



HAL
open science

Pierre-Gilles de Gennes Le “ Newton du XXème siècle ”

Chloé Carpentier, Chloé Garçon, Claire Guyot, Mathilde Pons, Léa Simon,
Aurélie Tabourot

► To cite this version:

Chloé Carpentier, Chloé Garçon, Claire Guyot, Mathilde Pons, Léa Simon, et al.. Pierre-Gilles de Gennes Le “ Newton du XXème siècle ”. [Travaux universitaires] Bordeaux INP; Ecole Nationale Supérieure de Chimie, de Biologie et de Physique. 2018. hal-01794759

HAL Id: hal-01794759

<https://hal.science/hal-01794759>

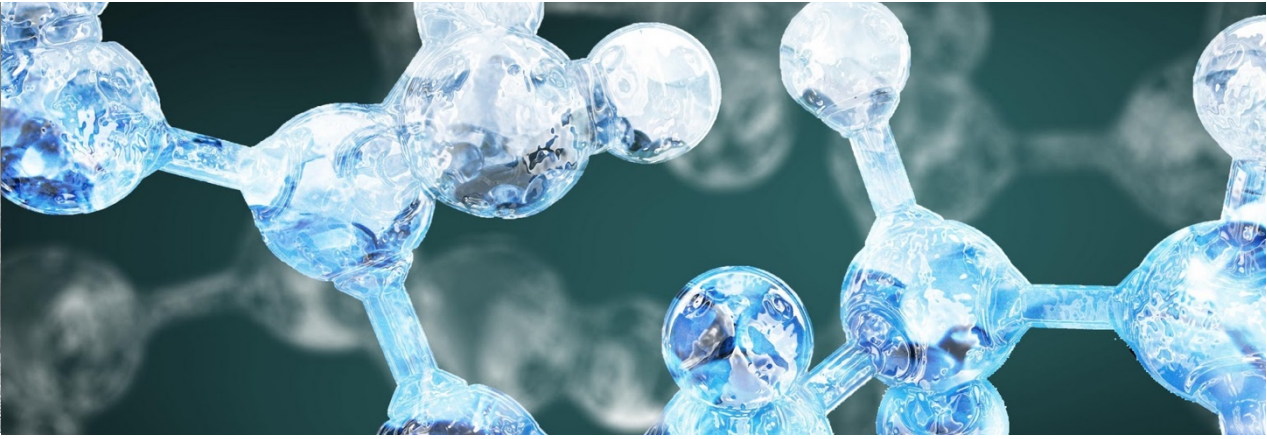
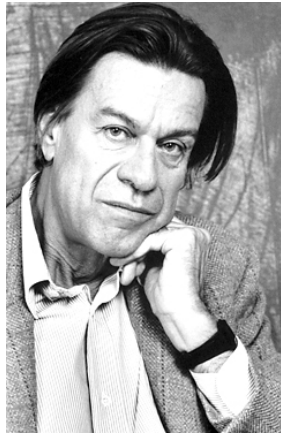
Submitted on 17 May 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License



Rapport de projet Fondement des Sciences

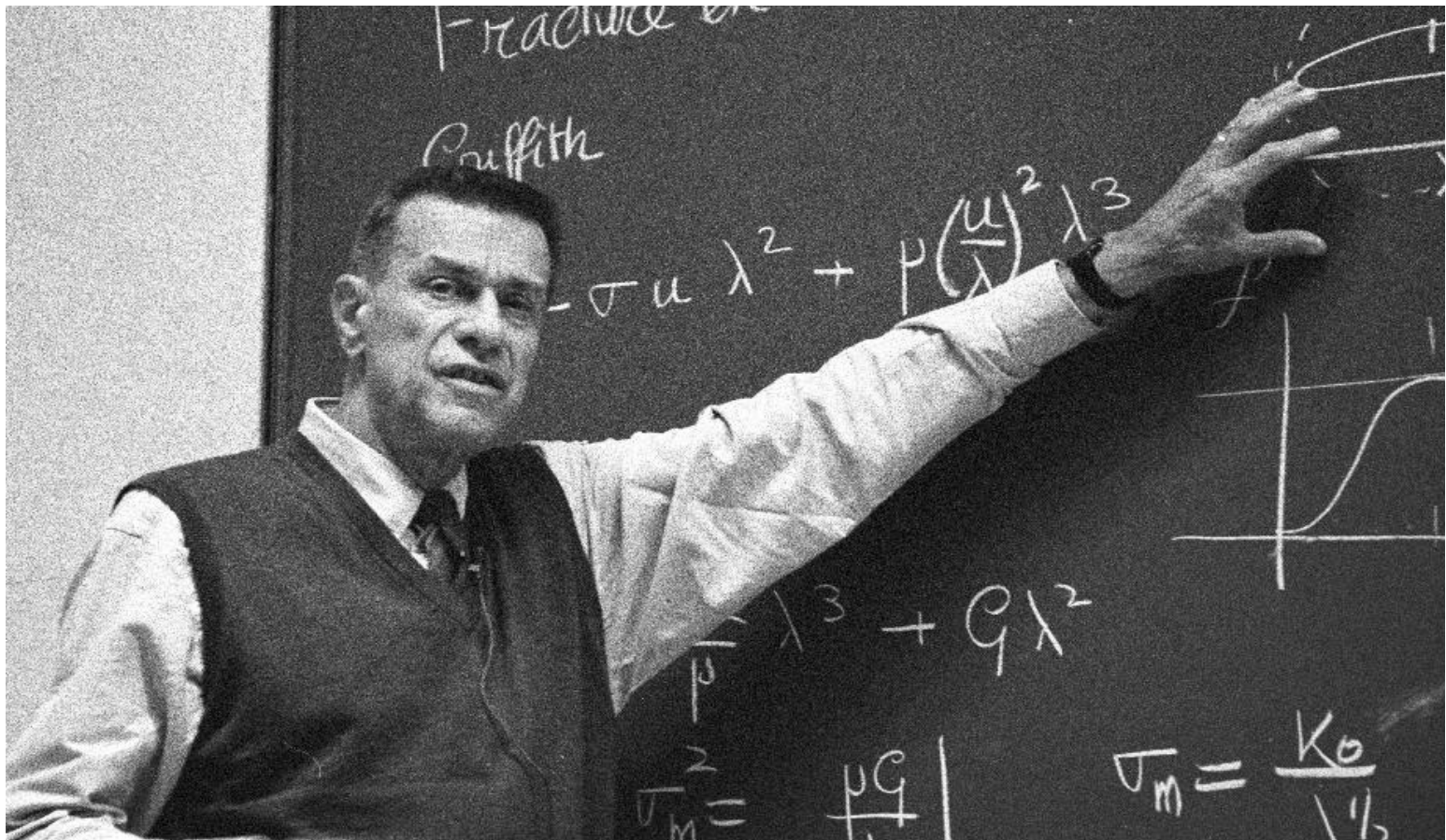
CARPENTIER Chloé
GARÇON Chloé
GUYOT Claire
PONS Mathilde
SIMON Léa
TABOUROT Aurélie



Tuteur : Olivier SANDRE

Pierre-Gilles de Gennes

Le « Newton du XXème siècle »



Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué, chacune à leur façon, à la réussite de notre projet. Nous adressons tout particulièrement nos remerciements à M. Olivier Sandre, qui a consacré de son temps pour nous aider à cerner Pierre-Gilles de Gennes. Nous le remercions également pour son aide, pour ses précieux conseils, et pour les documents qu'il nous a fournis et qui ont servis de base à notre travail.

SOMMAIRE

1	Introduction.....	3
2	Biographie.....	4
3	Travaux.....	6
3.1	Supraconducteurs.....	6
3.2	Cristaux liquides.....	7
3.3	Polymères.....	9
3.4	Physique des gouttes.....	11
3.5	Adhésion.....	12
3.6	Biophysique.....	15
4	La passion de l'expérience.....	16
5	L'enseignement et l'industrie.....	18
6	Conclusion.....	19
7	Table des illustrations.....	20
8	Bibliographie.....	21

1 Introduction

Qui est Pierre-Gilles de Gennes ? Pour quelles raisons est-il surnommé le « Newton du XXème siècle » ? D'où vient son goût pour l'éclectisme scientifique, qui l'a conduit des supraconducteurs à la neuroscience en passant par les cristaux liquides, les polymères, la physique des gouttes et l'adhésion ? Qui est ce personnage iconoclaste toujours volontaire pour rencontrer des lycéens, des industriels ou encore les médias ?

