

Le développement historique des cascades et fontaines en gradins

Historical Development of Stepped Cascades and Fountains

par Hubert Chanson

Maître de Conférences en Mécanique des Fluides, Hydraulique et Sciences de l'Environnement
Department of Civil Engineering, The University of Queensland, Brisbane, Australie

In fountain and cascade design, a stepped geometry is particularly interesting for the large amount of water splashing and 'white waters'. In the historical development of stepped cascades, the Romans and later the Muslims developed a strong expertise which lead to the superb Mughal and French Great Cascades. Surprisingly, there has been very few exchange of idea and information between landscape designers and hydraulic engineers since then. Over the past 800 years, stepped cascades and stepped spillways were developed completely separately despite similar size and hydraulic characteristics.

I ■ INTRODUCTION

Pour la décoration et l'ornements de jardins, les architectes utilisent les cascades et fontaines pour le plaisir des yeux et des oreilles. Les fontaines favorisent la perception d'un site en fournissant un point focal, un centre de loisirs, une image de marque ou une vue captivante. Dans les grands centres urbains (ex. Hong Kong, Tokyo), les sons de l'eau qui coule masquent les bruits oppressifs de la ville, et apportent un certain sens de calme et de fraîcheur (fig. 1 et 2). L'eau peut être utilisée aussi pour captiver l'œil du public sur une place particulière (ex. : le théâtre du Bosquet des Rocailles, à Versailles, fig. 6).

Pour les architectes d'extérieurs et les jardiniers, les fontaines en gradins et les escaliers d'eau permettent de combiner des formes architecturales simples avec des éclaboussements importants et un jaillissement d'eaux blanches. Le phénomène d'eau blanche¹ est lié à l'entraînement d'un grand nombre de bulles d'air dans l'écoulement. Les bulles d'air, entraînées dans l'eau, diffractent la lumière naturelle, et donnent une couleur blanche et mousseuse à l'écoulement. Une géométrie en gradins ou escalier est particulièrement bien adaptée à une topographie vallonnée. Par exemple, la Grande Cascade de Saint-Cloud sur la colline de Saint-Cloud dominant la Seine et Paris, ou l'escalier d'eau du Château du Touvet sur les pentes du massif de la Chartreuse, dans le Dauphiné.

II ■ CONSIDÉRATIONS HYDRAULIQUES

De nombreuses investigations sur les caractéristiques hydrauliques des écoulements sur les escaliers d'eau ont été menées pendant les dix dernières années (ex. [1]), en particulier faisant suite à un regain d'intérêt pour les déversoirs en marches d'escalier (ex. fig. 3). Cette tendance est liée au développement de nouveaux matériaux de construction : par exemple, le béton compacté au rouleau (BCR), les trémis métalliques renforcés de gabions. L'auteur a écrit récemment un ouvrage sur cette question [2].

L'écoulement sur un canal en marches d'escalier peut être soit en nappes (succession de nappes en jets libres) ou extrêmement turbulent (skimming flow regime). Sur la figure 1, l'eau s'écoule comme un écoulement extrêmement turbulent. Par contre, sur la figure 2, l'écoulement est une succession de jets libres. Le type d'écoulement dépend du débit par unité de largeur et de la forme des marches [1,2]. En pratique, les marches sont soit plates (horizontales ou inclinées), soit creuses avec un bassin d'eau au repos. La forme de la crête des marches est très importante pour contrôler efficacement le déversement de faibles débits. La crête est soit affilée (fig. 1 et 3), soit arrondie (fig. 2).

¹ L'entraînement d'air, à la surface libre d'un écoulement, est appelé eau blanche (white water), entraînement d'air interfaciale (interfacial air entrainment) ou aération naturelle (self-aeration) par les ingénieurs hydrauliciens.



1. La cascade de Hong Kong Park (complétée en 1994). Écoulement turbulent extrêmement turbulent sur des marches horizontales. (Photograph by the author).



2. La Fontaine des Innocents, Paris, France (complétée autour de 1549). Succession de nappes en chute libre avec des marches creuses. (Photograph by the author).

