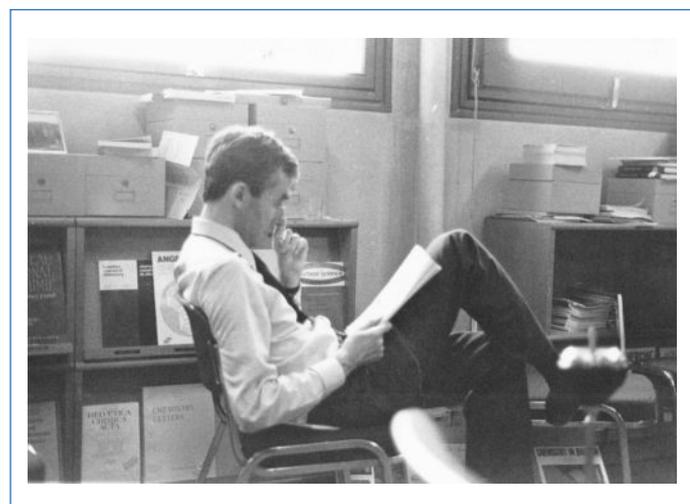


Lionel Salem, chercheur, pédagogue, animateur hors norme en chimie théorique

La deuxième moitié du xx^e siècle a été marquée par la montée en puissance de la chimie théorique et la démonstration de son importance pour la chimie. De très nombreux acteurs s'y sont impliqués avec souvent des visions différentes, l'ensemble de celles-ci construisant les bases d'un domaine dont tous reconnaissent aujourd'hui l'importance. Il nous a paru utile de décrire le parcours original de l'un de ses fondateurs, Lionel Salem.

Quel professeur !

Année scolaire 1968-69. Une petite centaine d'étudiants sont inscrits à la maîtrise de Chimie physique de l'Université de Paris-Sud à Orsay, aujourd'hui Paris-Saclay. Un tout jeune professeur, très grand, longiligne, aux sourcils broussailleux et au sourire chaleureux, nous décrit la liaison chimique dans H_2^+ , H_2 , N_2 , O_2 , à nous qui sommes à peine initiés à l'équation de Schrödinger. Puis viennent l'éthylène et le mythique benzène. Ce professeur s'appelle Lionel Salem, et ses cours sont lumineux. Il pénètre toujours dans l'amphi avec un énorme dossier rempli de feuilles de couleur, toutes manuscrites, ouvre ce dossier et sélectionne quelques feuilles qu'il ne consultera que rarement. De temps à autres cependant, il s'interrompt quelques instants, se replonge dans ses documents et les complète de quelques indications supplémentaires. C'est un cours vivant, d'une clarté impeccable, dispensé par un professeur enthousiaste et enthousiasmant, dont nous saurons plus tard qu'il avait à peine plus de 30 ans. Il a des expressions qui font rêver : « Les orbitales n'existent pas vraiment, mais cela n'empêche pas de les dessiner... » Ah, bon ! Plusieurs étudiants ayant suivi son cours se sont par la suite orientés vers la chimie théorique, témoignage manifeste des qualités pédagogiques hors pair de Monsieur Salem.



Lionel Salem dans la salle commune et bibliothèque du Laboratoire de Chimie théorique de l'Université de Paris-Sud, en 1980. © Yves Jean.

