Hommage à Jean-Marie Souriau

Jean-Marie Souriau est décédé le 15 mars 2012 à Aix en Provence, à l'âge de 89 ans. Son œuvre scientifique extrêmement originale et variée, intéressant des domaines divers (Mécanique appliquée, Mécanique théorique, Mathématiques pures, en particulier Géométrie symplectique, Physique mathématique, Astrophysique), l'a fait mondialement connaître et apprécier.

Jean-Marie Souriau repose désormais auprès de son épouse, Christiane Hoebrechts, décédée en 1985. Il est père de cinq enfants.

Biographie de Jean-Marie Souriau

Jean-Marie Souriau est né le 3 juin 1922 à Paris. Admis à l'École Polytechnique et à l'École Normale Supérieure en 1942, il choisit l'École Normale Supérieure. Engagé volontaire en 1944, il revient à l'ENS en 1945 et apprend qu'une session spéciale de l'agrégation est organisée pour les jeunes gens ayant servi sous les drapeaux pour libérer notre pays. Il s'y prépare brièvement avec son camarade d'école Gérard Debreu, futur prix Nobel d'économie. Ils sont tous deux brillament reçus en 1946, Gérard Debreu premier et Jean-Marie Souriau second. Il reste encore un an à l'ENS, où il suit les cours d'Élie Cartan. Après un bref passage au CNRS, il entre à l'ONERA comme ingénieur de recherches en aéronautique, et y prépare une thèse sur la stabilité des avions. Les méthodes développées dans cette thèse, soutenue en 1952, ont été utilisées pour la réalisation de plusieurs avions, en particulier Caravelle et Concorde.

Dès 1948, alors qu'il est encore ingénieur de recherches à l'ONERA, son goût pour l'enseignement le pousse à créer un cours libre et gratuit intitulé “Méthodes nouvelles de la Physique mathématique”. C'est un grand succès : la salle de cours, pourtant capable d'accueillir 200 auditeurs, est pleine, et il doit exposer deux fois chacune de ses leçons !

En 1952, alors qu'il est chef de groupe, déçu par l'organisation bureaucratique de la recherche à l'ONERA, il quitte cet organisme et devient Professeur à l'Institut des Hautes Études de Tunis. Malgré (ou grâce à) un relatif isolement scientifique, il y poursuit ses réflexions sur les principes de la Mécanique et découvre le rôle central des structures symplectiques, rarement souligné dans les traités de Mécanique de l'époque (et d'aujourd'hui) ; il apprendra plus tard, en lisant la *Mécanique analytique* de Joseph Louis Lagrange, que leur importance avait déjà été aperçue dès 1809 par cet illustre savant. Son premier travail sur le sujet, intitulé “Géométrie symplectique différentielle. Applications”, est présenté au colloque du CNRS de Strasbourg en 1953. En 1956, il fonde avec quelques collègues et ses étudiants le Colloque International de Théories Variationnelles (CITV) qui organise chaque année une rencontre informelle entre chercheurs de tous niveaux. Après plus de 50 ans ces rencontres, auxquelles Claude Vallée a donné un nouveau souffle à partir de 1996, ont toujours lieu : la prochaine, organisée par Géry de Saxcé, se tiendra fin août 2012 à Aix-en-Provence.

En 1958, il est nommé Professeur à l'université d'Aix-Marseille. Jusqu'à son départ en retraite, il y enseigne, à tous les niveaux universitaires, les sujets les plus variés : Mathématiques, Mécanique, théorie de la Relativité, Méthodes mathématiques de la Physique, Informatique. Il joue un rôle de premier plan lors de la création du Centre de Physique Théorique de Luminy, qu'il dirige de 1978 à 1985. Les échanges scientifiques avec ses collègues physiciens l'amènent à penser que les structures symplectiques doivent avoir une place en Mécanique quantique, plus importante encore qu'en Mécanique classique. Il comprend l'importance des groupes de symétrie d'un système mécanique (classique ou quantique) et montre que la classification des orbites coadjointes du groupe de Poincaré est en relation très étroite avec celle des particules élémentaires. Il s'intéresse aussi à bien d'autres domaines de la Physique, auxquels il apporte des contributions originales : Mécanique statistique, Thermodynamique (classique et relativiste), Astronomie et cosmologie. Il dirige pendant cinq ans le troisième cycle interuniversitaire de mathématiques pures de Marseille, et pendant cinq ans le troisième cycle interuniversitaire de Physique théorique de Marseille-Nice.

Jean-Marie Souriau est l'auteur de plus d'une centaine d'articles scientifiques. Ses livres "Calcul linéaire" (en deux volumes, Presses universitaires de France, 1959 et 1965), "Géométrie et Relativité" (Hermann, Paris 1964) et "Structure des systèmes dynamiques" (Dunod, Paris 1970) cachent, sous l'apparence trompeuse de manuels d'enseignement pour étudiants débutants, nombre de contributions originales qui ont inspiré ses élèves en thèse et serviront encore longtemps de point de départ à des recherches nouvelles. Il laisse un livre de philosophie scientifique non publié, mais disponible sur son site internet : "Grammaire de la nature".

