

Etude sur la cavitation.

**LAURES Rudy**

Chevalier des Palmes Académiques

Professeur en Génie Thermique et Climatique



## Effets et influences des champs magnétiques sur la cavitation.

Cette étude a été réalisée sur les installations des plateformes hydrauliques des lycées Pierre et Marie CURIE de Menton et Pierre SOLA de Nice.

Après les premiers tests sur différents fluides, les bancs hydrauliques ont été équipés de dispositifs magnétiques **JaTech** du type externe **J2** produisant des champs magnétiques supérieurs à **12500 gauss** afin de tester l'influence de ces appareils sur ces fluides.

### 1) HISTORIQUE :

Tout le monde se souvient dans les années 1930-1940 des dégradations importantes provoquées sur les pâles des hélices des paquebots qui se disputaient le record de vitesse de la traversée de l'Atlantique (BREMEN, NORMANDIE, QUEEN MARY...). Sur ces hélices les érosions (arrachement moléculaire) allaient jusqu'à 14 cm de profondeur. On cite également le cas du destroyer américain ou, seulement après quelques heures à la vitesse maximale, la cavitation avait percé un trou de plusieurs cm<sup>2</sup> sur des tôles de plus d'un mètre d'épaisseur. Des exemples analogues existent sur les turbines hydrauliques de toutes dimensions (turbines du barrage de SERRE-PONCON).

Lorsque la cavitation est importante les **performances** du matériel peuvent chuter. En hydraulique on observe une perte de rendement sur les turbines, un manque de pression et de débit sur les pompes.

Phénomène fréquent et souvent fort méconnu, la cavitation se produit dans des liquides soumis à de brutales variations de pression.

C'est le mathématicien EULER qui le premier, pressentit le phénomène de la cavitation. Mais ce n'est que dans les années 1930-1940 que les premières recherches plus ou moins « empiriques » eurent lieu.

Il était courant de lire, il y a quelques années, que ce phénomène était provoqué par les tensions de vapeur superficielles. En effet, un liquide soumis à une dépression proche de la limite d'aspiration, et selon sa température, se met à bouillir (superficiellement) plus ou moins rapidement. Cette vapeur peut provoquer la destruction des turbines par échauffement (usure des garnitures d'étanchéité) et se traduit par une chute de débit importante voir nulle.

La cavitation fait aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches fondamentales. Elles mettent en œuvre une instrumentation de plus en plus performante et coûteuse : cinématographie, micro capteurs, holographie, laser etc.... Mais le phénomène lui-même, comme ses principales conséquences (érosions, bruits) sont encore loin d'être parfaitement compris et nécessitera encore des investissements très importants.

## 2) LA CAVITATION

La formation spontanée de bulles dans un liquide est un phénomène familier : la bouteille d'eau gazeuse que l'on débouche, l'eau qui boue dans une casserole sont deux exemples bien connus. Le premier correspond à la libération de gaz dissous, tandis que dans le second, la formation de bulles de vapeur est engendrée par un apport de chaleur extérieure.

Pour les deux cas, l'évolution du phénomène est lente et facile à observer. Les bulles grossissent en remontant vers la surface pour disparaître à l'air libre.

Or dans certaines conditions, il existe un autre phénomène apparemment voisin et beaucoup moins connu. En effet, lorsqu'un liquide est soumis à une brusque chute de pression, il peut apparaître des bulles de vapeur dont la durée de vie est de l'ordre de la milli seconde. Cette existence extrêmement brève se manifeste localement par une micro implosion qui, répétée des milliers de fois, peut causer des dommages importants et irrémédiables à certains matériels : c'est le phénomène de **la cavitation**.

Comme il est indiqué précédemment, un liquide est le siège d'une cavitation lorsqu'il est soumis à une dépression suffisamment intense pour qu'un changement de phase liquide vapeur avec formation de bulles se produise.

Mais il est connu depuis longtemps qu'un liquide parfaitement pur et dégazé peut subir, à la température ordinaire, des dépressions considérables (- 100 atmosphères pour l'eau) sans manifester le moindre signe de décohésion. En fait, dans les conditions habituelles, la cavitation prend naissance à partir de « GERMES » contenus dans les liquides. En plus des gaz dissous, tout liquide à usage industriel contient en suspension des micro bulles de gaz non condensables ou de particules solides pouvant elles-mêmes piéger des micro cavités de gaz.