Un chercheur

Né à Paris le 5 mars 1937 de Raphaël et Adriana Salem (née Adriana Gentili di Giuseppe), Lionel Salem est décédé le 29 juin 2024 dans la même ville. Son père, mathématicien de renom⁽¹⁾, juif d'origine stambouliote, se réfugiera aux États-Unis avec toute sa famille pendant la Seconde Guerre mondiale et sera professeur au MIT à Cambridge. Un prix Raphaël Salem, établi par sa veuve et administré par l'Institute of Advanced Studies honore sa mémoire en distinguant chaque année un jeune mathématicien⁽²⁾. Revenu en France dès 1946, Lionel s'engagera dans une maîtrise à la Sorbonne, avant de poursuivre comme doctorant dans le laboratoire de Christopher L. Higgins à Cambridge (Royaume-Uni), où il travaillera sur les forces intermoléculaires et les polyènes. Après sa thèse, obtenue dans le tout début des années soixante, il soutient en 1963 une thèse d'État en sciences physiques à l'Université de Paris, passage obligé pour postuler à un poste académique en France. Chercheur invité à Harvard, recruté comme maître de conférences à l'Université de Paris-Sud (Orsay), puis promu professeur, il fonde dès 1966, à seulement 29 ans, le Laboratoire de chimie théorique : un fulgurant début de carrière ! Rapidement à la tête d'un groupe d'une dizaine de personnes, il souhaite alors se consacrer entièrement à la recherche et devient quelques années plus tard directeur de recherche au CNRS. Seul regret, le nombre d'étudiants ayant bénéficié de son superbe enseignement magistral restera modeste.

Les interactions intermoléculaires

Lionel Salem, captivé avant tout par les aspects conceptuels de la chimie théorique, se préoccupait plus des interprétations que de la reproduction précise de données expérimentales. Ainsi, il s'intéressa à l'origine des forces intermoléculaires sans vraiment chercher à les quantifier. Au cours de sa thèse, il travailla sur le théorème de Hellman-Feynman, les forces de dispersion et les forces répulsives à longue et courte portées [1,2] qu'il chercha à relier au recouvrement entre orbitales atomiques. Lionel développera des modèles formels pour des systèmes complexes, comme les longues chaînes saturées, ce qui lui permit de progresser sur l'origine des forces attractives [3]. Pour étudier les constantes de force, il se contenta le plus souvent de molécules diatomiques [4], mais n'hésita pas s'intéresser aux interactions entre molécules de benzène pour en expliquer la forme cristalline [5]. Poursuivant l'étude des interactions moléculaires entre systèmes conjugués, il publia en 1968 deux articles qui auront un impact considérable. Les règles de Woodward Hoffmann étaient connues depuis peu, mais la régiosélectivité, importante en synthèse, n'avait pas été abordée. Ces deux articles [6] portent sur le calcul par la théorie des perturbations des interactions entre systèmes π de deux molécules conjuguées. Ils ont conduit à ce qui est connu



Le Laboratoire de Chimie théorique pendant l'année universitaire 1972-73. De gauche à droite, assis ou accroupi : Guy Bergeron, Philippe Hiberty, Alain Devaquet. Debout 1^{er} rang : Martin Karplus, Danielle Cazes Grimbert, Lionel Salem, Monique Grisez. Debout 2^e rang : Warren J. Hehre, non identifié, Xavier Chapuisat, Yves Jean, non identifié. © Yves Jean.

aujourd'hui comme l'équation de Salem-Klopman, dans laquelle les interactions sont analysées sur la base des charges et des orbitales frontières. La théorie HASB, qui formait un corpus de pensées pour la compréhension de la sélectivité pour de nombreuses réactions, a grandement bénéficié de ces développements. Lionel s'intéressa par la suite aux relations entre vibrations, symétrie et réactions unimoléculaires [7], comme le réarrangement du cyclobutane et la rétro Diels-Alder. S'attachant à classer les réactifs pour faire ressortir des principes simples, il introduisit la notion de réaction « narcissique » [8] à laquelle appartiennent par exemple le réarrangement de Cope, la S_N2 et l'isomérisation du cyclopropane (un sujet de grand intérêt pour Lionel). Il proposa que dans ces réactions, les propriétés de symétrie permettaient de mieux localiser les états de transition. Cette communication sur les réactions narcissiques, signée par des théoriciens et non théoriciens et remerciant nombreux autres chimistes, illustre le désir constant qu'avait Lionel Salem de proposer à une vaste communauté des façons « simples » de penser la réaction chimique.