« Le vrai point d'honneur n'est pas d'être toujours dans le vrai. Il est d'oser, de proposer des idées neuves, et ensuite de les vérifier. » Telle est la philosophie de Pierre-Gilles de Gennes, une philosophie qu'il suivra tout au long de sa vie et qui le mènera à faire d'incroyables découvertes, révolutionnaires pour la communauté scientifique.

Dans ce dossier, nous allons dépeindre, dans un premier temps, la vie de Pierre-Gilles de Gennes, puis nous nous intéresserons aux nombreux travaux scientifiques qu'il a réalisés. Pour terminer, nous nous pencherons sur sa passion pour l'expérience et ses liens avec l'industrie et l'enseignement.



Figure 1 : Portrait de Pierre-Gilles de Gennes

2 Biographie

Pierre-Gilles de Gennes naît à Paris, le 24 octobre 1932. Fils de Robert de Gennes, médecin militaire, et de Yvonne Morin-Pons, infirmière, Pierre-Gilles de Gennes grandit à Barcelonnette, dans les Alpes de Haute-Provence. Sa mère prend en charge sa scolarité et son éducation à la maison, jusqu'à ses 11 ans. C'est à l'âge de 13 ans qu'il choisit de partir à Bristol pour apprendre l'anglais. Il s'initie également à la science, au contact du physicien Giuseppe Occhialini. Il intègre par la suite le lycée Saint-Louis, à Paris, afin de préparer le concours d'entrée à l'École Normale Supérieure. Il y est admis en 1951, dans la filière « Normale Sciences Expérimentales », une filière dans laquelle il peut étudier à la fois la biologie, les mathématiques et la physique. Il prépare en 1954 le concours de l'agrégation de physique. La même année, il épouse en juin Anne-Marie Rouet, sa première épouse, avec qui il aura trois enfants : Christian, né en 1954, Dominique, née en 1956, et Marie-Christine, née en 1958.

En 1955, Pierre-Gilles sort diplômé de l'École Normale Supérieure et trouve un poste d'ingénieur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). C'est là-bas qu'il prépare sa thèse pour le doctorat en sciences intitulée « Contribution à l'étude de la diffusion magnétique des neutrons », qu'il soutiendra à Paris en 1957. Au cours de cette période, il se penche sur l'étude des phénomènes critiques des matériaux magnétiques apparaissant au voisinage de la température de Curie. En s'appuyant sur les travaux de Léon Van Hove, il arrive à comprendre comment les moments magnétiques se désordonnent lorsque la température augmente, alors qu'ils sont ordonnés à basse température. Il développe également le concept de percolation, qu'il applique pour comprendre la relaxation des spins dans les cristaux magnétiques, la conduction électrique dans un réseau ou encore la diffusion des neutrons dans les liquides. En 1958, le scientifique part à l'université de Californie, à Berkeley, pour un séjour d'un an.

De 1961 à 1971, Pierre-Gilles se tourne vers l'enseignement : il est maître de conférences de physique des solides puis professeur titulaire à la faculté des sciences d'Orsay, à Paris, où il enseigne la mécanique quantique. En parallèle, il mène de nombreuses recherches au Laboratoire de physique des solides de l'université Paris-Sud. Il s'intéresse notamment à la supraconductivité dans les métaux, prédit l'existence d'un troisième champ critique supraconducteur et vérifie la théorie BCS. Il étudie également les transitions de phase dans les cristaux liquides. De 1965 à 1968, c'est à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris qu'il enseigne la mécanique quantique. En 1968, il est lauréat du prix Holweck.

Pierre-Gilles de Gennes est nommé professeur au Collège de France en 1971, et occupe alors la chaire de physique de la matière condensée. Dès lors, il décide de créer un nouveau laboratoire au Collège de France, et s'entoure de Madeleine Veysse et Françoise Brochard-Wyart, deux spécialistes de physique expérimentale.

Il se rapproche notamment de la physicienne Françoise Brochard-Wyart, une de ses anciennes doctorantes, avec qui il aura quatre enfants : Claire Wyart, née en 1977, Matthieu Wyart, né en 1978, Olivier Wyart, né en 1984 et enfin Marc De Gennes, né en 1991.

Il se penche sur l'étude des transitions de phase à deux dimensions, puis s'oriente vers la physique des polymères : c'est à ce moment-là que naît la « matière molle ». Pierre-Gilles conçoit un modèle permettant de comprendre la dynamique des solutions de polymères, puis le « théorème $n=0$ », reliant la statistique des chaînes de polymères et les transitions de phases. C'est à cette époque qu'il s'intéresse également aux propriétés de mouillage, de dé mouillage et d'adhésion.

C'est en 1976 que Pierre-Gilles est nommé Directeur de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI) de Paris, succédant à Georges Champetier. Il est en faveur d'une plus grande pluridisciplinarité des enseignements et arrive à introduire des cours de biologie au sein de l'école. Il renforce aussi les enseignements expérimentaux, et introduit le tutorat, à l'époque très populaire en Angleterre mais inconnu du système français.

En 1991, il est récompensé par un prix Nobel de physique pour ses travaux sur les cristaux liquides.

En 2002, Pierre-Gilles de Gennes se lance pour la première fois dans la biophysique, et ce changement de direction scientifique représente un réel tournant dans sa vie. En effet, il traverse une période difficile à accepter pour le scientifique qu'il est : à 70 ans, il se voit obligé de quitter sa chaire du Collège de France où il se plaisait tant. Au même moment, il passe le relais de la direction de l'ESPCI à son confrère Jacques Prost. Pourtant la retraite n'est pas dans ses projets, c'est pourquoi il se voit accepter le poste de conseiller à l'Institut Curie, institut qui, rappelons-le, a à cœur de promouvoir des recherches mêlant physique et biologie cellulaire. Il s'agit là d'un grand changement pour de Gennes. En effet, malgré l'intérêt qu'il porte à la biologie depuis son plus jeune âge et sa rencontre dans les années soixante avec Charles Sadron, spécialiste des bio polymères, la biophysique reste pour lui, physicien, « utile mais pas imaginative ». C'est seulement dans les années quatre-vingt-dix que Pierre-Gilles de Gennes commence à changer de point de vue en trouvant de réels intérêts à la biophysique dans le domaine biomédical notamment, mais également dans l'avancement des technologies (microscopie dans les systèmes vivants). Il se dit d'ailleurs fasciné par deux choses : les progrès dans différents domaines, comme l'oreille interne, et les actions en « bioengineering » comme la délivrance de médicament.

On peut toutefois dire que le déclic qu'a eu de Gennes pour la biophysique est dû à la thèse de neuroscience de sa fille, incompréhensible et pourtant si intéressante à son goût. Cela lui a donné, ou plutôt redonné, l'envie d'apprendre et de chercher. Pour ce scientifique toujours en quête de défis à relever, l'enjeu est grand : il devient « physicien apprenti biologiste » à plus de soixante-dix ans et son travail est très attendu dans le monde scientifique. En 2005, il soumet son modèle aux critiques de spécialistes en neurosciences, et le physicien Daniel Amit (lui aussi réorienté vers la neuroscience) le publie alors. Ce dernier sera très bien accueilli, bien qu'actuellement il n'est toujours pas validé. En 2006, il participe à un colloque pluridisciplinaire sur « La Vie et le Temps » et présentera son modèle, le texte Nature des objets de mémoire : le cas de l'olfaction en est la retranscription. Pierre-Gilles de Gennes décède d'un cancer le 18 mai 2007.