Son œuvre scientifique

Les quelques exemples présentés ci-dessous ne couvrent qu'une petite partie de l'œuvre de Jean-Marie Souriau, celle que nous connaissons le mieux. Cependant, nous pensons qu'ils illustrent assez bien sa démarche scientifique, allant d'une découverte mathématique à son application à la résolution de problèmes physiques, et inversement, créant les outils mathématiques utiles pour résoudre un problème physique.

La variété des mouvements d'un système. Jean-Marie Souriau a remarqué que l'ensemble des solutions maximales d'un système différentiel sur une variété différentiable possède lui-même une structure naturelle de variété différentiable, pas toujours séparée : on peut donc parler de *variété des mouvements* du système. Cette propriété très simple est rarement mentionnée dans les cours usuels de Calcul différentiel. Lorsque le système est hamiltonien, la variété des mouvements possède une structure symplectique naturelle ; les *crochets de Lagrange* des fonctions coordonnées locales sont les composantes de la forme symplectique de cette variété. Lorsque de plus le hamiltonien est indépendant du temps, le groupe additif $\mathbb{R}$ agit sur la variété des mouvements ; cette action, pouvant s'interpréter comme correspondant à un changement de l'origine du temps, conserve la forme symplectique. L'aspect local de ces propriétés avait été découvert dès 1809 par Lagrange ; Jean-Marie Souriau leur a donné une formulation géométrique globale.

L'application moment. Lorsqu'un groupe de Lie G agit par symplectomorphismes sur une variété symplectique (M,ω), moyennant certaines conditions cohomologiques, il existe une application naturelle (déterminée à une constante additive près) définie sur la variété et à valeurs dans le dual $\mathcal{G}^*$ de l'algèbre de Lie $\mathcal{G}$ de G : l'*application moment*. Si l'on choisit une base de $\mathcal{G}$, les composantes de cette application dans la base duale de $\mathcal{G}^*$ sont des fonctions ayant pour champs de vecteurs hamiltoniens associés les générateurs infinitésimaux de l'action du groupe. Implicitement utilisée depuis fort longtemps (notamment par Lagrange, Jacobi et Poincaré), cette application a été clairement définie, dans le langage géométrique moderne, par Stephen Smale pour les systèmes lagrangiens, par Bertram Kostant et, à peu près simultanément, Jean-Marie Souriau.

Une forme géométrique du premier théorème d'Emmy Noether. Ce théorème affirme qu'à chaque groupe à un paramètre de symétries d'un système mécanique lagrangien est associée une intégrale première. Si l'on considère le système hamiltonien associé, la notion d'application moment permet de donner à ce théorème une forme plus géométrique ; il suffit en effet de prendre pour variété symplectique l'espace des phases du système (c'est-à-dire le fibré cotangent à l'espace de configuration, muni de sa forme symplectique canonique) ; si le hamiltonien du système possède une algèbre de Lie de symétries infinitésimales, l'application moment correspondante est constante sur chaque courbe intégrale du système. La forme usuelle du théorème s'obtient en considérant séparément chaque composante de l'application moment.

Propriétés de l'application moment. Soit (M,ω) une variété symplectique connexe sur laquelle un groupe de Lie G agit par symplectomorphismes, et $J : M \to \mathcal{G}^*$ une application moment pour cette action. Jean-Marie Souriau a montré qu'il existe une action affine de G sur $\mathcal{G}^*$, dont la partie linéaire est l'action coadjointe, qui rend l'application moment équivariante. Cette action diffère de l'action coadjointe par un 1-cocycle θ du groupe G à valeurs dans $\mathcal{G}^*$ (relativement à l'action coadjointe). Jean-Marie Souriau l'appelle *cocycle symplectique*, car sa différentielle à l'élément neutre détermine une forme bilinéaire antisymétrique $\Theta : \mathcal{G} \times \mathcal{G} \to \mathbb{R}$, qu'on peut considérer soit comme le 1-cocycle de l'algèbre de Lie $\mathcal{G}$ à valeurs dans $\mathcal{G}^*$ associé au 1-cocycle θ du groupe de Lie G, soit comme un 2-cocycle de l'algèbre de Lie $\mathcal{G}$ à valeurs réelles (relativement à la représentation triviale).

Lorsqu'on modifie l'application moment par addition d'une constante (élément de $\mathcal{G}^*$), les cocycles θ et Θ sont modifiés par addition d'un cobord. Leur classe de cohomologie n'est donc pas modifiée. Jean-Marie Souriau a montré que lorsque G est le *groupe de Galilée*, dont la cohomologie symplectique est de dimension 1, et (M,ω) la *variété des mouvements* d'un système mécanique admettant ce groupe pour groupe de symétries (ce qui est le cas des systèmes mécaniques classiques dits *autonomes*), la classe de cohomologie du cocycle θ est la *masse totale* du système. Par contre, les systèmes mécaniques autonomes *relativistes* ont pour groupe de symétries le *groupe de Poincaré*, non le groupe de Galilée. Or la cohomologie symplectique du groupe de Poincaré est triviale. Jean-Marie Souriau y voit une explication du fait que la notion de masse a, en Mécanique relativiste, un statut très différent de celui qu'elle a en Mécanique classique non relativiste ; par exemple, la masse apparente d'une particule relativiste (définie comme le rapport de la force exercée sur cette particule à l'accélération qui en résulte) n'est pas constante : elle croît avec la vitesse de la particule et tend vers l'infini lorsque la vitesse de celle-ci tend vers la vitesse de la lumière.

