

bre de grand volume contenant une autre substance. Ceci permet de mesurer la vitesse de réaction de ces radicaux avec cette substance à une température pratiquement égale à la température ambiante.

Bien qu'il existe déjà un assez grand nombre de travaux publiés sur l'utilisation des ondes de choc à des problèmes de cinétique chimique, on est encore loin d'avoir épuisé les ressources de cette technique, même dans son application aux problèmes simples.

J'ai tenu à fournir quelques renseignements sur cette méthode très moderne pour l'étude des réactions chimiques parce que son étude a été envisagée il y a trois ans environ, par l'I.R.S.I.A. et notre Institut. Seules des considérations d'ordre pratique ont fait que ces projets n'ont pas dépassé le stade de la préparation d'un programme et d'un budget de recherches. Je dois cependant signaler que leur mise en œuvre ne nécessiterait pas de mises de fonds trop importantes, celles-ci étant par ailleurs facilitées du fait que leurs techniques sont proches de celles employées pour les recherches sur les explosifs.

#### CONCLUSIONS.

Le but de cet exposé introductif était de signaler les voies qui s'engageant dans cette dimension supplémentaire qu'offrent les pressions élevées, permettent au chimiste de découvrir des procédés inédits de synthèse et de transformation.

Les techniques des hautes pressions se simplifient, ou du moins se normalisent et deviennent d'un emploi plus aisé pour chacun. Elles demeurent cependant assez différentes des méthodes classiques de laboratoire, mais déjà des appareillages complets peuvent être réalisés, qui permettent d'adjoindre au laboratoire de recherche habituel un département de travaux sous pressions modérément élevées.

Une autre possibilité est de réaliser des travaux sous contrat avec des organismes spécialisés, ce qui paraît être une voie plus normale pour des travaux d'orientation et de prospection.

Mais quelles que soient les méthodes de travail envisagées on peut prévoir, se basant sur l'évolution actuelle des recherches dans de grands pays, et en particulier aux Etats-Unis, que la chimie fera dans un avenir proche, un appel plus pressant et plus intensif aux hautes pressions. Quoique les travaux sur la catalyse aient dans ces dernières années pris un essor considérable, il paraît certain que l'action simultanée des catalyseurs et des hautes pressions demeurera, ou plutôt deviendra, de plus en plus nécessaire.

On pourrait penser — et si l'on se base sur les réalisations actuelles il serait logique de le faire — que l'industrie des hautes pressions exigeant des immobilisations considérables, est exclusivement

une industrie lourde. De ce fait, seules de grandes installations dont la production se maintient constamment près du taux maximal de production, paraîtraient devoir être rentables. Il semble cependant que l'on pourrait utiliser l'action des hautes pressions également pour des réalisations plus modestes : il est même vraisemblable que cet usage en est le plus normal, vers lequel les réalisateurs actuels devraient tendre.

En guise de conclusion de cet exposé je voudrais vous présenter un résumé de ce qui me paraît devoir être retenu de l'emploi des hautes pressions pour des applications chimiques, en commençant cependant par un aspect plus fondamental de leur intérêt et en faisant le rappel des travaux réalisés à l'Institut Belge des Hautes Pressions.

L'usage des hautes pressions permet de faire varier la distance entre les molécules, par action sur les forces d'interaction moléculaires. Les données obtenues à partir de telles recherches conduisent à obtenir des renseignements sur ces forces intermoléculaires. Les hautes pressions permettent également d'obtenir des densités exceptionnellement élevées de la matière, de modifier les structures électroniques ou de faire apparaître de nouvelles propriétés.

De telles recherches nécessitent des pressions de l'ordre de 100.000 kg/cm<sup>2</sup> et présentent, outre un intérêt scientifique indéniable, des possibilités d'applications pratiques par exemple pour les synthèses de substances minérales, telles que le diamant et la réalisation de semi-conducteurs.

Toutefois, les pressions nettement moins élevées, peuvent trouver un champ d'action étendu dans d'autres domaines de la recherche fondamentale et surtout dans celui de la recherche appliquée.

En ce qui concerne les propriétés des solides, ce sont surtout les nouvelles variétés allotropiques ou polymorphiques qui peuvent présenter de l'intérêt, tandis que pour les liquides, et surtout les gaz, ce sont les compressibilités, les équations d'état, les chaleurs spécifiques, les propriétés de transport, dont les variations sont les plus importantes à définir.

Certaines de ces questions ont été et sont encore étudiées dans les laboratoires de l'Institut :

a) Les propriétés polymorphiques des substances organiques ont fait l'objet des recherches du Professeur J. Timmermans et de moi-même depuis 1932 et ont été poursuivies avec la collaboration du Fonds National de la Recherche Scientifique d'abord, de l'I.R.S.I.A. ensuite, jusqu'à des pressions de 8.000 atmosphères.

b) Les modifications des propriétés thermodynamiques des gaz, purs ou en mélange, et principalement la détermination de leurs équations d'état (relations p.V.T.) sont étudiées depuis plusieurs années, grâce aux subsides de l'I.R.S.I.A. et à l'initiative du Professeur E. Mertens de Wilmars.



