

# History of RSB Interview: Édouard Brézin

October 19, 2020, 9:30-10:45am (EDT). Final revision: December 22, 2020

## Interviewers:

Patrick Charbonneau, Duke University, [patrick.charbonneau@duke.edu](mailto:patrick.charbonneau@duke.edu)

Francesco Zamponi, ENS-Paris

## Location:

Over Zoom, from Prof. Brézin's office at École normale supérieure (ENS), Paris, France.

## How to cite:

P. Charbonneau, *History of RSB Interview: Édouard Brézin*, transcript of an oral history conducted 2020 by Patrick Charbonneau and Francesco Zamponi, History of RSB Project, CAPHÉS, École normale supérieure, Paris, 2021, 20 p.

<https://doi.org/10.34847/nkl.9573z1yg>

**PC:** Bonjour Édouard. Merci beaucoup d'avoir accepté de vous asseoir avec nous. Comme on en a discuté préalablement, cet entretien va surtout traiter la période 1975 à 1995, durant laquelle l'on détermine le commencement de la brisure des répliques dans le contexte des verres de spin.

**ÉB :** [0:00:27] Merci de m'écouter. Bien que je sois à peu près universellement ignorant sur le thème central de ces entretiens, j'aurai plaisir à en parler avec vous.

**PC :** Dans ce contexte-là, je voulais quand même prendre quelques années de recul par rapport à cette fenêtre, pour mieux comprendre vos interactions à ce sujet. J'ai lu quelques-unes de vos description de recherche et de vos biographies dans lesquelles vous mentionnez que votre temps à Princeton, en 1971-1972, a été très formateur et charnière dans votre carrière scientifique. Pouvez-vous un peu nous décrire le retour à Paris avec ces idées-là? Comment est-ce que ça s'est joué?

**ÉB:** [0:01:09] J'ai donc eu la chance d'être à Princeton l'année où Ken Wilson, en visite à l'Institut de Princeton<sup>1</sup>, est invité par l'université à parler de ses travaux récents. Invité par David Gross, Ken répond: "Je ne peux pas exposer ce que j'ai fait en un séminaire." et David a le bon goût de lui dire qu'il peut parler aussi longtemps qu'il le lui faut. Il fera en définitive quinze cours, auxquels assiste le tout Princeton, et qui pour moi, comme pour de nombreux auditeurs, vont se révéler fondateurs car effectivement le groupe de renormalisation était une nouvelle façon de concevoir aussi

---

<sup>1</sup> Frank A. Wilczek, "Ken Wilson: A scientific appreciation," *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* **110**, 12855-12856 (2013) <https://doi.org/10.1073/pnas.1312463110>; Kenneth Wilson, *Institute of Advanced Studies*, <https://www.ias.edu/scholars/kenneth-wilson> (Last consulted December 22, 2020)

bien la physique statistique que la théorie des champs de la physique des particules. Ces deux domaines ont été transfigurés par cette nouvelle façon de concevoir la théorie des champs.

De retour à Paris, donc, puisque c'est là que vous m'interrogez, j'arrive au Service de physique théorique de Saclay<sup>2</sup> auquel j'appartenais. Mes collègues qui avaient entendu parler des avancées apportées par le groupe de renormalisation à la théorie des phénomènes critiques, me demandent de faire des cours à ce sujet, ce qui m'embarrasse considérablement parce que, si je savais comment faire des calculs avec la méthode de Wilson, j'avais du mal à en exposer la genèse et les principes. C'est là, où avec un collègue de Saclay, lui aussi de retour des États-Unis, Jean Zinn-Justin<sup>3</sup>, nous avons réalisé qu'en utilisant un formalisme nouveau qu'avaient développé pour la théorie des champs, indépendamment Curtis Callan à Princeton<sup>4</sup> et Kurt Symanzik<sup>5</sup> en Allemagne, nous pouvions, d'une façon qui nous paraissait rationnelle, exposer ce que faisait Wilson et retrouver et même simplifier un grand nombre de calculs. Donc, c'est ça le début.

Je saute ensuite à l'été 1973; j'organise une école de Cargèse à laquelle participent Wilson, Callan, Symanzik, Zinn-Justin, toutes les personnes qui travaillent dans le domaine ainsi que Giorgio Parisi. Giorgio, je l'avais rencontré une fois, mais je ne le connaissais pas vraiment et je l'avais invité—puisque j'étais organisateur—parce qu'il avait fait des travaux sur l'utilisation de ce qu'on appelle aujourd'hui le *bootstrap* conforme—une version ancestrale de ce qu'aujourd'hui pratiquent des gens comme Slava Rychkov<sup>6</sup> et collaborateurs—qui me paraissait très extraordinaire. Je ne sais pas si Giorgio, qui avait à peine 25 ans, avait déjà fait des conférences ou participé à une réunion internationale. Je suis resté en contact avec lui régulièrement depuis cette époque.

Pour revenir à l'histoire sur laquelle vous m'interrogez, je vais sauter à 1979, où il y a de nouveau une rencontre à Cargèse<sup>7</sup>. (Ce n'est pas moi qui l'organise.) Elle est consacrée aux champs de jauge. Pour la théorie des champs, l'apparition des idées de champs de jauge non abéliens, leur

---

<sup>2</sup> Today, the Institut de Physique Théorique : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Institut\\_de\\_physique\\_th%C3%A9orique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Institut_de_physique_th%C3%A9orique)

<sup>3</sup> Jean Zinn-Justin : [https://en.wikipedia.org/wiki/Jean\\_Zinn-Justin](https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Zinn-Justin)

<sup>4</sup> Curtis Callan : [https://en.wikipedia.org/wiki/Curtis\\_Callan](https://en.wikipedia.org/wiki/Curtis_Callan)

<sup>5</sup> Kurt Symanzik : [https://en.wikipedia.org/wiki/Kurt\\_Symanzik](https://en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Symanzik)

<sup>6</sup> Vyacheslav Rychkov; [https://en.wikipedia.org/wiki/Vyacheslav\\_Rychkov](https://en.wikipedia.org/wiki/Vyacheslav_Rychkov)

<sup>7</sup> Cargese Summer Institute: Recent Developments in Gauge Theories, 26 August-8 September 1979, Cargèse, France. Proceedings: *Recent Developments in Gauge Theories*, G. 't Hooft, C. Itzykson, A. Jaffe, H. Lehmann, P. K. Mitter, I. M. Singer, R. Stora eds. (New York: Plenum Press, 1980).

<https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7571-5>

liberté asymptotique, *et cetera*, avait été radicalement novatrice et les conséquences expérimentales commençaient déjà à paraître. Donc, nous étions tous excités pour des raisons diverses par cette théorie, mais les problèmes posés étaient considérables. On ne savait pas—on ne sait toujours pas d'ailleurs—expliquer le confinement des quarks, par exemple. Donc, il y avait des problèmes extraordinairement difficiles. À cette réunion de '79, il y a de nouveau Ken Wilson, qui expose ses idées sur les champs de jauge sur réseau. Ken avait inventé ça quelques années avant, également, et Giorgio s'y était immédiatement intéressé. En '79, à l'école, il nous parle de *lattice gauge theories*, dans lesquelles, je crois que déjà il avait en perspective le projet qui s'appelle APE<sup>8</sup>, qui était le projet de construction par les physiciens d'un ordinateur, d'une machine dédiée aux calculs et aux simulations de grandes dimensions, comme on en a besoin, en particulier, dans les théories de jauge. Donc, il ne s'agissait pas du tout de verres de spin. D'autres participants, comme Edward Witten<sup>9</sup>, 't Hooft<sup>10</sup>, nous parlent d'applications variées. Witten nous parle de la limite  $N$  grand— le  $N$  de  $SU(N)$  —qui avait été explorée peu d'années avant par 't Hooft, qui avait montré que, pour une théorie de jauge basée sur le groupe  $SU(N)$ , dans lequel le champ est une matrice de taille  $N^2$ , les diagrammes de Feynman dominants pour  $N$  grand sont des diagrammes planaires. C'est-à-dire qu'on peut les dessiner sur un plan sans intersection. C'est un article très célèbre de 't Hooft<sup>11</sup>, qui a joué un rôle fondamental sur lequel Witten revient donc en '79<sup>12</sup> et sur lequel nous avons aussi travaillé.