Autre propriété remarquable de l'application moment : c'est une *application de Poisson*, la variété symplectique (M, ω) et le dual $\mathcal{G}^*$ de l'algèbre de Lie $\mathcal{G}$ étant munis, respectivement, de la structure de Poisson associée à sa structure symplectique et d'une structure de Poisson aujourd'hui dite de *Kirillov-Kostant-Souriau* (du nom de trois personnes qui l'ont redécouverte, car elle figure implicitement dans les travaux de Sophus Lie). Lorsque le cocycle Θ est nul, cette structure de Poisson est la structure de Poisson canonique du dual d'une algèbre de Lie, déduite par dualité du crochet sur l'algèbre de Lie $\mathcal{G}$; ses feuilles symplectiques sont les orbites de la représentation coadjointe. Dans le cas général, cette structure est la structure canonique modifiée au moyen du cocycle Θ ; ses feuilles symplectiques sont les orbites de l'action affine qui rend l'application moment équivariante.

Cette dernière propriété permet de déterminer tous les espaces homogènes d'un groupe de Lie admettant une structure symplectique invariante par l'action de ce groupe : ce sont les orbites de la représentation coadjointe de ce groupe ou d'une extension centrale de ce groupe (l'extension centrale permettant de se débarrasser du cocycle Θ).

Une description mécaniste des particules élémentaires. Le groupe de symétries de la variété des mouvements d'un système mécanique autonome est soit le groupe de Galilée, soit le groupe de Poincaré, selon qu'on utilise pour décrire le système la mécanique classique ou la mécanique relativiste. Jean-Marie Souriau appelle *systèmes élémentaires* les systèmes dont le groupe de symétries agit transitivement sur la variété des mouvements ; autrement dit, les systèmes dont la variété des mouvements est un espace homogène symplectique du groupe de Galilée ou du groupe de Poincaré. Or, comme on vient de le rappeler, Jean-Marie Souriau avait déterminé ces espaces homogènes : ce sont les orbites coadjointes du groupe de Poincaré ou, pour les systèmes mécaniques non relativistes de masse totale non nulle, d'une extension centrale du groupe de Galilée, le *groupe de Bargmann*. Jean-Marie Souriau a montré que les orbites coadjointes du groupe de Poincaré peuvent s'interpréter physiquement comme les variétés des mouvements des particules élémentaires relativistes, avec ou sans spin, de masse propre positive (particules massives) ou nulle (photons). Quant aux orbites coadjointes du groupe de Bargmann, elles peuvent s'interpréter comme variétés des mouvements de particules, avec ou sans spin, dans l'approximation non relativiste.

La quantification géométrique. En 1965, après une première esquisse en 1962, Jean-Marie Souriau a été le premier à créer cette théorie, qui donne un fondement mathématique rigoureux au processus de quantification d'un système mécanique classique. Elle sera un peu plus tard découverte indépendamment par Bertram Kostant, qui l'utilisera pour construire des représentations irréductibles de certains groupes de Lie.

La première étape (appelée *préquantification*) de la quantification d'un système classique, dont la variété symplectique (M, ω) est, soit la variété des mouvements, soit l'espace des phases, consiste à construire un fibré de base M, muni d'une connexion dont la courbure est ω. Bertram Kostant utilise un fibré en droites complexes muni d'une structure hermitienne invariante, tandis que Jean-Marie Souriau utilise un fibré en cercles (c'est-à-dire le fibré principal correspondant), ce qui permet de considérer la forme de connexion comme une forme de contact sur l'espace total du fibré. Un tel fibré existe si et seulement si la classe de cohomologie de ω est entière. Lorsque cette condition est satisfaite, l'ensemble des préquantifications non équivalentes de (M,ω) est un espace homogène principal du groupe des caractères du groupe fondamental de M. Ces résultats mathématiques expliquent certaines propriétés physiques expérimentalement constatées, par exemple : le spin d'une particule est toujours un multiple entier de $\hbar/2$; un système de particules toutes identiques possède exactement deux préquantifications non équivalentes, correspondant aux deux types de particules, les bosons et les fermions, obéissant respectivement aux statistiques de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac.