La chimie organique et les radicaux

Les progrès dans les logiciels de calcul et dans l'infrastructure informatique permirent bientôt d'envisager des calculs *ab initio* sur des molécules relativement complexes. Cette évolution fut facilitée par les relations privilégiées de Lionel avec Warren J. Hehre, l'un des auteurs du programme Gaussian. Warren vint des États-Unis au début des années soixante-dix, avec de lourdes bandes magnétiques contenant le programme, un cadeau pour le laboratoire qui utilisait jusqu'alors un programme beaucoup plus lent. Le calcul de molécules de grande taille devint plus aisé, également grâce au centre de calcul CIRCE et au CNRS qui apportèrent leur concours logistique et financier.

Lionel lança l'étude de l'isomérisation du cyclopropane, premier calcul *ab initio* visant à déterminer la géométrie d'un état de transition d'une réaction en chimie organique [9] (thèse de Yves Jean). Par la suite, il confia à Yves Jean et Xavier Chapuisat, tous deux en thèse, le soin de compléter l'étude statique de la surface de potentiel par une étude dynamique du mouvement des noyaux, pour obtenir un quasi « film »

de la réaction. Il ne cosigna pas la publication de cette étude qu'il avait pourtant encouragée [10], faute de s'être impliqué personnellement dans sa réalisation. Très généreux comme il savait toujours l'être, se focalisant sur les concepts, il s'efforça alors de dégager des règles qualitatives sur le caractère dynamiquement permis ou interdit de la réaction [11]. Le triméthylène étant impliqué dans le réarrangement du cyclopropane [9], Lionel étendit sa réflexion à la structure électronique des diradicaux en général (états diradicalaires et zwitterioniques). Il en résulta un article cosigné par Colin Rowland, en séjour postdoctoral, cité à ce jour plus de 1 200 fois et qui continue à faire référence [12].

Lionel donna des formations sur la liaison chimique et sur les règles de Woodward-Hoffmann à ses collègues de la faculté d'Orsay. La qualité de son enseignement était telle que certains d'entre eux changèrent d'orientation de recherche, comme ce fut le cas pour Nguyen Trong Anh. Lionel discutait régulièrement avec Henri Kagan, Serge David et Olivier Kahn, tous professeurs à Orsay, et de nombreux autres chimistes le contactaient. Il a ainsi fortement contribué à diffuser les bases de la compréhension de la structure électronique des molécules, bases qui sont aujourd'hui enseignées dans tous les cours de chimie. Notons par exemple l'hyperconjugaison [13], essentielle pour comprendre la stabilité des cations, l'effet anomérique [14] présent dans tous les sucres et, de façon plus générale, le rôle des paires libres dans la conformation de molécules organiques, notamment cycliques [15]. Voulant toujours mieux comprendre le mécanisme des réactions chimiques, il montra par un calcul complet de la surface d'énergie que la réaction de Diels-Alder était préférentiellement concertée [16] et qu'une réaction de substitution nucléophile pouvait avoir un intermédiaire diradicalaire [17].

La photochimie et la polarisation soudaine

Lionel était toujours à la recherche de nouveaux défis. Poursuivre un sujet dont il avait déjà extrait la substantifique moelle n'était pas dans son ADN. Ses sujets d'intérêt furent donc très variés et il a poussé la chimie théorique dans des retranchements peu explorés à son époque, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives. Ainsi, ses travaux sur les réactions photochimiques ont fait date et il a été un des leaders du domaine. Il a établi les corrélations entre les états électroniques fondamentaux et excités des réactifs et des produits, mettant ainsi en évidence des croisements permis ou interdits. Cela l'a conduit à proposer une classification des réactions photochimiques [18,19] et à élargir ensuite cette étude à la spectroscopie de masse [20] et à la réduction électrochimique [21]. Son travail en photochimie permit d'avancer dans la compréhension du phénomène de la vision. En effet, il montra que l'état excité ($\pi-\pi^*$) d'un système π organique, qui présente une double liaison tordue à 90° , est soudainement polarisable [22] notamment si les deux extrémités sont chimiquement différentes [23]. Ces états zwitterioniques, naturellement influencés par des solvants polaires [24], joueraient un rôle important dans le phénomène de la vision [25] et dans l'isomérisation d'oléfines polarisées [26]. Il rationalisa également l'existence du trans-cyclohexène, une double liaison tordue ayant dépassé l'orthogonalité entre les deux groupes terminaux [27]. Ses travaux l'ont conduit à proposer une théorie des réactions photochimiques et des réactions radicalaires [19, 28-30].

