtrise du voyage interstellaire par la technologie, la plus grande distance accessible est celle du diamètre de l'orbite du « vaisseau » Terre, soit seulement  $3 \cdot 10^{11}$  m, soit 16 min 40 s en temps de lumière, ce qui est extrêmement petit par rapport aux distances intergalactiques, annoncées en millions d'années de lumière. Et encore, cette utilisation du vaisseau Terre n'est valable que si les grandeurs à mesurer ne changent pas durant les 6 mois qui séparent les séries d'observations. Pour une mesure de distance, cela convient (la méthode traditionnelle de la parallaxe est valide, mais uniquement pour des objets proches).

Pour toutes les observations visant des grandes distances, il est impossible de démêler les cônes de lumière et il est impossible de garantir que ce qu'on mesure correspond bien à l'objet qui nous intéresse. Le cas extrême discuté précédemment est bien sûr celui de l'hypothétique fond diffus cosmologique, pour lequel par définition tous les sources lumineuses de l'Univers, quel que soit l'ensemble de fréquence couvert, sont en avant-plan. En particulier faute de pouvoir mesurer quoi que ce soit depuis l'extérieur du système solaire, nous sommes totalement incapables de filtrer les parasites du vent solaire : il s'interpose à chaque instant et dans toutes les directions entre le télescope et l'objet visé. Il varie d'une façon inconnue selon la direction et le temps.

On ne peut pas compenser cette limitation géométrique par des considérations physiques : rien dans les propriétés d'une onde lumineuse qui tombe dans un télescope ne permet de dire quoi que ce soit sur la nature de sa source, sa position, son mouvement. Seules 2 grandeurs sont mesurables sur une onde lumineuse tombant dans un télescope : l'amplitude du champ électrique (ou de façon équivalente, celle du champ magnétique) et la fréquence d'oscillation (ou de façon équivalente, la période ou la longueur d'onde). Comme déjà indiqué ci-dessus, la fréquence à l'arrivée dans le télescope est numériquement indépendante de la fréquence à l'émission. La lumière ne porte pas de passeport pour reprendre la métaphore utilisée précédemment.

L'une des conséquences est que l'outil roi, à savoir la spectroscopie, est non fiable sur les objets non proches :

- Il est impossible de savoir de quels objets on voit les spectres superposés : il y a l'objet visé certes, mais aussi les objets d'avant-plan et tous les objets dont la lumière est réfléchi ou diffusée vers le télescope même s'ils ne sont pas eux-mêmes dans le champ. Vérification directe : en plein jour, la lumière du soleil est reçue depuis toutes les directions car elle est diffusée par l'atmosphère qui entoure l'observateur. (En revanche, hors de l'atmosphère, il suffit de tourner le dos au soleil pour voir les étoiles.)
- Les spectres à l'émission sont inconnus (puisque la question initiale est justement « Quelle est la nature de cette source apparente ? »)
- Les déformations du spectre par effet DOPPLER-FIZEAU sont également incalculables puisque dépendantes du mouvement de la source, lui-même inconnu. Si on croit, sans preuves,



à l'expansion, celle-ci constitue une autre cause de déformation elle-même non mesurable. Enfin, il y a une déformation supplémentaire des spectres du à un effet de la Relativité Générale, le « décalage d'EINSTEIN », mais il est inutile de se préoccuper de celui-ci avant d'avoir résolu les problèmes créés par les autres déformations car elle est plus faible et ne concerne que les mesures très précises.

L'illusion au coeur de l'allégorie platonicienne de la caverne s'applique complètement : un astronome / instrument ne peut percevoir que des ombres, des projections et sortir de la caverne exige une technologie et un historique d'observations tous deux inaccessibles.

**Vérifications préalables essentielles sur la faisabilité** — Des chercheurs à la fois compétents et de bonne foi qui voudraient étudier l'Univers dans sa totalité, ou au moins une fraction importante, doivent avoir répondu aux questions suivantes :

- Quel est le référentiel ? Sur quels objets fixes au fil des décennies (pour aujourd'hui), et même au fil des millénaires pour une étude correcte, peut-on compter pour mesurer des positions comparables au fil du temps ?
- Que mesure-t-on lorsqu'on pointe un capteur CCD ? Quel est le volume du cône de lumière projeté sur ce capteur, combien et quelles sortes d'objets sont ainsi confondus en une seule image ?
- Étant donné les répartitions spatiales possibles pour les objets inclus dans ce cône de lumière, dans quelle mesure peut-on distinguer des répartitions possibles sachant la projection ? (Il est clair qu'il existe de très nombreuses répartitions d'objets possibles pour une image donnée, ne serait-ce que parce que la surface cible a 2 dimensions alors que la surface originelle en a 4.)<sup>34</sup> Et bien sûr, les dimensions (au sens de longueur cette fois) des surfaces en question sont d'ordre de grandeurs radicalement différents.

Mais tout ce qui précède est relativement accessoire dans le sens où la démonstration de l'impossibilité d'appliquer les lois de la physique à l'Univers dans son ensemble tient en quelques lignes :

1. Les lois de la physique s'écrivent en équations aux dérivées partielles dans le cas général et en équations différentielles dans les cas simples.
2. Les conditions aux limites, ce qui correspond aux constantes d'intégration dans le cas des équations différentielles, doivent être mesurées et non pas supposées voire choisies pour satisfaire un intérêt particulier. Cela fait partie des différences entre une discipline scientifique et une religion. Toutes les grandeurs prises en compte doivent être relatives à une même date dans un référentiel adéquat.
3. Le seul objet physique qui transmet de l'information de l'objet prétendument étudié à l'instrument de mesure est la lumière.
4. La vitesse de la lumière est constante.
5. La durée nécessaire aux observations donnant les conditions initiales est donc égal au diamètre de l'objet étudié mesuré en temps de lumière.
6. Pour les plus petits objets de la cosmologie, à savoir les galaxies, cette durée se compte en millénaires. Pour les soi-disant amas de galaxies, on compte en dizaines de millions d'années.
7. La durée nécessaire à une observation est donc très largement supérieure à l'âge des sociétés humaines et même sans doute supérieure à la durée de vie de l'espèce. Il est donc impossible de mener à bien ne serait-ce qu'une seule observation.

---

34. Quiconque a joué aux ombres chinoises à mains nues s'en est rendu compte dans le cas des projections de l'espace euclidien à 3 dimensions sur une surface euclidienne à 2 dimensions.

Cet argument de la durée nécessaire aux observations a déjà été donné ci-dessus pour invalider le soi-disant raisonnement prouvant l'existence de la matière sombre galactique, mais il s'applique en fait à tous les systèmes d'équations, pas seulement aux équations du mouvement des étoiles.

## 2.8 Quelques mots sur la gravitation universelle de Newton

### 2.8.1 Les fondamentaux

Isaac NEWTON a inventé le concept de force gravitationnelle et a établi l'expression de son intensité (voir [2, chapitre 4] pour un historique plus subtil) : Dans un référentiel d'origine le point  $S$  de masse  $M_S$ , une masse ponctuelle  $M$  subit une force

$$\vec{F}(t) = \frac{GM_S}{\|\vec{SM}\|^3} \vec{SM}(t)$$

$G$  désigne la constante de la gravitation universelle. En termes plus modernes, on exprime cela plutôt en termes de champ que de force ponctuelle : Pour une distribution de masse décrite par un champ de densité de matière  $\rho(x, y, z, t)$  en coordonnées cartésiennes, l'équation locale du champ gravitationnel créé par cette matière est :  $\text{div } \vec{g}(x, y, z, t) = -4\pi G\rho(x, y, z, t)$  ou de manière équivalente avec le champ de potentiel :  $\Delta U(x, y, z, t) = 4\pi G\rho(x, y, z, t)$   $\wedge \vec{g} = -\overrightarrow{\text{grad}} U$ . Par intégration, à l'aide notamment du théorème d'OSTROGRADSKY pour passer de l'intégrale de la divergence au flux, on retrouve l'expression classique pour la norme du vecteur  $g = GM/r^2$ .

