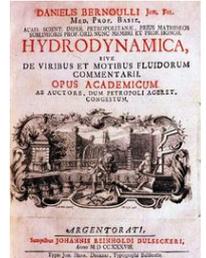




Monsieur Daniel Bernoulli...

- Comment allez-vous ? Vous semblez avoir une petite mine...
- Oui, je suis un peu fatigué ces derniers temps... Mon âge respectable y est pour beaucoup ! Comme je suis né en l'an 1700, vous comprenez que je ne suis plus tout jeune ! Mais bon, ça va tout de même... Alors, qu'est ce qui vous amène jeune homme ?

- Je voulais vous voir pour éclaircir quelques points en rapport avec une équation qui figure dans votre ouvrage *Hydrodynamica* de 1738. Cette équation est liée à l'énergie totale d'un fluide en mouvement si je ne trompe pas trop. Pour vous, elle est claire, mais pour le commun des mortels dont je fais partie, elle n'est pas si simple à comprendre ! Voudriez-vous d'abord nous la présenter à nouveau ?



- Mais avec plaisir... Alors voilà, pour commencer, nous allons faire comme si le fluide incompressible de masse volumique ρ était parfait. Je veux dire par là qu'il n'a aucune viscosité, il n'existe pas de frottement interne dans le fluide, il glisse aussi parfaitement sur les parois des tuyaux où il circule. En étudiant une petite portion de ce fluide allant d'un point A à un point B, j'ai pu établir la relation : $\frac{1}{2}\rho u_A^2 + p_A + \rho g z_A = \frac{1}{2}\rho u_B^2 + p_B + \rho g z_B$

En quelque sorte, le fluide transporte avec lui en certaine quantité d'énergie. On peut distinguer dans l'ordre d'apparition : un peu d'énergie cinétique, un peu d'énergie liée à la pression statique et un peu d'énergie potentielle liée à la hauteur du point considéré. Et mon travail montre que cette quantité reste constante au cours du mouvement. Ainsi, il y a égalité de la somme en A et en B.

- Ah, voilà qui est plus clair ! Je crois aussi avoir lu que la présentation de cette relation peut être mise sous différentes formes, de manière à pouvoir parler soit en pression, soit en hauteur, soit en énergie. Ici, vous l'avez présentée pour parler en termes de pression ?

- Vous avez bien compris ! Cela peut paraître étonnant, mais chacun des trois termes a les dimensions d'une pression, donc en Pascal (qui a lui-même apporté beaucoup à la compréhension des fluides au repos...). Si l'on divisait cette relation par le produit ρg , on aurait alors des termes équivalents à des hauteurs : $\frac{1}{2g} u_A^2 + \frac{p_A}{\rho g} + z_A = \frac{1}{2g} u_B^2 + \frac{p_B}{\rho g} + z_B$. Mais l'esprit de départ reste intact : la « charge » (sorte d'énergie totale du fluide) reste identique en A et en B.

- Pouvez-vous nous en dire plus sur l'utilisation pratique de votre relation ?

- Ah, je me doutais bien que vous alliez en venir à cet aspect ! Puisque l'hiver arrive, nous allons prendre l'exemple de l'alimentation en eau de votre circuit de chauffage, il faut que tout soit en ordre de marche ! Donc, on va supposer que le fluide circule dans le circuit avec un certain débit. Ce débit imposera donc une certaine vitesse de circulation dans les tuyaux...

Voyons les cas suivants :

* une partie horizontale d'un tuyau de rayon fixé : A  B

La section du tuyau étant constante, la vitesse moyenne u du fluide reste identique puisque le débit volumique est donné par $q_v = u S$. Ainsi, on a nécessairement $u_A = u_B$. Par ailleurs, la valeur de z reste inchangée, ce qui au final donne une pression identique en A et en B. Ce cas n'est pas très passionnant !!

Parlons à présent d'un *fluide réel*, ayant une certaine viscosité. Dans ce cas, il est intéressant de dire que la pression en B est observée plus basse qu'en A (mesures faites avec un manomètre par exemple). Ainsi, la « charge » totale du fluide diminue au cours de son mouvement. On dit que le fluide a subi une « perte de charge ». Normal finalement !

Les frottements internes consomment un peu d'énergie. Ma relation doit alors être adaptée selon : $\frac{1}{2}\rho u_A^2 + p_A + \rho g z_A = \frac{1}{2}\rho u_B^2 + p_B + \rho g z_B + \Delta P$. On peut alors en tirer : $p_A - p_B = \Delta P$

Cette perte d'énergie est ici exprimée sous forme d'un écart de pression entre A et B. On parle aussi de perte de charge « régulière » (elle est normale et obligatoirement observée dans tous les cas).

Pour compléter votre culture générale, cher Monsieur, sachez qu'il existe des pertes de charge dites « singulières » liées à des accidents de parcours du genre : rétrécissement brusque, changement de direction du tuyau (coude)... On complète alors la valeur de la perte de charge en tenant compte des divers accidents...

Tout cela pour dire que si je veux une eau avec une certaine pression en B, il faut prévoir une pression plus grande en A pour compenser cette perte de charge régulière.

* une partie verticale de tuyau de rayon fixé pour faire monter l'eau à l'étage : B  A

Mon équation de départ $\frac{1}{2}\rho u_A^2 + p_A + \rho g z_A = \frac{1}{2}\rho u_B^2 + p_B + \rho g z_B$ donne alors :

$$p_A + \rho g z_A = p_B + \rho g z_B \quad (\text{la vitesse est constante entre A et B puisque le débit reste constant})$$

Ici, on aura en B une pression plus faible qu'en A et elle sera : $p_B = p_A - \rho g h$ A

avec h qui est égal à $z_B - z_A$. Attention ici, cher Monsieur, il faut voir que cette perte de pression ne devrait pas être appelée (comme je le lis parfois à tort) « perte de charge » ! En effet, l'effet de la hauteur fait partie de ma relation, c'est lié à l'existence de la pesanteur. Mais bon, certains disent qu'entre A et B, on a une perte de charge, c'est un abus de langage utilisé dans certains corps de métier...

- Monsieur Bernoulli, je ne sais comment vous remercier pour tous ces éclaircissements ! Votre talent de physicien nous permet d'y voir plus clair dans cette affaire de pertes de charge. Ce qui est sûr, c'est qu'aucune perte de vos capacités n'est à déplorer ! Pour ma chaudière, je sais à présent qu'il me faut prévoir en sortie de pompe une pression plus haute en prenant en compte à la fois la différence de hauteur (remarquez que je ne dis pas perte de charge ici !!!) mais aussi les pertes de charge régulières liées au fait que l'eau est un fluide réel et enfin les pertes de charge singulières liées aux coudes du circuit hydraulique..... Mille mercis à vous !