Figure 2 : Travaux de Pierre-Gilles de Gennes dans l'ordre chronologique

3 Travaux

3.1 Supraconducteurs

À la fin des années 1950, une nouvelle théorie bouleverse les codes de l'époque : la théorie BCS (Bardeen Cooper Schrieffer), reposant sur le modèle du rassemblement des paires de Cooper. Cette théorie explique que les électrons, qui agissent normalement de manière indépendante comme des ondes dans la matière, se réunissent pour former une grande onde collective. Une fois créée, cette fonction d'onde quantique macroscopique impose à tous les électrons de la formation de se déplacer de la même façon. Ainsi, dans un métal classique, une anomalie structurale peut facilement faire dévier un électron seul. Au contraire, dans un supraconducteur, il sera impossible pour cette même anomalie de dévier l'ensemble des électrons de l'onde macroscopique aussi appelée condensat. Le mouvement des électrons n'est donc plus ralenti : le métal « superconduit ». Cette théorie suscite l'engouement des scientifiques de l'époque pour ce nouveau cheval de bataille.

Une fois sa thèse au CEA terminée, Pierre-Gilles de Gennes s'intéresse au domaine des supraconducteurs en travaillant en collaboration avec une équipe de théoriciens et d'expérimentateurs appelée le « groupe de supraconductivité d'Orsay ». C'est au Laboratoire de Physique du Solide, fondé par Jacques Friedel, que le groupe va réaliser ses travaux et signer de nombreuses publications. Leur objectif est d'enrichir les théories sur ces nouveaux matériaux. Pour cela, ils inventent des situations de supraconductivité particulière pour une étude quantitative locale. Par exemple, pour démontrer l'effet de proximité, un film mince de métal « normal » est accolé à un métal supraconducteur. Les propriétés supraconductrices sont induites du côté du métal classique alors qu'elles sont affaiblies du côté supraconducteur. Cet effet peut être expliqué par la diffusion des paires de Cooper et vérifié par l'expérience grâce à la microscopie à effet tunnel. En effet, un caractère supraconducteur peut être mis en évidence par une anomalie caractéristique de l'effet tunnel.

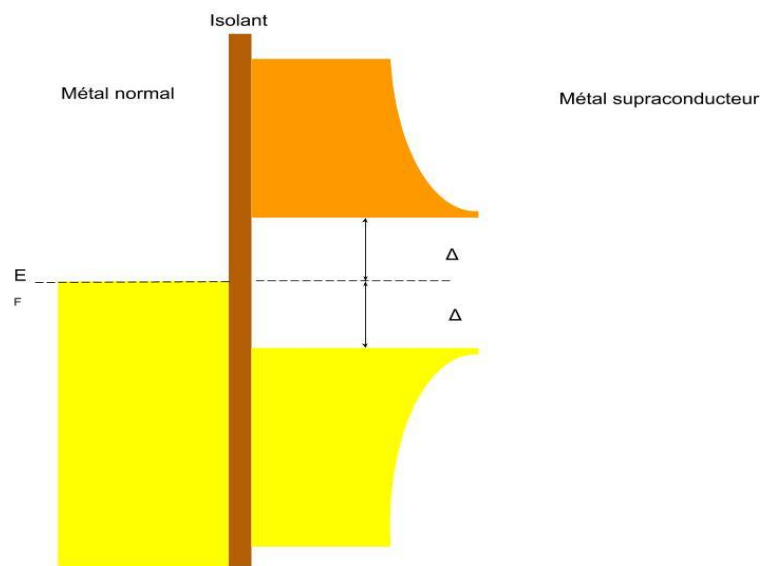


Figure 3 : Différences de structure électronique entre métal normal et supraconducteur

Théoriquement, les électrons peuvent traverser une barrière de potentiel s'ils possèdent l'énergie nécessaire pour franchir cet « obstacle ». L'effet tunnel crée une jonction permettant de franchir une barrière de potentiel même si cette condition n'est pas validée, du moment qu'un état d'énergie inférieure ou égale est disponible de l'autre côté. Ainsi, un courant entre deux métaux soumis à une tension et séparés par une couche isolante d'oxyde peut exister. Or, les supraconducteurs possèdent une bande interdite, ce qui impose qu'aucun état n'est disponible ni dans la zone remplie d'électrons (en dessous de $EF-\Delta$) ni dans la zone vide (au-dessus de $EF+\Delta$) (voir Figure 3). Le comportement d'effet tunnel est donc modifié, car lors de l'application d'une tension de valeur Δ , un courant apparaît brusquement, ce qui représente une anomalie remarquable.

Le groupe d'Orsay est également reconnu pour sa théorie sur la supraconductivité de surface sous l'effet d'un champ magnétique critique. En effet, un supraconducteur se trouve dans des phases différentes selon le champ magnétique qui lui est imposé. Jusqu'à une première valeur H_{c1} , l'effet Meissner s'applique au matériau qui se comporte donc comme un diamagnétique parfait (tout champ est exclu à l'intérieur de celui-ci). Dans la seconde phase, c'est-à-dire jusqu'à la valeur H_{c2} , le supraconducteur est dans la phase de Schubnikov. Le champ magnétique parvient à entrer dans le matériau sous forme de lignes de tourbillon créant des zones de "normalité". Enfin, entre H_{c2} et H_{c3} , qui représentent les champs critiques, on observe une supraconductivité de surface. Les propriétés supraconductrices subsistent alors encore dans une épaisseur superficielle.

Cette dernière théorie donne une réponse à de nombreux cas pour lesquels un spécimen devient supraconducteur seulement à sa surface dans des régimes spéciaux. Elle sera ensuite validée par l'expérience comme cité par J. P. Burger dans l'article du Journal de Physique Appliquée, le 2 Avril 1965.

Ce domaine passionnera De Gennes jusqu'en 1967 lorsqu'il décide d'abandonner ce sujet qu'il considère comme terminé.

3.2 Cristaux liquides

En 1968, Pierre-Gilles de Gennes se lance dans la recherche sur les cristaux liquides presque par hasard. Après la mise au point du premier prototype de base d'afficheur fait à partir de cristaux liquides par la société RCA (Radio Corporation of America), Pierre-Gilles de Gennes croise, à la sortie d'un de ses cours à l'Ecole Normale Supérieure, Jean Brossel (prix Nobel 1966), son ancien professeur. Ce dernier lui apprend que l'un de ses élèves, Georges Durand, est de retour des Etats-Unis et lui demande s'il n'y aurait pas un poste pour lui à Orsay. Georges Durand a passé une année dans le laboratoire de Bloembergen et a mené des mesures optiques sur les cristaux liquides. Pierre-Gilles de Gennes se documente alors sur ce sujet, notamment en lisant une synthèse publiée par le physicien russe I.G Chistyakov dans Soviet Physics Uspekhi en 1967. Il prend conscience que les cristaux liquides sont mal compris.

Ces cristaux sont uniquement décrits comme des objets qui, lorsqu'ils sont chauffés, fondent et se transforment en un liquide laiteux. En revanche, au lieu d'être désordonnées comme un liquide classique, les molécules adoptent un certain ordre, comme on peut le voir sur la figure 4. Lorsque ces cristaux sont ensuite chauffés à plus haute température, le liquide devient transparent et le phénomène d'ordre a disparu. On peut considérer que cette matière a deux « points de fusion ».

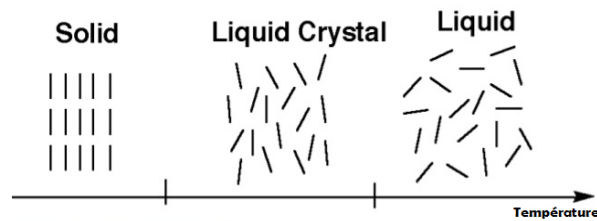


Figure 4 : Orientation des molécules de cristal liquide en fonction de la température

La phase intermédiaire est alors appelée cristal liquide car elle combine à la fois les propriétés d'un liquide conventionnel et celles d'un solide cristallisé. La forme particulière des cristaux liquides, comme par exemple en bâtonnet ou en disque, ainsi que leur composition chimique, sont responsables de la formation de cette phase intermédiaire. La forme encombrante les empêche de se mouvoir dans tous les sens. Selon l'agencement des molécules, on peut qualifier les cristaux liquides de nématiques lorsque les molécules sont alignées parallèlement, de smectiques lorsqu'elles sont en plus contenues dans des couches superposées, ou de cholestériques si les molécules sont disposées en hélice. Ces trois catégories ont été découvertes dans les années 1920 par Georges Friedel et sont aujourd'hui divisées en de nombreuses sous-catégories.