Il se trouve qu'en 1978—je reviens une année en arrière—Giorgio était en visite en France, à Paris, et donc souvent visiteur à Saclay. En particulier, nous avons discuté considérablement de cette limite  $N$  grand avec d'autres collègues, le regretté Claude Itzykson<sup>13</sup> et Jean-Bernard Zuber<sup>14</sup>. Nous avons essayé désespérément de trouver une équation intégrale ou quelque chose qui nous permettrait de calculer la somme des diagrammes planaires de la même façon que dans les modèles vectoriels  $N$  grand, où la solution s'obtient en sommant des diagrammes en « chapelet de bulles », une simple série géométrique. Nous n'avons pas réussi. Nous avons commencé—en compagnie de Giorgio—à nous demander combien il y avait de diagrammes planaires et fini par écrire un article sur le comptage

---

<sup>8</sup> APE100 : <https://en.wikipedia.org/wiki/APE100>

<sup>9</sup> Edward Witten: [https://en.wikipedia.org/wiki/Edward\\_Witten](https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Witten)

<sup>10</sup> Gerard 't Hooft: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gerard\\_%27t\\_Hooft](https://en.wikipedia.org/wiki/Gerard_%27t_Hooft)

<sup>11</sup> G. 't Hooft, "A two-dimensional model for mesons," *Nucl. Phys. B* **75** 461-470 (1974).  
[https://doi.org/10.1016/0550-3213\(74\)90088-1](https://doi.org/10.1016/0550-3213(74)90088-1)

<sup>12</sup> Edward Witten, "Baryons in the  $1/N$  expansion," *Nucl. Phys. B* **160** 57-115 (1979).  
[https://doi.org/10.1016/0550-3213\(79\)90232-3](https://doi.org/10.1016/0550-3213(79)90232-3)

<sup>13</sup> Claude Itzykson: [https://en.wikipedia.org/wiki/Claude\\_Itzykson](https://en.wikipedia.org/wiki/Claude_Itzykson)

<sup>14</sup> Jean-Bernard Zuber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Bernard\\_Zuber](https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Bernard_Zuber)

des diagrammes planaires. En fait ça a été le début d'une activité—que je n'ai pas poursuivie, mais qui a eu aussi du succès chez les mathématiciens—de résolutions de problèmes combinatoires reposant sur l'utilisation de grandes matrices aléatoires. Donc, cet article<sup>15</sup>, bien qu'en fait ne réussissant pas là où nous voulions initialement arriver, c'est-à-dire à sommer les diagrammes planaires d'une théorie des champs en dimension  $d$ , a eu plus de succès qu'attendu.

Toujours est-il qu'à cette école de Cargèse de 1979, nous nous intéressons tous aux champs de jauge, à la limite  $N$  grand *et cetera*. Or, un jour, marchant de l'école jusqu'à l'hôtel en compagnie de Giorgio, celui-ci commence à m'expliquer ses idées sur une résolution du problème posé par le modèle de Sherrington-Kirkpatrick. Je suis très étonné qu'il me parle de ce sujet de physique statistique, bien éloigné du paysage dans lequel se mouvaient les participants de cette rencontre de Cargèse. Donc, je dois avouer que je lui prête une attention médiocre. Bien qu'ayant plein d'admiration pour les capacités d'imagination de Giorgio, je me sentais en effet loin de ce sujet. En particulier, je m'étais beaucoup intéressé—Giorgio aussi, d'ailleurs—à une nouvelle méthode pour arriver à calculer les grandeurs des séries de perturbation qui était un outil qui nous paraissait indispensable pour arriver à faire de la théorie des phénomènes critiques, une vraie théorie quantitative et pas simplement qualitative. Nous avons donc tous d'autres préoccupations. Je ne sais plus—ma mémoire se perd— je crois que j'avais connaissance du travail de Sherrington-Kirkpatrick et que je savais qu'en-dessous d'une certaine température la solution évidente était physiquement inacceptable, car elle conduisait à une entropie négative. Donc, je savais qu'il y avait un problème là, mais je n'avais certes pas vu que c'était la source d'une science nouvelle, en quelque sorte. Giorgio me parle d'abord du travail de Blandin<sup>16</sup> qui lui avait servi d'inspiration. Blandin travaillait à Orsay, à côté de Saclay, je le connaissais certes, mais je n'avais pas prêté attention à son travail. Toujours est-il que Blandin avait essayé de trouver une solution au modèle SK par une brisure de symétrie des répliques, mais une brisure simple. Je crois que Blandin montrait qu'on pouvait descendre dans le modèle SK à une température un peu plus basse, mais il restait encore un domaine de la solution à entropie négative. C'est donc Giorgio qui va montrer que si l'on itère à l'infini le schéma de Blandin, jusqu'à briser indéfiniment la symétrie des répliques, on trouve une solution qui *a priori* est physiquement acceptable.

---

<sup>15</sup> E. Brézin, C. Itzykson, G. Parisi and J. B. Zuber, "Planar diagrams," *Comm. Math. Phys.* **59**, 35–51 (1978). <https://doi.org/10.1007/BF01614153>

<sup>16</sup> A. Blandin, "Theories versus Experiments in the Spin Glass Systems," *J. Phys. Colloques* **39** C6-1499-C6-1516 (1978). <https://doi.org/10.1051/jphyscol:19786593>; J. Friedel, "André Blandin 1933-1983," *Ann. Phys. Fr.* **10**, 1-4 (1985). <https://doi.org/10.1051/anphys:019850010010100>

- PC:** Avant de continuer dans le temps, je voulais revenir un petit peu en arrière, si vous le permettez. Je voudrais avoir une idée de comment la communauté de mécanique statistique à Paris, Saclay, Orsay fonctionnait à cette époque. Est- qu'il avait beaucoup de discussions? Est-que c'était très cloisonné? Comment est-ce qu'il faut la comprendre?
- ÉB:** [0:12:27] Je vais un tout petit peu schématiser. D'abord c'est une époque où la physique théorique—je reste sur la physique théorique—est surtout vivante à Orsay et à Saclay. Paris, à cette époque, n'avait pas vraiment de groupe théorique. C'est une longue histoire qui entrainerait trop loin de comprendre pourquoi il en était ainsi, mais il est clair que le grand Louis de Broglie<sup>17</sup> n'avait pas su s'entourer. Donc, tout était en dehors de Paris. Les contacts entre Saclay et Orsay étaient fréquents. Nous avions souvent des séminaires en commun, mais le groupe d'Orsay qui ensuite est venu à l'École normale—c'est le groupe auquel j'appartiens maintenant—s'intéressait surtout à la physique des particules. Les gens brillants, Bouchiat<sup>18</sup>, Iliopoulos<sup>19</sup>, Meyer<sup>20</sup>, Scherk, Neveu<sup>21</sup> *et cetera* étaient tous des physiciens des particules, alors que Saclay avait traditionnellement plus de physique statistique. Il y avait des gens comme de Dominicis, qui avait fait des contributions importantes au formalisme de la mécanique statistique pour les systèmes quantiques, qui étaient importants. Claude Bloch<sup>22</sup> également, mais hélas mort très tôt. Roger Balian<sup>23</sup> aussi était très actif dans ce domaine. Je distingue ça de la physique des solides ou de la physique de la matière condensée. Autrement dit, il existait une physique des solides, là encore à Orsay dans le grand laboratoire que dirigeait Jacques Friedel<sup>24</sup>, mais il y avait surtout des vrais physiciens du solide, pas des praticiens de ce qui s'appelle aujourd'hui la mécanique statistique. À Paris, il y avait bien de la physique des liquides, mais pas vraiment de mécanique statistique. Donc, c'est plus l'influence des idées nouvelles, je dirais, qui a fait que le groupe de Saclay s'est développé dans cette direction de la mécanique statistique. Il y a eu des éléments plus jeunes, très brillants, comme Bernard Derrida, qui nous ont rejoint. D'autres qui avaient été des physiciens des particules, comme Claude Itzykson ou Jean-Michel Drouffe qui ont rejoint la physique statistique, tout en s'intéressant à peu près à tout. Zinn-Justin était un physicien des particules, mais le fait

