

Au cours de ma présentation du mercredi matin, j'ai parlé (planche 11) du modèle de Rice (1974)-Gurson (1977). Pour affirmer que James Rodney Rice est le véritable auteur du modèle de Gurson, j'ai mentionné une anecdote que je n'avais pas le temps de raconter dans la présentation. La voici, et pour le même prix vous avez deux anecdotes.

Sur les genoux d'Hadamard

En **1975** (au plus tard), Jean Mandel (né en 1907, décédé à Fontainebleau le 19/07/1982), fondateur en 1961 et directeur du laboratoire de mécanique des solides (LMS) de l'Ecole Polytechnique, a reçu à Paris James Rice (né en 1940, Brown University 1964-1981). Le LMS était alors un petit laboratoire situé dans un immeuble bourgeois rue de la Montagne Sainte-Geneviève, dans le même pâté de maisons que l'Ecole Polytechnique. A l'époque, aucun compte rendu de réunion n'était rédigé. Mais l'année 1975 ne peut être contestée car en **1976** l'Ecole et le laboratoire ont déménagé à Palaiseau. En tant que doctorant au LMS, j'ai assisté à cette réunion, ainsi que de mémoire André Zaoui, Bui Huy Duong, Dang Van Ky, Nguyen Quoc Son, Joseph Zarka, Bernard Halphen et quelques autres.

Rice et Mandel avaient des sujets de recherche communs. Comme il restait un peu de temps avant le déjeuner, je me souviens que Rice a abordé un sujet nouveau : il venait de développer, dans le cadre d'une supervision de thèse, un nouveau modèle de plasticité en présence d'une cavité. Je ne me souviens pas s'il a cité le nom de Gurson. Je ne me suis pas vraiment intéressé à ce modèle, car mon travail était très orienté mécanique de la rupture, solutions analytiques, ténacité K_{Ic} ... Je n'y ai repensé que des années plus tard, après avoir développé mon propre modèle, publié en 1981.

En **1976**, Rice publie son prodigieux papier "The localization of plastic deformation", dont voici quelques extraits :

Some basic theoretical principles follow from Hadamard's [1] studies of elastic stability, extended to the non-elastic context by Thomas [2], Hill [3], and Mandel [4]. But it is only re-

...
the material. In such cases the pre-localization constitutive relations cannot be continued analytically at the critical point, and they provide no basis for prediction of localization.

...
Gurson [35] gives specific forms for β and μ based on a rigid-plastic model of a voided material, and remarks that the inclusion in the con-

- ...
1. Hadamard, J.; Leçons sur la Propagation des Ondes et les Équations de L'Hydrodynamique; Paris, Chp. 6, 1903.
3. Hill, R.; Acceleration waves in solids; J. Mech. Phys. Solids, 10, p.1-16, 1962.

4. Mandel, J.; Conditions de stabilité et postulat de Drucker; in Rheology and Soil Mechanics, eds. J. Kravtchenko and P.M. Sirieys, Springer-Verlag, p.58-68, 1966.
35. Gurson, A.L.; Plastic flow and fracture behavior of ductile materials incorporating void nucleation, growth, and interaction; Ph.D. Thesis, Brown Univ., 1975 (available from Univ. Microfilms, Ann Arbor, Mich.).

La thèse de Gurson est donc publiée en 1975, mais ce n'est qu'en 1977 qu'un papier signé du seul Gurson paraît, ce qui est bien tardif. De plus, c'est la "Part I", la "Part II" n'est jamais parue et Gurson a disparu des radars. Peut-on croire qu'un travail aussi génial que le modèle dit "de Gurson" ait pu être réalisé par un chercheur débutant et isolé ? Comme le modèle de Rice et Tracey, le maître et son disciple, ne faut-il pas citer **le modèle de Rice et Gurson** ?

Dans son papier de 1976, la première citation de Rice est : Hadamard (1903). C'est effectivement le premier texte sur la localisation de la déformation. L'un des quelques 200 participants au colloque d'Aussois a-t-il eu la chance de rencontrer Jacques Salomon Hadamard (1865-1963) ? C'est l'objet de ma seconde anecdote.