Ce sont certaines de ces **impuretés** que l'on désigne sous le terme de « germes de cavitation » qui constituent les points faibles des liquides et permettent à la cavitation de se produire.

Le dénombrement de toutes ces impuretés gazeuses ou solides peut se faire par différents moyens : observation microscopique, diffusion d'une lumière laser, holographie, absorption d'ondes etc....

Il s'agit de mesures longues, coûteuses, et délicates et qui ne permettent pas en général, de séparer les micro bulles de gaz des impuretés solides. Si l'on considère l'eau par exemple, on trouve des densités d'impuretés variant de  $10^2$  à  $10^6$  par litre selon qu'il s'agisse d'eau du robinet, d'eau de rivière ou d'eau de mer.

Seul un faible pourcentage de ces impuretés constitue les vraies « germes de cavitation ».

La connaissance et le contrôle de la population en germes actifs des liquides (eau en général) dans les installations est de la plus haute importance pour la comparaison et l'interprétation des résultats obtenus dans les laboratoires.

La mise au point de dispositifs de mesure de germes actifs, constitue actuellement un sujet de collaboration internationale.

## Comment les bulles de cavitation se développent-elles à partir de germes actifs ?

Pour le savoir il suffit de suivre le jeu des pressions qui s'exercent dans le liquide contenant les germes. Le paramètre qui joue un rôle essentiel dans ce processus est la « pression de vapeur saturante » pour laquelle il y a équilibre entre la phase liquide et la phase vapeur du milieu étudié.

Exemple de l'eau, à la température de 20° C, à une pression atmosphérique de 1 bar

Sa pression de vapeur saturante est de 0,023 bar. Si l'on commence à diminuer lentement la pression extérieure, les micro bulles de gaz non condensables qui constituent les germes augmentent de volume selon la loi de compressibilité des gaz. Le rayon de ces bulles dépend directement de la pression et des forces qui s'exercent à l'intérieur, à la surface et à l'extérieur de chaque bulle. A l'intérieur, la pression du gaz non condensable et la pression de vapeur d'eau tendent à dilater la bulle. En revanche, la tension superficielle à l'interface bulle / liquide et la pression extérieure tendent à la comprimer.

A chaque instant il y a équilibre entre ces différentes contributions et si l'on arrête là l'expérience, la bulle garde simplement une dimension constante.

Arrivé à ce stade, si la pression appliquée remonte au-dessus de la « **pression critique** », la bulle implose ou « **collapse** ». Ce phénomène très rapide constitue le fait saillant de la cavitation. Pour une bulle de rayon initial donné, la pression critique dépend également de la pression initiale. Plus celle-ci est élevée, plus la pression critique est élevée. On comprend donc tout de suite l'importance de la notion de « **germes de cavitation** ».

Dans la réalité l'évolution de la bulle de cavitation est beaucoup plus complexe que ce qui vient d'être d'expliqué. Celle-ci est régie par l'équation et les travaux de Lord LAYLEIG et PLESSET dans laquelle rentre en considération également la viscosité et l'inertie des fluides.

Grâce à la cinématographie ultrarapide, on a pu apporter la preuve matérielle de la formation d'un « micro jet », qui, au moment de l'implosion, vient percuter à grande vitesse la paroi et peut être susceptible de provoquer des micro cratères à sa surface. Quant à la vitesse du micro jet, déduite des photos cinématographiques ou de la pression mesurée, elle peut dépasser les **1000 mètres par seconde** au moment de l'impact sur la paroi ( $10^3\text{m/s}$ ) pour des pressions de l'ordre de 10<sup>5</sup> bars.

### 3) L'EROSION DE CAVITATION UN MAL INEVITABLE.

Dans la pratique la cavitation peut-elle être évitée ? À l'heure actuelle, il faut reconnaître que, malgré tous les efforts déployés, la réponse est malheureusement négative.

Bien que l'on sache « théoriquement » concevoir des machines et des circuits hydrauliques sans cavitation, leurs réalisations seraient inacceptables et anti-économiques du fait des chutes de performances, de leurs dimensions et de leurs complexités.