La seconde étape de la quantification, utilisant une *polarisation* (c'est-à-dire un feuilletage lagrangien de la variété symplectique (M,ω)), doit permettre de construire un espace de Hilbert et d'associer, à chaque observable classique d'un système mécanique, un opérateur autoadjoint sur cet espace. Elle pose des problèmes encore incomplètement résolus. Jean-Marie Souriau a pu cependant, en utilisant des polarisations, construire à partir des modèles symplectiques de particules élémentaires (en mécanique classique, relativiste ou non) les équations d'onde qui régissent le comportement quantique de ces particules lorsqu'elles sont libres : équations de Schrödinger, Pauli, Dirac, Maxwell, Yang, ces dernières ayant donné lieu aux travaux originaux de Christian Duval. Jean-Marie Souriau a également proposé une méthode explicite de construction de l'*indice de Maslov*, un ingrédient important de la quantification géométrique.

Une vision originale et personnelle de la géométrie. Dans "Géométrie et Relativité", Jean-Marie Souriau nous invite à revisiter la Géométrie Différentielle, hors des sentiers battus des manuels classiques. On y trouve un exposé original de ses fondements, prémisse de la difféologie et privilégiant aux notions ensemblistes l'approche plus générale par les applications (un ensemble pouvant être identifié à son opérateur identité). Un *recueil* est un ensemble d'applications A, stable pour la composition et l'inversion, et dont toute partie est majorée pour la relation d'ordre "A est une restriction de B". Son *espace* est la réunion des ensembles de définition de ces applications, qu'il appelle *glissements*. L'axiomatique est simple mais très riche (elle définit par exemple une topologie sous-jacente).

En découle une *théorie de la variance*, articulée autour de la notion de germes de glissements en un point et conservant ce point –qui forment un groupe– et celle de *racine*, plus générale que l'espace fibré car les fibres d'une racine ne sont pas nécessairement disjointes deux à deux. Les racines sont alors classées par variances, et les variances par des noyaux correspondant biunivoquement aux sous-groupes distingués du groupe des germes de glissement en un point. Un ensemble V est muni d'une structure de variété de dimension n au moyen des glissements de $\mathbb{R}^n$ appelés changeurs de cartes, en construisant un recueil de $\mathbb{R}^n \cup V$ contenant, outre les changeurs de cartes, les cartes de V, leur inverses appelés cocartes, et les glissements de V lui-même.

Les espaces difféologiques. Les théories des variétés différentiables et des groupes de

Lie lui semblant insuffisantes pour un traitement rigoureux de tous les problèmes liés à la quantification, Jean-Marie Souriau a proposé un cadre moins étroit : celui des *espaces et des groupes difféologiques*. Une grande partie des concepts de la géométrie différentielle usuelle (formes différentielles, actions de groupes, représentation coadjointe) subsistent. On peut espérer formuler dans ce cadre des théories physiques rigoureuses des interactions électromagnétiques et gravitationnelles. Les espaces difféologiques présentent également un intérêt en mathématiques pures car ils offrent une voie nouvelle d'étude de certains objets, tels que les espaces d'orbites de l'action d'un groupe, sur lesquels la topologie (triviale) ne donne aucune information. D'intéressants travaux sur ce sujet sont dus à Paul Donato et Patrick Iglesias-Zemmour. Un traité sur la difféologie, dû à Patrick Iglesias-Zemmour, paraîtra prochainement aux *Surveys and Monographs* de l'AMS (American Mathematical Society).

Cosmologie. Le modèle d'univers homogène et isotrope proposé par A. Friedmann en 1922 comporte des paramètres (courbure et constante cosmologique) que Jean-Marie Souriau, en collaboration avec H.H. Fliche, a essayé de déterminer en utilisant les caractéristiques des quasars. Dès 1978, ils mettent en évidence l'accélération de l'expansion de l'univers. Ils mesurent une constante cosmologique non nulle (que l'on nomme aujourd'hui "énergie noire") et une courbure spatiale positive. Avec R. Triay, ils découvrent une zone d'absence à très grande échelle dans la répartition spatiale des quasars, grossièrement plane, d'une épaisseur d'environ 100 Mégaparsecs, située à 3000 Mégaparsecs de nous. Jean-Marie Souriau a formulé une hypothèse hardie pour expliquer ce résultat d'observations : l'univers serait composé de matière et d'antimatière, occupant chacune une hémisphère d'une sphère S^3 ; l'équateur séparant ces deux hémisphères (une sphère S^2) serait la "zone d'absence" observée. Cette hypothèse a l'avantage d'expliquer la neutralité électrique de l'univers.

Toujours en collaboration avec H.H. Fliche et R. Triay, Jean-Marie Souriau a mis en évidence une orientation préférentielle des régions HI étendues des galaxies, en les identifiant à des nappes d'hydrogène primordial approximativement planes et orthogonales à la direction de l'"équateur de l'univers".

La mécanique affine. Pour Jean-Marie Souriau, la Relativité Générale est non seulement une théorie de la gravitation qui permet de prédire des effets très ténus, comme la déviation de la lumière près des corps massifs ou la correction relativiste pour le périhélie de l'orbite de Mercure, mais elle est –peut-être surtout– un modèle cohérent pour étudier la mécanique et la physique des milieux continus, même dans le contexte classique où la vitesse de la lumière peut être considérée comme infinie. L'idée-clé est de remarquer que les groupes de Galilée et de Poincaré sont tous deux des sous-groupes du groupe affine, d'où l'intérêt d'identifier les invariants et covariants mécaniques de ce groupe, qui peuvent ensuite se décliner dans des versions classiques ou relativistes.

