

## Le point sur la chimie dans l'empire russe (fin XIXème siècle) et la physique dans l'ex-URSS sous Staline

Le présent dossier est le premier en physique chimie pour la langue russe<sup>1</sup>. Les lignes qui suivent ont pour but d'aider les professeurs et les élèves ou, au moins, de leur simplifier la tâche. Il doit être clair qu'il ne s'agit pas pour ces derniers de se perdre dans la consultation de documents scientifiques ou de publications originaux, même sous forme de traduction. Pour s'en convaincre, le professeur pourra consulter l'énoncé du théorème KAM qui est étonnant d'herméticité dans *Méthodes de renormalisation* Annick Lesne éditions Eyrolles Sciences 1995 ou dans *L'héritage de Kolmogorov en physique* Roberto Livi et Angelo Vulpiani Belin 2002. Par ailleurs, il existe de nombreux ouvrages d'histoire de la chimie ou de la physique en français, allemand, anglais ou russe. Il est assez facile de s'y noyer. Pour une éventuelle consultation, il est conseillé aux professeurs de guider leurs élèves dans la lecture de quelques pages soigneusement choisies.

La prudence et la modestie sont donc de mise. La consultation d'Internet peut pratiquement suffire avec, surtout pour la chimie, la lecture d'un dictionnaire des savants.

Le matériau est tellement riche et la documentation abondante que l'on peut très bien concevoir un dossier sur le même sujet (savants russes) en anglais ou en allemand, par exemple. Mais il est évidemment infiniment préférable de le faire en russe.

Enfin, la rédaction du document sera pour les élèves l'occasion de découvrir ou de mieux connaître les Universités ou instituts de recherche russes, ce qui est utile pour établir des partenariats ou pour des études ou stages futurs. Il y a des surprises. Il n'est pas étonnant que la grande Université d'état Lomonossov ait compté parmi ses membres de nombreux noms très illustres. Mais, il était moins attendu que Butlerov, Markovnikov, Saytsev et Zinine aient tous travaillé à l'Université de Kazan, en plein pays Tatar, et que Tcherenkov, Tamm, Franck, Basov, Prokhorov, Sakharov et Ginzburg soient tous passés par l'institut de physique Lebedev.

### Chimie

Si on s'en tient au strict programme de première ou Terminale S, la situation paraît plus simple en chimie. Il est vrai que, dans les années 1860, la chimie organique est encore dans l'enfance (naissance en 1828 : synthèse de l'urée par Friedrich Wöhler). Les propriétés de la double liaison carbone – carbone ont été étudiées, sinon découvertes, par des savants russes assez connus. Il est facile de trouver des renseignements. Et un bref exposé peut être aisément illustré par des expériences simples (addition, oxydation).

Il n'en reste pas moins que l'on peut être surpris par le semi-oubli dans lequel est tombé Butlerov, aussi bien pour ses propres travaux que pour son rôle dans l'école russe de chimie organique. Ses élèves (Saytsev, Markovnikov, ...) sont mieux connus des étudiants actuels que leur maître. Butlerov fut pourtant un immense chimiste à qui l'on doit - notamment, c'est-à-dire en plus de la synthèse de différentes molécules - la notion de structure chimique (voir *Des chimistes de A à Z*,

---

<sup>1</sup>L'idée de partir des scientifiques n'est pas nouvelle. On pourra consulter deux Ressources pédagogiques Emilangues pour la physique chimie, l'une en anglais ([Blaise, Dimitri, Isaac, René et les autres](#)), l'autre en allemand ([1000+1 raisons de faire de la physique chimie en allemand](#)).

op. cit.). Différents auteurs, dont Bernadette Bensaude-Vincent et Isabelle Stengers dans leur *Histoire de la chimie* (éd. La Découverte 1995), avancent (brièvement) que Butlerov pourrait progressivement retrouver la place qui lui est due.

Évoquer ce savant n'est donc pas une lubie.

Mais pourquoi cette absence de notoriété ? Différentes hypothèses sont permises.

D'abord, il faut souligner le caractère du personnage, en général qualifié de placide, ce qui n'était certainement pas le cas de Markovnikov.

Ensuite, il y a le nationalisme allemand et la puissance de la chimie allemande qui ont fait que les travaux de Butlerov ont été injustement éclipsés par ceux de Kékulé.

Par ailleurs, Kazan n'est pas Moscou ....