Le lecteur attentif critiquera peut-être l'idée de considérer des masses ponctuelles, ce qui sous-entend une densité de matière infinie ou indéfinie au point en question (puisque un point géométrique n'a pas de volume) et un champ d'intensité non bornée au voisinage de l'objet source. En fait, ce n'est pas un problème : On montre que le champ gravitationnel produit par un objet à densité à symétrie radiale sur tout son volume<sup>35</sup>, est le même que celui produit par une masse ponctuelle. On peut donc assimiler une sphère à un point tant qu'il n'y a pas contact entre les objets. Cette symétrie radiale est nécessaire à cette équivalence.

Toujours pour une distribution de masse à symétrie sphérique, on montre aussi que le champ gravitationnel dans la région intérieure vide est nul. Ceci s'applique aux sphères de toutes épaisseurs sauf au cas extrême de la boule pleine, qui n'a pas, par définition, de région intérieure vide. Isaac NEWTON aurait fait cette démonstration et aurait appelé cela le « théorème de la coquille ».

De plus dans le cas des étoiles, objets non solides en rotation, l'objet n'est pas tout à fait sphérique car la rotation le déforme (C'est aussi vrai dans une moindre mesure pour les planètes, et la Terre en particulier). Mais cela est négligeable à des distances grandes par rapport au rayon de la quasi-sphère. (Cela n'est en revanche pas garantie pour un satellite en orbite basse autour d'une planète : pour l'orbite géostationnaire, on suppose qu'il n'y a pas de problèmes, pour les satellites GPS, il faut vérifier les détails.)

On a dit que en mécanique newtonnienne, on admet que la force gravitationnelle est une action instantanée à distance, et que cela constitue l'une des raisons pour laquelle la gravitation de NEWTON est incompatible avec la Relativité de EINSTEIN. Cela n'est généralement pas mis en avant, mais cela se déduit de l'équation qui définit cette force. On voit que l'intensité de la force subie par  $M$  dépend de sa distance à  $S$  au même instant. En conséquence, un mouvement quelconque de  $S$  par rapport à l'observateur se traduit normalement par une variation immédiate de l'intensité de l'attraction sur l'objet  $M$  quelque soit la distance  $\|\vec{SM}\|$  qui les sépare. Exprimé en terme de propagation d'un effet du changement des propriétés de l'objet  $S$ , cela implique bien

35. i.e. la masse par unité de volume en une région donnée de la sphère ne dépend que de la distance de cette région au centre de la sphère

une vitesse de propagation infinie. De plus, le simple fait d'écrire cette formule sous-entend que la variable  $t$  est définie de la même façon pour tous les objets et donc que le temps est universel.

De même dans le cadre newtonien, un changement de masse de  $S$  (par exemple : brisure de l'objet, expulsion de résidus de combustion par un moteur de fusée) a un effet immédiat sur  $M$ , toujours indépendamment de la distance les séparant.

Les lois de KEPLER se dérivent par approximation de cette force de gravitation et du principe fondamental de la dynamique. Les conditions de l'approximation sont que l'un des corps est beaucoup plus massif que tous les autres réunis au point de pouvoir négliger les interactions gravitationnelles entre les petits corps et ne considérer que l'attraction du gros corps sur chacun des petits. Dans ce cas, on n'a que 2 corps à prendre en compte, le gros et un quelconque des petits et le système d'équations différentielles a une solution simple. Dès qu'il faut prendre en compte 3 corps, le système d'équations n'est plus intégrable et on ne peut presque plus rien dire sur la solution générale.

Une façon de présenter le calcul partiel des lois de KEPLER se trouve dans [1, sections 4.1.2, 4.1.6]. Il s'agit en partie d'un calcul constructif, en partie d'une vérification que les lois de KEPLER sont compatibles avec celles de NEWTON.

**Quelques définitions du champ gravitationnel** — On les obtient par intégration de l'équation de Poisson ou la forme intégrale correspond au flux. On choisit les constantes d'intégration dans le cas des champs extérieurs de façon à avoir un potentiel nul à l'infini.

- Pour une boule homogène de rayon  $R$  et de masse  $M = \rho \frac{4}{3}\pi R^3$  (approximation d'une étoile voire d'une planète tellurique) en coordonnées sphériques, le champ extérieur (i.e. pour  $r > R$ ) est  $\vec{g} = -GMr^{-2}\vec{u}_r$  et le potentiel correspondant est  $U = -GMr^{-1}$ . À l'intérieur de la boule (i.e. pour  $r < R$ ), on a  $\vec{g}(r) = -\frac{4}{3}\pi G\rho r\vec{u}_r$  et  $U = -\frac{2}{3}\pi G\rho r^2$ . On note que le champ de potentiel est discontinu en  $r = R$  et que le champ de force est continu mais non différentiable en ce point. (La discontinuité du potentiel peut être éliminée en choisissant la constante d'intégration.)

## 2.8.2 Modélisation d'une galaxie spirale

Dans cette section, on cherche à vérifier sur le plan mathématique la validité des vagues descriptions d'une galaxie qu'on rencontre dans les sources données en bibliographie, et puisqu'il s'avère qu'ils sont incorrects, on en cherche de meilleurs. Bien sûr, tout ceci est un modèle jouet, presque uniquement qualitatif, car l'auteur ne dispose pas des catalogues astrométriques. Et la fiabilité des mesures de distance étant plutôt faible, la possibilité de simuler numériquement la dynamique d'une galaxie est douteuse. De plus, on a vu précédemment qu'il n'est pas possible de faire cela pour un nombre de points-étoiles réaliste. On se repose donc sur l'approximation d'une densité continue de matière.

Par ailleurs, [95] indique que notre Galaxie est effectivement baignée dans un faible champ magnétique. Conformément à ce qui est montré dans la section 2.4, cela implique qu'une éventuelle divergence entre les conclusions d'un modèle du champ gravitationnel et la dynamique observable ne prouve pas grand chose. Prenons cela d'abord comme un exercice mathématique.

L'affirmation plus ou moins explicite chez les disciples de la matière sombre est que le champ gravitationnel newtonien à l'intérieur d'une galaxie est de la forme  $\frac{K}{r^2}\vec{u}_r$  où  $K$  est une constante et l'origine du repère au centre géométrique de la galaxie.<sup>36</sup> La preuve de fausseté donnée dans la section 2.1.2, suffit à invalider les lois de KEPLER dans ce cas en prenant  $M(r)$  constant.

Cherchons une meilleure expression du champ. Pour cela, 2 approches sont possibles : soit essayer d'inférer une courbe paramétrique du mouvement à partir des observations et vérifier si

36. On ignore pour l'instant le fait que le discours officiel indique que le centre est occupé par un trou noir géant et que la nature des trous noirs fait alors que le centre géométrique n'existe pas.

ce mouvement est compatible avec les lois du mouvement et de la gravitation de NEWTON, i.e. l'accélération a les propriétés d'un champ gravitationnel et en particulier satisfait à l'équation de POISSON ; soit construire des fonctions candidates pour la répartition de masse et résoudre les systèmes d'équations aux dérivées partielles obtenues avec les lois de NEWTON. Dans les 2 cas, les lois applicables sont  $\vec{a} = -\text{grad} U \wedge \Delta U = 4\pi G\rho$  où  $\Delta$  désigne l'opérateur laplacien. L'accélération  $\vec{a}$  est celle de la masse d'épreuve et est causée par le champ de potentiel  $U$  créé par toutes les autres masses de la galaxie. Dans les 2 cas, on suppose que contrairement à l'espace intergalactique, il n'y a pas d'immenses nuages de plasma ajoutant des forces électromagnétiques à la gravitation. L'approche par inférence est plus fiable car elle intègre moins d'hypothèses en plus des relevés photographiques. Elle est aussi a priori plus simple sur le plan calculatoire. Mais chronologiquement parlant, la première tentative portait sur la seconde méthode.