La chiralité et la catalyse hétérogène

Toujours dans la lignée des approches conceptuelles, Lionel s'est intéressé aux répulsions dans les réactions péricycliques [31], à discuter la différence entre asymétrie apparente et vraie asymétrie [32], à examiner l'induction asymétrique avec une étude topologique des états de transition diastéréoisomériques [33], et une étude des forces de chiralité pour évaluer la reconnaissance chirale [34]. Souhaitant aborder les réactions sur des surfaces comme il l'avait fait avec grand succès pour les réactions moléculaires, il s'engagea au cours de ses dernières années de recherche sur le thème de la catalyse hétérogène. Il rechercha des propriétés topologiques des structures électroniques soit du solide isolé [35], soit de celui-ci perturbé par des réactifs dans son voisinage [36].

L'animateur d'un cénacle international

Le laboratoire était un lieu où il faisait bon être sous la direction de Lionel. Constitué avant tout de membres jeunes dans les années 70-80, le petit groupe rassemblait environ dix à quinze personnes (permanents, doctorants et stagiaires post-doctoraux). Alain Devaquet, premier doctorant de Lionel, y commença sa carrière indépendante comme chercheur au CNRS avant de se voir offrir un poste de professeur à Paris VI-Jussieu (désormais Sorbonne Université) et d'y fonder le Laboratoire de chimie organique théorique (LCOT). Ce laboratoire, après fusion avec le Laboratoire de dynamique des interactions moléculaires, devint le Laboratoire de chimie théorique, toujours en place aujourd'hui. Le LCOT restera fortement lié au Laboratoire de chimie théorique d'Orsay pendant de nombreuses années.

Fortement encouragés par Lionel, esprit ouvert et passionné s'il en était, à développer leurs propres sujets de recherche, à être originaux et autonomes, à ne pas se laisser entraîner par la routine, les membres du laboratoire ont effectivement créé dans son sillage une école de chimie théorique qui a elle-même été visible. Lionel respectait scrupuleusement les travaux de chacun et la plupart ont publié rapidement, même pendant leur thèse, des articles qu'il ne souhaitait pas cosigner s'il n'y avait apporté aucune idée primordiale. Des visiteurs de prestige du monde entier affluaient pour quelques jours



Le Laboratoire de Chimie théorique sur le toit du bâtiment 490. © Yves Jean.



Un dîner olympien à Paris, avril 1974. À partir de Lionel Salem, dans le sens des aiguilles d'une montre : Robert B. Woodward, Roald Hoffmann, Albert Eschenmoser, Gerhard Quinkert, Monty Frey, William V. Eggers Doering. Ce dîner a eu lieu à l'occasion de la table ronde « Transition States & Chemical Paths » organisée par Roussel Uclaf. © Yves Jean.

ou pour un séjour sabbatique pour le plus grand bénéfice de tous, car de nombreux échanges et collaborations – fortement encouragés par Lionel – sont nés de ces visites. Le gotha mondial de la chimie théorique défila ainsi au troisième étage du bâtiment 490 de l'Université de Paris-Sud à Orsay.

L'atmosphère du laboratoire était chaleureuse, les contraintes limitées à faire de la bonne science et à publier des articles de qualité. La liberté que tous ressentaient dans ce lieu se traduisait ainsi par la présence d'une table de ping-pong dans le bureau jouxtant pendant plusieurs années celui de Lionel, d'une salle de réunion et bibliothèque de belle taille où se prenait le café, parfois jusqu'aux heures du thé, où avaient lieu les séminaires et des parties acharnées de tarot. S'il ne prenait part ni au ping-pong, ni au tarot et ne buvait pas de café, Lionel contribuait à l'atmosphère détendue du laboratoire en organisant des blagues homériques et en acceptant de bonne grâce d'en être aussi la victime. Ce 3^e étage d'un bâtiment construit dans les années cinquante, sans aucune beauté architecturale, a donc été un creuset exceptionnel de formation pour des chercheurs et enseignants-chercheurs qui ont eu par la suite un rôle en chimie théorique dans les traces de Lionel Salem.