Enfin, Staline a rapidement compris tout ce que l'exaltation du patriotisme russe pouvait lui apporter, notamment face à l'envahisseur nazi. Il a souvent été fait appel aux « grands » tsars, Ivan le Terrible, Pierre le Grand... et les représentations de Boris Godounov ont été fréquentes dans la période stalinienne. Mais il n'était pas question de faire quoi que ce soit qui puisse conduire à une réévaluation de la Russie des derniers tsars. Évoquer l'importance de l'école de chimie organique de Kazan et le rôle primordial de Butlerov revenait à affirmer que la Russie des derniers souverains (Alexandre III et Nicolas II) avant la Révolution d'octobre était loin d'être un pays arriéré. Et cela n'était pas tolérable.

## Physique

Pendant pratiquement tout le XX<sup>ème</sup> siècle, le niveau de la recherche dans le domaine de la physique, en URSS, est particulièrement élevé.

Le programme de physique de la série S renvoie, d'une certaine façon (c'est-à-dire moins directement que pour la chimie, il faut le reconnaître), à des découvertes faites entre 1930 et 1950. Mais les problèmes abordés sont difficiles et une approche, même simplificatrice, n'est pas aisée.

### **Une très relative protection ou plutôt une indifférence aux théories physiques**

Il a été écrit dans les documents Séquence et Séances qu'il n'existe pas de doctrine stalinienne pour la physique. D'autre part, l'antisémitisme russe n'est pas officiel comme en Allemagne où le pouvoir nazi s'oppose aux théories einsteiniennes (relativité, physique quantique).

Les ingénieurs, supposés participer plus directement au développement de l'URSS, sont plus souvent victimes de persécutions. Le premier grand procès concerne les cadres des mines de Chakhty. Les ingénieurs qui s'opposent aux projets délirants imposés par le pouvoir central ou qui, comme Konstantin Alekseïevitch Kalinin (avion K7), ne parviennent pas à les mener à bien, sont condamnés et exécutés. Et l'équipe qui a permis la réalisation du programme spatial soviétique (le nom le plus célèbre est celui de Korolev) a subi différentes persécutions. Le fait que ses membres avaient repris, après 1945, la suite des travaux des Allemands (W. von Braun) les avait peut-être rendu suspects aux yeux de Staline. Il est également vrai qu'ils se sont beaucoup jaloués et qu'ils ont fini par se dénoncer les uns les autres.

Les physiciens, surtout les théoriciens, pouvaient se sentir plus à l'abri. Mais deux affaires sont restées tristement célèbres.

La première concerne Lev Landau, enfermé à la prison de la Boutyrskaja dont il sortira au bout d'un an, malade et brisé. Il faut faire la part du mauvais caractère et de l'imprudence des déclarations du savant (qui, jeune, se revendiquait trotskiste) dans les années 30.

La seconde est celle d'Alexander Adolfovitch Vitt (Алекса́ндр Адо́лфович Вит), mort à 36 ans au Goulag (camp de la Kolyma).

Il est sans doute important que Landau, comme de nombreux autres physiciens théoriciens (en particulier Zel'dovitch), se soit aussi intéressé aux explosions, à la physique nucléaire et aux écoulements supersoniques. Le physicien P. L. Kapitza a pu ainsi convaincre Staline que Landau était indispensable à la science soviétique et, au péril de sa propre vie, le faire libérer ainsi que V. A. Fock (qui était sourd et ne pouvait donc pas être un espion !<sup>2</sup>). Kapitza a été dans cette affaire à la fois très courageux et habile car il lui a fallu faire en sorte que Staline désavoue Beria.

### **Situation générale : isolement**

Après leur avoir accordé pendant quelques années (jusqu'en 1930) une relative liberté (en particulier celle de voyager), l'URSS de Staline isole ses physiciens qui ne peuvent plus avoir que de rares contacts avec leurs collègues occidentaux (Landau connaissait bien Einstein et l'ensemble des physiciens importants dans les années 20-30 ; Kapitza avait travaillé au laboratoire Cavendish de Cambridge sous la direction de Rutherford).

Mais la pénurie rend les physiciens inventifs. Le manque de moyens de calculs devient très préoccupant à partir des années 1950 ; il développe chez eux d'étonnantes capacités à faire les calculs « à la main ».

La situation se détériore encore avec la disparition de l'URSS et l'ouverture des frontières qui rend possible l'exode des scientifiques.