Les milieux condensés sur une sous-variété sont décris en traitant le tenseur des contraintes de la mécanique des milieux continus comme une distribution, c'est-à-dire comme une fonctionnelle linéaire T agissant sur une variable d'essai G qui est un champ lisse à support compact de tenseurs symétriques d'ordre deux. Grâce à un astucieux usage des multiplicateurs de Lagrange, il révèle la structure de ce tenseur-distribution pour les fils et les membranes. Le procédé se généralise aux poutres et coques en remplaçant la variable d'essai par son développement au premier ordre au voisinage du point considéré. Si D désigne le gradient symétrique, les équations d'équilibre s'écrivent alors élégamment $TDZ = 0$ quel que soit le choix de Z, ou plus brièvement $TD = 0$. On passe à la dynamique simplement en décrivant la matière par un tenseur-distribution quadri-dimensionnel et à l'électrodynamique par un tenseur-distribution penta-dimensionnel.

Quelques souvenirs personnels de Charles-Michel Marle

J'ai rencontré Jean-Marie Souriau pour la première fois vers 1965 ; j'étais alors ingénieur dans un centre de recherches appliquées (l'Institut Français du Pétrole) et j'envisageais un changement d'orientation professionnelle. Je suivais, pas très régulièrement, un séminaire de Géométrie et Relativité organisé par André Lichnerowicz et Yvonne Choquet-Bruhat, alternativement au Collège de France et à l'Institut Henri Poincaré. L'exposé présenté à ce séminaire par Jean-Marie Souriau, qui portait, je crois, sur la *Relativité pentadimensionnelle*, m'est passé largement au dessus de la tête, mais m'a incité à acheter et à lire son livre, *Géométrie et Relativité*. Ce livre, qui m'a rempli d'admiration, a contribué à me faire changer de situation.

Pendant les années 1970 – 1980, étant devenu enseignant, j'ai souvent rencontré Jean-Marie Souriau car, comme moi, il participait régulièrement aux *Journées relativistes*, rencontres organisées chaque année dans diverses universités (principalement françaises, mais aussi belges, italiennes et suisses) par des amis, des élèves et des anciens élèves d'André Lichnerowicz. Les exposés de Jean-Marie Souriau étaient toujours d'une très grande originalité. C'est pendant cette période que j'ai lu et relu son livre *Structure des systèmes dynamiques*. C'est la lecture de ce livre qui m'a fait comprendre ce que sont vraiment les "torseurs", objets algébriques bizarres dont les Mécaniciens français faisaient grand usage (au moins dans leurs enseignements de premier cycle universitaire), alors que les cours d'algèbre linéaire les ignorent : tout simplement des éléments du dual de l'algèbre de Lie du groupe des déplacements euclidiens. C'est ainsi que je les ai présentés à mes étudiants de première année d'Université, dans un cours de Mécanique générale que j'ai enseigné vers la fin des années 1970.

Un peu plus tard il y eut le *Séminaire sud-rhodanien de Géométrie*, dont Jean-Marie Souriau était (avec notre regrettée collègue Nicole Moulis-Desolneux, Claude Albert, Pierre Dazord, Jean-Paul Dufour, Pierre Molino, Claude Roger, ...) un membre fondateur. En 1989, grâce à Alan Weinstein, une instance de ce séminaire eut lieu à Berkeley alors que j'y séjournais pour 5 mois. J'eus le plaisir de recevoir Jean-Marie Souriau, ainsi qu'André Lichnerowicz, Alan Weinstein et quelques autres géomètres de diverses nationalités dans la petite maison que j'avais louée.

Ayant eu à enseigner l'Algorithmique, domaine des mathématiques qui m'est peu familier, j'ai par hasard appris, en lisant le livre de Noël Gastinel *Analyse numérique linéaire* (Hermann, Paris 1966), que Jean-Marie Souriau était l'inventeur d'une méthode de détermination des valeurs propres et vecteurs propres d'une matrice, variante astucieuse de la méthode de Le Verrier. Bien sûr, j'ai enseigné cette méthode à mes étudiants de licence.

Alors que j'étais encore en activité, Jean-Marie Souriau m'a fait une fois l'honneur de m'inviter à Marseille-Luminy pour présenter un exposé (sur les variétés de Poisson et les algébroïdes de Lie, je crois).

Ce n'est qu'en 2006, à la Motte d'Aveillans, que j'ai commencé à participer aux rencontres du CITV. Depuis, j'y vais chaque année car j'apprécie l'ambiance à la fois studieuse, amicale et chaleureuse de ces rencontres.

