

# Le CNAM et l'énergétique

## Une longue histoire toujours d'actualité



Par Michel PLUVIOSE  
Ingénieur du CNAM  
Professeur honoraire  
du CNAM  
(Énergétique)

### À la base de la thermodynamique, l'auditeur du CNAM : Sadi Carnot

Nicolas Sadi Carnot cherchait à percer le mécanisme de la conversion de chaleur en travail, afin de mieux comprendre le fonctionnement des machines à vapeur, qui apportaient leur aide aux hommes sans qu'ils connaissent vraiment les lois qui les régissaient.

En 1824, il publie ses immortelles *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*. Sadi Carnot suivait régulièrement les cours du CNAM depuis 1821, surtout ceux de Clément Desormes sur *La chaleur et ses applications technologiques*.

En 1865, Clausius introduit la notion d'entropie et complète l'oeuvre de Carnot. Cette théorie de la chaleur s'intégra bientôt dans une nouvelle branche de la physique associant chaleur et mouvement, qui pour cette raison fut appelée thermodynamique.

Recherchant les fondements de la thermodynamique dans le monde microscopique, Boltzmann montra que la dégradation de l'énergie, mesurée par l'entropie, est liée au désordre régnant dans le monde moléculaire.

Envahissant tous les domaines de la vie, la thermodynamique occupe une place enviable et redoutable. Les principes de la thermodynamique s'expriment par : **L'énergie se conserve, mais elle se dégrade.**

### La soupape de Denis Papin

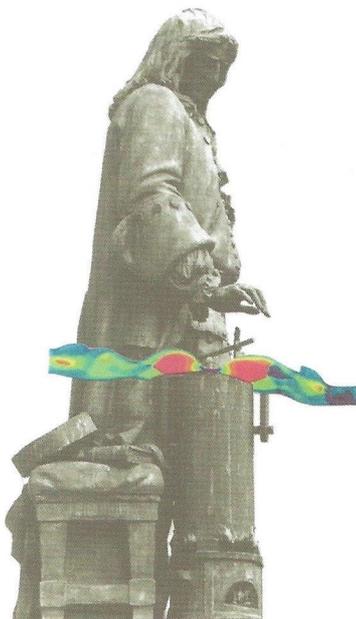
En 1681, Papin invente le digesteur muni d'une soupape de sécurité.

Les écoulements dans les soupapes de sûreté sont un exemple d'application remarquable des lois de la thermodynamique. L'énergie cinétique de la vapeur s'échappant de la soupape de Papin se dissipe par frottement dans l'atmosphère ambiante. La puissance motrice disponible est mécaniquement perdue.

Sur la figure jointe, on constate l'épanouissement du jet libre à l'échappement. Des nombres de Mach de 5 apparaissent localement à l'échappement de la soupape de sûreté de Papin, soit des vitesses d'écoulement de l'ordre de 700 m/s.

Dans les années 1990, on savait que certains problèmes sérieux posés par le fonctionnement des soupapes de sûreté pour protéger les chaudières n'étaient toujours pas résolus. Une recherche d'intérêt général conduite dans les laboratoires du CNAM a alors été entreprise.

Un changement crucial par rapport à la soupape de Papin, a été, au cours du temps, la mise en place d'un collecteur permettant la récupération du fluide expulsé. Toute la puissance motrice contenue dans le fluide, qui se libérait auparavant à l'atmosphère, est maintenant obligée de se dissiper dans l'espace réduit d'une canalisation. Au vu de l'amplitude du jet qui s'échappe de la soupape de sécurité de Papin (voir figure), il est clair que l'écoulement est fortement gêné par le confinement réduit qui lui est proposé pour se détendre en aval. Les phénomènes sont si compliqués qu'on ne peut avoir la prétention de les décrire en détail. L'écoulement va se dégrader pour dégrader sa puissance motrice au mieux de ses intérêts, de ses caprices, sans se préoccuper le moins du monde de garantir notre sécurité, d'où la survenue de nombreux accidents<sup>1</sup>.



Stèle de Denis Papin

Cour d'Honneur du Cnam

Sur ce montage photographique, le jet supersonique qui s'échappait de la soupape de Denis Papin a été ajouté.<sup>2</sup>

Plutôt que d'utiliser les lois de la thermodynamique sous la forme traditionnelle ; il devient nécessaire de les exprimer sous la forme : **l'énergie se conserve, mais dans certains cas l'énergie doit être dégradée.** Entre l'énergie se dégrade et l'énergie doit être dégradée, la différence est énorme. L'énergie se dégrade consiste à laisser le monde microscopique agir comme bon lui semble. L'énergie doit être dégradée signifie que nous allons tenter d'agir sur le monde moléculaire.

### La thermodynamique de nos jours

Personne n'ignore que notre monde est un mélange subtil d'ordre et de désordre. Les phénomènes irréversibles induisent un accroissement du désordre annoncé par la thermodynamique. Prigogine, par ailleurs montra que les systèmes dissipatifs soumis à un déséquilibre peuvent s'autoorganiser de manière spectaculaire. De l'ordre peut apparaître alors localement mais le désordre augmente ailleurs dans le système afin que les principes de la thermodynamique ne soient pas violés.

Les phénomènes irréversibles ne se réduisent donc pas uniquement à une augmentation du désordre, bien au contraire ils participent activement à la formation de structures ordonnées. L'irréversibilité mène à la fois au désordre et à l'ordre.

Dans l'exemple d'une soupape de sécurité, un déséquilibre important en pression existe lors de l'ouverture. Le fluide est laminé par l'étranglement au niveau du clapet. De l'énergie cinétique est dégradée essentiellement par viscosité. Alors, le désordre croît.

Ce déséquilibre des pressions engendre d'autre part des structures aérodynamiques bien connues : ce sont les jets supersoniques auto-organisés qui introduisent une part d'ordre dans l'écoulement.

Ordre et désordre cohabitent donc dans ces organes dits de sécurité. Le conflit entre ordre et désordre est la cause de phénomènes complexes et spectaculaires, mais dangereux.

Dans le livre *L'organisation du désordre pour sortir du chaos*<sup>3</sup>, on montre comment il est possible de mettre un grand désordre dans le monde moléculaire afin d'échapper au chaos dans notre monde macroscopique, en ouvrant ainsi des voies nouvelles pour calmer ces écoulements chaotiques et violents.

Personne n'a oublié la pire catastrophe technologique survenue sur le sol des USA : L'accident à Three Mile Island. Mais on ne se souvient peut-être pas que ce sinistre 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 des récents développements dans cette partie de la physique restée dans l'ombre.

Ci-après, on trouvera la lettre ouverte adressée en Avril 2013 au président Carter, ainsi que sa réponse.

1 - Site web : physics3worlds.com

2 - Calculs effectués en collaboration avec la DER (Direction des Études et Recherches) d'EDF

3 - L'organisation du désordre pour sortir du chaos, Michel Pluviose, Éditeur Cépaduès (2015)