**Approche par vérification d'inférence** Si on admet que les bras spirales et les barres sont réels plutôt que des illusions de projections, la façon la plus simple de les préserver au fil du temps est que la rotation de la galaxie soit comme celle d'un solide : toutes les particules constitutantes (étoiles, nuages de gaz ou de poussières) ont un mouvement circulaire et uniforme à la même vitesse angulaire. En assimilant dans un premier temps le disque galactique au plan complexe, il est trivial de vérifier qu'une trajectoire circulaire de rayon  $R$  et à vitesse angulaire  $\omega$  constante est solution. Le mouvement est décrit par :

$$z(t) = Re^{i\omega t} \wedge \frac{\partial z}{\partial t} = i\omega Re^{i\omega t} \wedge \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\omega^2 Re^{i\omega t}$$

L'accélération est effectivement centripète et compatible avec la symétrie du disque. En repassant en coordonnées cylindriques, la divergence de cette accélération donne la densité de masse (c'est la loi de POISSON) qu'on peut réintégrer dans l'accélération :

$$\rho_d = \frac{\omega^2}{2\pi G} = \frac{2\pi}{T^2 G} \wedge \vec{g}(r, \theta, 0) = -2\pi G \rho_d r \vec{u}_r$$

On constate donc que dans le disque, un mouvement circulaire uniforme à vitesse angulaire constante satisfait les lois de NEWTON pour une distribution de masse homogène.

Pour le Soleil, la période de révolution est estimée à environ 250 millions d'années, ce qui donne une densité moyenne de  $1,5 \cdot 10^{-21} \text{ kg/m}^3$ , ce qui correspond à une estimation déjà rencontrée de 1 nucléon par centimètre cube. ([6, partie 3] indique 1 atome par centimètre cube, à la précision disponible, c'est la même chose.)<sup>37</sup> Ce résultat théorique correspond donc aux mesures présumées indépendantes, justement parce que les scénaristes officiels n'acceptent pas ce raisonnement.

Ceci impliquerait une fois de plus que l'anomalie des courbes de rotation n'existe pas. Pour l'hypothèse d'homogénéité, rappelons qu'elle est manifestement fautive à l'échelle de l'Univers ; mais que les distances interstellaires sont beaucoup moins dispersées que les distances intergalactiques. De plus, il faut ajouter aux étoiles les innombrables planètes, météorites, grains de poussière et particules subatomiques de vent solaire qui sont apparemment d'autant plus dispersées qu'elles sont petites. Dans un milieu aussi peu dense, les collisions sont présumées rares, et donc les électrons et protons issus du vent stellaire sont présumés se combiner rarement car en dehors de la collision frontale, où les effets quantiques interviennent, la conservation de la somme de l'énergie cinétique et potentielle électrostatique empêche le rapprochement (dans le

37. À titre de comparaison, la densité moyenne dans le système solaire a peu près connu est  $4,8 \cdot 10^{-10} \text{ S.I.}$  (Rayon de l'orbite de la ceinture de EDGEWORTH et KUIPER :  $1 \cdot 10^{13}$  ([96] indique entre 40 et 100 unités astronomiques) ; masses : Soleil  $2 \cdot 10^{30}$ , Jupiter  $2 \cdot 10^{27}$ ) ([6, parties 2 et 4] est une des sources.)

cadre newtonien, pas nécessairement suffisant quantitativement). La présence de cette matière en dehors des étoiles est présumée augmenter le degré d'homogénéité par rapport au cas où on ne tient compte que des étoiles et donc renforcer la validité du modèle.

Reste toutefois à vérifier que cette solution est raisonnablement stable en 3 dimensions. En particulier, il faut que les orbites obtenues par petites rotations autour des axes du repère du disque soient aussi solution.

La courbe paramétrique d'une orbite circulaire uniforme inclinée d'un angle  $\alpha$  sur l'axe (Ox) et d'un angle  $\beta$  sur l'axe (Oy) s'obtient par la matrice de rotation suivante à partir de la courbe de l'orbite dans le disque :

$$\begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \alpha \cdot \sin \beta & -\cos \alpha \cdot \sin \beta \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \beta & \sin \alpha \cos \beta & \cos \alpha \cdot \cos \beta \end{pmatrix}$$

Le résultat satisfait à la relation  $\vec{a} = \frac{\partial^2 \vec{r}}{\partial t^2} = -\omega^2 \vec{r}$ , comme l'orbite initiale, et en reportant dans l'équation de POISSON, on obtient les relations

$$4\pi G\rho_d = \omega^2(\cos \alpha + \cos \beta) \wedge T = \sqrt{\frac{\pi(\cos \alpha + \cos \beta)}{G\rho_d}}$$

On note que l'inclinaison des orbites influe sur la vitesse angulaire, donc que les bras sont quand même déformés au fil du temps mais faiblement, car les angles de rotation admissibles, pour que l'orbite ne déborde pas du disque sont majorés par la contrainte sinus de l'angle inférieur au rapport de l'épaisseur du disque par le diamètre de l'orbite.

Enfin, il reste à vérifier que la nature des bras n'est pas incompatible avec la conclusion « densité constante », i.e. que les bras ne sont pas des sur-densités significatives. Et puisque « non significatif » n'est pas équivalent à nul, le champ obtenu reste une approximation.

**Approche par les distributions de masse** Une galaxie spirale ressemble à un cylindre de très faible hauteur par rapport à son rayon dans lequel est enchâssée une boule plus compacte (le bulbe, où la densité d'étoiles est supérieure à celle du disque). On peut alors chercher à calculer le champ de potentiel gravitationnel newtonnien et vérifier si des trajectoires de formes classiques sont compatibles avec cela.

On suppose une distribution de masse à symétrie circulaire, i.e. que le champ  $\rho$  est invariant par rotation de tout angle et d'axe la normale au disque passant par le centre. On suppose également que la distribution est symétrique par rapport au plan (Oxy). Avec ces hypothèses, le champ gravitationnel est centripète (ce qui se traduit par  $g_\theta(r, \theta, z) = 0$  et  $g_z(r, \theta, z)$  de signe inverse de  $z$ , et aussi  $\forall r \in [0, R] : g_z(r, 0) = 0$  et  $\forall z \in [-e/2, e/2] : g_r(0, z) = 0$  où  $e$  est l'épaisseur du disque galactique) et toutes les composantes sont indépendantes de  $\theta$ . De plus, la fonction partielle  $z \mapsto g_z(r, z)$  est impaire et la fonction partielle  $z \mapsto g_r(r, z)$  est paire.

En supposant également un disque homogène de densité  $\rho_d$ , on trouve le champ obtenu (ultérieurement) par l'approche ci-dessus, toujours valable seulement pour le plan d'équation  $z = 0$ . Avec ceci, en passant dans le plan complexe puis en extrayant les parties réelles et imaginaires, le système d'équations à résoudre devient :

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} + (2\pi G\rho_d - \frac{\partial \theta}{\partial t})r = 0 \wedge r \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial r}{\partial t} \frac{\partial \theta}{\partial t} = 0$$

On voit sur cette équation que si une fonction  $f$  est solution pour l'inconnue  $r$ , alors la fonction  $kf$  pour toute constante réelle positive  $k$  suffisamment petite pour que l'orbite reste entièrement

incluse dans le cylindre est aussi solution. Il n'y a donc pas de sens à chercher des contraintes sur la taille de l'orbite et les vitesses correspondantes comme on le fait avec l'hypothèse du mouvement keplerien. On voit également que les orbites considérées dans la première approche sont bien solution ici aussi.

Reste à vérifier que la solution reste valable en 3 dimensions et à tenir compte de l'effet du bulbe, qui ajoute une gravité à symétrie radiale en  $1/r^2$ , mais comme la masse du bulbe n'est pas grande par rapport à la masse du disque, le champ correctif est faible devant le champ principal utilisé ci-dessus. En revanche, il est peut-être suffisant pour rendre la vitesse linéaire en fonction de la distance effectivement légèrement décroissante; ce qui correspondrait encore mieux aux courbes présentées comme expérimentales.