Suite à ses travaux sur les matériaux magnétiques et les supraconducteurs, Pierre-Gilles acquiert un certain savoir sur les transitions de phases. Il entreprend alors de travailler sur la science des cristaux liquides, un sujet tombé en désuétude depuis le début de XX^{ème} siècle. Le théoricien propose à George Durand de rejoindre sa première équipe expérimentale sur les cristaux liquides. Pierre-Gilles de Gennes cherche dans un premier temps à comprendre la raison de l'aspect laiteux des cristaux liquides nématiques entre les deux « points de fusion », ce phénomène n'ayant pas encore d'explication scientifique. Deux hypothèses s'opposent à cette époque. Pour certains scientifiques, le cristal liquide est opaque car il est constitué de différents essaims de molécules parallèles et forme donc un milieu discontinu. Pour d'autres physiciens, il s'agit d'un milieu continu dans lequel l'orientation des molécules varie de proche en proche. Pierre-Gilles de Gennes démontre alors que cette seconde hypothèse est correcte et publie ses théories dans un article signé « Groupe d'étude des Cristaux liquides (Orsay) ». Les expérimentateurs obtiennent des résultats concordant avec les prédictions de De Gennes. Au fil des mois, une effervescence se répand et l'équipe s'agrandit avec des physiciens spécialistes du Laboratoire de Physique des Solides (LPS) dans de nombreux domaines comme la cristallographie, les supraconducteurs ou encore l'optique. Cette équipe se rassemble sous la bannière de Pierre-Gilles de Gennes. Il fait également venir des chimistes au laboratoire pour qu'ils synthétisent les cristaux liquides adaptés aux expériences ainsi que de nouveaux cristaux liquides. Auparavant, ils étaient importés des Etats-Unis.

Pierre-Gilles de Gennes démontre ensuite que, pour les cholestériques (cristaux liquides en hélices), l'application d'un champ magnétique perpendiculaire provoque le déroulement de la structure, ce qui explique dans le détail les mécanismes microscopiques en jeu lors de l'affichage des premiers afficheurs à cristaux liquides. Jusqu'à cette découverte, l'hypothèse des scientifiques était que le défaut du cristal était responsable de la variation de couleur sous l'effet du champ électrique. George Durand observe une poussière monter et descendre lentement entre les électrodes, preuve que le cristal liquide est en mouvement. En effet, le champ électrique provoque des courants de convection qui font circuler le cristal en boucle. Pierre-Gilles de Gennes ne se penche pas directement sur la théorie, il faudra une

seconde observation pour qu'il se penche sur le sujet. Les expérimentateurs, pour comprendre l'origine de ses courants de convection, modifient la fréquence du champ appliqué. Ils observent, qu'au-delà d'un certain seuil de fréquence, les cristaux liquides s'alignent selon une structure en « chevrons », puis, quand la tension appliquée est plus élevée, les cristaux liquides deviennent turbulents et hétérogènes : ils diffusent fortement la lumière. Quelques jours plus tard, Pierre-Gilles de Gennes présente une interprétation qui explique l'existence de différents régimes, ainsi que l'origine des mouvements de convection et des figures qui apparaissent. Pour chaque cas, il explique les différentes contributions (ions, moments dipolaires ...) permettant ainsi de comprendre ce qui se passe au niveau microscopique lors de l'affichage.

Pierre-Gilles de Gennes émet ensuite l'hypothèse qu'une variation de température pourrait avoir un effet similaire au champ électrique sur les cristaux liquides. Il formule quelques équations qu'il confie à la théoricienne Elisabeth Dubois-Violette. À l'aide de quelques lignes que Pierre-Gilles de Gennes a écrites, la théoricienne réussit à déboucher sur une théorie complète des instabilités de convection thermique existantes dans les cristaux liquides. Grâce à l'inspiration de Georges Durand, De Gennes se penche ensuite sur l'analogie entre les cristaux liquides et les supraconducteurs. Georges Durand montre à Pierre-Gilles de Gennes des expériences faites par son équipe avec un laser sur des smectiques A (molécules disposées en couches et perpendiculaires au plan des couches) où apparaît un anneau de diffraction, sans que l'équipe ne comprenne la raison. George Durand construit un modèle et définit une longueur d'onde caractéristique qu'il expose à Pierre-Gilles de Gennes. Cette longueur caractéristique évoque à de Gennes celle en jeu dans la théorie de la supraconductivité de Ginzburg-Landau. Il se penche alors sur les similitudes entre les smectiques A et les supraconducteurs et s'aperçoit que les smectiques peuvent être décrits comme une fonction d'onde analogue à celle des paires de Cooper dans un supraconducteur. Il montre également que la transition de phase entre les nématiques et les smectiques A est similaire à celle qui se produit entre le métal « normal » et le supraconducteur. Puis, il pousse son analogie encore plus loin en montrant l'existence de types I et II dans les smectiques, comme il existe des supraconducteurs de type I et II. Il prédit également de nouvelles phases, qui seront observées des années plus tard. Ces analogies contribuent à lui faire remporter le prix Nobel en 1991.

Pierre-Gilles de Gennes commence ensuite à se sentir moins à l'aise au LPS qui est devenu une grosse structure de plus de 150 chercheurs avec un conseil scientifique pas toujours aussi réactif qu'il le souhaiterait. Il accepte un poste au Collège de France et choisit de ne pas continuer ses recherches à Orsay saisissant l'opportunité de créer son propre laboratoire à Paris. Une fois sa nomination effective, il cesse ses recherches sur les cristaux liquides mais continue pendant les années suivantes à assister à des colloques sur le sujet. Il publie encore plusieurs articles sur les cristaux liquides jusqu'à la fin des années 1970 et rédige un livre de synthèse en 1974, intitulé The Physics of Liquid Crystals.

En moins de trois ans, Pierre-Gilles de Gennes a effectué une avancée majeure dans la théorie des cristaux liquides et contribue à faire de la science des cristaux liquides l'un des sujets les plus en vogue, de sorte que des centaines de chercheurs à travers le monde s'y engagent.

3.3 Polymères

Au début des années 1970, la physique des polymères ne connaît pas d'avancées majeures et stagne. En effet, seul le cas des solutions diluées est correctement décrit et compris. Les chaînes de polymères sont formées de monomères enchaînés de façon aléatoire et se rassemblent en pelote. Une

des caractéristiques de cette pelote est sa taille que l'on peut exprimer selon des lois de puissance du type $y = ax^k$ où k correspond à un exposant critique. Si on se place dans un cas différent des solutions diluées (polymères très éloignés) tel que celui des solutions semi-diluées (polymères enchevêtrés formant des blobs) ou encore celui des solutions fondues (concentration très élevée), cette loi de puissance ne correspond pas aux résultats expérimentaux : les exposants sont erronés.

Souhaitant décrire le mouvement des chaînes de polymères au sein d'une pelote, Pierre-Gilles de Gennes tente une nouvelle approche. Il raisonne sur une seule chaîne piégée par les autres chaînes supposées fixes. Cette chaîne peut alors bouger très lentement entre ces obstacles. Il parvient alors à en déduire des lois de comportements en se basant sur les travaux du physicien britannique Sam Edwards. Il s'agit du modèle de la reptation duquel découle les lois qui dirigent aujourd'hui la mécanique des polymères. Ce modèle est par la suite décliné à des polymères composés de monomères différents, avec des ramifications.