---

<sup>17</sup> Louis de Broglie : [https://en.wikipedia.org/wiki/Louis\\_de\\_Broglie](https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_de_Broglie)

<sup>18</sup> Claude Bouchiat : [https://en.wikipedia.org/wiki/Claude\\_Bouchiat](https://en.wikipedia.org/wiki/Claude_Bouchiat)

<sup>19</sup> Jean Iliopoulos : [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Iliopoulos](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Iliopoulos)

<sup>20</sup> Philippe Meyer : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Philippe\\_Meyer\\_\(physicien\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Philippe_Meyer_(physicien))

<sup>21</sup> André Neveu : [https://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9\\_Neveu](https://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9_Neveu)

<sup>22</sup> Claude Bloch: [https://en.wikipedia.org/wiki/Claude\\_Bloch](https://en.wikipedia.org/wiki/Claude_Bloch)

<sup>23</sup> Roger Balian : [https://en.wikipedia.org/wiki/Roger\\_Balian](https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Balian)

<sup>24</sup> Jacques Friedel : [https://en.wikipedia.org/wiki/Jacques\\_Friedel](https://en.wikipedia.org/wiki/Jacques_Friedel)

d'avoir tant contribué à la théorie des champs des phénomènes critiques, d'une certaine façon, avait aussi fait de lui quelqu'un proche de la mécanique statistique. C'était mon cas également. Donc, voilà comment s'organisait la communauté. Il est clair qu'aujourd'hui c'est très différent, qu'il y a eu à l'université (à Jussieu), à l'École de Physique et de Chimie<sup>25</sup>, un peu partout des groupes actifs intéressés à la physique statistique. Donc, le paysage a complètement changé, mais à l'époque il était assez limité et concentré.

C'est une époque si où le contact entre les disciplines—j'entends la théorie des champs aussi bien appliquée à la mécanique statistique qu'à la physique des particules—a été très fructueuse. C'est l'influence de quelques grands comme Polyakov<sup>26</sup>, Giorgio Parisi lui-même et quelques autres. Mais les groupes qui étaient exclusivement mono-thématiques ont été moins actifs à cette époque-là, à cause de cette coupure. Si je prends un exemple connu, la division théorique du CERN, à Genève, était le plus grand groupe théorique en Europe et pourtant sa vocation exclusive de physique des particules ne l'avait guère préparé au développement de ces idées nouvelles, y compris pour les champs de jauge. Donc, ce sont plus des gens un peu pluridisciplinaires qui ont contribué, y compris, bien sûr, il faut pas oublier—dans ce qui s'appelait à l'époque l'Union soviétique—à l'Institut Landau, en particulier, Polyakov, Migdal<sup>27</sup> et de nombreuses personnes autour d'eux—Patashinski<sup>28</sup>, Pokrovsky<sup>29</sup> et bien d'autres, plus tard les frères Zamolodchikov<sup>30</sup>—ont contribué aussi bien à la physique des particules qu'à la théorie des champs de la mécanique statistique. Les sujets se sont un peu plus éloignés aujourd'hui, mais pas complètement, quand même. (Si vous voulez, on y reviendra à la fin de notre entretien.) Il reste des points de contact, quand même.

**PC:** Merci pour cette vue d'ensemble. Maintenant, une question un peu plus spécifique. Est-ce qu'il y avait beaucoup de visiteurs de l'étranger qui venaient? Je sais que vous, vous voyagez...

**ÉB:** [0:18:16] Pas mal. C'était moins qu'aujourd'hui. Les financements ne nous donnaient que très rarement des postes de post-doc. C'était des choses rarissimes. Une personne de temps en temps. Très peu de bourses de thèse, donc très peu de doctorants. En revanche, nous avons

---

<sup>25</sup> ESPCI : [https://en.wikipedia.org/wiki/ESPCI\\_Paris](https://en.wikipedia.org/wiki/ESPCI_Paris)

<sup>26</sup> Alexander Polyakov : [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Markovich\\_Polyakov](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Markovich_Polyakov)

<sup>27</sup> Arkady Migdal : [https://en.wikipedia.org/wiki/Arkady\\_Migdal](https://en.wikipedia.org/wiki/Arkady_Migdal)

<sup>28</sup> Alexander Patashinski : [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Patashinski](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Patashinski)

<sup>29</sup> Valery Pokrovsky : [https://en.wikipedia.org/wiki/Valery\\_Pokrovsky](https://en.wikipedia.org/wiki/Valery_Pokrovsky)

<sup>30</sup> Alexei and Alexander Zamolodchikov: [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Zamolodchikov](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Zamolodchikov);  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei\\_Zamolodchikov](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei_Zamolodchikov)

fréquemment des visiteurs étrangers. Là, nous avions du financement pour faire venir des visiteurs, et toutes les personnes dont nous avons parlé jusque-là ont été des visiteurs de Paris, de Saclay *et cetera*. Donc ça, ça marchait. Nous étions largement partenaires du système international.

**PC:** Dans un courriel que vous nous avez envoyé, vous avez mentionné que la réception initiale aux idées de brisure des répliques du groupe de Saclay était marquée par le désintérêt et le doute par rapport à leur validité. Pouvez-vous élaborer?

**ÉB:** [0:19:18] J'ai caricaturé. C'était le cas des gens qui faisaient surtout de la théorie des champs comme Zinn-Justin, Itzykson, moi-même.... Le fait de briser indéfiniment une symétrie  $O(n)$  avec  $n$  tendant vers zéro paraissait quand même un peu sauvage et du *wishful thinking*. Donc, nous sommes restés pendant longtemps assez sceptiques, dans l'attente de confirmation. De plus—comment vous dire—si j'essaie de me remémorer mes interrogations de l'époque, nous ne savons pas encore très bien si le sujet était le désordre ou la frustration. Nous avions ces deux images. Est-ce que des systèmes frustrés par les interactions, mais réguliers et sans désordre, étaient-ils des verres? Est-ce que les verres étaient des systèmes à l'équilibre ou hors d'équilibre? Est-ce qu'on avait le droit de les traiter par la mécanique statistique d'équilibre habituelle? Lorsque j'entendais des séminaires où l'on parlait de la pluralité des états, je ne comprenais pas très bien de quels états on voulait parler. Que vous dire... J'ai le souvenir d'avoir été séduit, tout de suite, par l'image que donnait la solution de Giorgio de l'ultramétrie. Je trouvais l'image frappante, indépendamment de la solution mathématique explicite. On voyait bien que le paramètre d'ordre d'Edwards-Anderson était une possibilité, néanmoins, il restait beaucoup de discussion. Mais il y a eu parmi mes collègues de Saclay, des gens bien plus constructifs, en particulier Bernard Derrida, bien sûr. Bernard Derrida a tout de suite introduit le fameux modèle de *random energy* et a montré qu'une brisure de symétrie des répliques était réellement la solution mathématique de ce problème. Il a donc redonné du poids à l'idée de brisure de symétrie pour les répliques.