Pour l'extension à 3 dimensions, considérons un cylindre de même centre que la galaxie et rayon  $r$  et de demi-hauteur  $z$ . Le flux du champ à travers ce cylindre est

$$2 \int_0^r \left( \int_0^{2\pi} g_z(u, z) \cdot d\theta \right) u \cdot du + \int_{-z}^z \left( \int_0^{2\pi} g_r(r, u) \cdot r \cdot d\theta \right) \cdot du$$

ce qui donne

$$\int_0^r g_z(u, z) \cdot u \cdot du + \int_0^z g_r(r, u) \cdot r \cdot du = 2\pi G \rho_d r^2 z$$

**Recherche du potentiel scalaire** Alternativement à la recherche de 4 fonctions partielles pour le champ, on peut chercher directement le potentiel, un unique champ scalaire. Par analogie avec le potentiel à l'intérieur d'une boule, on s'attend à un potentiel ayant la forme d'un polynôme en  $r$  et  $z$  de degré 2. Par précaution, on cherche un polynôme de degré 3  $U(r, z) = ar^3 + br^2z + crz^2 + dz^3 + er^2 + fz^2 + grz + hr + iz$ . Le gradient correspondant est  $(3ar^2 + 2b zr + cz^2 + 2er + gz + h)\vec{u}_r + (br^2 + 2crz + 3dz^2 + 2fz + gr + i)\vec{u}_z$ . Les conditions de symétrie  $\forall r : g_z(r, 0) = 0 \wedge \forall z : g_r(0, z) = 0$  annulent certains coefficients. Le flux du gradient à travers un cylindre de et la loi de POISSON donnent alors  $6ar + 4e + 3dz + 2f = 4\pi G \rho(r, z)$ . En ajoutant l'hypothèse d'une densité constante, on obtient :

$$U(r, z) = er^2 + 2(\pi g \rho_d - e)z^2, \vec{g}(r, z) = -(2e \cdot r \cdot \vec{u}_r + (4\pi G \rho_d - 4e) \cdot z \cdot \vec{u}_z) = -((2\pi G \rho_d - f) \cdot r \cdot \vec{u}_r + 2f \cdot z \cdot \vec{u}_z)$$

dans lequel il reste une inconnue. On retrouve un champ croissant linéairement avec les 2 coordonnées de distance, ce qui est similaire avec ce qu'on a obtenu pour la boule homogène.

**Vérifiabilité du modèle** Pour vérifier la validité de l'hypothèse d'homogénéité, une technique de la famille Monté-Carlo permet a priori de vérifier pour un petit nombre de points étoiles si l'effet de la moyenne est assez proche de la moyenne de l'effet.<sup>38</sup> Grâce aux symétries, on peut se contenter de vérifier la validité du champ moyen en un petit nombre de points du disque. (Il est souhaitable de pouvoir montrer que la variance de l'estimateur décroît avec le nombre de points-étoiles.) Enfin, [93] indique que près du bord externe du disque, il n'y a plus d'étoiles mais seulement des nuages de gaz neutre. Ceci renforce la validité de l'approximation continue de la répartition de la matière par rapport à l'ensemble discret de points-étoiles. De même, [36, page 52] indique que l'espace interstellaire est rempli de « gaz ionisé », ce qui conforte l'approximation de répartition continue de la matière mais rend ridicule la prétention à utiliser la Relativité Générale à la place de la gravitation de NEWTON car l'erreur introduite par les forces électromagnétiques est a priori bien supérieure à celle de l'approximation newtonienne de la gravitation.

38. On a critiqué cette assimilation ci-dessus dans le cas d'une pseudo-application de la Relativité Générale, dont l'équation de champ est non linéaire, à l'Univers entier. Il s'agit ici de quelque chose de complètement différent : une galaxie seulement et le cadre newtonien pour lequel l'équation centrale, celle de POISSON, est linéaire.

**Reste à faire** On peut chercher à affiner en explorant des développements limités : sachant que l'épaisseur du disque est très faible devant le rayon, on peut tenter un changement de variable  $z = \varepsilon r$  et chercher des approximations pour des petits  $\varepsilon$ . On peut également chercher à transformer la forme intégrale de l'équation de POISSON pour faire apparaître des projections de la solution sur le sous-espace vectoriel des fonctions polynomiales avec le produit scalaire canonique. (Rappel : ces projections sont les approximations optimales qui satisfont la contrainte d'avoir la forme choisie pour la base de fonctions polynomiales.)

## Épilogue

**Salviati** Pour résumer, je crois avoir montré :

- que la matière noire et énergie sombre sont une aussi mauvaise idée que l'éther du 19<sup>ème</sup> siècle et pour des raisons similaires, et donc qu'il faut les jeter ; ces 2 idées sans contenu clair ne servent qu'à cacher de grosses failles de la théorie et en particulier des contradictions logiques. En particulier, la soi-disant preuve principale de l'existence de la matière noire repose sur l'erreur monumentale pour ne pas dire le mensonge tout aussi monumental qui consiste à affirmer que le modèle cinématique des lois de KEPLER pour le système solaire est équivalent à la gravitation universelle de NEWTON couplée au principe fondamental de la dynamique.
- que la théorie du “Big Bang”, qui semblait robuste, apparaît de plus en plus fragile au fur et à mesure qu'on en analyse la construction. En particulier, trop de choses reposent sur l'hypothétique fond diffus cosmologique<sup>39</sup> dont l'existence même est improuvable, car il n'est pas mesurable. (« Il n'y a de science que du mesurable. » aurait dit Lord KELVIN.) A fortiori ses caractéristiques très fines ne sont pas exploitables, même s'il existe réellement.

Si au début de ces recherches (2013), je croyais que ceci était surtout une affaire d'approximations trop hardies, aujourd'hui (fin 2018), la mauvaise foi des intéressés me paraît incontestable : Il me paraît impossible que quelqu'un ayant décroché honnêtement un baccalauréat et a fortiori un doctorat en physique puisse faire des erreurs aussi grossières, et ce d'autant plus que ces pseudo-chercheurs sont aussi censés enseigner les méthodes et résultats qui permettent d'invalidier totalement ces pseudo-théories.

Une illustration du caractère pseudo-scientifique des activités de ces pseudo-chercheurs est l'article académique [107], dans lequel les auteurs prétendent expliquer un effet de Relativité Générale ; mais

- l'effet est garanti à jamais non mesurable (on ne peut pas envoyer d'instrument au centre de la Terre)
- le calcul n'a aucune signification car il mélange des formules de la physique newtonienne et des formules de la physique relativiste
- le résultat soi-disant théorique a été infirmé expérimentalement (en 2013, on dispose d'horloges atomiques permettant d'observer la relativité des durées en laboratoire sans manipulation complexe ([70]))

Bien entendu, ceux qui ont validé l'article sont aussi coupables que les auteurs. Une autre illustration du fait que la vérité n'intéresse aucunement ces pseudo-chercheurs est [92, [matiere\\_noire3a2.php](#)] : l'auteur a reconnu la première erreur mentionnée dans la section 2.6.4 en septembre 2017, mais en juin 2019, il n'avait toujours pas pris la peine de la corriger.

---

39. RIAZUELO et alii affirment dans [38, 43] que les « meilleures » « mesures » (en réalité estimations très indirectes) des phénomènes liés au “Big Bang” reposent sur l'analyse de ce soi-disant signal.



Il faut alors se demander comment un tel mensonge a pu persister durant des décennies et en particulier se pencher sur l'organisation sociale et économique de la recherche. Je soupçonne notamment que les règles et processus d'évaluation de la recherche et de la gestion de la carrière des chercheurs ne sont pas pour rien dans le fait qu'on court après une chimère, la matière noire, depuis au moins 30 ans. Quitte à être provocateur, je peux formuler le problème ainsi : « Est-il réellement possible de montrer que la théorie de son directeur de thèse ou de laboratoire est fantaisiste ou simplement fausse sans mettre fin à sa carrière avant même qu'elle ait commencé ? » Si on ne peut pas répondre oui dans la quasi-totalité des cas, nous avons une explication possible de la façon dont des idées stupides peuvent s'enraciner ; d'autant plus facilement qu'il n'est pas évident de liquider une théorie qu'on sait fausse mais qu'on a auparavant accepté, même si c'est seulement en raison des opinions du directeur local, de quelque niveau hiérarchique que ce soit.