Moins d'un an après cette grande avancée dans le domaine des polymères, Pierre-Gilles de Gennes fait une découverte qui sera considérée comme l'apothéose de ses recherches. À la fin de l'année 1971, son ami Paul Martin lui envoie un article de Kenneth Wilson sur les transitions de phase. Il décide alors d'inclure les idées de cet article dans son premier cours donné au Collège de France sur les transitions de phase. Lorsqu'il étudie le contenu, le théoricien se rend compte que l'article est révolutionnaire : on y donne une solution au problème sur lequel tous les physiciens butaient depuis des années. Cette solution est un outil nommé groupe de renormalisation (K. Wilson obtiendra le prix Nobel pour cette découverte en 1982). Pierre-Gilles de Gennes se demande alors si cet outil peut être utilisé pour décrire l'inexplicable problème des polymères enchevêtrés. En appliquant le groupe de renormalisation et en posant un paramètre n égal à 0, il réussit à résoudre ce fameux problème. De plus, une corrélation entre les transitions de phase et le comportement des polymères peut être effectuée. Ceci permet au théoricien de déduire les lois suivies par les polymères et fait avancer la théorie des polymères, quelle que soit la dilution. Pour les solutions semi-diluées, il introduit une longueur de corrélation qui représente la taille d'une mini pelote du polymère appelée blob et assimile cette solution à un filet de pêcheur constitué de blobs. Dans les solutions dites fondues avec une concentration très élevée, les blobs sont de plus en plus petits (de l'ordre du monomère) et les chaînes deviennent idéales. Pierre-Gilles de Gennes a ainsi fait apparaître des lois simples, conformes aux expériences et indépendantes de la nature du polymère. Le théoricien lance des expérimentateurs des différents laboratoires tels que ceux du Collège de France, du CEA de Saclay et du Centre de recherche sur les macromolécules afin de vérifier ses prédictions. Cette découverte marque un virage dans la carrière de Pierre-Gilles de Gennes. En adoptant une nouvelle approche de lois d'échelle, il se différencie des théoriciens classiques. En effet, les lois d'échelle consistent à établir une loi à petite échelle grâce aux paramètres qui influencent le système et à reconstruire l'échelle supérieure. Cette façon de faire ne plaît pas à tous les physiciens, en effet il s'agit pour certains d'une mauvaise méthode : en devinant les résultats, Pierre-Gilles de Gennes s'arrange pour obtenir le résultat.

Par la suite, Pierre-Gilles de Gennes va s'intéresser à des situations insolites telles que la façon dont les polymères se déplacent dans un tube étroit. Quand le tube est large, les polymères se déplacent sans que les pelotes se déforment. Cependant, plus les parois sont petites, plus les pelotes vont devoir se déformer en s'étirant pour se déplacer. Il mène de nombreuses recherches sur le comportement des polymères en présence d'un corps solide comme une paroi par exemple. Lorsqu'ils sont en contact avec un corps solide, les polymères cherchent à le recouvrir entièrement tout en gardant leur tendance à former des pelotes. Une compétition est alors présente entre ces deux effets et dépend de la concentration en polymères. Quand ils sont peu nombreux, ils adhèrent à la paroi de tout leur long et aucune pelote ne peut se former. Mais, plus on augmente la concentration, moins les polymères n'adhèrent de tout leur

long et ils forment peu à peu des mini pelotes. Pour finir, à partir d'une certaine concentration, les polymères adhèrent à la paroi grâce à un seul segment et forment des pelotes, les chaînes sont entremêlées comme dans les solutions semi-diluées. L'évolution de la concentration des polymères adsorbés sur une paroi suit une loi d'échelle faisant intervenir la taille des blobs.

3.4 Physique des gouttes

Les gouttes et les bulles sont des objets très présents dans notre quotidien, mais suscitent cependant de nombreuses interrogations. Que se passe-t-il à l'interface d'un solide et d'un liquide ? Pourquoi, dans certains cas, une goutte d'eau posée sur une surface va s'étaler, et dans d'autres non ? Lorsque les gouttes d'eau s'étalent, elles gagnent de l'énergie, mais où passe donc cette énergie ? Toutes ces questions témoignent de la complexité des phénomènes de mouillage et de démouillage, sur lesquels va se pencher Pierre-Gilles de Gennes en 1983.

Au début des années 1980, Pierre-Gilles est conseiller scientifique de la société américaine Exxon. Celle-ci rencontre des difficultés au niveau de la récupération du pétrole. En effet, certains gisements sont épuisés par les méthodes traditionnelles, cependant une quantité non négligeable de pétrole reste prisonnière des roches poreuses. Le défi pour Pierre-Gilles est alors de trouver une solution pour pouvoir extraire ce pétrole restant. C'est de là qu'il s'intéresse aux phénomènes de mouillage, succédant ainsi à Thomas Young et Pierre-Simon de Laplace, qui, au XIX^{ème} siècle, avaient porté de l'intérêt aux interactions entre liquide et solide.

Pierre-Gilles consacre alors beaucoup de son temps à lire des articles et à se documenter sur le sujet. Il fait même appel à des observations qui remontent aux années 1940. Le croisement de toutes ces informations lui permet d'expliquer certains phénomènes restés jusqu'alors en suspens. Il démontre que les défauts de la surface, comme la rugosité ou les contaminations chimiques, sont à l'origine de l'effet d'hystérésis. Ces défauts accrochent et retiennent la ligne de contact, c'est-à-dire le bord de la goutte d'eau. Celle-ci se déforme alors, et accumule de l'énergie, sur le même principe qu'un élastique. La goutte se décroche et relaxe au-delà d'une certaine déformation. Pierre-Gilles révèle également l'importance des forces à longue portée de Van der Waals dans les petites gouttes. Ces forces sont responsables de la cohésion des molécules dans les liquides. En situation de mouillage total, il explique qu'une goutte ne s'étale pas de tout son long mais forme une surface plus épaisse, en raison des forces de Van der Waals. En seulement 3 ans de recherche, le scientifique a réussi à apporter à la physique du mouillage plus que ce que les mécaniciens des fluides lui ont apporté en l'espace de 15 ans. Contrairement à la plupart des chercheurs, il ne se focalise pas sur les calculs exacts mais se base davantage sur des expériences et des calculs simplifiés, ce qui lui permet d'expliquer des phénomènes et d'en tirer des conclusions.

Après ses études sur le mouillage, le théoricien s'intéresse en 1986 aux bulles de savon. Il se penche sur l'étude de l'agitation à la surface des bulles en étudiant le vieillissement d'un film de savon. Il en déduit que l'agitation est liée au caractère éphémère de la bulle. Le film de savon coule lentement sous l'effet de la gravité, son épaisseur subit donc des variations locales et les différentes couleurs ne cessent d'évoluer. Puis, au bout d'un certain temps, le film est tellement fin que la lumière n'est plus en mesure d'interférer de manière constructive, ce qui provoque l'apparition de trous noirs.



Figure 5 : Photographie d'une bulle de savon

La combinaison du mouillage et des films de savon donne naissance au démouillage, un sujet de recherche inexploré à l'époque. Le physicien démontre que les phénomènes de drainage d'un film et de démouillage suivent des lois similaires. Il observe que si l'on essaye de déposer un film très fin d'eau sur un support hydrophobe, il apparaît à la fois des zones sèches et des grosses gouttes. Pierre-Gilles démontre que ces zones sèches s'étendent à vitesse constante. À l'inverse, il remarque qu'il est simple de remplir à ras bord un récipient constitué d'un fond hydrophobe. Il en déduit donc l'existence d'une épaisseur seuil, en-dessous de laquelle le film d'eau devient instable.

En 2002, il publie le livre Gouttes, bulles, perles et ondes, rédigé avec Françoise Brochard-Wyart et David Quéré. Il s'agit d'un recueil de principes basé sur les lois statiques de la capillarité et les dynamiques du mouillage/démouillage, qu'il illustre avec des expériences de laboratoire et des situations industrielles concrètes. C'est également en 2002 qu'il s'installe à l'Institut Curie, et commence à s'intéresser à la biologie, en partant de ses travaux précédents. Il montre alors comment la physique de l'adhésion et du mouillage lui a été utile pour comprendre l'adhésion cellulaire.

3.5 Adhésion

Depuis le début du XXème siècle, le développement important de la chimie des polymères conduit à mettre sur le marché de nombreux matériaux adhésifs.

Les difficultés rencontrées lors de l'adhésion des colles sur les solides sont des problèmes de la vie courante, simples à poser, mais extrêmement difficiles à formaliser. En effet, si les structures chimiques de ces matériaux sont bien connues, leurs mécanismes le sont beaucoup moins.

