CALCUL DES COUPS DE BÉLIER ET DES PHÉNOMÈNES TRANSITOIRES PAR CALCULATEURS ÉLECTRONIQUES *

PAR R. CHAPPEY **

Quelle que soit la méthode employée, le problème du calcul des phénomènes transitoires devient vite inextricable dans les réseaux maillés ou ramifiés comportant de très nombreux tronçons. Il est alors nécessaire de faire appel aux calculateurs électroniques.

Certes la méthode Schnyder-Bergeron très appréciée des hydrauliciens peut encore se traduire par une épure, dans les cas simples, tel celui d'une conduite de refoulement reliant une usine de pompage à un réservoir. Mais, le plus souvent, se pose le problème du refoulement à travers le réseau de distribution (la séparation entre refoulement et distribution n'est plus comme autrefois un impératif pour le projeteur). D'autre part, par mesure d'économie, la vitesse de l'eau dans les conduites est de plus en plus élevée, les marges de sécurité dans le calcul de la résistance des conduites sont de plus en plus faibles. Les phénomènes transitoires sont donc de plus en plus importants et leur calcul devient indispensable.

Ces phénomènes transitoires sont des phénomènes physiques. Les lois de l'hydraulique permettent, grâce à un appareil mathématique approprié, de les traduire en formule avec une certaine approximation. L'étude de ces phénomènes ne peut se faire qu'en physicien, c'est-à-dire en négligeant certains termes que l'on a reconnu peu importants et surtout en essayant de trouver une méthode de calcul simple.

Ces considérations sont valables même et surtout lorsque les calculs sont effectués par des ordinateurs, car l'on ne s'adresse à eux que dans les cas très complexes. Un programme simple permet d'économiser et les mémoires et les heures de machine. C'est pour ces raisons qu'après plusieurs études, nous nous sommes orientés vers l'emploi de la méthode Bergeron pour réaliser avec I.B.M. un programme de calcul des phénomènes transitoires principalement axé sur les réseaux maillés de distribution d'eau et les réseaux ramifiés utilisés en irrigation.

Un tel programme n'est pas une nouveauté, il en existe plusieurs en France (entre autres celui de SOGREAH et celui de la Compagnie Générale des Eaux) et à l'étranger, en particulier celui du Mathematisch Centrum d'Amsterdam et nous remercions tout particulièrement M. Van de Riet pour n'avoir pas hésité à nous communiquer son programme. Il aurait été intéressant de confronter ces différentes méthodes bien que cela nous aurait conduits à des considérations trop techniques accessibles à de rares initiés dont malheureusement je ne fais pas personnellement partie.

La grande difficulté que l'on rencontre ou plutôt que nous avons rencontrée dans l'établissement d'un tel programme réside dans la coordination entre l'hydraulicien et le programmeur spécialiste des ordinateurs. Il est rare qu'un même homme ait ces deux spécialités et peu rentable de faire apprendre à l'un la technique de l'autre à un stade assez poussé. Aussi notre expérience est-elle surtout celle des contacts de nos collaborateurs hydrauliciens avec les programmeurs de l'I.B.M. C'est cette expérience que nous avons exposée au Congrès de l'Association Internationale des Distributeurs d'Eau

* L'article publié ici est un résumé de la communication publiée par l'International Water Supply Association, 34, Park Street, London W 1 : Compte rendu du Congrès des Distributeurs d'eau, Barcelone, octobre 1966.

** Directeur de la Société Anonyme d'Etudes, de Gestion et d'Entreprises (S.A.F.E.G.E.), Paris.

(Barcelone, 3-7 octobre 1966) et que nous résumons très brièvement ci-après :

Nous avons mis en machine la méthode de Bergeron, ce qui nous a amené à admettre certaines approximations dans le calcul. Il en est deux en particulier concernant l'une les pertes de charge (c'est la méthode des diaphragmes de Bergeron), l'autre la rencontre forcée des observateurs aux nœuds.

L'approximation « perte de charge » consiste, pour conserver au maximum le bénéfice de systèmes d'équations du premier degré, à concentrer les pertes de charge en un ou plusieurs points d'un tronçon, points que l'on fait coïncider avec les points de rencontre des observateurs de Bergeron. En un tel point les caractéristiques de l'observateur amont et de l'observateur aval diffèrent de la perte de charge.

L'approximation ainsi faite en remplaçant un phénomène continu par les pertes de charge singulières des diaphragmes est, dans la majorité des cas, acceptable à condition que sur un tronçon le nombre de diaphragmes ne soit pas trop faible vis-à-vis de la longueur et que chaque perte de charge singulière ainsi créée ne dépasse pas $a\text{V}_0/10\,g$, où V_0 est la vitesse d'écoulement en régime permanent. Lorsqu'un tronçon présente des caractéristiques particulières (menace de cavitation par exemple), il est préférable de multiplier les diaphragmes et de s'assurer que leurs positions soient telles que l'approximation ainsi faite soit dans le sens de la sécurité. Le nombre maximal de diaphragmes est bien évidemment égal au nombre des points intermédiaires.

Pertes de charge aux nœuds.

Une simplification possible est d'éviter la résolution d'un système de plusieurs équations du second degré. Pour cela, il suffit de s'imposer de ne placer aucun diaphragme aux nœuds et de reporter donc les pertes de charge singulières sur une ou plusieurs divisions des tronçons.

L'approximation « nœuds » est amenée par le fait que l'on ne connaît les coordonnées d'un point que si en ce point se rencontrent deux observateurs. Ces points de rencontre sont équidistants de L. Pour que les nœuds d'un réseau maillé soient aussi les extrémités de « segment » de parcours des observateurs, il faut que les longueurs des tronçons soient des multiples de L, mais si l'on veut aussi que les observateurs soient en même temps aux nœuds, ces longueurs doivent être des multiples de 2 L.

Comme ces longueurs sont ce qu'elles sont dans la réalité, une solution pour les modifier consiste à modifier aussi les diamètres. Si on conserve constant le rapport L/S, $\Delta\text{H}/\Delta\text{Q}$ est aussi constant d'après la relation :

$$\frac{\Delta\text{H}}{\Delta\text{Q}} = \frac{1}{g}\frac{\text{L}}{\text{S}}$$

C'est l'approximation « des diamètres équivalents ».

Bien entendu cette approximation, que nous avons adoptée, n'est pas la seule possible et n'est valable que dans une plage réduite dans laquelle on peut d'ailleurs rester en multipliant le nombre de « segments » et par conséquent « d'observateurs ».

D'autres méthodes employant l'interpolation sont également valables.