Aujourd'hui (fin 2018), il apparaît une autre possibilité d'explication pour une telle obstination à défendre un sujet d'étude aussi ridicule : les intéressés n'ont pas seulement peur pour leur carrière, ils sont trop mauvais en physique et en mathématique pour faire de l'ingénierie ou de la recherche dans une discipline expérimentale, véritablement scientifique. Reste à savoir si on peut sauver les expérimentateurs, ceux qui construisent des instruments sont capables de faire quelque chose qui fonctionne, peuvent-ils construire quelque chose qui soit aussi utile ?

Par ailleurs, et cette conclusion n'était pas envisagée initialement, il me semble désormais clair qu'il n'est pas possible de construire des modèles cosmologiques valables uniquement à partir d'observations faites depuis une région ponctuelle de l'espace-temps, à savoir notre système solaire sur une période de au plus quelques décennies. Je peux même dire qu'on ne peut pas construire de modèle cosmologique du tout, puisqu'aux échelles galactiques, les durées nécessaires aux mesures dépassent de très loin la durée de vie des sociétés humaines. Il semble que nous ne pouvons même pas savoir si une approche statistique, à la manière de la mécanique pareillement qualifiée, est viable.

Il me semble qu'un strict minimum pour construire un modèle valable de la Voie lactée est d'avoir accumulé plusieurs siècles d'observations à partir de milliers de télescopes répartis sur au moins quelques millions d'années-lumière cube. Alors seulement on pourra peut-être démêler les cônes de lumière et réellement voir quelque chose. Mais un tel déploiement de télescopes est vraisemblablement impossible. En tout cas, cela exige une très grande maîtrise du voyage interstellaire, pour les déployer aux bons endroits, les stabiliser, déployer des relais pour la transmission des résultats et nous n'avons pas l'ombre du début de la technologie nécessaire, ni la durée de vie nécessaire. Les optimistes peuvent toujours prendre rendez-vous pour l'année 12017 pour revoir la question, à supposer que les sociétés humaines technologiquement avancées existent encore. On peut peut-être exprimer la chose de cette autre façon, plus métaphorique, mais plus accessible à l'intuition : plus on creuse, plus il semble que prétendre écrire une Histoire de l'Univers depuis la Terre, ou même simplement cartographier l'Univers est encore plus ridicule que de prétendre qu'une algue fixée au plateau continental d'une côte de l'Amérique du Sud peut cartographier les courants et les reliefs du fond du Pacifique en mesurant uniquement les courants agitant l'algue en question.

Il semble au final que les cosmologistes ont dégénéré en économistes : ils sont devenus des bonimenteurs qui essaient de déguiser un discours coupé du monde réel et simplement auto-référent en science à l'aide de fausses mathématiques ; tout ceci afin de pouvoir faire carrière sans avoir besoin de prouver quoi que ce soit, et surtout pas leur utilité, aux non-membres du clan.

— En particulier, brandir la Relativité Générale comme un étendard et utiliser en réalité

les lois de KEPLER voire les épicycles d'ARISTOTE, ressemble à l'attitude des prêtres de la main invisible qui brandissent la loi de l'offre et de la demande pour l'équilibre général des marchés tout en donnant des conseils sur des marchés individuels, où les conditions de l'équilibre ne sont pas respectées.<sup>40</sup>

- Ces situations ont également en commun qu'il faut attendre une durée indiscernable de l'éternité à l'échelle humaine avant de connaître le résultat, qu'il s'agisse de mesure de vitesse d'objets lointains en astronomie ou l'atteinte du point d'équilibre de la soi-disant loi de l'offre et de la demande et le prix correspondant en micro-économie.
- Dans les 2 cas encore, on a des discours où des modèles sont censés justifier un a priori à caractère religieux, la main invisible du marché dans un cas, le scénario biblique de la genèse dans l'autre. D'ailleurs, le fait que ce soit un religieux, à savoir l'abbé LEMAITRE, qui propose le premier le modèle qui sera choisi et que ce modèle ressemble beaucoup au scénario biblique aurait du mettre la puce à l'oreille beaucoup plus tôt.

**Sagredo** Enfin, on peut s'étonner qu'on puisse prétendre décrire l'Univers avec des modèles mathématiques d'une simplicité enfantine par rapport à ceux de la mécanique newtonnienne du solide ou a fortiori la dynamique des fluides. En particulier, leurs outils mathématiques ne permettent même pas de traiter le trio { Soleil, Terre, Lune } au point d'expliquer les saisons et les marées. Et on peut aussi s'étonner que cela semble n'étonner personne d'autre que Salviati et moi-même.

## A Rôles et représentés

J'espère que tous les lecteurs auront compris que Salviati est le porte parole de l'auteur. Le rôle de Sagredo n'est pas très connu dans les dialogues originaux, ici il s'agit d'un logicien et d'un épistémologue. Sagredo parle aussi pour l'auteur. La différence entre les deux tient surtout au fait que Sagredo préfère l'absence de réponse à l'approximation, alors que Salviati écoute son intuition en l'absence de meilleure source. Et Simplicio représente évidemment tous ceux qui soutiennent les interprétations orthodoxes, en particulier les auteurs des articles cités en référence. Pour la partie relative à la physique quantique, « Anton ZEILINGER, directeur scientifique de l'institut d'optique quantique et d'information quantique de Vienne » détient sans doute le record du nombre de petites phrases qui ne pardonnent pas, du point de vue de Salviati. (C'est le risque d'apparaître plus souvent que les autres en tant qu'auteur dans [21].)<sup>41</sup>

## B Sur ce document

### B.1 Historique

Les idées à la base de ce qui est présenté ici tournent dans ma tête depuis d'assez nombreuses années, comme en témoignent partiellement la date des revues données en référence, et qui ont été précédées par les articles davantage orientés vulgarisation des revues « Sciences et Avenir »

40. à cette différence majeure près, que la Relativité Générale est souvent trop compliquée à appliquer mais vraie ; alors que la loi de l'offre et de la demande est fausse dans tous les cas.

41. Dans la lignée de la possible liaison entre les « théories » et les conditions d'évolutions de carrière mentionnée en épilogue, on peut se demander si Mr le directeur est mentionné comme auteur ou coauteur parce qu'il est réellement spécialiste de tous les sujets abordés dans les articles en question, ou seulement parce qu'il est le directeur... Dans le second cas, il ne serait pas le premier, d'après ce qu'on a pu dire des directeurs de laboratoire soviétiques, dont certains auraient eu besoin de plusieurs vies pour participer à tous les travaux qu'on leur a attribué.

et plus tôt encore « Science et Vie ». Mais pour ce qui concerne ces dialogues, en se limitant aux éditions les plus importantes en volume :

**08–11 mai 2013** Premiers développements et rédactions sur la physique quantique, première publication le 11 mai 2013.

**mai 2013** Ajouts divers, toujours sur la section relative à la physique quantique.

**juin 2013** Nouveaux ajouts avec introduction de la section sur la cosmologie, limitée aux principaux problèmes et conclusions sans l’argumentaire.

**juillet–septembre 2013** Développement de la section sur la cosmologie, principalement sur la matière noire, début de la section sur la théorie du “Big Bang”, avec surtout les objections sans la présentation de la théorie officielle.

**mars–avril 2014** Développements de la partie relative au modèle du “Big Bang” (introduction de la présentation de la théorie officielle, ajout d’objections sur le fond diffus et les hypothèses implicites). Développement de la section prouvant l’incapacité des cosmologistes à raisonner correctement en général et logiquement en particulier. À cette occasion, premières conclusions sociologiques, plutôt que scientifiques ou épistémologiques. Début de l’introduction des formulations et traitements mathématiques sur la partie concernant la cosmologie.

**juin 2014–mai 2016** Nombreux ajouts ponctuels et éparpillés dans le temps majoritairement dans la section sur la cosmologie, rien d’important individuellement, mais le document complet passe de 29 à 48 pages A4.

**décembre 2016–janvier 2017** remaniement de la section sur la physique quantique, notamment à propos de la cryptographie quantique et l’ordinateur quantique.

**juin 2017** Début de l’introduction des détails mathématiques pour la modélisation d’une galaxie spirale (2.8.2), ce qui clot la discussion sur la pertinence des « modèles » officiels par leur invalidation complète.