Ainsi, Pierre-Gilles de Gennes réalise de nombreuses recherches dans ce domaine, il s'intéresse aux différentes contributions de l'adhésion (la contribution chimique - irréversible - ou entropique - réversible, la contribution électrostatique ou encore la contribution mécanique), en apportant une modélisation simple et peu calculatoire de la propagation des fractures. Il cherche à comprendre le phénomène afin de pouvoir améliorer les théories existantes. Il aime faire, ce qu'on appelle, des lois d'échelle, afin de comprendre des notions avec des ordres de grandeur. Ainsi, il cherche un concept simplificateur pour représenter les phénomènes d'adhésion visibles dans la Nature, comme par exemple

l'adhésion des caoutchoucs sur caoutchouc ou caoutchoucs sur verre. Pour ce faire, il s'appuie sur ses travaux antérieurs sur les polymères.

En 1989, avec un groupe du laboratoire de physique de la matière condensée, il cherche à modéliser le phénomène d'adhésion à partir des forces et des énergies impliquées à l'interface du polymère et du solide.

Dans l'adhésion n'interviennent que les forces d'attraction de Van der Waals. Ces forces s'exercent entre atomes et résultent de la polarisation mutuelle de leurs nuages électroniques. À mesure que la distance entre les atomes diminue, ces forces attractives s'accroissent jusqu'à un certain point limite. Ainsi, au-dessous de cette distance limite, elles sont contrebalancées par la force de répulsion due à l'interpénétration des couches électroniques externes. Par ailleurs, on peut trouver, sur la surface solide, des chaînes polymères greffées (chaînes « connectrices »), qui, une fois en contact avec le matériau, vont pénétrer à l'intérieur. Une fois, à l'intérieur de l'adhésif, les chaînes vont adopter une conformation pelote qui correspond à une énergie minimale. Ainsi, les chaînes « connectrices » préfèrent rester à l'intérieur du polymère plutôt qu'en dehors, puisque leur énergie est minimale dans le premier cas.

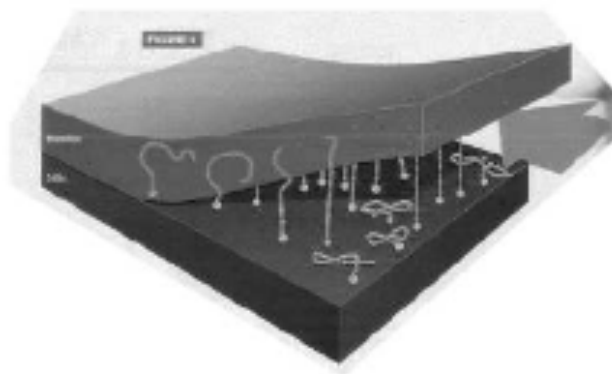


Figure 6 : Extraction d'une chaîne de polymères hors du réseau

Pendant environ 20 ans, De Gennes a travaillé sur l'adhésion et la friction solide, science particulièrement étonnante, nommée tribologie.

Comme toujours, Pierre-Gilles de Gennes aime faire des parallèles entre plusieurs domaines et c'est ainsi qu'avec Alan Neville Gent, ils développent une approche moléculaire reliant la chimie des adhésifs à la mécanique des interfaces en utilisant le fait que la plupart des colles sont des polymères.

Les travaux de Pierre-Gilles de Gennes sur l'adhésion et la friction sont un exemple de description physique faite à partir de questions industrielles. À partir de questions pratiques, il développe une vision à l'échelle moléculaire des mécanismes par lesquels les molécules polymères, fortement ancrées sur une surface, les « connecteurs », peuvent favoriser l'adhésion et la friction en étant fortement étirées sous les influences mécaniques auxquelles elles sont soumises. L'amélioration de l'adhérence due à ces molécules correspond à l'énergie d'étirement perdue après ouverture de la fracture. De plus, il est important de noter que si la fracture se déplace de plus en plus rapidement, une énergie supplémentaire est dissipée par frottement entre les chaînes connectrices et le polymère, ce qui conduit à augmenter l'énergie d'adhésion. Cette énergie peut être contrôlée en ajustant la longueur et la densité superficielle de ces molécules de connexion. En effet, l'énergie d'adhésion augmente avec la densité des chaînes

connectrices, mais au bout d'une certaine valeur, l'énergie se met à diminuer. Ce phénomène vient de l'aptitude des chaînes à pénétrer dans l'élastomère. En effet, cette pénétration ne peut se faire que si la densité des chaînes connectrices est suffisamment faible. Lorsque celle-ci devient trop grande, les chaînes ne parviennent plus à rentrer et l'énergie d'adhésion chute. Pierre-Gilles de Gennes contribue également à la description et l'explication de la forme particulière qu'ont les fractures visqueuses, qu'il appelle « trompette viscoélastique ».

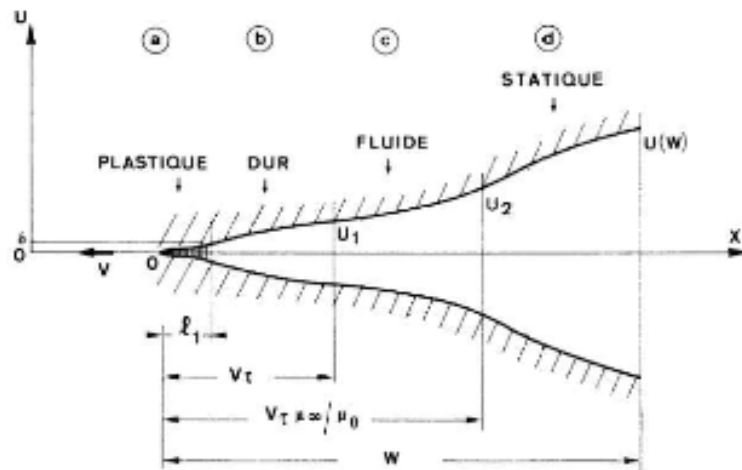


Figure 7 : Schéma de la fracture en forme de trompette dans un matériau viscoélastique

Ses travaux sur la physique de l'adhésion lui permettent également de comprendre l'adhésion cellulaire. En effet, les cellules se collent grâce à des connecteurs, les « cellular adhesion molecules » ou CAM's, qui se reconnaissent par un mécanisme dit de clef-serrure. Pierre-Gilles de Gennes montre, dans l'article [Unbinding of adhesive vesicles](#), que l'argument de G. J. Lake et A.G. Thomas, expliquant comment des « spacers » (unités flexibles déformables) augmentent l'adhésion, s'applique aussi aux CAM's.

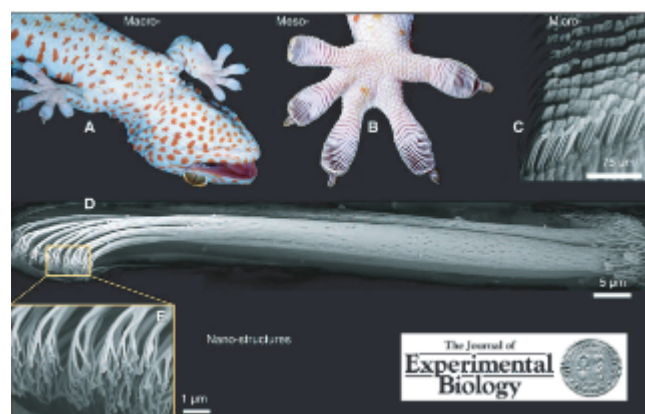


Figure 8 : Pattes d'un gecko

En février 2000, il reçoit le prix d'excellence en science de l'adhésion de la Société d'Adhésion pour sa contribution à la compréhension des mécanismes moléculaires de l'adhésion, en particulier à travers la notion de molécules « connectrices ».

Deux articles, Rubber-Rubber adhesion with connector molecules (1991) et Adhesion promoters (1999), soulignent ainsi le rôle des connecteurs.

Les super colles développées dans les années 1980-1990 doivent beaucoup à ses recherches. Aujourd'hui, on utilise, en aéronautique par exemple, de plus en plus de colles et de moins en moins de rivets. Ainsi, avec les colles, mais aussi les peintures et les matériaux composites, l'adhésion représente une part non négligeable (7 à 8 %) du marché industriel de la chimie.

3.6 Biophysique

Comme nous avons pu le voir avec ses travaux précédents, Pierre-Gilles de Gennes était un scientifique pluridisciplinaire et le dernier domaine de recherche qu'il a abordé, la biophysique, confirme cette caractéristique. En entrant à l'Institut Curie, il commence par poursuivre son étude avec Françoise Brochard sur l'adhésion des cellules et notamment sur l'adhésion d'une vésicule à la surface d'une bicouche, comme expliquée dans la partie précédente. Cependant, ce sujet ne le passionne pas et il laisse rapidement sa femme seule, affirmant « Françoise se débrouille très bien seule », afin de se consacrer pleinement à un autre domaine de recherche biophysique : la neuroscience.