Elle est assez longue à raconter car elle commence en 1932. Cette année-là, mon père Maurice Rousselier (1914-1958) a connu Raymond et Lucie Aubrac, comme lui provinciaux et étudiants au Quartier Latin. De nombreux collèges et lycées portent le nom de Lucie Aubrac et sa vie a été portée à l'écran (entre autres par Claude Berri en 1996).

Raymond Aubrac (1914-2012), de son vrai nom Raymond Samuel, est entré très tôt dans la Résistance et selon ses mémoires c'est lui qui a convaincu mon père de faire de même. Raymond a occupé des fonctions importantes dans le mouvement Libération et il a été fait prisonnier en même temps que Jean Moulin en 1943. Mon père, sous le nom de colonel Rivier, a commandé successivement les régions R4 (Toulouse) et R5 (Limoges) des Forces Françaises de l'Intérieur, qui ont combattu les divisions blindées nazies fuyant le sud de la France après le débarquement de 1944.

Après la guerre, Raymond a habité une maison dans la banlieue sud de Paris, alors encore verdoyante. C'est là qu'il a hébergé en 1946 le premier président vietnamien, Ho Chi Minh, lors de la conférence de Fontainebleau. Ho Chi Minh voulait apparaître comme le président de tous les Vietnamiens et pas des seuls communistes, c'est pourquoi il a choisi d'être reçu par une personnalité n'appartenant à aucun parti politique. En 1949, Mao Ze Dong fonde la République Populaire de Chine, qui n'est pas reconnue par la France. Mais la France souhaite établir des liens officiels et envoie une délégation de personnalités, dont Raymond Aubrac et Jacques Hadamard. Ils sont devenus amis au cours des interminables voyages en train à travers la Chine.

Dans les années 2000, je rendais souvent visite à Raymond dans son appartement de Montparnasse. Il s'intéressait toujours aux autres et donc me posait des questions sur mon travail. Je lui ai montré un de mes Comptes Rendus à l'Académie des Sciences sur la localisation de la déformation. Il a regardé poliment cette prose bizarre et il a noté une référence : mais c'est mon ami Hadamard ! Il m'a raconté qu'Hadamard venait souvent dans sa maison dans les années 1950, que mes parents y étaient aussi invités et que bien sûr j'étais présent (je suis né en 1949). Il m'a dit aussi que c'était un charmant vieillard qui aimait les enfants (ses trois fils sont morts au combat en 1916 et 1943) et qu'il m'avait pris sur ses genoux. Je n'en ai aucun souvenir.

J'ai rendu une dernière visite à Raymond le 9 avril 2012 et j'ai trouvé porte close. J'ai appelé ma sœur qui m'a dit qu'il venait d'être hospitalisé; il est mort le lendemain.

Pour finir sur une note plus scientifique, j'ai essayé dans ma présentation d'être constructif sur l'extension du modèle de Rice-Gurson à la croissance et à la coalescence des cavités, le fameux modèle GTN. Ces diverses extensions sont efficaces. Certes elles nuisent à la beauté du modèle initial. A noter que depuis 1981 je n'ai apporté aucune modification à mon modèle, qui ne comporte toujours que deux paramètres D_1 et σ_1 (mise à part cette satanée dépendance au maillage de la localisation de la déformation).

Je n'ai pas eu le temps de discuter deux critiques qui ont été faites sur mon modèle :

1. Le modèle ne peut pas prendre en compte l'effet de la vitesse de déformation, par exemple entre un essai quasi-statique et un essai de résilience. C'est vrai si on garde le même paramètre σ_1 . Mais j'ai bien montré à la planche 9 que Rice et Tracey donne $\sigma_1 = (2/3) \sigma_{\text{flow}}$. Et bien sûr la contrainte d'écoulement σ_{flow} peut dépendre des paramètres vitesse et température, ce qui résout le problème.
2. Contrairement au modèle de Gurson, le modèle ne donne pas la solution analytique de la sphère creuse sur l'axe $\sigma_{\text{eq}}=0$, il est donc faux. C'est bien là la différence entre les deux modèles. Gurson correspond aux vitesses initiales, mon modèle correspond à l'endommagement et à la localisation de la déformation. Il est normal qu'il soit en désaccord avec la sphère creuse (pente infinie en $\sigma_{\text{eq}}=0$) car c'est incompatible avec la condition cinématique nécessaire de localisation macroscopique (pente $-3/2$, voir planche 17, conséquence heureuse de Rice et Tracey).