De plus, à ma connaissance, il n'existe aujourd'hui aucune théorie permettant de décrire quantitativement le processus d'érosion en fonction de la nature des matériaux et de l'importance du type de cavitation.

#### 4) EFFETS DES CHAMPS MAGNETIQUES SUR LA CAVITATION.

Les essais conduits durant plusieurs années sur différents fluides (eau de ville, eau de circuit de chauffage, hydrocarbures) avec des appareils conçus à partir de Terres Rares de la famille des lanthanides et délivrant des champs magnétiques naturels et très puissants (12 500 gauss), m'ont conduit à constater que ces champs magnétiques agissaient sur les paramètres identiques à ceux provoquant la cavitation. A savoir : la viscosité, les tensions superficielles et les impuretés solides contenant des gaz incondensables.

En effet lorsqu'on diminue la pression extérieure des micro bulles, la pression des gaz et la pression de vapeur vont faire dilater celles-ci. Les tensions superficielles ainsi que la viscosité ayant diminuées, il y aura dissolution des micro bulles avant que celles-ci ne parviennent à la « pression critique » **retardant** ainsi les micro implosions qui provoquent les micro jets destructeurs.

##### Résumé et constat des tests :

###### 1<sup>ère</sup> Série :

On peut très bien visualiser et mesurer ce phénomène à travers un débitmètre, sur une eau de réseau de chauffage, à la pression atmosphérique, aspirée par une pompe d'un débit de 3,5 m<sup>3</sup>/h et une pression de refoulement de 1,8 bar.(fonctionnement en recyclage sur un banc pédagogique)

La formation des premières micro bulles apparaît à une pression de - 0,52 bar alors que le débit a diminué à 2,8 m<sup>3</sup>/h. Le bruit provoqué par la cavitation est faible mais très audible.

En diminuant progressivement la pression d'aspiration en augmentant les pertes de charges du tube d'aspiration, les micro bulles augmentent, le bruit s'amplifie, et le débit chute progressivement.

Vers - 0,825 bar les micro bulles ont atteint leur apogée et le bruit provoqué par les micro implosions laisse imaginer à quelle vitesse il risque d'y avoir destruction de la turbine de la pompe, le débit devient quasiment nul.

###### 2<sup>ème</sup> Série :

Après la mise en place sur le réseau d'un appareil type **J2** à pose externe sur un tube de 34mm plus aucune micro bulle n'est visible à une pression de - 0,52 bar.

En diminuant progressivement la pression d'aspiration les premières micro bulles apparaissent à -0,845 bar pour un débit de 2,6 m<sup>3</sup>/h.

En continuant de diminuer progressivement la pression d'aspiration en augmentant les pertes de charges du tube d'aspiration, les micro bulles augmentent, le bruit s'amplifie, et le débit chute progressivement.

Vers - 0,985 bar on retrouve la situation des précédents tests, maximum de micro bulles pour un débit très faible.

###### Nota :

De nombreux tests ont été réalisés de façons répétitives sur chaque fluide et sur deux bancs hydrauliques différents. Les valeurs qui ont été retenues sont des valeurs moyennes de l'ensemble des tests.

## 5) CONCLUSION.

L'utilisation de champs magnétiques naturels et très puissants est une solution peu onéreuse pour retarder l'apparition de la cavitation et protéger le matériel sur les installations d'hydrauliques et d'hydrocarbures.

Pour les eaux on peut estimer le gain d'environ : de 2,50 à 3 m.c.e.

Pour les hydrocarbures ..... : de 1 à 1,5 m.c.e.

**CES VALEURS DEPANDENT DU NOMBRE DE GERMES DE CAVITATION DU FLUIDE CONSIDERE ET NE PEUVENT ETRE EN AUCUN CAS UNE REFERENCE.**

## BIBLIOGRAPHIE.

- Max Aucher
- G. L. Chahine
- J. S. Darrozes
- F. G. Hammit



**Ce document est la propriété de JaTech TM sarl  
protégé par les articles L111-1 du code de la propriété intellectuelle et suivants.  
Informations disponibles sur : [www.jatech.fr](http://www.jatech.fr) - documents - mentions légales.**

**OFFICIELLE Cavitation CNRC** - crédit photo - Conseils national de recherches Canada - Harry Turner