Puis, est venu—je me perds un peu dans les années— évidemment, le travail venu de Rome, de Giorgio, Marc Mézard et Miguel Virasoro. Là, il est devenu clair que la méthode de la cavité donnait un sens explicite à des idées de champs moyen—puisque ce modèle de Sherrington-Kirkpatrick visait initialement à retrouver l'image de champ moyen. Le fait qu'ils retrouvent par la méthode de la cavité la solution de Parisi était un renforcement considérable des idées de Giorgio. Néanmoins il restait—lorsque j'écoutais mes collègues, puisque moi je n'y travaillais pas—des allers-retours nombreux. Dans les allers, vers Giorgio, il y avait eu le travail de

Cirano de Dominicis et Imre Kondor<sup>31</sup> qui avaient décidé d'appliquer les idées habituelles de la théorie des champs et du groupe de renormalisation, qui faisaient remonter à six dimensions l'étude de la démarcation entre champ moyen et théorie critique singulière. Ils avaient montré, non pas la stabilité de la solution de Giorgio, mais sa non-stabilité. C'est-à-dire qu'ils avaient montré qu'à six dimensions, il n'y a pas de valeurs propres négatives des fluctuations qui pourraient potentiellement la détruire. Donc, cela allait dans le sens de Giorgio. En sens contraire, il y avait le travail de D. Fisher et D. Huse, bien connu<sup>32</sup> également, qui lui prétendait que d'une certaine façon la transition vitreuse était comme une transition ferromagnétique, déguisée par des gouttelettes, mais de même nature. Il restait aussi le problème de la ligne de Almeida-Thouless qui marquait la transition sous champ extérieur appliqué, et qui, elle, était spécifique à la solution mathématique de la brisure de la symétrie des répliques  $Y$  avait-il une indication expérimentale qu'une telle ligne dans un verre de spin ordinaire tridimensionnel, pourrait exister? Donc, vous voyez, nous étions sans arrêt exposés, même lorsqu'on essayait simplement d'écouter—moi, je n'avais aucun intérêt investi dans une image ou dans l'autre—à des arguments qui n'avaient rien de déraisonnable des deux côtés. Donc, voilà l'espèce d'incertitude dans laquelle nous avons vécu pendant très longtemps.

Puis, après ça—je passe beaucoup d'années...

**PC:** Avant de sauter à ces années ultérieures, vous avez, entre autres, mentionné l'intérêt de Cirano de Dominicis à ces idées, contrairement à plusieurs de vos collègues à Saclay, d'ailleurs. Savez-vous pourquoi est-ce qu'il les percevait différemment? Et quel genre de relation aviez-vous avec Cirano à ce moment-là?

**ÉB:** [0:25:47] Ce sont des années où j'ai aussi beaucoup collaboré avec Cirano. Nous avons, en particulier, fait un certain nombre de travaux sur l'application des idées du groupe de renormalisation à la dynamique du retour à l'équilibre de systèmes perturbés<sup>33</sup>. Cirano était devenu un convaincu du groupe de renormalisation et, donc, il se disait: "La théorie

---

<sup>31</sup> C. De Dominicis and I. Kondor, "Eigenvalues of the stability matrix for Parisi solution of the long-range spin-glass," *Phys. Rev. B* **27** 606(R) (1983). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.27.606>

<sup>32</sup> Daniel S. Fisher and David A. Huse, "Ordered Phase of Short-Range Ising Spin-Glasses," *Phys. Rev. Lett.* **56**, 1601 (1986). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.56.1601>

<sup>33</sup> C. De Dominicis, E. Brézin, and J. Zinn-Justin. "Field-theoretic techniques and critical dynamics. I. Ginzburg-Landau stochastic models without energy conservation," *Phys. Rev. B* **12**, 4945 (1975). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.12.4945>; "Field-theoretic techniques and critical dynamics. II. Ginzburg-Landau stochastic models with energy conservation," *Phys. Rev. B* **12**, 4954 (1975). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.12.4954>



des champs va être le juge.” Donc, après ce travail extraordinairement difficile d'analyse des fluctuations—quantiques, comme on dit—autour de la solution de Parisi, s'étant convaincu qu'il n'y avait pas de signe d'instabilité, il a cherché jusqu'au dernier jour de sa vie—il a travaillé jusqu'à ce que la maladie le terrasse—à tenter de comprendre qui, de Giorgio ou de Fisher-Huse, avaient raison pour un système réaliste. Ça a été sa préoccupation jusqu'à la fin. Donc, même pour quelqu'un comme Cirano, très convaincu par les idées de Giorgio, des questions subsistaient. Je ne sais pas comment vous, vous l'avez vécu—ou Francesco—vous êtes postérieurs à ces interrogations, mais nous avons été sans arrêt ballottés, admirant ce qu'avait fait Giorgio, mais pas nécessairement convaincus que ces idées étaient adaptées aux situations expérimentales que l'on pouvait rencontrer.

Il y a eu d'autres événements après...

- PC:** Avant d'avancer, je crois que Francesco voulait poser une question.
- FZ:** Avant de passer à la suite, je voulais poser une question sur un aspect que tu as évoqué, concernant la relation avec la théorie des jauges sur le réseau. Parce qu'en fait c'est quelque chose que tu as évoqué par rapport à cette école de '79 et Giorgio a aussi évoqué, plusieurs fois, que sa motivation pour étudier le modèle SK c'était la théorie de jauge sur réseau. Je me suis toujours demandé: Est-ce que ça restait juste une motivation abstraite? Est-ce qu'il y a eu des échanges avec la communauté des jauges sur réseau?
- ÉB:** [0:28:31] Non. Écoute, Francesco. Il y a eu beaucoup d'échanges autour du projet APE, bien sûr. D'une certaine façon, la théorie de jauge sur réseau avait transformé la physique des particules quantitative en un problème de mécanique statistique, si tu veux. C'était vraiment ça, la nouveauté surprenante.
- FZ:** Et avec des variables qui étaient *quenched*, disons...
- ÉB:** [0:29:03] Avec des variables qui étaient *quenched*, oui. Il y a eu des essais. Par exemple, j'ai moi-même commis avec Jean-Michel Drouffe un article sur les théories de jauge avec symétrie  $Z_2$ <sup>34</sup>, comme le modèle d'Ising. Donc, il y avait des essais. Balian et Itzykson ont, dans une série d'articles<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> E. Brézin and J. M. Drouffe, "Continuum limit of A Z2 lattice gauge theory," *Nucl. Phys. B* **200**, 93-106 (1982). [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(82\)90060-8](https://doi.org/10.1016/0550-3213(82)90060-8)

<sup>35</sup> R. Balian, J. M. Drouffe, and C. Itzykson, "Gauge fields on a lattice. I. General Outlook," *Phys. Rev. D* **10**, 3376 (1974) <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.10.3376>; "Gauge fields on a lattice. II. Gauge-invariant Ising model" *Phys. Rev. D* **11**, 2098 (1975) <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.11.2098>; "Gauge fields on a

de cette époque—des années '75-'76—essayé d'appliquer les idées de théorie de jauge pour essayer de trouver les phases d'une théorie de jauge, le confinement... Il y avait quand même une parenté idéologique d'où sort cette transition éventuelle entre une théorie confinée et une théorie non confinée. On se demandait beaucoup si ça pouvait avoir des rapports avec les théories désordonnées, d'une certaine façon. Je pense qu'il y a eu—je ne me souviens plus bien—des gens qui ont essayé de faire des variables désordonnées des champs de jauge. Donc, il y a une parenté idéologique certaine.

**PC:** Aussi avant d'avancer dans le futur: même si vous êtes demeuré sceptique et même si vous n'avez pas commis de travail—comme vous dites—dans les années '80, il y a quand même une transition qu'on note vers le milieu des années '80. Vous commencez à être remercié énormément par la communauté, entre autres, dans le livre de Mézard-Parisi-Virasoro et dans plusieurs articles de Cirano. Quelle était votre implication en tant que non auteur à tous ces travaux?