Après deux ans de recherche et de formation, Pierre-Gilles de Gennes choisit « Objet de mémoire » comme sujet, avec la problématique suivante : « Où et comment est stocké un souvenir ? ». Cette problématique avait déjà été traitée par les neurobiologistes avec des théories opposées, selon lesquelles la mémoire serait enregistrée soit dans une seule cellule distincte, ou au contraire dans plusieurs cellules éparses. Pierre-Gilles de Gennes aborde, pour sa part, le sujet en tant que physicien plutôt que biologiste, mais également de manière bien plus personnelle.

Il part de la question suivante : « Si je sens l'odeur d'une rose, sous qu'elle forme s'inscrit-elle la première fois dans le cerveau ? ». Il développe tout son raisonnement sur le nombre d'odeurs qu'on (ou plutôt que notre cerveau) peut garder en mémoire, soit environ un million, et sur le « câblage du cerveau », qui correspond à notre circuit nerveux. En effet, notre cerveau est constitué de deux parties, l'une molle, le cerveau hormonal, qui dirige nos émotions, et l'autre étant la connexion des neurones, appelée le câblage. Toutefois, ces deux parties sont indissociables puisque le câblage permet de passer d'une zone à l'autre de notre cerveau. Avec ces deux affirmations, il fait un calcul d'ordre de grandeur et conclut qu'une connexion entre trois, voire quatre neurones différents est nécessaire pour se souvenir de l'odeur de la rose. De plus, Pierre-Gilles de Gennes suppose une sorte de redondance du stockage des odeurs. En effet, il pense qu'une odeur est associée à des souvenirs, et elle serait ainsi inscrite dans plusieurs lieux de mémoire, comme la vision par exemple (couleur, forme). De ce fait, même si la mémoire première de l'odeur est effacée, oubliée, elle peut resurgir sous d'autres formes, à l'image de la « Madeleine de Proust » dont le goût rappela à l'auteur ses souvenirs d'enfance. Concrètement, cela signifie que l'odeur de la rose, si nous reprenons son exemple, est enregistrée dans le cerveau sous sa forme propre dans la zone mémoire « odeur », mais également sous des formes dérivées (telles que la couleur), qui elles sont mémorisées dans des zones différentes. Notre cerveau ayant des connexions entre ses nombreuses parties, le souvenir de l'odeur de la rose pourrait survenir sans sentir cette dernière, mais uniquement en voyant la couleur rose. Cela activerait une impulsion qui permettrait de renvoyer au souvenir de l'odeur.

Pierre-Gilles de Gennes met ainsi au point une théorie alternative aux précédentes, affirmant que la mémoire olfactive nécessite uniquement trois à quatre cellules et non une seule ou de nombreuses éparses. De surcroît, il définit un modèle simplifié de la mémoire olfactive qui montre comment le train d'impulsions du bulbe olfactif (dont la fonction est de traiter les informations liées aux odeurs reçues) excite des cellules qui, à leur tour, transfèrent l'information dans une zone de stockage.

Par la suite, De Gennes continue ses recherches sur le cerveau en étudiant la croissance des neurones et l'auto-organisation de neurones.

4 La passion de l'expérience

On peut certainement qualifier Pierre-Gilles de Gennes de chercheur inclassable du fait de la diversité des sujets auxquels il s'est intéressé. Mais, quel que soit le thème choisi, l'expérience est toujours au centre de ses raisonnements. Comment se fait-il que dans sa vie personnelle (balade en famille en montagne par exemple), durant ses propres recherches ou lors de ses enseignements, il accorde une place tant importante à l'observation et à l'esprit pratique ? Un élément de réponse peut être son enfance passée dans les Hautes-Alpes, à Barcelonnette, durant laquelle il a été éduqué exclusivement par sa mère. De plus, ses études à l'Ecole Normale dans le cursus « Normale Sciences Expérimentales » lui ont donné l'occasion de faire un stage à la station marine de Banyuls-sur-Mer, au cours duquel il a beaucoup appris en dessinant des insectes et de petits animaux marins. Pour la suite de sa vie, il sera toujours aussi méticuleux. Avant de se lancer sur un nouveau sujet, il s'efforce à se renseigner et réaliser une bibliographie poussée. Ceci lui permet d'intégrer beaucoup de connaissances.

Cette passion pour l'expérience ne diminue pas avec l'âge, bien au contraire. Pierre-Gilles de Gennes accumule d'innombrables connaissances et compétences avec les années, il ne se refuse donc à aucun nouveau sujet de recherche. Il s'appuie sur son immense expérience et augmente ainsi ses chances de faire des analogies avec ce qu'il a vu par le passé. Un exemple marquant est celui de la bactérie renifleuse, analogie de la chimiotacticité des bactéries (capacité de se diriger vers une source d'aliment, avec l'exemple de E-Coli et l'aspartame) avec le comportement des polarons (électrons qui déforment le réseau d'atomes autour d'eux et se trouvent piégés par la déformation qu'ils créent). Il faut savoir que Pierre-Gilles de Gennes s'est intéressé au sujet des polarons 40 ans auparavant, par la lecture d'un article de l'influent physicien américain Richard Feynman. Les analogies qu'il découvre accroissent toujours plus sa passion pour l'expérience.

Sa curiosité ne s'affaiblit pas non plus avec le temps, comme le démontre l'exemple suivant : en 2005, il reçoit un courrier lui demandant de rédiger la préface d'un livre sur les « superglissements ». Cependant, Pierre-Gilles de Gennes ne connaît pas ce phénomène, il va alors sans plus attendre se renseigner sur le sujet. Ne trouvant pas La Bible sur les dislocations, un ouvrage dont il est certain de trouver les informations nécessaires, il va directement appeler son auteur Jacques Friedel, un physicien français. Son empressement est payant puisque dès le lendemain, Pierre-Gilles de Gennes récupère le livre chez J. Friedel, avec qui il discute alors du sujet. Plusieurs rencontres vont suivre, aboutissant à un article co-écrit par les deux scientifiques, confirmant la théorie ancienne du physicien Charles Frank. Pierre-Gilles de Gennes qualifie l'écriture de cet article « d'un régal ».

Avec ces exemples, peut-on encore douter de la passion enivrante que de Gennes avait pour la science et l'expérience ? Un dernier point devrait nous convaincre définitivement de sa passion : il s'agit de la transmission. En effet, être professeur est un rôle qui lui tient à cœur, car cela lui donne l'occasion de transmettre son savoir mais également sa vision de la science. C'est pourquoi, lorsqu'il acquiert une certaine notoriété avec l'obtention de son prix Nobel en 1991, il en profite pour promouvoir la science dans l'enseignement, et cela dès le secondaire. Il se déplace notamment de nombreuses fois dans les lycées pour exposer aux élèves et professeurs « sa science », et mettre l'accent sur ce qui lui plaît, c'est-à-dire l'observation, l'intuition, l'expérience. Mais il se prononce également sur sa vision de l'éducation scientifique française, trop formelle et trop « mathématique » à son goût, en demandant plus de pratique dans l'enseignement.

Pierre-Gilles de Gennes est donc un scientifique pluridisciplinaire passionné par la Nature, la science et bien sûr l'expérience. Une passion qu'il aime transmettre avec son travail d'enseignant comme nous allons le découvrir dans la prochaine partie.

« C'est souvent à partir d'une petite expérience que la nature d'un phénomène se précise » a d'ailleurs déclaré Pierre-Gilles de Gennes.