III ■ HISTOIRE DES ESCALIERS D'EAU ET FONTAINES EN GRADINS

Fontaines et cascades ont été utilisées à travers les siècles comme centres de récréation et ornements artistiques de par le monde (tableau 1). Les architectes grecs et romains ont construit des fontaines, cascades et aqueducs il y a plus de trois mille ans. La Rome ancienne comptait plus de 1200 fontaines, et certaines existent encore. Les Mulsulmans ont développé aussi l'art des jardins d'eau et des pièces d'eau. Certaines réalisations sont encore en usage en Espagne (ex. à Grenade). Les Mongols ont acquis une expertise hydraulique et artistique des Mulsumans après leur conquête de la Perse. Leur descendants, les Moghols, ont ensuite introduit cette tradition artistique mulsumane aux Indes, où ils ont bâti de superbes jardins d'eau dans le Cachemire.

En Europe, la tradition des escaliers d'eau a réapparu en Italie pendant la Période Renaissance (ex. la Villa d'Este, à Tivoli). Cependant, ce sont les jardiniers français qui ont perfectionné le concept artistique des jardins d'eau, et ont donné leurs lettres de noblesse aux fontaines en gradins durant le XVII^e siècle (ex. Marly, Sceaux, St-Cloud, Versailles) (fig. 4, 5 et 6). Leurs travaux ont influencé toute l'Europe pendant les siècles qui ont suivi. Parmi les fameux escaliers d'eau, ceux des jardins de Marly (ex. la Rivière) étaient particulièrement réputés, et ils ont été copiés à travers l'Europe, par exemple, à Chatsworth (Angleterre), Peterhof (Russie), La Granja (Espagne) et Wilhemshöhe (Allemagne). A Peterhof, une fontaine s'appelle même "Marly" !

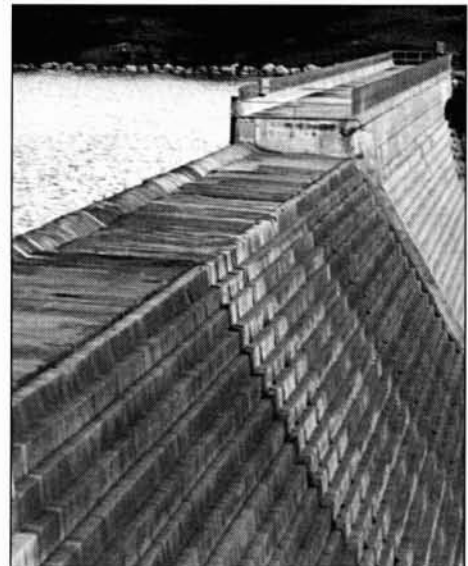
Il est intéressant de rapprocher le développement des cascades Mogholes et Françaises. Plumtre [3] remarquait déjà une similarité de lignes architecturales entre les jardins du Taj Mahal (complétés en 1654) et de Vaux-le-Vicomte (complétés en 1656). Le parallèle s'étend aussi aux fontaines en gradins et escaliers d'eau. Par exemple, entre Nishat Bagh (autour de 1640) et Rueil (1638), ou entre Achabal (autour de 1620) et Marly (1687). Ces fameux jardins d'eau ont été complétés avec seulement quelques années de différence, même s'il n'y avait pas de contacts directs entre les dynasties mogholes et françaises. Mais le Taj Mahal et Nishat Bagh marquaient l'apogée de l'art Moghol. Tandis que les fontaines de Vaux-le-Vicomte et de Rueil étaient les précurseurs

des Grandes Cascades des XVII^e et XVIII^e siècles en Europe (tableau 1).

A partir du milieu du XVIII^e siècle, l'intérêt pour les grandes cascades a diminué². Toutefois, les fontaines en gradins ont continué d'être utilisées dans les centres urbains (tableau 1).

Plus récemment, on a développé le concept de fontaines à multiples usages. Près de Chicago (USA), cinq cascades en gradins ont été construites pour la ré-oxygénation des eaux du canal de Calumet [4]. Les cascades ont été conçues aussi comme un point focal pour des parcs de loisirs. Au Japon et à Taïwan, des canaux de déversement des eaux torrentielles, qui ont une géométrie en gradins pour favoriser la dissipation d'énergie, sont intégrés dans des parcs d'attraction et de loisirs. Une application architecturale similaire est l'intégration de passes à poissons (fishways) dans des parcs, en Amérique du Nord.