**ÉB:** [0:31:02] J'ai un tout petit peu de mal à reconstituer vraiment mes souvenirs. Voyez, ma préoccupation principale était ailleurs, quand même, il faut que je le dise. Nous avons une théorie des phénomènes critiques superbe, et en 1981 Wilson avait reçu un prix Nobel entièrement justifié, j'en suis très heureux. Cependant, là encore, nous restions dans le doute pour savoir si cette théorie qui expliquait si bien qualitativement les lois d'échelle et l'universalité pouvait aussi être quantitative. Nos essais de cette époque utilisaient une image que nous avons apprise de l'école russe, L. Lipatov<sup>36</sup> dont le travail nous avait été signalé par Migdal et Polyakov, pour essayer d'appréhender la théorie des perturbations lorsqu'elle diverge aussi évidemment que pour le développement dimensionnel de Wilson et Fisher. Donc, que faire de ce développement? Zinn-Justin, Le Guillou ont réussi, grâce à cette méthode des instantons, à transformer les séries perturbatives pour en extraire des très beaux résultats quantitatifs. Giorgio et moi, commençons même un article sur l'utilisation de cette méthode de Lipatov pour essayer de comprendre la structure des bandes d'énergie des systèmes désordonnés continus<sup>37</sup>. Comme vous voyez, il y avait quand même d'autres sujets de préoccupation et, comme toujours, Giorgio s'intéressait à tous les problèmes ouverts de son époque, quels que soient les sujets, de l'immunologie à l'ornithologie, en passant par la géophysique et la

---

lattice. III. Strong-coupling expansions and transition points," *Phys. Rev. D* **11**, 2104 (1975)  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.11.2104>

<sup>36</sup> Lev Lipatov : [https://en.wikipedia.org/wiki/Lev\\_Lipatov](https://en.wikipedia.org/wiki/Lev_Lipatov)

<sup>37</sup> E Brezin and G Parisi, "Exponential tail of the electronic density of levels in a random potential," *J. Phys. C* **13**, L307 (1980). <https://doi.org/10.1088/0022-3719/13/12/005>

physique. Il s'intéressait à tout, c'est l'un des charmes de Giorgio, s'ajoutant à une imagination créatrice extraordinaire, qui effaçait la difficulté de travailler parfois avec lui que vous avez peut-être expérimentés l'un et l'autre, parce que sa parole n'est pas toujours le reflet fidèle de sa pensée.

**PC:** Pour revenir à la question, vous êtes quand même remercié dans plusieurs articles sur les brisures de réplique. Quel genre de support fournissiez-vous?

**ÉB:** [0:33:31] On travaillait bien. C'est-à-dire qu'on discutait beaucoup entre nous, même si on ne faisait pas nécessairement des calculs ensembles, les gens que j'ai cités, comme Zinn-Justin, Cirano, Itzykson, Drouffe *et cetera*. Bernard Derrida était plus isolé. Il avait d'autres contacts. J'admire beaucoup Bernard, mais visiblement c'est quelqu'un qui avait besoin de trouver son originalité ailleurs et autrement. Et il l'a gardée. Je ne lui en veux certes pas à ce sujet. Donc, en gros, nous savions bien ce que nous faisions les uns et les autres. (J'ai oublié de mentionner des Cloizeaux, par exemple, qui était très intéressé par les applications aux problèmes de polymères qu'avait initiés de Gennes *et cetera*.) Il y avait quand même une activité intellectuelle collective véritable.

Après, le groupe a grossi un peu trop à mon goût. Je l'ai quitté en 1986, donc il y a beaucoup d'années. À cette époque-là, le groupe s'était fractionné et puis le financement de la recherche a changé. Il y a eu depuis des choses magnifiques, comme l'ERC, ou des agences de financement comme l'ANR en France, qui ont fait que les gens sont plus individuels qu'ils ne l'étaient à mon époque, où nous étions plus collectifs.

**PC:** Je comprends. Vous parliez justement de votre transition de Saclay à l'ENS, où vous êtes nommé directeur du département de physique en même temps. À ce moment-là, vous vous mettez à avoir un certain pouvoir même politique et financier sur la recherche, du moins locale. Est-ce que vous avez...

**ÉB:** [0:35:36] Financier, non, parce que les laboratoires étaient financés par le CNRS et le CNRS ne reconnaissait pas cette structure "département". Justement mon but en venant à l'École normale était d'essayer de se dire—dans un modèle internationalement bien plus fréquent—que nous étions tous physiciens. Si vous voulez, il y a une image qui nous a tous frappés, nous physiciens. L'image idéale, pour moi, était venue de deux personnes, deux géants du 20e siècle qui étaient Feynman et Landau. Feynman et Landau étaient des gens qui considéraient que, si on faisait de la physique théorique, on devait tout comprendre et, donc, qu'on était capable de tout comprendre, qu'il n'y avait pas de problème qui devait nous échapper et

que, si un problème se posait, il fallait être capable de s'y attaquer. Les gens dont nous parlons, comme Polyakov ou Giorgio Parisi, étaient des gens, je dirais, influencés par cette image que l'on peut résumer dans la formule : "Moi, je ne suis pas un spécialiste de tel problème." Je trouvais qu'en venant à l'École normale—j'étais très bien à Saclay, c'est clair, je n'y avais que des amis—mais je trouvais que c'était pour moi une façon d'essayer de comprendre d'autres regards sur la physique que le mien. Ça m'a beaucoup plu d'avoir cette responsabilité pendant quatre ans—je n'ai pas fait ça longtemps—après j'ai accepté d'autres responsabilités, à tort, sans doute. Donc, voilà l'idée de cette transition.

En venant à l'École normale, je n'ai pas travaillé sur les verres de spin. Il y avait des gens très actifs dans le domaine comme Gérard Toulouse. (Pomeau<sup>38</sup> était venu en même temps que moi de Saclay. Il ne s'intéressait pas aux verres de spin, mais il a eu une grande influence sur la physique statistique à l'École normale.) Jean Vannimenus. Jean-Pierre Nadal s'intéressait aux réseaux de neurones. Donc, il y avait une activité importante à l'École normale. Il se trouve que pour des raisons un peu accidentelles, mon travail dont je vous parlais tout à l'heure sur les diagrammes planaires que nous avons fait avec Itzykson, Parisi, Zuber, a eu une influence sur une vision discrétisée de la gravitation quantique bidimensionnelle, c'est-à-dire les modèles de cordes bosoniques de Polyakov. (Excusez-moi, tout ça est un peu abscond.) Ce vieux travail nous permettait d'avancer et, avec Vladimir Kazakov venu de Moscou renforcer notre groupe, nous avons fait un travail sur l'utilisation de ces modèles matriciels pour comprendre la limite continue de triangulations dynamiques de surfaces aléatoires, c'est-à-dire la théorie des cordes bosoniques<sup>39</sup>. Donc, c'est sur ça que, moi, j'ai travaillé.

Cela dit, je restais un peu à l'écoute. J'ai été très impressionné lors d'une réunion à Rome—organisée sûrement par Giorgio—à laquelle il avait invité Francesco Guerra, bien connu en physique mathématique. Francesco nous a exposé des inégalités nouvelles qui étaient très proches de la solution de Parisi. Après ça, il y a eu un article de Michel Talagrand<sup>40</sup>. Les mathématiciens que je rencontrais me disaient: "Ça y est! Nous, les mathématiciens avons démontré les choses." Mais le premier article de Michel Talagrand était un article dans lequel il montrait que la solution de Sherrington-Kirkpatrick était valable à haute température. Je dois dire que

---

<sup>38</sup> Yves Pomeau : [https://en.wikipedia.org/wiki/Yves\\_Pomeau](https://en.wikipedia.org/wiki/Yves_Pomeau)

<sup>39</sup> E.g., E. Brezin and V. A. Kazakov. "Exactly solvable field theories of closed strings." In *The Large N Expansion In Quantum Field Theory And Statistical Physics: From Spin Systems to 2-Dimensional Gravity*. 711-717 (1993). [https://doi.org/10.1142/9789814365802\\_0048](https://doi.org/10.1142/9789814365802_0048)

<sup>40</sup> Michel Talagrand, "On the high temperature region of the Sherrington–Kirkpatrick model," *The Annals of Probability* **30**, 364-381 (2002). [https://doi.org/10.1016/S0764-4442\(00\)01814-0](https://doi.org/10.1016/S0764-4442(00)01814-0)

comme nous n'avions aucun doute à ce sujet, ça nous laissait un peu froids: "Mais, enfin, les mathématiciens sont en train de redécouvrir le fil à couper le beurre." Et puis quand Talagrand a réussi à montrer qu'à basse température la solution de Parisi, au moins pour l'énergie libre, était bien valable<sup>41</sup>, on s'est rendu compte que, finalement, les mathématiciens avaient fait un grand pas et que Giorgio, évidemment, avait eu, bien avant tout le monde, la bonne idée.