Auparavant, dans les années 30, la richesse du pays en physiciens fait que la situation reste bonne. La physique russe s'efforce de « se débrouiller seule » : elle se lance dans l'étude de domaines peu exploités ou oubliés. C'est ainsi que A. A. Andronov (et aussi L. I. Mandelstam, A. A. Vitt, N. N. Papaleksi, S. E. Chaikin en attendant I. G. Sinäï) étudient les oscillateurs auxquels les possibilités offertes par l'électricité redonnent une nouvelle vigueur (auto-oscillations, systèmes dynamiques dissipatifs). Ces physiciens redécouvrent Henri Poincaré en mettant en évidence la grande sensibilité des systèmes non-linéaires aux conditions initiales (SCI, chaos, même si ce mot n'est jamais utilisé par les théoriciens russes).

Les élèves qui abordent ces sujets pourront réaliser un système chaotique (pendules couplés, oscillateur de Duffing, aiguilles aimantées dans des champs tournants, ...) et mettre en évidence la SCI grâce à un logiciel (voir par exemple

[http://www.discip.ac-caen.fr/phch/culture/syst\\_solaire/CONFYSYSO.htm](http://www.discip.ac-caen.fr/phch/culture/syst_solaire/CONFYSYSO.htm) )

Le professeur pourra consulter la publication en anglais signée « L. Mandelstam, N. Papalexi, A. Andronov, S. Chaikin and A. Witt »

[http://www.tuks.nl/pdf/Reference\\_Material/Mandelstam\\_Papalexi/Mandelstam-Papalexi%20-%20Report%20on%20Recent%20Research%20on%20Nonlinear%20Oscillations%20-%201935.pdf](http://www.tuks.nl/pdf/Reference_Material/Mandelstam_Papalexi/Mandelstam-Papalexi%20-%20Report%20on%20Recent%20Research%20on%20Nonlinear%20Oscillations%20-%201935.pdf)

La traduction originale était en français, langue dans laquelle sont faites les annotations des schémas (plume d'Henri Poincaré ?). Comme les références à B. van der Pol (ainsi qu'à Poincaré, Liapounov et Birkhoff) y sont fréquentes, les élèves pourront réaliser un système auto-oscillant (résistance négative ou autre).

Le domaine des oscillations est également abordé par les deux scientifiques de génie (les « magiciens ») A. N. Kolmogorov et L. D. Landau.

A.N Kolmogorov et L.D. Landau vont aller bien au-delà de ce que ce sujet un peu limité semblait promettre. Mais l'intuition du second qui pensait que le chaos naît lorsqu'il y a un très grand

---

<sup>2</sup>Comme le rapporte Anatole Abragam dans *De la physique avant toute chose* (op. cit)

nombre d'oscillateurs fut prise en défaut. Ce n'est pas si fréquent. Peut-être Landau était-il exagérément influencé par la mécanique des fluides.

- Kolmogorov est surtout mathématicien et c'est souvent en tant que tel qu'il aborde la physique. En plus de ses travaux sur la turbulence (qui reste un sujet particulièrement rétif) et les probabilités, il est à l'origine du théorème (ou tore) KAM (Kolmogorov-Arnold-Moser) concernant la stabilité du système solaire, dans lequel il va à l'encontre de certaines intuitions de Poincaré. Malheureusement, l'application au système réel pose des problèmes toujours en suspens. Lors de l'étude du mouvement des planètes et des satellites, la complexité du problème à N corps peut être évoquée et la contribution de Kolmogorov soulignée. Mais Kolmogorov ne peut finalement occuper qu'une place marginale dans notre dossier.

- Ce n'est pas le cas de Landau qui traite également le problème du chaos via les oscillateurs et les fluides. La variété des sujets qu'il aborde laisse d'ailleurs pantois<sup>3</sup> : mécanique quantique, mécanique des fluides, astrophysique, thermodynamique, supraconductivité, superfluidité, particules...

Puisque le programme mentionne les changements d'état, il convient de rappeler que Landau introduit la notion de paramètre d'ordre, nul dans une phase, non nul dans l'autre. Son intuition lui permet d'écrire l'expression de l'énergie (libre) du système. Landau s'attaque à la supraconductivité dont on ignore alors à peu près tout (les intuitions de Fritz London sont géniales mais peu étayées) et bâtit en 1950 une théorie à la fois phénoménologique et thermodynamique (dite de Ginzburg-Landau). Le passage de l'état normal à l'état supraconducteur est abordé comme une transition de phase. Il faudra attendre 1958 pour voir apparaître les progrès suivants (théorie BCS de Bardeen, Cooper et Schrieffer qui, d'ailleurs, à aucun moment, ne mentionnent Landau). Un élève de Landau, L. Gor'kov, montrera ultérieurement que la théorie de Ginzburg-Landau peut être déduite de BCS.