Quelques souvenirs personnels de Géry de Saxcé

J'ai fait la connaissance de Jean-Marie Souriau par l'intermédiaire de Claude Vallée qui venait en 1996 de rebooster le CITV. Le Colloque se déroulait à Trôo, un petit village du Loir-et-Cher où Jean-Marie Souriau avait hérité d'une maison troglodyte. Les exposés se faisaient à l'école du village, sur un tableau de taille si réduite qu'il obligeait l'orateur à des prouesses de synthèse et de concision (cela faisait partie des méthodes du Professeur Souriau). Pour des nouveaux comme moi, c'était le baptême du feu car les questions fusaient. Il y régnait une atmosphère stimulante pour un chercheur qui me plut très vite.

Le CITV offre à des chercheurs venus d'horizons très divers un espace de discussions –parfois passionnées, toujours amicales et informelles– au carrefour des Mathématiques, de la Physique, de la Mécanique mais aussi de la Philosophie, car Jean-Marie Souriau lui avait donné une dimension supplémentaire, les soirées épistémologiques. Il nous a non seulement laissé une œuvre scientifique magistrale au travers de ses livres sur les systèmes dynamiques, la relativité et la physique quantique, mais Jean-Marie Souriau –le Professeur et l'Homme– nous a aussi livré une vision philosophique profonde du monde au travers de sa “Grammaire de la Nature”. Comme la science, il la voulait accessible aux plus grand nombre. Je me souviens par exemple de cette soirée à Super-Bolquère où il avait exposé avec aisance et simplicité son modèle cosmologique au public souvent très jeune du centre de vacances où nous résidions.

Je voudrais surtout ici me faire l'interprète des membres du Colloque, aujourd'hui éparpillés en France et aux quatre coins du monde, et de tous ceux qui l'ont connu et qui lors de son décès ont fait part de leur admiration pour –je cite– ce “grand homme et scientifique”, ce “grand monsieur”, ce “savant”.

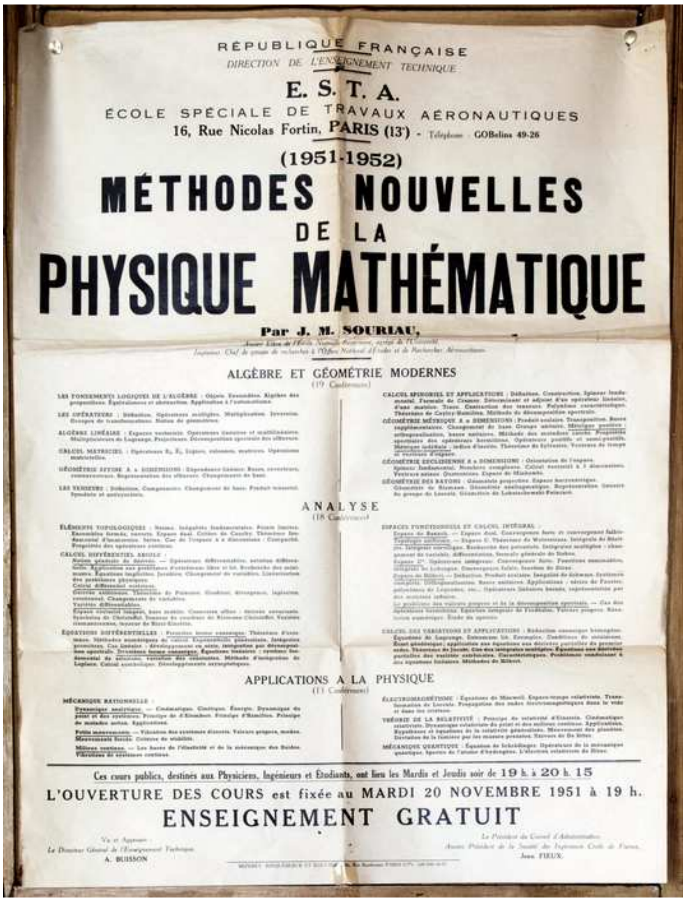
Tudor Ratiu de l'Ecole Polytechnique de Lausanne nous confiait qu' “une ère de la physique mathématique s'achève. L'influence de Jean-Marie était énorme partout dans le monde. Il m'a beaucoup influencé dans le choix des sujets et dans l'attitude envers la recherche, par exemple en se posant des questions qui semblent faciles mais en essayant de les comprendre en profondeur. Beaucoup plus tard, j'ai eu l'honneur de rencontrer personnellement Jean-Marie et de parler avec lui, ce qui m'a encore plus impressionné.”

Je ne puis être exhaustif. Je citerai seulement Noël Dahan qui m'a rappelé qu'il avait beaucoup appris de Jean-Marie Souriau, que celui-ci lui avait donné l'envie d'utiliser ses méthodes pour enseigner aux élèves-ingénieurs la mécanique et la physique au Conservatoire National des Arts et Métiers. Car, outre les aspects touchant à la Géométrie et à la théorie des groupes –bref aux arcanes des mathématiques–, Jean-Marie Souriau avait inventé des méthodes pertinentes pour l'ingénieur, par exemple pour calculer la stabilité des avions. Il avait aussi construit un système de notations et des méthodes de calcul dont ceux qui les ont pratiqués ont pu mesurer toute la puissance.