Figure 9 : Photographie de Pierre-Gilles de Gennes lors d'une expérience

5 L'enseignement et l'industrie

Pierre-Gilles de Gennes n'est pas seulement un chercheur, il est également un enseignant qui aime partager son savoir et son amour de la science avec tous, petits comme grands, initiés comme débutants. Ainsi, après avoir obtenu son prix Nobel, il entame une tournée des établissements scolaires en métropole et en outre-mer pour rencontrer des collégiens et lycéens afin de leur donner le goût des sciences. Le schéma est toujours le même : dans une salle bondée, il présente d'abord un exposé scientifique concernant ses travaux, avant d'ouvrir une foire aux questions. Désireux d'instaurer un dialogue avec les élèves et de lever leurs aprioris sur les sciences, il participe à quelques 150 déplacements, une initiative peu conformiste pour un Nobel. De Gennes possède des idées arrêtées sur l'éducation et veut les partager aussi bien avec la communauté scientifique qu'avec les élèves. Selon lui, le plus important est l'observation, point qui n'est pas suffisamment développé dans les enseignements scolaires.

Pierre-Gilles de Gennes est un éminent professeur dans des domaines tels que la mécanique des solides à Orsay de 1961 à 1971, la matière condensée au Collège de France ou encore la mécanique quantique à l'ESPCI à Paris, école d'excellence scientifique dont il est devenu directeur en 1976. Il réforme alors le programme en valorisant les enseignements expérimentaux et veut faire changer les mentalités en introduisant des cours de biologie, donnant ainsi une place de choix à l'interdisciplinarité et à la science « pratique ». Sa pédagogie est également appréciée des thésards sous sa direction comme Etienne Guyon, qui a fait partie du Groupe des supraconducteurs d'Orsay et qui est devenu plus tard directeur de l'ENS Paris.

Ce grand chercheur est également conscient de la nécessité d'un travail en collaboration avec le monde industriel afin de mieux cibler ses travaux et découvertes, et proposer aux industriels des réponses utiles aux problèmes pratiques auxquels ils sont confrontés. Il réalise de nombreuses collaborations avec des sociétés comme Exxon, qui l'engage comme consultant dans son centre de recherche du New Jersey en 1980, Rhône-Poulenc, où il travaille aux côtés de Jean-Marie Lehn (prix Nobel de Chimie en 1987) et Claude Hélène (biologiste membre de l'Académie des Sciences) ou encore Flamel, une start-up à Lyon, fourmillante d'idées. Dès le choix du laboratoire pour sa thèse (le CEA Recherche technologique pour l'industrie), ce grand savant a su tisser des liens durables avec l'industrie, au point par exemple que la société Solvay (anciennement Rhodia) ait baptisé « Centre Pierre-Gilles de Gennes » son « Laboratoire du Futur » sur le campus de Bordeaux et ait inscrit sur ses murs certains de ses aphorismes.

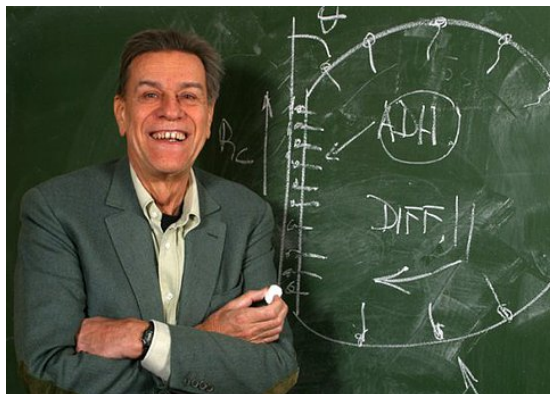


Figure 10 : Photographie du professeur Pierre-Gilles de Gennes

Conclusion

« C'est l'inconnu qui m'attire. Quand je vois un écheveau bien enchevêtré, je me dis qu'il serait bien de trouver un fil conducteur. ». Cet état d'esprit n'a jamais quitté Pierre-Gilles de Gennes et l'a guidé au cours de ses nombreuses recherches.

Ce scientifique français a été sans conteste l'un des physiciens majeurs du XX^{ème} siècle. En 1951, il a intégré l'École Normale Supérieure, puis a travaillé comme ingénieur de recherche au Commissariat de l'Énergie Atomique. Il a obtenu en 1957 le titre de Docteur en Sciences grâce à sa thèse portant sur les aspects théoriques de la diffusion des neutrons dans les milieux magnétiques. Pierre-Gilles de Gennes a ensuite été nommé professeur, d'abord à l'Université d'Orsay en 1961, puis au Collège de France en 1971. Ses travaux autour de la physico-chimie de la matière molle l'ont amené à devenir membre de l'Académie des Sciences en 1979. L'enseignement a occupé une place essentielle dans la vie du scientifique. En effet, le partage de connaissances a rythmé sa carrière et il a pris beaucoup de plaisir à transmettre son amour pour la science.

L'œuvre de Pierre-Gilles de Gennes est colossale. Il a contribué au renouvellement de la physique, en défrichant de nouveaux champs et en les abordant par une approche nouvelle basée sur les lois d'échelle. Il a aussi marqué de nombreux physiciens qui ont repris ses travaux ou adopté son style. Il a su s'affranchir des barrières interdisciplinaires pour tirer tout le potentiel scientifique d'un phénomène. Ses découvertes les plus importantes sont le champ HC3 en supraconductivité, l'idée de reptation, le théorème $n=0$ pour les polymères et enfin la dynamique de la ligne triple dans le mouillage. Certaines de ses prédictions doivent encore être vérifiées.

Pierre-Gilles de Gennes a écrit de nombreux livres qui sont aujourd'hui des références. Il est l'auteur de plus de 530 publications, et a laissé derrière lui un important héritage scientifique.

Ses contributions dans les domaines du magnétisme, de la supraconductivité, des polymères et des cristaux liquides l'ont conduit à décrocher un prix Nobel de physique en 1991 en tant que seul lauréat, ce qui lui a valu dans la presse d'être qualifié de « Newton des temps modernes ».

6 Table des illustrations

Figure 1 : Portrait de Pierre-Gilles de Gennes	3
Figure 2 : Travaux de Pierre-Gilles de Gennes dans l'ordre chronologique	5
Figure 3 : Différences de structure électronique entre métal normal et supraconducteur.....	6
Figure 4 : Orientation des molécules de cristal liquide en fonction de la température	8
Figure 5 : Photographie d'une bulle de savon	12
Figure 6 : Extraction d'une chaîne de polymères hors du réseau	13
Figure 7 : Schéma de la fracture en forme de trompette dans un matériau viscoélastique ...	14
Figure 8 : Pattes d'un gecko.....	14
Figure 9 : Photographie de Pierre-Gilles de Gennes lors d'une expérience	17
Figure 10 : Photographie du professeur Pierre-Gilles de Gennes	18

7 Bibliographie

- Livres

Petit point, Pierre-Gilles de Gennes, Editions Le Pommier, Novembre 2002

Gouttes, bulles, perles et ondes, Pierre-Gilles de Gennes, Françoise Brochard-Wyart, David Quéré, Editions Belin, 2002

Nature des objets de mémoire : le cas de l'olfaction, Pierre-Gilles de Gennes, publié par Sens public, Mars 2008

Pierre-Gilles de Gennes, Gentleman physicien, Laurence Plévert, Éditions Belin pour la science, Juin 2009

L'extraordinaire Pierre-Gilles de Gennes, prix Nobel de physique, Françoise Brochard-Wyart, David Quéré et Madeleine Veyssié, Éditions Odile Jacob, Mai 2017

- Documents

Article Rubber-Rubber adhesion with connector molecules de Élie Raphaël et Pierre-Gilles de Gennes, 1992

Revue Science & Vie n°192 sur Pierre-Gilles de Gennes, Septembre 1995

Hommage à Pierre-Gilles de Gennes, Serge Haroche, 2008

- Sites Internet

Pierre-Gilles de Gennes

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pierre-Gilles_de_Gennes

<https://www.futura-sciences.com/sciences/personnalites/physique-pierre-gilles-gennes-4/>

http://www.lemonde.fr/disparitions/article/2007/05/22/pierre-gilles-de-gennes-prix-nobel-de-physique-en-1991-est-mort_913194_3382.html

Le cerveau à tous les niveaux

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_01/d_01_cr/d_01_cr_fon/d_01_cr_fon.html

CogniFit, le cerveau humain

<https://www.cognifit.com/fr/cerveau>

Cristaux liquides

<https://www.slideshare.net/knowledge1995/liquid-crystals-57084227>

Journal of Experimental Biology

<http://jeb.biologists.org>