Cédric Villiani (voir son livre *Théorème vivant* Grasset Fasquelle 2012) a reçu une des très récentes Médailles Fields pour les progrès réalisés dans la compréhension de « *l'amortissement Landau* » dans l'équation de Boltzmann qui reste bien mystérieuse, même sous sa forme simplifiée (équation de Vlasov). Décidément, « Dau » (pendant toute sa vie, ses amis l'ont appelé ainsi) ne sera jamais démodé.

## **Un prolongement intéressant pour la physique et aussi la chimie**

Contrairement à ce qui se passe pour l'Allemagne, il est assez difficile d'étudier l'industrie russe et les conditions dans lesquelles les découvertes faites par les scientifiques ont pu être exploitées. En revanche, la mise au point d'avions supersoniques, la conquête spatiale et l'utilisation du nucléaire (bombes A et H, centrales électriques) commencent à être mieux connues. Tout cela n'a pu être possible que grâce au très haut niveau atteint par les physiciens et chimistes russes dans le domaine de la gravitation, de l'utilisation de nouveaux carburants, des télécommunications et, bien sûr, dans la connaissance du noyau atomique.

## **Mais la physique russe ne se limite pas à Kolmogorov et Landau**

Les grands physiciens sont légion. Il faut rappeler l'existence d'un savant un peu oublié Leonid Mandelstam, qui, comme Landau, maîtrise l'ensemble de la physique, classique ou moderne

---

<sup>3</sup>Stephen Hawking aurait un jour dit à Zel'dovitch : «Avant de vous avoir rencontré, je pensais que vous étiez un *auteur collectif*, comme Bourbaki ». S'il est vrai que la puissance de travail de Iakov Borissovitch Zel'dovitch devait être phénoménale, celle de Lev Davidovitch Landau l'était au moins tout autant.

(quantique), et fut le tuteur de plusieurs prix Nobel. Il est d'ailleurs le seul dont l'école pouvait rivaliser avec celle de Landau.

De nombreux physiciens ont travaillé dans un domaine étudié en classe et peuvent être choisis pour faire l'objet d'une intervention d'élève.

On ne s'intéressera évidemment pas directement aux travaux de ces scientifiques. En revanche, leur vie pourra être évoquée.

⤴ Pour certains le matériau ne fera pas défaut.

Les anecdotes concernant Landau, son génie et son mauvais caractère<sup>4</sup> sont nombreuses : le traité de physique écrit en collaboration avec E. Lifchitz (*pas une ligne de Landau, pas une idée de Lifchitz !* disait-on parfois, ce qui était profondément injuste pour ce dernier) ; la façon de lire un livre de sciences (consultation des premières pages, calculs, vérification et enfin survol des dernières pages) ; l'incarcération à la prison Boutyrskaja et le tableau noir imaginaire ; l'accident de voiture ; le minimum théorique ; l'amour libre...

Gamov est le génie farceur : la mastication des vaches dans l'autre sens dans l'hémisphère sud, la théorie alpha-beta-gamma, la dernière page des revues scientifiques empilées qui atteint la vitesse de la lumière, .... Cela ne doit pas masquer l'essentiel qui est que Gamov est un très grand physicien (et pas uniquement par la taille!). Il pouvait se permettre de parler d'égal à égal avec Landau qui était son ami, leurs relations cessant avec le départ précipité de Gamov aux États-Unis. Il avait des intuitions prophétiques étonnantes (prévision du rayonnement à 3K et du big-bang entre autres).

⤴ Parfois, pour d'autres physiciens, les données peuvent manquer. Par exemple, il est assez difficile d'obtenir des renseignements concernant L. I. Mandelstam. L'exposé éventuel, de toutes façons très court, peut être enrichi par l'étude de la vie, des conditions de travail, de la réussite de ses élèves.

Il est évidemment important que la vie en URSS sous Staline soit évoquée.

---

<sup>4</sup> A. Abragam (op. cit) : «Un physicien américain a écrit que de Gennes représente aujourd'hui "la meilleure approximation à Landau que nous possédions". J'ajouterai : "avec la hargne en moins et le contact avec le labo en plus" ».

Il est clair qu'il ne s'agit pas ici de l'approximation de l'énergie libre dite de « Landau-de Gennes » ! Voir la façon dont de Gennes aborde les cristaux liquides.

Landau était effectivement un théoricien. Dans le domaine de la supraconductivité, P-G. de Gennes peut être considéré comme son successeur. L'un et l'autre ont abordé bien d'autres domaines mais peut-on rêver plus bel hommage ?