Le Colloque a ses traditions et son folklore (par exemple celui d'entonner la chanson "au 31 du mois d'août" quand cette date échoit lors du Colloque) et ses maximes –humoristiques mais profondes– telles que "science sans conscience n'est que ruine de l'âme, mais conscience sans science est l'âme de la ruine". Jean-Marie Souriau avait su donner un style de travail bonhomme et détendu, même si l'on y discutait de choses fort sérieuses.

Tous ceux qui l'ont connu n'ont pas manqué de rappeler sa vivacité d'esprit, sa richesse créatrice, la rigueur de sa pensée et sa manière unique et profondément originale de comprendre le monde, mais aussi ses grandes qualités humaines, son amabilité et son humour lors des repas et discussions informelles. Nous venons de perdre un guide, un maître et un ami. Ses travaux forcent l'admiration et méritent une plus ample diffusion. De manière unanime, les membres du CITV ont jugé que le meilleur hommage que nous puissions lui rendre est de propager ses idées et de populariser ses travaux.

Quelques souvenirs personnels de Claude Vallée



Photographie d'une affiche datant de 1951. Don de Jérôme Souriau

Voici une affiche que Jérôme Souriau a retrouvée dans les papiers de son papa et qu'il m'a obligeamment transmise. Elle concerne l'époque où Jean-Marie Souriau était Ingénieur de Recherches à l'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) de Châtillon-sous-Bagneux. Je me souviens qu'il m'a souvent parlé d'un cours du soir qu'il donnait à "l'École des Meuniers" en collaboration avec Jérôme Chastenet de Géry et Roger Valid (qui rédigeaient les exercices). Sur l'affiche on lit ESTA (École Spéciale de Travaux Aéronautiques), point de mention "d'École des Meuniers". Mais l'adresse est claire : 16, rue Nicolas Fortin, Paris 13^{e}. Au siècle dernier, la rue Nicolas Fortin était proche des "Grands Moulins", principal centre d'activité de meunerie de Paris. C'est là, sur un terrain appartenant à la Ville de Paris et loué par un bail emphytéotique de 60 ans, que l' ANMF (Association Nationale de la Meunerie Française) édifie en 1930 les bâtiments de l'École Nationale Supérieure de Meunerie. Placée sous la double tutelle du ministère de l'Éducation nationale et de l'ANMF, elle forme des techniciens et des ingénieurs en industries céréalières. En 1990, le bail est prolongé pour une durée de 30 ans, la Ville de Paris accordant à l'ANMF une subvention compensatrice de loyer. Cependant, très à l'étroit dans ses murs, l'école devenue ENSMIC (École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières) chercha des locaux plus appropriés et déménagea pour Surgères (Charente-Maritime, Région Poitou-Charentes) où elle rejoignit l'ENILIA

(École Nationale d'Industrie Laitière et des Industries Agroalimentaires). À la rentrée 2006, elle y ouvrit donc un centre dénommé "Lycée Professionnel Agricole – École Nationale de la Meunerie et des Industries Céréalières" (LPA - ENSMIC) où elle accueillit les élèves de formation initiale sous le statut scolaire traditionnel de BTS (Brevet de Technicien Supérieur). L'"École des Meuniers" et l'ESTA partagèrent le numéro 16 de la rue Nicolas Fortin de 1930 à 1966. L'ESTA fut créée en 1930 pour spécialiser en aéronautique les jeunes ingénieurs, notamment ceux des Arts et Métiers. À la demande de l'Ingénieur Général de l'Armement Michel Vernisse, elle fournit les premières promotions des Ingénieurs des Travaux de l'Aéronautique. Elle fut transférée en 1966 sur le campus universitaire d'Orsay, puis en 1994 sur le pôle universitaire Léonard de Vinci de Paris - La Défense. En 1998, elle fut remplacée par le MS (Mastère Spécialisé) en conduite de projets de systèmes intégrés aux véhicules aérospatiaux et terrestres (SYVAT) des Arts et Métiers ParisTech.