## B.2 Reste à faire

- Sans doute ajouter quelque chose sur l’inflation de la théorie du “Big Bang” (une fausse solution à un faux problème).
- Appel à réactions de la part de spécialistes, que ce soit pour aider Simplicio ou pour expliquer les procédures de mesures, ou les chaînes de raisonnement au profit de Sagredo. Ceci suppose toutefois que ceux-ci acceptent de répondre aux questions délicates. Ce n’est pas le cas du physicien du CNRS Étienne KLEIN, à l’occasion de ses chroniques *Le monde selon Étienne KLEIN* du 1<sup>er</sup> semestre 2014 sur France-Culture. De même, Richard TAILLET, du CNRS également, a refusé en septembre 2017 de répondre sur les erreurs pointées dans la section 2.6.4 à propos de son texte [92].
- Dans la partie sur la cosmologie, l’accumulation de nombreux ajouts mineurs et étalés dans le temps (plus de 2 ans) ont fait baisser le degré d’intégration / cohésion du texte, surtout sans doute dans la section sur les paradoxes de la matière noire. Il faudrait sans doute réorganiser des passages pour remettre en évidence les dépendances des modèles aux capacités d’observation au moment où ces modèles sont créés.
- Une autre raison de retoucher la structure est que les arguments les plus importants ne sont pas apparus les premiers, il faudrait mettre davantage en avant les arguments critiques. De plus, le degré d’opposition de Salviati est croissant au fil du temps mais plus au fil du texte, cela se remarque dans le choix des qualificatifs à l’encontre de Simplicio. Il pourrait être bien sur le plan « littéraire » de reconstruire un fil d’analyse séquentiel,

mais cela peut être incompatible avec l'envie de couvrir toutes les âneries majeures et de traiter les dépendances entre objections.

- Le volume d'information contextuelle est devenu important par rapport au cœur des dialogues, il pourrait être préférable de les séparer davantage pour améliorer le rythme du dialogue.
- Il y a tellement d'erreurs, pour ne pas dire mensonges, à dénoncer en cosmologie que le dialogue peut paraître touffu. Une section où on reprendrait et analyserait les informations arrachées sur les techniques de mesure permettrait sans doute de remettre un peu d'ordre. Ces informations seraient peut-être plus utiles, et en particulier plus constructives, dans une analyse de faisabilité d'une cosmologie scientifique.
- Trouver et corréler davantage de chiffres, au moins des ordres de grandeur, sur les capacités des instruments d'une part, les phénomènes et les objets astrophysiques d'autre part. Les limites des raisonnements qualitatifs ont été atteintes, voire déjà dépassées et on ne peut pas développer davantage sans risquer de s'attacher à des effets / observations secondaires et donc d'avoir tout faux. C'est l'erreur commise par le discours officiel en s'occupant de la gravitation dans les plasmas au lieu des forces électromagnétiques.
- Peut-être détailler la preuve de l'impossibilité de l'observation astronomique à grande distance par inversion de la projection des cônes de lumière.

## Références

- [1] *Simple Nature - An Introduction to Physics for Engineering and Physical Science Students* de Benjamin CROWELL, manuel de cours de physique couvrant notamment la mécanique newtonnienne, l'optique géométrique et l'électromagnétisme en régime permanent. <http://www.lightandmatter.com/>
- [2] *17 équations qui ont changé le monde* de Ian STEWART ; éditions Flammarion, collection Champs sciences, 2015, ISBN 978-2-0813-7308-2
- [3] *Dieu joue-t-il aux dés ? — Les mathématiques du chaos* de Ian STEWART ; éditions Flammarion, collection Champs sciences, 1992 (1<sup>re</sup> édition) et 1998 (2<sup>e</sup> édition), ISBN 978-2-0813-3672-8
- [4] *Les mathématiques du vivant — ou La clé des mystères de l'existence* de Ian STEWART ; éditions Flammarion, collection Champs sciences, 2013 (1<sup>re</sup> édition) et 2016 (2<sup>e</sup> édition), ISBN 978-2-0813-4737-3
- [5] *Physique PCSI* par Jean-Michel BAUDUIN, Thierry BARS, Mélanie COUSIN, Yves JOSSE, Frédéric LEGRAND, Josiane MANASSES et Hélène MICHEL ; éditions DUNOD, 2017 ; ISBN 978-2-10-077299-5
- [6] *Enkonduko al astronomio kaj astrofiziko* de Amri WANDEL, cours enregistré en août 2012
  - partie 2 : <https://www.youtube.com/watch?v=5DCh5HqoUNM>
  - partie 3 : <https://www.youtube.com/watch?v=IZ0bEDQ4e98>
  - partie 4 : <https://www.youtube.com/watch?v=rAHS5vRCz8k>
  - partie 9 : <https://www.youtube.com/watch?v=fpFeJmjtVLI>
  - partie 13 : <https://www.youtube.com/watch?v=vdWOX94X8Ys>
- [7] *L'antiréalisme quantique* de Bernard d'ESPAGNAT, dans *Le bon sens et la science*, Sciences et Avenir, hors série n° 132 de octobre–novembre 2002
- [8] *Les céphéïdes et la constante de HUBBLE*, conférence de Jean-Philippe BEAULIEU donné le 01 avril 2003 à l'Institut d'Astrophysique de Paris ; disponible à [http://www.canal-u.tv/video/cerimes/les\\_cepheides\\_et\\_la\\_constant\\_de\\_hubble.9353](http://www.canal-u.tv/video/cerimes/les_cepheides_et_la_constant_de_hubble.9353)

- [9] *Notes de cours de Relativité Générale — DEA de Physique théorique – Paris VI, Paris VII, Paris XI, ENS, X — Année 2004–2005* de Bernard LINET, disponible à <http://www.lmpt.univ-tours.fr/~linet/coursRG.pdf>
- [10] *Relativité générale pour débutants* de Michel LE BELLAC, mai 2004, disponible à <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-00092961/document>
- [11] *La matière noire* de Jean-Marc BONNET-BIDEAUD du CEA, 01 décembre 2006, enregistrement audio disponible à <http://www.cea.fr/multimedia/Pages/audio/ciel-et-espace/matiere-noire.aspx>.
- [12] *Le destin de l'univers : Trous noirs et énergie sombre*, conférence de Jean-Pierre LUMINET du 27 février 2007, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=eLoskKqj-dA>
- [13] numéro de avril 2008 de *La recherche*
- [14] *Où est née la vie ? Dossier Pour la science*, n° 60 de juillet–septembre 2008.
- [15] *Les minéraux et la naissance de la vie*, de Robert HAZEN, pages 12–18 de [14]
- [16] *Entre les étoiles, la chimie des origines ?*, de Louis d'ENDECOURT et Thierry CHIAVASSA, pages 95–97 de [14]
- [17] *Exoplanètes de type terrestre – la moisson annoncée*, de Arnaud CASSAN, Virginie BATISTA et J.-Ph. BEAULIEU, pages 106–113 de [14]
- [18] numéro 472 de *Ciel & Espace*, *L'inflation, le coup de baguette magique du Big Bang*, septembre 2009
- [19] *L'astrophysique et l'exploration de l'Univers*, automne 2009. Pas de nom d'auteur. [http://www.cea.fr/content/download/23539/379672/file/Clefs58\\_L\\_astrophysique\\_et\\_l\\_exploration\\_de\\_l\\_Univers.pdf](http://www.cea.fr/content/download/23539/379672/file/Clefs58_L_astrophysique_et_l_exploration_de_l_Univers.pdf)
- [20] *Une trace spectrale du deutérium cosmologique* de Marie-Christine ARTRU, 18 décembre 2009, disponible à <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Spectre-deuterium-cosmologique.xml>
- [21] *Le monde quantique - Terre promise pour le traitement de l'information ? Dossier Pour la science*, n° 68 de juillet–septembre 2010.
- [22] *Les promesses d'un nouveau monde* de Anton ZEILINGER, pages 06–10 de [21]
- [23] *La découverte du monde quantique*, de Max TEGMARK et John Archibald WHEELER, pages 12–19 de [21]
- [24] *Les règles du monde quantique*, de Michael NIELSEN, pages 20–25 de [21]
- [25] *Des intuitions d'EINSTEIN aux bits quantiques*, de Alain ASPECT et Philippe GRANGIER, pages 26–31 de [21]
- [26] *Créons-nous le monde en le regardant ?* de Joshua ROEBKE, pages 32–37 de [21]
- [27] *La frontière classique – quantique* de Michel BRUNE, pages 38–44 de [21]
- [28] *La téléportation quantique* de Anton ZEILINGER, pages 52–60 de [21]
- [29] *Manipuler la lumière photon par photon* de Antoine BROWAEYS, pages 78–79 de [21]
- [30] *Des secrets réputés inviolables* de Gary STIX, pages 88–93 de [21]
- [31] *Mémoires quantiques : stocker l'insaisissable* de Julien LAURAT, pages 102–110 de [21]
- [32] *Énergie noire et matière noire*, conférence de Nathalie PALANQUE-DELABROUILLE du CEA, 05 avril 2011, disponible à [http://www.canal-u.tv/video/cerimes/energie\\_noire\\_et\\_matiere\\_noire.9522](http://www.canal-u.tv/video/cerimes/energie_noire_et_matiere_noire.9522)