Ce qui m'a beaucoup impressionné aussi dans les séminaires que j'entendais à l'époque, c'est la descendance de cette théorie de brisure de symétrie de répliques sur toutes sortes de problèmes. Il y avait tous les problèmes de réseaux de neurones et puis il y avait tous les problèmes dont nous parlaient mes collègues comme Marc Mézard, Guilhem Semerjian et d'autres, sur l'application de ces mêmes idées à d'autres problèmes désordonnés que le problème des verres de spin. Donc, progressivement, j'ai fini par me rendre compte que cette image avait, dans l'histoire et le développement de la physique statistique, une importance essentielle. Donc, j'avoue, je mange mon chapeau, comme on dit en français. Je reconnais entièrement mes torts.

**PC:** Ce n'est pas nécessaire du tout. Avant de sauter à cette période-là, je voulais poser encore une dernière question à propos des années '80-début des années '90, où vous vous mettez à avoir plus de pouvoir politique, du moins. Je voulais savoir—de ce que vous pouvez nous en dire—avez-vous eu la chance de mettre le doigt dans la balance pour aider la mécanique statistique, les répliques en quelque occasion?

**ÉB:** [0:42:26] J'avais pris des responsabilités—comment dire—trop ambitieuses pour pouvoir être réellement actif. C'est une leçon que j'ai apprise sur le tard. Autant, pendant les quelques années où j'ai été directeur du département, j'ai le sentiment d'avoir eu des initiatives positives comme, par exemple, la création de ce qu'on a appelé le Laboratoire de physique statistique, avec des théoriciens et des expérimentateurs, ce qui me paraissait une nécessité pour l'époque. Donc, je suis content d'avoir pu contribuer à faire cela. Autant, après, à la demande du ministre de l'époque, le physicien Hubert Curien<sup>42</sup>, j'ai accepté d'être président du conseil d'administration du CNRS dans son ensemble. Il ne s'agissait plus des physiciens, mais il s'agissait de comprendre ce qu'on pouvait attendre du CNRS. Heureusement ce n'était pas un poste. J'avais gardé mes fonctions d'enseignant et même de

---

<sup>41</sup> E.g., Michel Talagrand. *Spin glasses: a challenge for mathematicians: cavity and mean field models* (Berlin: Springer-Verlag, 2003).

<sup>42</sup> Hubert Curien : [https://en.wikipedia.org/wiki/Hubert\\_Curien](https://en.wikipedia.org/wiki/Hubert_Curien)

recherche, quand j'y arrivais. Mais, j'avais une vision dans laquelle je trouvais que progressivement le CNRS et l'université devaient se fondre et s'aider mutuellement. Je connaissais un exemple qui m'avait beaucoup frappé, celui qu'avait institué le chimiste célèbre de Strasbourg Jean-Marie Lehn<sup>43</sup>, prix Nobel de chimie. Jean-Marie Lehn considérait que, si on voulait travailler avec lui, on devait oublier son passeport d'origine. J'entends par passeport non seulement la nationalité, mais le fait de savoir si on était enseignant ou chercheur. Il considérait qu'il y avait un groupe qui était le laboratoire, que ce groupe avait une mission d'enseignement et une mission de recherche, et que, compte tenu des nécessités du temps, lors d'une période donnée, on devait partager, au mieux, pour l'intérêt collectif, les deux missions. Donc, il me semblait que, ce qu'on appelle au CNRS les unités mixtes de recherche, devaient s'imprimer progressivement dans un modèle de cette nature. Je me suis fait rejeter par tous les pouvoirs établis, aussi bien du côté du CNRS et que de l'université. J'ai regretté beaucoup finalement d'avoir pris des responsabilités au CNRS, car j'ai eu l'impression, au mieux, d'arriver à le protéger contre des ministres trop effervescents—nous en avons eu—et, au pire, de ne rien faire. Donc, ceci n'a pas été une vraie réussite dans mes responsabilités.

J'ai eu d'autres responsabilités, notamment un peu plus tard avec l'Académie des Sciences. J'étais dans le Bureau de cette Compagnie dans les années 2004-2005, où un grand mouvement de protestation des chercheurs, qui s'appelait *Sauvons la recherche*<sup>44</sup>, a vu le jour. Tous les chercheurs—moi compris—étaient convaincus que le soutien que donnait la France à sa recherche était très médiocre en comparaison de ses voisins de l'Europe du nord, de l'Allemagne, de l'Angleterre *et cetera*. Alors que le gouvernement avait tendance à considérer qu'il s'agissait de braillards dans la rue, nous avons essayé d'utiliser la visibilité que nous donnait l'Académie pour pouvoir porter au gouvernement l'idée qu'on ne pouvait plus continuer de la même façon. Là, pendant un certain temps, nous avons été écoutés. Donc, voilà le bilan de ces périodes de pouvoir, comme vous dites, qui n'ont jamais été de vrai pouvoir, sauf peut-être à quelques rares occasions d'être entendu.

**PC:** Vous avez tout de même, en 2004, publié un livre intitulé *Demain, la physique*<sup>45</sup>. C'est une de vos réalisations. Une chose que j'ai remarquée dans cet ouvrage, c'est qu'il y a une section significative sur les systèmes désordonnés et les verres. Je voulais savoir si ce n'était pas un peu votre suggestion, votre influence que ce matériel s'y retrouve.

---

<sup>43</sup> Jean-Marie Lehn : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean-Marie\\_Lehn](https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean-Marie_Lehn)

<sup>44</sup> Sauvons la recherche : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Sauvons\\_la\\_recherche](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sauvons_la_recherche)

<sup>45</sup> Alain Aspect, Édouard Brézin *et al.*, *Demain la physique* (Paris : Odile Jacob, 2004).

- ÉB:** [0:48:09] Ce livre, nous sommes un certain nombre à en avoir été les rédacteurs. Si vous voulez, je précise le contexte. C'était un peu une réaction d'irritation due à des phrases un peu sommaires de collègues biologistes. Ils ne sont pas tous comme ça et, comme tout le monde, j'admire les progrès extraordinaires de la biologie contemporaine. Il n'y a aucun doute. Mais certains d'entre eux considéraient, de manière sommaire, que la physique était la science du passé et la biologie la science de l'avenir. Même des amis à moi, dont je ne citerai pas le nom, avaient tendance à penser des choses comme ça. Certains collègues, qui avaient été des physiciens brillants, nous disaient: "La science intéressante n'est plus là, réveillez-vous!". Nous avons donc essayé, à quelques-uns, de dire ce qui nous paraissait être des grands problèmes ouverts de la physique. Il nous semblait qu'il ne s'agissait pas que des détails, que des grandes questions étaient toujours ouvertes devant nous. La question des phases de la matière désordonnée en faisait partie, bien sûr. Je me souviens d'Alain Aspect<sup>46</sup> essayant d'expliquer ce qu'il appelait à l'époque—le terme a été repris depuis—la deuxième révolution quantique *et cetera*. Donc, nous étions face, quand même, à une physique qui ne me paraissait pas dormante, quand bien même l'interaction physique-biologie était et reste extrêmement importante, bien sûr. Voilà, le contexte de ce livre.
- PC:** Est-ce qu'on peut dire que c'est quand même un peu votre influence, la présence des milieux désordonnés dans cet ouvrage?
- ÉB:** [0:49:03] Oui, je le crois. Et puis il se trouve que j'avais rencontré Odile Jacob<sup>47</sup>, éditrice célèbre, qui avait accepté de publier ce livre, de sorte qu'il a eu un peu plus de visibilité que les livres des physiciens ordinaires.
- PC:** Pour revenir, maintenant, à votre réinvestissement dans la théorie des répliques, qui débute vers la fin les années '90. Vous avez décrit un peu votre cheminement intellectuel, qui a permis de se ré-intéresser à ce domaine-là. Pouvez-vous élaborer un peu sur comment ça s'est passé?
- ÉB:** (0:49:48) *Stricto sensu*, je n'ai pas travaillé sur la brisure de symétrie des répliques, mais je me suis intéressé, sans grand succès, à d'autres systèmes désordonnés comme, par exemple, le modèle d'Ising en champ aléatoire. C'est un autre exemple de système désordonné qui avait suscité des