Un passeur et communicateur

Homme aux multiples talents, Lionel n'était probablement pas fait pour creuser le même sillon pendant plusieurs décennies. Il s'est donc impliqué dans d'autres activités où ses talents de communicateur ont été mis particulièrement en valeur, comme au temps du « Professeur Salem ».

En 1977, Il fonda, avec l'appui du CNRS, un nouveau journal de chimie qu'il espérait pouvoir être à la hauteur des meilleurs journaux de chimie de l'époque, en particulier ceux publiés aux États-Unis. Ce fut le *Nouveau Journal de Chimie*, dans lequel furent publiés des articles encore très cités de Jean-Marie Lehn, Henri Kagan, Jean-Pierre Sauvage, Roald Hoffmann, Olivier Kahn, Jean-Michel Savéant, Geoffrey Wilkinson, etc. Premier rédacteur en chef, Lionel, grâce à son esprit particulièrement ouvert, a su publier des articles sortant des sentiers battus. Une publication marquante fut celle de Sason Shaik (alors professeur invité au laboratoire) suggérant que la géométrie des systèmes conjugués était déterminée par les



Le Laboratoire de Chimie théorique à la fin des années 80 au pied du bâtiment 490. De gauche à droite, au 1^{er} rang : Gilles Ohanessian, Philippe Hiberty, Odile Eisenstein, Michel Pélassier, Yves Justum, Philippe Maitre, Christian Minot. 2^e rang : Lionel Salem, Claude Leforestier, Yves Jean, Enric Canadell, Christophe lung. © Odile Eisenstein.

électrons sigma et non par les électrons π [37]. Cette proposition, refusée par tous les autres journaux, attira l'intérêt de Lionel qui y vit un changement de paradigme. Il avait raison et cette proposition initialement hétérodoxe fait maintenant partie des fondements de la liaison chimique. Ce journal, intitulé *New Journal of Chemistry* depuis 1988, reste un journal favorisant la publication d'idées originales et Lionel lui restera toujours très attaché.

Même s'il a souhaité s'abstraire de l'enseignement en devenant chercheur au CNRS, son besoin de communiquer autant avec des scientifiques qu'avec des publics plus éloignés ne l'a jamais quitté. C'était pour lui une véritable passion. Il a tout d'abord été l'auteur de livres de spécialité en chimie théorique : *The molecular orbital theory of conjugated systems* (1966), *The organic chemist book of orbitals* avec William L. Jorgensen de l'Université de Yale (1973) et *Electrons in chemical reactions* (1982). La représentation des orbitales à trois dimensions dans le livre avec Jorgensen a beaucoup contribué à la compréhension des éléments de chimie théorique par des auditoires peu familiers du domaine. Mais c'est envers le grand public que son activité éditoriale a eu le plus grand impact. Son livre *Molécule la merveilleuse*, publié en 1979, a permis aux non chimistes d'entrer dans le monde incroyable des molécules. Lauréat du prix Glaxo de la vulgarisation scientifique, ce livre fut traduit en anglais. Lionel fut aussi responsable et coordinateur d'un *Dictionnaire des sciences* (1990). Vinrent ensuite, entre autres, *Les plus belles formules de mathématiques* avec Frédéric Testard et les illustrations de sa fille Coralie Salem (1998, réédité en 2015) et *Science dans l'Art*. Dans ce dernier livre, publié en 2000, il décrit comment les artistes ont cherché à appréhender la science. Concernant son intérêt pour l'art, et notamment pour la peinture, Lionel s'est retrouvé au centre d'un épisode de spoliation qui le touchait de plein fouet [38]. À la fin des années 90, à la suite de l'exposition « Musées nationaux récupération » au Louvre, il reconnaît cinq toiles appartenues à son grand-père maternel (collection Gentili). Il tente

alors un procès au Louvre pour leur restitution, finalement obtenue quelques années plus tard. Lionel Salem a donc été l'un des citoyens français en pointe pour la restitution des œuvres d'art spoliées par les Nazis pendant l'occupation.