- 
- [33] *La face cachée de l'Univers - Comment explorer les âges sombres et le contenu manquant ? Dossier Pour la science*, n° 71 de avril-juin 2011
  - [34] *Les paradoxes du Big Bang* de Charles LINEWEAVER et Tamara DAVIS, pages 14–21 de [33]
  - [35] *L'Univers à l'âge des ténèbres* de Abraham LOEB, pages 38–44 de [33]
  - [36] *La fin de la cosmologie* de Lawrence KRAUSS et Robert SCHERRER, pages 48–54 de [33]
  - [37] *L'Univers aux limites de l'éternité* de Alain RIAZUELO, pages 56–62 de [33]
  - [38] *Un Univers, six ingrédients* de Alain RIAZUELO, pages 64–69 de [33]
  - [39] *Antimatière : une disparition bientôt expliquée ?* de Sacha DAVIDSON, pages 70–75 de [33]
  - [40] *Cartographier l'Univers* de Christophe PICHON et Thierry SOUSBIE, pages 76–83 de [33]
  - [41] *Matière noire, un univers caché* de Mark TRODDEN et Jonathan FENG, pages 84–90 de [33]
  - [42] *Fermi : une fenêtre sur l'Univers extrême* de William ATWOOD, Peter MICHELSON et Steven RITZ, pages 92–98 de [33]
  - [43] *L'énergie sombre et ses alternatives* de Gerhard BÖRNER, pages 100–105 de [33]
  - [44] *La cosmologie hétérogène* de Timothy CLIFTON et Pedro FERREIRA, pages 106–113 de [33]
  - [45] *L'univers des ondes - Quand la physique dépasse ses limites*, *Pour la science*, n° 409 de novembre 2011.
  - [46] *Lumière sur l'infiniment petit* de Rémi CARMINATI et Yannick DE WILDE, pages 50–56 de [45]
  - [47] *Ce bruit sismique qui sonde la Terre* de Michel CAMPILLO, pages 64–70 de [45]
  - [48] *Des ondes de matière pour tester les lois de l'Univers* de Rémi GEIGER, Vincent MÉNORET et Philippe BOUYER, pages 106–112 de [45]
  - [49] *Les grands problèmes mathématiques - Ils orientent l'avenir des maths Dossier Pour la science*, n° 74 de janvier-mars 2012
  - [50] *L'incomplétude, le hasard et la physique* de Jean-Paul DELAHAYE, pages 68–73 de [49]
  - [51] *Des particules, des étoiles et des probabilités*, conférence de Cédric VILLANI du 02 mai 2012, disponible à [http://www.canal-u.tv/video/cerimes/des\\_particules\\_des\\_etoiles\\_et\\_des\\_probabilites.8507](http://www.canal-u.tv/video/cerimes/des_particules_des_etoiles_et_des_probabilites.8507)
  - [52] *Faire parler la lumière. La spectroscopie*, daté du 08 mai 2012; disponible à [http://www.canal-u.tv/video/tele2sciences/faire\\_parler\\_la\\_lumiere\\_la\\_spectroscopie.10252](http://www.canal-u.tv/video/tele2sciences/faire_parler_la_lumiere_la_spectroscopie.10252)
  - [53] *TROUS NOIRS — Ces objets théoriques deviennent enfin réalité ! Dossier Pour la science*, n° 75 de avril-juin 2012.
  - [54] *Les trous noirs défient la physique* de Jean-Pierre LUMINET, pages 04-06 de [53]
  - [55] *La fin extraordinaire des étoiles ordinaires* de Bruce BALICK et Adam FRANCK, pages 08-13 de [53]
  - [56] *Les étoiles à neutrons* de Jérôme NOVAK, pages 22–27 de [53]
  - [57] *Les prédictions de Stephen HAWKING* de Renaud PARENTANI, pages 42-47 de [53]
  - [58] *Trous noirs et trous de ver* de Alain RIAZUELO, pages 50–55 de [53]
  - [59] *Les microtrous noirs primordiaux*, pages 56–57 de [53]
  - [60] *La chasse aux trous noirs* de Jean-Pierre LASOTA, pages 66-71 de [53]
  - [61] *Les trous noirs dévoilés* de Jean-Pierre LASOTA, pages 72-79 de [53]



- [62] *Les microquasars : petits, mais rapides* de Felix MIRABEL, pages 80–86 de [53]
- [63] *Les trous noirs de masse intermédiaire* de Julien LAVALLE, pages 102–108 de [53]
- [64] *Que signifie la notion d'Emergence dans les sciences ?* Émission « Contient Sciences » du 16 juillet 2012 sur France Culture avec pour invité Remy LESTIENNE. <http://www.franceculture.fr/emission-continent-sciences-que-signifie-la-notion-d%E2%80%99emergence-dans-les-sciences-2012-07-16> et <http://www.franceculture.fr/emission-continent-sciences-11-12.html>.
- [65] *Spécial Physique du XXI<sup>e</sup> siècle*; n° 466 de *La recherche* de juillet-août 2012
- [66] *L'insaisissable nature de la matière noire* de Jules GASCON, pages 48–51 de [65]
- [67] « *Cet univers semble fou, mais c'est bien celui dans lequel nous vivons* » de Brian SCHMIDT, pages 52–55 de [65]
- [68] *L'anomalie de Pioneer enfin expliquée ?* de Julien BOURDET, pages 66–68 de [65], accessible à <http://www.larecherche.fr/physique-du-xxie-siecle/anomalie-pioneer-enfin-expliquee-01-07-2012-91338> au 22 mars 2014
- [69] *L'astronomie au féminin*, conférence de Yaël NAZÉ du FNRS belge du 01 octobre 2013, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=sibVCji0RC4>
- [70] *La mesure du temps*, conférence de Noël DIMARCO, directeur du laboratoire Système de référence Temps-Espace, Observatoire de Paris ; donnée à l'Institut d'Astrophysique de Paris le 05 novembre 2013 ; disponible à [http://www.canal-u.tv/video/cerimes/la\\_mesure\\_du\\_temps.14102](http://www.canal-u.tv/video/cerimes/la_mesure_du_temps.14102)
- [71] *L'antimatière dans l'Univers*. Conférence sur l'antimatière donnée par Richard TAILLET (Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique Théorique & université de Savoie) à l'université de Tours le 25 mars 2014 dans le cadre des « En-cas de Physique ». Disponible à [https://www.youtube.com/watch?v=f9X3\\_9BjUQY](https://www.youtube.com/watch?v=f9X3_9BjUQY).
- [72] *Le satellite Planck et les débuts de l'Univers*, Hervé DOLE à « Continent sciences » sur France Culture le 07 avril 2014, disponible à <https://www.franceculture.fr/emissions/continent-sciences/le-satellite-planck-et-les-debuts-de-lunivers>
- [73] *13,8 milliards d'années racontées par la mission Planck*, conférence de Cécile RENAULT du 09 novembre 2014, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=7HsOn968sfQ>
- [74] *Dossier SCIENCE - Spécial PHYSIQUE QUANTIQUE*, de Charles OLIVERO, ISSN 2267-5647, ISBN 979-10-311-0027-2, de mars 2015
- [75] <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/resource/vitesse-super-luminique.xml> (URL valable en septembre 2015)
- [76] *Faire des sciences avec Star Wars*, de Roland LEHOUCQ, éditions Le Belial, octobre 2015, ISBN 978-2-84344-740-2
- [77] *Pourquoi la nuit est-elle noire ? – Qu'en a vu Plank ? – Quelle est l'origine de l'Univers ?*, conférence Quid-Quam de Hervé DOLE (Institut d'Astrophysique Spatiale) de octobre 2015, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=SgIeGfkhP1M>
- [78] *Intrication quantique & télécoms optiques, vers des réseaux ultra-sécurisés* — conférence de Sébastien TANZILLI donnée le 01 décembre 2015 l'Institut de Physique de Rennes, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=zx9XkeX2YaY>.
- [79] *Thermodynamique des trous noirs*, conférence de Aurélien BARRAU disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=qNftxGP3SQY> datée de au plus tard décembre 2015.
- [80] *La cryptographie quantique — Un système garanti sans faille ?*, *Pour la science*, n° 464 de juin 2016.



