



Une leçon positive de l'accident de Three Mile Island

par **Michel Pluviose**

Professeur honoraire du Conservatoire national des Arts et Métiers

Dans les années 1970, les constructeurs français de turbines à vapeur lancèrent une recherche d'intérêt général sur les causes des instabilités d'écoulement observées dans les soupapes de régulation et de sécurité de leurs installations de production d'énergie. Électricité de France s'associa à cette recherche confiée à l'ATTAG (Association Technique pour les turbomachines et Turbines à Gaz). L'étude fut conduite, sous la responsabilité de l'auteur, dans le cadre des activités du CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques).

Il fallut attendre 1984 pour faire émerger une solution spectaculaire. Elle consistait en un procédé innovant pour dégrader l'énergie cinétique dans les fluides. Le problème était résolu de manière efficace, mais les bases profondes en restaient mystérieuses. En effet, les physiciens du chaos n'avaient pas encore publié l'essentiel de leurs travaux.

Et la méthode proposée consistait, en utilisant les propriétés des écoulements supersoniques, à s'échapper de tout chaos.

Cette physique, qui reste à approfondir, peut être illustrée dans divers domaines scientifiques.

Personne n'a oublié, par exemple, la pire catastrophe technologique survenue sur le sol des USA : L'accident à Three Mile Island. On ne se souvient peut-être pas que ce désastre se produisit durant la mandature du président Jimmy Carter, et que celui-ci fut, avant son élection, un expert en physique nucléaire. Il a donc été informé de ce morceau de physique resté dans l'ombre, et qui pourrait se montrer redoutable dans d'autres applications où des énergies considérables doivent être dégradées.

Nous publions ici, pour information et examen, la lettre ouverte adressée au président Carter, ainsi que la réponse de celui-ci.

Lettre ouverte à M. Jimmy Carter, ancien Président des États-Unis d'Amérique

M. le Président,

Une série récente d'incidents laisse à penser que toute la lumière n'a pas été faite sur l'accident de Three Mile Island (TMI). Le rapport établi en Octobre 1979, à votre demande, pointait du doigt la maintenance du matériel et le manque de compétence des opérateurs.

Un fait essentiel, insuffisamment relevé, est que neuf fois avant que l'accident ne survienne, la pilot-operated relief valve (PORV) a été retrouvée coincée en position ouverte. Or, selon les normes internationales, une soupape de sécurité doit s'ouvrir lorsque les conditions l'exigent, et se refermer lorsque la pression dans le réservoir est revenue à sa valeur normale. La PORV ne suivait donc pas les normes, elle ne fonctionnait pas correctement. La cause de ces défaillances est à rechercher dans une partie inexplorée de la physique : celle où l'on doit dégrader massivement et rapidement de l'énergie.

Parce qu'au moment de l'accident, la physique du chaos était encore dans l'enfance, il n'était pas possible de déceler la cause initiale de cette catastrophe : le fonctionnement en régime chaotique de la PORV. Étant personnellement impliqué depuis longtemps dans le fonctionnement des soupapes, il m'appartient de souligner l'implication de cette soupape de sécurité dans le désastre et de proposer une solution salutaire.

Il serait inutile de revenir sur cet accident tragique, si mon propos n'était pas élargi à toutes les soupapes, et surtout à celles qui vibrent actuellement partout dans le monde.

Dans les incidents en centrale, on remarque que les soupapes de réglage ou de sûreté sont assez souvent mises en cause. Depuis des siècles, on cherche à en comprendre le fonctionnement.

Revenons donc un instant sur les phénomènes observés dans un simple robinet. Lors de l'ouverture, le fluide est mis en vitesse et possède donc une énergie cinétique qui se dégrade en aval. La puissance motrice contenue dans ce jet se dissipe dans l'atmosphère où elle est définitivement perdue. Les fluctuations observées, lorsque l'écoulement saute du régime laminaire au régime turbulent, suivent les lois du hasard et nous invitent à envisager l'écoulement turbulent comme une manifestation du chaos. De ces deux observations à la portée de tous, on note que la dissipation d'énergie et les instabilités sont des phénomènes qui accompagnent tous les écoulements.

Dans la plupart des installations, le fluide est confiné en aval dans une tuyauterie, il devient encore plus difficile de saisir la nature physique profonde des processus car d'autres phénomènes chaotiques apparaissent.

Les grandes différences de pression, existant entre les réservoirs en amont et en aval lors de l'ouverture d'une soupape de sécurité, mettent violemment le fluide en mouvement. Celui-ci possède une énergie cinétique considérable et donc une puissance motrice qui s'exprime en dizaines de mégawatts. Les écoulements traversent des zones chaotiques très dangereuses puis des structures supersoniques plus ou moins stables se forment. Le fluide dégrade l'énergie cinétique à sa guise en énergie thermique, mais aussi sous d'autres formes néfastes : énergie vibratoire, sonore, etc. L'installation peut en être sérieusement troublée.

Les structures supersoniques formées par des milliards de milliards de molécules auto-organisées sont appelées structures dissipatives, pour associer les deux idées d'ordre et de désordre. Ces structures ordonnées se nourrissent d'échanges d'énergie et de matière avec leur environnement, ce qui leur permet d'exister un certain temps avant de disparaître. Dans les soupapes, ces structures dissipatives ne sont pas les bienvenues ; on doit absolument éviter qu'elles se forment.

À TMI, les perturbations causées par le fluide se débarrassant de sa puissance motrice ont dû tellement secouer le clapet lors de son ouverture qu'il lui devenait mécaniquement impossible de se fermer. Dans d'autres situations où le clapet se referme, la soupape n'est souvent plus étanche à la fermeture.

Sans y prêter garde, on a laissé le chaos s'installer dans des dispositifs de sécurité dont le but est de protéger les populations, les installations et l'environnement. La dangerosité des écoulements incontrôlés dans les soupapes reste un sujet de préoccupation. Par exemple, l'agence de presse AFP signalait le fonctionnement aléatoire d'une vanne de vapeur sur une centrale nucléaire en France, en décembre 2012.

Une solution proactive consiste à déstructurer volontairement les écoulements supersoniques, dès leur apparition, afin que les molécules ne puissent pas s'agréger en structures dissipatives. Un désordre intense dans le monde microscopique peut ainsi être créé, on évite alors le chaos dans notre monde macroscopique. Le principe de pire action utilisé s'applique lorsque des puissances énormes sont à dégrader. Son instrument est le dégradateur d'énergie cinétique ou plus brièvement un Vistemboir.

À Three Mile Island, la physique a été cruelle envers le genre humain. Elle avait tenté de nous alerter mais nous n'écoutions pas. Aujourd'hui, la leçon a été entendue.

Sincères salutations.

Michel Pluviose

Traduit de l'anglais par l'auteur

La réponse de l'ancien Président des USA

To Dr. Pluviose: This is interesting and valuable. I hope you will share it with technicians who are still active. Jimmy Carter

«Ceci est intéressant et de grande valeur. J'espère que vous partagerez cette expertise avec des techniciens toujours en activité.»

Signé : Jimmy Carter