Toujours dans son désir de communiquer au public le plus vaste possible les beautés de la science, il fonda en 1993, avec le soutien du CNRS, le Centre de vulgarisation de la connaissance à l'Université de Paris-Sud. Ce centre, qu'il dirigea plusieurs années avant son départ à la retraite en 1999, fait toujours partie du service de communication de l'Université Paris-Saclay. Une de ses premières actions, nommée « Opération Archimède », fut de placarder dans le métro de Paris des affiches traitant de sujets très sérieux, comme « Pourquoi le ciel est-il bleu ? Mais qu'est-ce qui fait danser les abeilles ? Un trou noir, c'est tout noir ? Pourquoi un ballon rebondit-il ? »... Ce centre fut le lauréat en 2005 du Prix Halphen de l'Académie des Sciences morales et politiques. Lionel pouvait en être fier. Lui-même fut lauréat du prix fondé par l'État de l'Académie des sciences en 1981, lauréat de la médaille de l'IAQMS (International Academy for Quantum Molecular Science pour « ses travaux sur les processus photochimiques et sur les mécanismes de réactions chimiques » en 1975 avant d'en être élu membre en 1982. Il fut également chevalier dans l'ordre national du Mérite et dans l'ordre de la Légion d'honneur. Mais plus encore que par ses distinctions, c'est par sa vision et son originalité qu'il aura marqué la chimie théorique, domaine dans lequel il n'aura finalement été actif qu'à peine plus de vingt années. La communauté entière des théoriciens le reconnaissait et l'admirait, et beaucoup de chimistes ont bénéficié de son influence. Un grand homme, charmant et charmeur, passionné et passionnant, très ouvert aux personnes et aux idées, créatif, original et même un peu excentrique, nous a quitté. Il nous manquera à tous.

Les auteurs remercient Deborah Parnes Salem, sa femme, Coralie Salem, sa fille, et Roald Hoffmann, son ami de toujours, pour leurs aides et commentaires.

- (1) <https://lms.univ-rouen.fr/fr/content/biographie> (consulté le 14/09/24).
(2) www.ias.edu/math/activities/salem-prize (consulté le 14/09/24).