À l'origine, les cours publics de 1951-52 étaient une réponse aux manques en calcul matriciel que Jean-Marie Souriau avait ressentis chez les ingénieurs français en aéronautique, notamment à l'ONERA récemment créé. La simple addition de 2 matrices était considérée avec respect comme une notion très abstraite. Ces lacunes empêchaient les ingénieurs de comprendre les progrès réalisés par les avionneurs américains pendant la seconde guerre mondiale (progrès qui leur firent gagner la guerre des airs pendant que les anglais gagnaient la guerre des mers). Les calculateurs américains avaient inventé la "Méthode des Éléments Finis" qui permettait de résoudre rapidement des problèmes de "Mécanique des Structures" (principalement des structures en forme de coques : coques d'avion, coques de bateau, coques de camions,...). Comme l'ancienne "Méthode de Ritz", la "Méthode des Éléments Finis" est une méthode numérique qui ramène l'équation aux dérivées partielles gouvernant le comportement d'une structure à un calcul linéaire du type $Au = f$ (A est une matrice $N \times N$ construite à partir des coefficients d'élasticité du matériau dont est constituée la structure, f est un vecteur $N \times 1$ construit à partir des forces appliquées à la structure ; l'inconnue est u, c'est un vecteur $N \times 1$, sa connaissance permettra de reconstruire le déplacement de la structure sous l'action des forces). Dans le cas de la méthode de Ritz la matrice A est pleine (elle n'a pratiquement pas de zéros) et ainsi on ne peut calculer le déplacement "généralisé" u (avec les moyens de calcul de l'époque) que pour N petit (et des connaissances en calcul matriciel ne sont alors pas nécessaires). Mais dans le cas de la méthode des éléments finis, les coefficients non nuls de la matrice A sont concentrés dans une bande voisine de sa diagonale (en dehors de cette bande il n'y a que des zéros, le stockage des coefficients de A s'en trouve ainsi facilité) et on peut se permettre des N grands. Ce qui est intéressant car $N/3$ est le nombre de points (dits noeuds) où on va pouvoir calculer le déplacement "réel" (à 3 composantes) de la structure. Et c'est assez facile de résoudre numériquement des systèmes linéaires $Au = f$ quand la largeur de la bande non nulle de la matrice A est petite (1 pour une matrice diagonale, 3 pour une matrice tridiagonale, 5, 7, ...) même si N est grand (100, 1000, ...). Voilà ce qui motivait, dans les années 1950, la nécessité d'une bonne compréhension du calcul matriciel pour maîtriser la "Mécanique des Structures" et concevoir des prototypes d'avions nouveaux.

Roger Valid a continué sa carrière à l'ONERA après le départ de Jean-Marie Souriau. Il y a perfectionné la théorie des coques non pas avec les méthodes matricielles et numériques ci-dessus évoquées, mais avec une autre corde de l'arc de Jean-Marie Souriau : ses méthodes de géométrie différentielle exposées elles aussi en 1951-52 à l'"École des Meuniers" pendant les 19 conférences d'"Algèbre et Géométrie Modernes" résumées sur l'affiche.

Le programme des cours d' "Algèbre Linéaire" qu'on lit sur l'affiche a donné lieu au livre "Calcul Linéaire" publié aux PUF en deux tomes en 1959 et 1965. Dans ce premier livre apparaît déjà le caractère opératoire des énoncés de Jean-Marie Souriau. J'en donnerai pour exemple sa présentation novatrice d'une notion clé en Mécanique (pour mettre en œuvre le Principe des Travaux Virtuels, par exemple) : les multiplicateurs de Lagrange. L'axiome du choix y est reformulé : "Tout opérateur possède au moins un inverse-à-droite". Le problème du quotient de deux opérateurs (A et B définis sur un même ensemble E) y est alors immédiatement posé et résolu par l'énoncé : "Pour qu'il existe un opérateur C tel que $A = CB$, il faut et il suffit que $[B(X) = B(Y)]$ implique $[A(X) = A(Y)]$. En outre l'opérateur C est unique si on lui impose la condition : [le domaine de définition de C coïncide avec le domaine de valeurs de B], il est alors appelé quotient de A par B". Dans le cas où E est un espace vectoriel et A et B sont linéaires, ce théorème devient "Pour qu'il existe un opérateur linéaire C tel que $A = CB$, il faut et il suffit que $[B(X) = 0]$ implique $[A(X) = 0]$, c'est-à-dire que le noyau de B soit contenu dans le noyau de A". Ensuite Jean-Marie Souriau fait simplement remarquer que dans les applications, les quotients d'opérateurs linéaires s'appellent des *multiplicateurs de Lagrange*. Les utilisateurs de la fructueuse idée de Lagrange (en Mécanique, en Analyse Numérique, en Mécanique Statistique, en Calcul des Variations, en Optimisation, en Analyse Convexe, ...) gagneraient beaucoup à adopter le point de vue de Jean-Marie Souriau et à abandonner l'emploi des multiplicateurs de Lagrange comme des "trucs" scalaires permettant de tenir compte de conditions scalaires une par une. A ma connaissance une telle remise en perspective des multiplicateurs de Lagrange n'est reprise (en exercice) que dans les deux chapitres d'Algèbre Linéaire du livre "Advanced Calculus" publié chez Addison Wesley en 1968 (réédition : Jones and Bartlett, 1990) par Lynn H. Loomis et Shlomo Sternberg (accessible en ligne sur le site `"http://www.math.harvard.edu/~shlomo/docs/Advanced_Calculus.pdf"`).

Remerciements. C.-M. Marle remercie Uriel Frisch et Roland Triay pour leur aide dans la rédaction du paragraphe sur la cosmologie. Il remercie également Yvette Kosmann-Schwarzbach, Patrick Iglesias et François Ziegler dont les critiques constructives lui ont permis d'améliorer l'ensemble de sa contribution.

Auteurs

Géry de Saxcé, Université de Lille 1, gery.desaxce@univ-lille1.fr

Claude Vallée, Université de Poitiers, claude.vallee@univ-poitiers.fr

Charles-Michel Marle, Université Pierre et Marie Curie, cmm1934@orange.fr