---

<sup>46</sup> Alain Aspect : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Alain\\_Aspect](https://fr.wikipedia.org/wiki/Alain_Aspect)

<sup>47</sup> Odile Jacob: [https://en.wikipedia.org/wiki/Odile\\_Jacob](https://en.wikipedia.org/wiki/Odile_Jacob)

travaux nombreux, comme ceux d'Imry-Ma<sup>48</sup>, puis une magnifique solution supersymétrique de Parisi-Sourlas<sup>49</sup>. C'est un exemple vraiment extraordinaire car cette solution impliquait une réduction dimensionnelle, comme si le désordre pouvait être ignoré à condition de diminuer de deux unités la dimension de l'espace. Or des arguments qualitatifs semblaient contredire cette réduction dimensionnelle pour un système réaliste tridimensionnel. Le problème a été réglé, par la physique mathématique. C'est un des rares exemples que je connais où une question ouverte a été tranchée par un travail d'un physicien mathématicien, John Imbrie<sup>50</sup>. Il a démontré qu'à trois dimensions, il existait une transition de phase dans le modèle d'Ising en champ aléatoire, ce qui contredisait l'image de la réduction dimensionnelle, sans que l'on comprenne ce qui invalidait les arguments supersymétriques de Parisi-Sourlas. Donc le sujet restait encore ouvert. J'y ai travaillé, en particulier, avec Cirano de Dominicis<sup>51</sup>. Nous avons tenté d'étudier l'existence éventuelle de phénomènes dynamiques qui pourraient expliquer une brisure de l'approche traditionnelle vers l'équilibre. Donc, j'ai un peu travaillé sur les systèmes désordonnés, mais pas beaucoup réellement. Slava Rychkov et ses collaborateurs ont fait des progrès notables cette année permettant enfin de comprendre d'où venait la brisure de supersymétrie<sup>52</sup>.

**PC:** Une autre question un peu plus vague, cette fois-ci. Vous êtes parmi les physiciens français, un de ceux qui a fait le plus d'allers-retours entre les États-Unis et la France pendant toutes ces années. Alors, est-ce que vous avez une impression de comment les idées de brisure des répliques étaient reçues aux États-Unis? Est-ce qu'il y avait une perspective américaine ou s'il n'y avait que des perspectives individuelles sur ce travail?

**ÉB:** [0:52:30] Je n'en ai jamais parlé directement avec Phil Anderson qui était vraiment le grand homme du domaine. (Il avait une tendance à penser qu'il avait tout inventé dans tous les domaines. C'était un peu son défaut, mais c'était un authentique grand homme évidemment.) Je ne sais pas comment il considérait la brisure de symétrie des répliques. Il considérait

---

<sup>48</sup> Yoseph Imry and Shang-keng Ma, "Random-Field Instability of the Ordered State of Continuous Symmetry," *Phys. Rev. Lett.* **35**, 1399 (1975). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.35.1399>

<sup>49</sup> Giorgio Parisi and Nicolas Sourlas. "Random magnetic fields, supersymmetry, and negative dimensions," *Phys. Rev. Lett.* **43**, 744 (1979). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.43.744>

<sup>50</sup> Yoseph Imry : [https://en.wikipedia.org/wiki/Yoseph\\_Imry](https://en.wikipedia.org/wiki/Yoseph_Imry)

<sup>51</sup> E. Brézin and C. De Dominicis, "New phenomena in the random field Ising model," *Europhys. Lett.* **44**, 13 (1998). <https://doi.org/10.1209/epl/i1998-00428-0>; "Interactions of several replicas in the random field Ising model," *Eur. Phys. J. B* **19**, 467–471 (2001). <https://doi.org/10.1007/s100510170323>

<sup>52</sup> Apratim Kaviraj, Slava Rychkov and Emilio Trevisani, "Random Field Ising Model and Parisi-Sourlas supersymmetry. Part I. Supersymmetric CFT," *J. High Energy Phys.* **2020**, 90 (2020). [https://doi.org/10.1007/JHEP04\(2020\)090](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2020)090); "Random Field Ising Model and Parisi-Sourlas Supersymmetry II. Renormalization Group," arXiv:2009.10087 [cond-mat.stat-mech].



quand même que les systèmes désordonnés étaient l'archétype des modèles du futur et de beaucoup des questions ouvertes en physique statistique. En revanche, je dirais que les physiciens des hautes énergies qui s'étaient intéressés à la physique statistique pendant un certain temps—je vais citer des grands comme Polyakov, Zamolodchikov<sup>53</sup> —ne se sont pas intéressés à la brisure de symétrie des répliques me semble-t-il. Je pense qu'ils ont trouvé que c'était trop ésotérique pour leur goût. Ils ont laissé ça à d'autres. Je n'ai pas de souvenir que dans la grande école de Harvard de l'époque, où il y avait des gens comme Sidney Coleman<sup>54</sup>, Steve Weinberg<sup>55</sup> *et cetera*, que ces gens-là se soient intéressés du tout à ce sujet. Le groupe de renormalisation les avait beaucoup intéressés, mais pas ce sujet-là. Je ne sais pas très bien ce qu'en pensaient les grands de la physique de la matière condensée, des collègues comme Bert Halperin<sup>56</sup> ou David Nelson<sup>57</sup>. Bert Halperin faisait vraiment de la physique de solides et, même s'il comprenait tout, je ne crois pas qu'il ait travaillé sur la brisure de symétrie des répliques. David Nelson s'intéressait quand même beaucoup aux phases avec des lignes de désordre, avec des beaux travaux sur les phases de Frank-Kasper<sup>58</sup> mais pas, à ma connaissance, sur la brisure de symétrie des répliques. Donc, je dirais qu'il n'y a pas eu un écho considérable aux États-Unis, pas autant qu'en Europe, où, il faut le dire, l'influence personnelle de Giorgio sur toute l'école de Rome qui ensuite a disséminé dans toute l'Europe—y compris à Paris, j'en suis très heureux— a été extrêmement marquante. Donc, peut-être l'opposition de Fisher et Huse a fait pendant longtemps de la brisure de symétrie des réplique un sujet plus européen qu'américain. Peut-être que je caricature, mais voilà la vision que j'en ai eue d'ici. Il ne faut pas oublier tout de même l'influence des idées de Haim Sompolinsky qui avait développé à Jérusalem des idées importantes sur la dynamique temporelle des systèmes désordonnés.

**FZ:** Juste une question sur la relation avec les États-Unis. Il y a eu, en effet, quelqu'un aux États-Unis qui s'est intéressé à la brisure de la symétrie des répliques. C'étaient, en fait, Peter Wolynes avec Ted Kirkpatrick et David Thirumalai qui ont pris un peu les idées de verres de spin aux années '86-'87 pour formuler une théorie des verres. Est-ce que de ce côté de l'Atlantique, est-ce qu'en Europe, les gens à l'époque avaient connaissance de ces efforts? Est-ce qu'il y avait des échanges?