[1] H.C. Longuet-Higgins, L. Salem, The forces between polyatomic molecules I) Long-Range Forces, *Proc. Roy. Soc. of London S. A*, **1961**, 259, p. 433-441.
[2] L. Salem, The forces between polyatomic molecules I) Long-Range Forces, *Proc. Roy. Soc. of London S. A*, **1961**, 264, p. 379-391.
[3] L. Salem, Attractive forces between long saturated chains at short distances, *J. Chem. Phys.*, **1962**, 37, p. 2100-13.
[4] L. Salem, Theoretical interpretation of force constants *J. Chem. Phys.*, **1963**, 38, p. 1227-36.
[5] K. Banerjee, L. Salem, Forces in the benzene crystal, *Mol. Phys.*, **1966**, 11, p. 405-420.
[6] L. Salem, Intermolecular orbital theory of the interaction between conjugated systems I) General theory, *J. Am. Chem. Soc.*, **1968**, 90, p. 543-552. L. Salem, Intermolecular orbital theory of the interaction between conjugated systems. II. Thermal and photochemical cycloadditions, *J. Am. Chem. Soc.*, **1968**, 90, p. 553-566.
[7] L. Salem, J. S. Wright, Vibrational modes, orbital symmetries, and unimolecular reaction paths, *J. Am. Chem. Soc.*, **1969**, 91, p. 5947-55.
[8] L. Salem, J. Durup, G. Bergeron, D. Cazes, X. Chapuisat, H. Kagan, Narcissistic reactions, *J. Am. Chem. Soc.*, **1970**, 92, p. 4472-74. L. Salem, Narcissistic reactions. Synchronism vs nonsynchronism in automerisation and enantiomerization, *Acc. Chem. Res.*, **1971**, 4, p. 322-328.
[9] Y. Jean, L. Salem, Unusual pyramidal folding of methylene groups in a trimethylene diradical, *J.C.S. Chem. Comm.*, **1971**, p. 382-383. J.A. Horsley, Y. Jean, C. Moser, L. Salem, R.M. Stevens, J.S. Wright, An organic transition state, *J. Am. Chem. Soc.*, **1972**, 94, p. 279-282.
[10] X. Chapuisat, Y. Jean, Dynamical study of mechanistic details in organic reactions. II) Overall study of isomerizations of cyclopropane, *J. Am. Chem. Soc.*, **1975**, 97, p. 6325-37.
[11] X. Chapuisat, Y. Jean, L. Salem, Selection rules for classical reactive trajectories: dynamical allowedness and forbiddenness, *Chem. Phys. Lett.*, **1976**, 37, p. 119-122.
[12] L. Salem, C. Rowland, The electronic properties of diradicals, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **1972**, 11, p. 92-111.
[13] R. Hoffmann, W.J. Hehre, L. Salem, P.V.R. Schleyer, J.A. Pople, L. Radom, Strong conformational consequences of hyperconjugation, *J. Am. Chem. Soc.*, **1972**, 94, p. 6221-23.
[14] S. David, O. Eisenstein, W. J. Hehre, L. Salem, R. Hoffmann, Superjacent orbital control. Interpretation of the anomeric effect, *J. Am. Chem. Soc.*, **1973**, 95, p. 3806-07.
[15] O. Eisenstein, N. Trong Anh, Y. Jean, A. Devaquet, J. Cantacuzene, L. Salem, Lone pairs in organic molecules: energetic and orientational non equivalence. Stereochemical consequences, *Tetrahedron*, **1974**, 30, p. 1717-23.
[16] R.E. Townshend, G. Ramunni, G. Segal, W.H. Hehre, L. Salem, Organic transition states. V. the Diels-Alder reaction, *J. Am. Chem. Soc.*, **1976**, 98, p. 2190-98.
[17] B. Bigot, D. Roux, L. Salem, Theoretical *ab initio* study of nucleophilic substitution reactions involving radical anion intermediates, *J. Am. Chem. Soc.*, **1981**, 103, p. 5271-76.
[18] L. Salem, Surface crossings and surface touchings in photochemistry, *J. Am. Chem. Soc.*, **1974**, 96, p. 3486-3501.
[19] W.G. Dauben, L. Salem, N.J. Turro, Classification of photochemical reactions, *Acc. Chem. Res.*, **1975**, 8, p. 41-54. L. Salem, The electronic theory of photochemical reactions, *Isr. J. Chem.*, **1975**, 14, p. 89-104.
[20] C. Minot, N.T. Anh, L. Salem, Interpretation of mass spectroscopic fragmentation by state correlation diagram, *J. Am. Chem. Soc.*, **1976**, 98, p. 2678-81.
[21] E. Canadell, P. Karafiloglou, L. Salem, Bond cleavage of the solvated methyl chloride anion: a primary electrochemical event, *J. Am. Chem. Soc.*, **1980**, 102, p. 855-857.
[22] V. Bonačić-Koutecký, P. Bruckmann, P. Hiberty, J. Koutecký, C. Leforestier, L. Salem, Sudden polarization in the zwitterionic Z_1 excited states of organic intermediates. Photochemical implications, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **1975**, 14, p. 575-576.
[23] P. Bruckmann, L. Salem, Coexistence of two oppositely polarized zwitterionic forms on the lowest excited singlet surface of terminally twisted butadiene. Two-funnel photochemistry with dual stereochemistry, *J. Am. Chem. Soc.*, **1976**, 98, p. 5037-38.