- 
- [81] *Les promesses du monde quantique — Quel avenir nous dessinent les physiciens ? Dossier Pour la science*, n° 93 de octobre–décembre 2016.
  - [82] *S'affranchir des limites du quantique* de David DEUTSCH et Artur EKERT, pages 23–30 de [81]
  - [83] *La physique quantique de proximité* de Thierry GIAMARCHI, pages 34–38 de [81]
  - [84] *Les gardiens de notre vie privée* de Artur EKERT et Renato RENNER, pages 40–47 de [81], texte déjà présent à quelques éventuelles modifications de détail près dans [80]
  - [85] *Les premières ondes gravitationnelles* de Lawrence KRAUSS, pages 80–86 de [81]
  - [86] *La gravitation quantique en 2D* de Steven CARLIP, pages 100–106 de [81]
  - [87] *Observations des grandes structures : Laniakea*, conférence de Hellène COURTOIS à l'académie des science donnée le 11 octobre 2016, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=1g3gD5-uP6A>
  - [88] *Les galaxies spirales défient la matière noire*, de Sean BAILLY, 18 octobre 2016, disponible à <https://www.pourlascience.fr/sd/astrophysique/les-galaxies-spirales-defient-la-matiere-noire-12433.php>, article basé sur [108]
  - [89] *L'endroit le plus vide de l'Univers* de István SZAPUDI, pages 24-31 du numéro 470 (décembre 2016) de Pour la science.
  - [90] *Les trous noirs super-massifs trop gloutons* conférence de Françoise COMBES donnée le 02 mai 2017 à l'Institut de Physique de Rennes, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=7m13uWHvfs>.
  - [91] *L'équation du soir 1/6 — Univers Convergeants 2018* avec Nathalie PALANQUE-DELABROUILLE du CEA, daté du 30 janvier 2018, disponible à <https://www.youtube.com/watch?v=5K8-8DZUZeo>
  - [92] *Matière noire* de Richard TAILLET, daté de 2005 et 2015, disponible à [http://lapth.cnrs.fr/pg-nomin/taillet/dossier\\_matiere\\_noire/](http://lapth.cnrs.fr/pg-nomin/taillet/dossier_matiere_noire/). On saluera l'effort de reconstruction de la chronologie des observations et des annonces de modèles à la page [histoire.php](http://lapth.cnrs.fr/pg-nomin/taillet/dossier_matiere_noire/) dans la version de 2015. Un texte très similaire voire une copie exacte se trouve à <http://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/astronomie-secrets-matiere-noire-542/>.
  - [93] *MASSE CACHÉE ou MASSE MANQUANTE ou MATIÈRE NOIRE*, Encyclopædia Universalis [en ligne], par Marc LACHIÈZE-REY. <http://www.universalis.fr/encyclopedia/masse-cachee-masse-manquante-matiere-noire/>
  - [94] *BIG BANG*, Encyclopædia Universalis [en ligne] par Marc LACHIÈZE-REY, consulté le 24 juin 2018. <http://www.universalis.fr/encyclopedia/big-bang/> On note que les références bibliographiques dans cet article sont essentiellement des livres de l'auteur ou à destination du grand public comme le livre à l'origine de [12]. C'est inhabituel dans cette encyclopédie pour les articles de science présumée non élémentaire.
  - [95] *GALAXIE LA ou VOIE LACTÉE* de James LEQUEUX, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 11 novembre 2018. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedia/galaxie-voie-lactee/>
  - [96] *EDGEWORTH-KUIPER, Ceinture de* de Patrick MICHEL, Encyclopædia Universalis [en ligne]. <http://www.universalis.fr/encyclopedia/ceinture-de-edgeworth-kuiper/>
  - [97] *Copenhague, école de* de Bernard d'ESPAGNAT, Encyclopædia Universalis, <https://www.universalis.fr/encyclopedia/ecole-de-copenhague/> (2019-08-11)

- [98] *Intrication quantique*, Bernard PIRE, Encyclopædia Universalis (2019-08-11) <https://www.universalis.fr/encyclopedie/intrication-quantique/>
- [99] BELL, *Inégalité de ou théorème de BELL*, de Bernard CAGNAC, Encyclopædia Universalis (2019-08-11). <https://www.universalis.fr/encyclopedie/bell-theoreme-de-bell/>
- [100] PLANCK, *constante de ou quantum d'action* de Bernard PIRE, Encyclopædia Universalis (2019-08-11). <https://www.universalis.fr/encyclopedie/planck-quantum-d-action/>
- [101] Pierre COUTURIER et Jean-Louis STEINBERG *INTERPLANÉTAIRE MILIEU*, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 21 mai 2020. <http://www.universalis.fr/encyclopedie/milieu-interplanetaire/>
- [102] *A short History of the Missing Mass and Dark Energy Paradigms* de Sidney van den BERGH du Dominion Astrophysical Observatory, National Research Council, 5071 West Saanich Road, Victoria, British Columbia, V8X 4M6, Canada daté du 15 mai 2000, disponible à <http://arXiv.org/abs/astro-ph/0005314v1>
- [103] *What can be learned about dark energy evolution ?* de Marian DOUSPIS, Y. ZOLNIEROWSKI, Alain BLANCHARD et Alain RIAZUELO, <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361:20065067> et <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2008/34/aa5067-06/aa5067-06.html>, daté de 2006 ou 2008 (“Received 22 February 2006 / Accepted 22 April 2008”)
- [104] *Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results*, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201321529> et <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2014/11/aa21529-13/aa21529-13.html>, Astronomy & Astrophysics, volume 571, novembre 2014 (399 noms de coauteurs omis)
- [105] *Dark Matter, A new proof of the predictive power of General Relativity*, de Stéphane LE CORRE, mars-juin 2015, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01108544v3> et <https://arxiv.org/abs/1503.07440>
- [106] *Dark Energy, A new proof of the predictive power of General Relativity*, de Stéphane LE CORRE, mars-juin 2015, <https://hal-ens-lyon.archives-ouvertes.fr/ensl-01122689/document>
- [107] *The young center of the Earth* de U.I. UGGERHØJ, R.E. MIKKELSEN (Department of Physics and Astronomy, Aarhus University, Denmark) J. FAYE (Department of Media, Cognition and Communication, University of Copenhagen, Denmark); daté du 20 avril 2016; disponible à <https://arxiv.org/pdf/1604.05507.pdf>
- [108] *The Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies* par Stacy S. MCGAUGH et Federico LELLI, Department of Astronomy, Case Western Reserve University, 10900 Euclid Avenue, Cleveland, OH 44106, USA d’une part, James M. SCHOMBERT, Department of Physics, University of Oregon, Eugene, OR 97403, USA d’autre part; daté du 21 septembre 2016, disponible à <https://arxiv.org/pdf/1609.05917.pdf>
- [109] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> sorte de catalogue d’objets astronomiques
- [110] *The extrasolar planets encyclopaedia* <http://www.exoplanet.eu/>, site géré par l’observatoire de Paris-Meudon.