Ces études ont d'abord nécessité la création de toutes pièces d'un appareillage fort complexe qui actuellement permet la détermination des compressibilités et des chaleurs spécifiques des gaz jusqu'à 3.000 atm et 200° C, température qui sera bientôt portée à 500° C.

c) A ces travaux pourraient se rattacher l'étude des solubilités des solides dans les liquides, mais surtout des liquides et des solides dans les gaz, phénomènes pouvant présenter beaucoup d'intérêt pour certaines industries de synthèse.

De même, la viscosité des gaz et des liquides qui varie très considérablement avec la pression, peut-elle être une grandeur dont la connaissance à diverses pressions et températures est précieuse pour beaucoup d'applications industrielles.

d) Il existe un domaine tout aussi important, et du point de vue industriel sans doute nettement plus étendu : c'est celui des réactions chimiques, le terme réaction étant pris dans son sens le plus large et comprenant les polymérisations, les hydrogénations, les oxygénations, les carboxylations, les hydrogénolyses. Il semble certain que c'est dans ce domaine que les hautes pressions devraient trouver leur champ d'application le plus fructueux, que celui-ci soit étudié suivant les méthodes classiques ou par la méthode des ondes de choc.

e) Les synthèses et réactions en chimie organique ne nécessitant pas des pressions plus élevées que quelques milliers d'atmosphères, ou si elles les

*The utilization of high pressures in the chemical industry enables to realize some syntheses and transformations, either more quickly or with a better yield. The best known example is the fact of the chemical reactions, the progress and speed of which are influenced by the increase of pressure.*

*But the high pressures also play an important and often irreplaceable part in the case of polymerizations and of a certain number of particular chemical reactions.*

*Furthermore- and this aspect is often neglected- the contribution of high pressures can be of prime importance in the transport phenomena and even more perhaps in the interphases equilibrium. Finally the extreme pressures and the pressures by impact-waves are techniques, the industrial interest of which begins to the apparent.*

L'exposé ci-dessus faisait partie du cours post-universitaire sur les « Hautes Pressions » organisé les 18, 19 et 20 janvier 1962 par la Branche Belge de la Société de Chimie Industrielle (Paris) et sous les auspices de l'Institut Belge des Hautes Pressions.

Ce cours comportait également les exposés de :

M. L. LIALINE, Attaché de Recherches de l'IRSI à l'I.B.H.P. : « Compressibilité d'un gaz » et « Equilibres chimiques en phase gazeuse (diagramme double) » ;

M. P. HESTERMANS, Chef de travaux à l'I.B.H.P. : « Chaleurs spécifiques des gaz » et « Phénomènes de transport. Viscosité des gaz »,

qui font l'objet de publications séparées, pouvant être obtenues sur demande à l'Institut Belge des Hautes Pressions, Tir National, Bruxelles 4.

Ce cours comprenait aussi une séance de calcul ayant comme sujet l'application du diagramme double à la synthèse de l'ammoniac.

nécessitent, sont rejetées a priori par l'industrie pour des raisons aisées à comprendre, de coût et de difficulté de réalisation. Il n'en est pas de même pour des synthèses en chimie minérale, dont les plus connues de tous sont celles du diamant, du borazon, et d'autres composés des types « nitrures » ou « carbures ». Ces synthèses très particulières nécessitent des pressions et des températures très élevées, c'est-à-dire environ 100.000 atmosphères et 3.000° C ; il résulte que leur mise en œuvre exige des appareillages très particuliers.

La diversité des sujets examinés au cours de cet exposé d'introduction m'a empêché de traiter en détail l'apport des hautes pressions à l'industrie chimique. Le but était d'ailleurs de situer ce problème dans son ensemble, et de souligner quelles étaient les études qui paraissaient les plus utiles et les plus urgentes à réaliser.

Je tiens à rappeler une fois encore combien l'aide de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture - I.R.S.I.A. nous a été non seulement précieuse, mais indispensable pour réaliser la plupart des travaux sous hautes pressions, en particulier dans le domaine de la thermodynamique expérimentale. Aussi, est-ce bien sincèrement qu'au nom de l'I.B.H.P. je remercie très vivement cette Institution de nous avoir accordé de nombreux subsides pour l'accomplissement de cette tâche.

*Bei Anwendung von erhöhten Drucken erlaubt in der chemischen Industrie, gewisse Synthesen und Umwandlungen schneller oder mit höheren Ausbeuten auszuführen. Als bekannte Beispiele dienen die chemischen Reaktionen, deren Fortschrittsgrad und Geschwindigkeit durch Erhöhung des Druckes beeinflusst werden. Die hohen Drucken spielen jedoch ebenfalls eine wichtige und oft unersetzliche Rolle bei Polymerisationen und bei einer gewissen Anzahl von besonderen chemischen Reaktionen. Ein öfters verwahter Aspekt ist übrigens der, dass der Anteil der hohen Drucke bei Transporterscheinungen von ausschlaggebender Wichtigkeit sein kann und mehr noch vielleicht bei den Gleichgewichtszuständen zwischen Phasen. Extrem hohe Drucke schliesslich, sowie Drucke, hervorgerufen durch Schockwellen sind Techniken, deren industrielles Interesse sich abzeichnen beginnt.*