---

<sup>53</sup> Alexei Zamolodchikov : [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei\\_Zamolodchikov](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei_Zamolodchikov)

<sup>54</sup> Sidney Coleman : [https://en.wikipedia.org/wiki/Sidney\\_Coleman](https://en.wikipedia.org/wiki/Sidney_Coleman)

<sup>55</sup> Steven Weinberg : [https://en.wikipedia.org/wiki/Steven\\_Weinberg](https://en.wikipedia.org/wiki/Steven_Weinberg)

<sup>56</sup> Bertrand Halperin : [https://en.wikipedia.org/wiki/Bertrand\\_Halperin](https://en.wikipedia.org/wiki/Bertrand_Halperin)

<sup>57</sup> David Nelson : [https://en.wikipedia.org/wiki/David\\_Robert\\_Nelson](https://en.wikipedia.org/wiki/David_Robert_Nelson)

<sup>58</sup> Frank-Kasper phases : [https://en.wikipedia.org/wiki/Frank%E2%80%93Kasper\\_phases](https://en.wikipedia.org/wiki/Frank%E2%80%93Kasper_phases)

- ÉB:** [0:56:47] Francesco, je crois qu'il faudrait vraiment poser la question à quelqu'un qui était au cœur de ce domaine. Moi, j'étais trop périphérique pour te répondre de manière honnête à la question. Je connais le travail dont tu parles, mais je l'ai connu bien plus tard, accidentellement. À l'époque, est-ce que les physiciens ici étaient conscients, est-ce que Cirano était conscient de ce travail? Peut-être, mais je ne le sais pas. Il était fréquemment en relation avec l'école allemande, lui, et évidemment Budapest, mais je ne sais pas. Mon sentiment était que l'Europe et les États-Unis étaient quand même assez séparés sur cette question particulière de brisure des répliques.
- PC:** Dans une entrevue pour l'Académie en 2011<sup>59</sup>, vous avez mentionné que l'une de vos grandes joies dans votre expérience de scientifique c'était l'enseignement. Est-ce que vous avez eu la chance d'enseigner du matériel sur la brisure des répliques à un quelconque moment? Si oui, dans quel contexte?
- ÉB:** [0:58:01] J'ai enseigné beaucoup de cours traditionnels habituels: Introduction à la mécanique quantique, à la mécanique statistique. J'ai enseigné dans ce qu'on appelait le DEA, à l'époque—M2, aujourd'hui—beaucoup la théorie des champs, le groupe de renormalisation. La brisure de symétrie des répliques était donc un sujet trop spécialisé pour ces cours-là. Néanmoins, il m'est arrivé de faire des cours, quand j'ai été à la retraite de l'enseignement ici. Au bout de quelques temps, je me suis rendu compte qu'après tout j'aimais bien enseigner. J'ai recommencé à enseigner, mais essentiellement à l'étranger. J'ai enseigné dans des endroits comme Guangzhou, à plusieurs reprises, et Hong Kong. Même une fois à Rome, (accidentellement, en même temps que Francesco). J'ai mentionné les répliques et la brisure des répliques dans quelques-uns de ces cours, mais je crois que je ne suis jamais allé jusqu'à exposer complètement la solution de Parisi. J'ai mentionné le paramètre d'ordre d'Edwards-Anderson, le fait que c'était l'objet central de la solution de Parisi, mais je ne suis pas rentré dans le détail de la solution. En revanche, j'ai exposé la solution de quelques questions de physique statistique solubles grâce à la supersymétrie.
- PC:** Est-ce qu'il y a quelque chose d'autre de cette époque, dont on n'a pas touché, et que vous aimeriez partager avec nous avant qu'on termine?

---

<sup>59</sup> “Édouard Brézin : la physique théorique pour dessiner l'avenir,” *Canal Académie*, 6 novembre 2011. <https://www.canalacademie.com/ida7886-Edouard-Brezin-la-physique-theorique-pour-dessiner-l-avenir.html> (Last consulted: December 21, 2020).

**ÉB:** [0:59:56] Écoutez. Je vous disais d'entrée de jeu qu'en ce qui me concerne j'ai trouvé extrêmement profitable d'avoir une vision qui n'était ni mécanique statistique exclusivement, ni théorie des champs exclusivement. J'ai trouvé que l'interaction m'avait été profitable. Quand je regarde des collègues comme Parisi, Polyakov *et cetera*, je vois bien que je n'étais pas le seul de cet avis. Mais, au bout d'un certain temps, les disciplines se sont largement re-divisées; néanmoins il y a encore des domaines dans lesquels cette interaction est restée fructueuse. Je pense d'abord à l'existence de phases topologiques de la matière, dans lesquelles ces concepts topologiques—aussi bien en théorie des champs qu'en physique statistique—ont joué un rôle central. Cette fois-ci, je pense au prix Nobel d'il y a deux ans, fort justifiée, à ce sujet, de Thouless, Haldane et Kosterlitz<sup>60</sup>. Et il y a eu d'autres domaines dans lesquels si je regarde les travaux de Subir Sachdev<sup>61</sup> à Harvard, qui a beaucoup essayé d'utiliser les idées nouvelles de couplage fort/couplage faible, issues de la dualité jauge/champ, issue des lointains travaux de Maldacena<sup>62</sup>. De la même façon, les travaux de Kitaev<sup>63</sup>, aussi bien sur les systèmes désordonnés que sur l'intrication quantique et les bornes sur l'entropie et les trous noirs, me semblent aujourd'hui encore justifier qu'il y ait des gens qui aient une vision large. Donc, quand il m'arrive parfois encore de parler à des gens plus jeunes, je continue à penser qu'il y a place—et même une bonne place—pour des idées originales grâce à une vision qui dépasse la spécialisation extrême à laquelle trop de gens se sentent ou se croient confinés. Voilà ma réflexion personnelle.

**PC:** Finalement, une question technique. Est-ce que vous avez gardé des notes, des papiers, de la correspondance de cette époque? Si oui, est-ce que vous avez un plan pour les déposer dans une archive académique?

**ÉB:** [1:02:59] Non. J'ai déménagé et le déménagement a fait que tout a été perdu. Je ne crois pas avoir de lettres intéressantes à conserver. C'est vrai que j'ai eu des échanges intéressants, mais beaucoup ne sont même pas dans du papier. Ils étaient face à des tableaux noirs. C'est trop long de vous raconter ça, mais j'ai des exemples qui me tiennent à cœur de discussions—quelque fois où j'ai eu tort, quelques fois où je n'ai pas eu tort—qui restent pour moi des souvenirs importants. Voilà!

**PC:** Mais rien d'archivable.

---

<sup>60</sup> "Press release: The Nobel Prize in Physics 2016", *The Nobel Prize* <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2016/press-release/> (Last consulted November 11, 2020).

<sup>61</sup> Subir Sachdev : [https://en.wikipedia.org/wiki/Subir\\_Sachdev](https://en.wikipedia.org/wiki/Subir_Sachdev)

<sup>62</sup> Juan Martin Maldacena : [https://en.wikipedia.org/wiki/Juan\\_Mart%C3%ADn\\_Maldacena](https://en.wikipedia.org/wiki/Juan_Mart%C3%ADn_Maldacena)

<sup>63</sup> Alexei Kitaev : [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei\\_Kitaev](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexei_Kitaev)

- ÉB:** [1:03:45] Rien d'archivable. Par exemple, j'ai souvenir d'avoir été convié une fois à une petite conférence organisée à San Francisco—je crois que c'était Sidney Coleman qui en était l'organisateur, quelqu'un que j'admirais énormément. Il y avait une vingtaine de participants, là encore pour la plupart des physiciens des particules. Sidney avait invité Richard Feynman. Je ne peux vous dire combien j'étais terrorisé de parler devant Feynman, et je crois que nous étions tous dans cet état, même des gens très sûrs d'eux en apparence comme David Gross. Je dois dire que, après mon séminaire, le fait que Feynman vienne me parler avec une grande amabilité de ce que j'avais raconté, pour me demander plus de détails, a été pour moi un des moments les plus forts de ma vie de physicien. Donc, voilà! Il y a des souvenirs comme ça, mais ils ne sont nulle part. Ils sont dans ma tête.
- PC:** C'est une très belles histoire. Merci beaucoup.
- ÉB:** Je vous en prie. Merci Patrick, merci Francesco, de m'avoir écouté. Au revoir.