[24] G. Ramunni, L. Salem, Solvent-assisted surface crossings: A description of photochemical electron transfer reactions, *Z. Phys. Chem.*, **1976**, 101, p. 123-135.
[25] L. Salem, P. Bruckmann, Conversion of a photon to an electrical signal by sudden polarisation in the N-retinylidene visual chromophore, *Nature*, **1975**, 258, p. 526-528. L. Salem, The sudden polarization effect and its possible role in vision, *Acc. Chem. Res.*, **1979**, 12, p. 1987-92.
[26] L. Salem, W. D. Stohrer, A double-well potential for olefin isomerization in polar solvents, *J. C. S. Chem. Comm.*, **1975**, p. 140-142.
[27] R. Bonneau, J. Jousot-Dubien, L. Salem, A.J. Yarwood, A trans cyclohexene, *J. Am. Chem. Soc.*, **1976**, 98, p. 4329-30.
[28] L. Salem, C. Leforestier, G. Segal, R. Wetmore, Avoided surface crossings, *J. Am. Chem. Soc.*, **1975**, 97, p. 479-487.
[29] L. Salem, Theory of photochemical reactions: The theory is based on the four states (two diradical and two zwitterionic) of the primary intermediate, *Science*, **1976**, 191, p. 822-830.
[30] V. Bonačić-Koutecký, J. Koutecký, L. Salem, A theory of free radical reactions, *J. Am. Chem. Soc.*, **1977**, 99, p. 842-850.
[31] W.T. Borden, L. Salem, Electron repulsion pericyclic transition states, *J. Am. Chem. Soc.*, **1973**, 95, p. 932-933.
[32] Y. Jean, L. Salem, True vs apparent asymmetry, *J. Am. Chem. Soc.*, **1978**, 100, p. 5568-69.
[33] L. Salem, Theory of diastereoisomeric transition states. Asymmetric induction, *J. Am. Chem. Soc.*, **1973**, 95, p. 94-101.
[34] L. Salem, X. Chapuisat, G. Segal, P.C. Hiberty, C. Minot, C. Leforestier, Chirality forces, *J. Am. Chem. Soc.*, **1987**, 109, p. 2887-94.
[35] L. Salem, C. Leforestier, The chemical nature of electron waves in metals - A basis for the study of heterogeneous catalysis, *Surface Science*, **1979**, 82, p. 390-412. L. Salem, R. Elliot, The finite and infinite cubes as models for understanding heterogeneous catalysis, *J. Mol. Structure (Theochem)*, **1983**, 10, p. 75-84. L. Salem, C. Leforestier, Exact Hückel molecular orbitals of the finite, square-cut, fcc crystal, *J. Am. Chem. Soc.*, **1985**, 107, p. 2526-28.
[36] C. Minot, O. Kahn, L. Salem, Surface amplitude patterns: A symmetry-based description of metal surfaces approached by a substrate, *Surface Science*, **1980**, 94, p. 515-527. L. Salem, R. Lefebvre, Dissolution of an "adsorbate" level into a band of "catalyst" levels, *Chem. Phys. Lett.*, **1985**, 122, p. 342-346. L. Salem, A theoretical approach to heterogeneous catalysis using large finite crystals, *J. Phys. Chem.*, **1985**, 89, p. 5576-86.
[37] S. Shaik, P.C. Hiberty, P.G. Ohanessian, J.M. Lefour, Allylic resonance is forced upon the pi-system by the sigma framework, *Nouv. J. Chim.*, **1985**, 9, p. 385-388.
[38] « *Le catalogue Goering* », avec plusieurs interviews de Lionel Salem sur son action dans ce domaine : www.film-documentaire.fr/4DACTION/w_fiche_film/62362_0 (consulté le 14/09/24) ;
Une courte interview de Salem : www.facebook.com/france2/videos/la-collection-gentilispoli%C3%A9-par-les-nazis/1015685050052598/?locale=fr_FR (consulté le 14/09/24).

Odile EISENSTEIN¹, directrice de recherche émérite au CNRS, et Yves JEAN², professeur retraité.

¹ Université de Montpellier.

² Université de Paris-Sud, Orsay.

odile.eisenstein@umontpellier.fr
yves.jean@dartybox.com



Toute l'actualité de la
Société Chimique de France

et bien plus...

societechimiquedefrance.fr