3. Le barrage du Riou, France (complété en 1990). Détail de la crête du deversoir et de l'évacuateur de crues en marches d'escalier (pente : 59 degrés, hauteur de marche : 0,43 m). (Photograph by the author).



²La Grande Cascade de Rueil et 'La Rivière' de Marly ont été remplacées par des pelouses en 1720 et 1728, respectivement. La décision de démolir ces cascades était liée aux coûts élevés de maintenance.



4. La Grande Cascade de Saint-Cloud, France (Cascade supérieure). La partie supérieure est l'œuvre de A. LEPAUTRE et a été complétée en 1667. (Photograph by the author).

5. Les Grandes Cascades de Sceaux, France (complétées en 1677). On note, au fond, le château du XIXe siècle. (Photograph by the author).



Le château du XIXe siècle a été utilisé par HERGÉ comme modèle [12].

IV ■ DÉVELOPPEMENTS PARALLÈLES DES CASCADES ET DÉVERSOIRS EN GRADINS

● 4.1 Présentation

La forme en gradins des escaliers d'eau se retrouve aussi sur les évacuateurs de crues (ou déversoirs) en marches d'escalier. Les figures 3 et 7 montrent deux exemples. On a montré récemment que les déversoirs en gradins ont été utilisés depuis plus de 2500 ans, et que les critères de dimensionnement (débit, hauteur de marche) ont suivi une tendance très régulière depuis l'Antiquité [5]. Le tableau 2 présente quelques exemples d'anciens déversoirs en marches d'escalier.

Depuis l'Antiquité, les Romains, les Musulmans et les Espagnols ont contribué successivement à la dissémination des connaissances liées à la construction de déversoirs en gradins. L'Espagne occupe, bien sûr, une place à part pour le développement de grands déversoirs entre les XIIIe et XVIIIe siècles (tableau 2). La plupart des pays européens et américains ont bénéficié directement ou indirectement de leur expertise. La figure 7 montre un exemple de leur technique au Mexique.

● 4.2 Comparaison des développements historiques

De par leur taille et leurs caractéristiques (tableau 1), les grandes cascades des XVIIe et XVIIIe siècles étaient très proches des déversoirs en marches d'escalier construits à cette époque (tableau 2). La Rivière de Marly, longue de plus de 300 mètres, était plus longue que n'importe quel déversoir de la même période. Les cascades de La Granja (Espagne), Palazzo Reale (Italie) et Peterhof (Russie) étaient aussi plus grandes que la plupart des déversoirs de l'époque. De ce fait, il est raisonnable d'analyser les développements parallèles des fontaines et déversoirs en gradins.

Les civilisations romaine et musulmane ont contribué, toutes deux, à la diffusion des techniques de construction des jardins d'eau et fontaines en gradins, et des déversoirs en marches d'escalier. Durant leurs ères, il semble qu'il n'y ait pas eu de différence marquée entre l'hydraulique des fontaines et celle des déversoirs. Les techniques et formes de construction étaient similaires pour les deux types d'applications. Mais après l'apogée (territoriale) des Musulmans, les



6. Le Bosquet des Rocailles, Versailles, France (complété en 1683). Les musiciens étaient installés au-dessus de la cascade pendant que les acteurs jouaient sur le parterre devant le roi Louis XIV. Le Bosquet des Rocailles est appelé aussi le Bosquet de la Salle du Bal. (Photograph by the author).

échanges d'idées et de compétences entre architectes-jardiniers et ingénieurs, dans le domaine des cascades en gradins, n'ont pas survécu. Les successeurs des Musulmans (les Espagnols et les Moghols) n'ont pas perpétué la double tradition de cascades et déversoirs en marches d'escalier.

En Espagne, de nombreux déversoirs en marches d'escalier ont été construits (tableau 2), mais la tradition de fontaines en gradins a été abandonnée. En Inde, les Moghols ont perpétué une tradition de cascades en marches d'escalier, et les princes italiens et français ont construits aussi de superbes escaliers d'eau durant les XVIe et XVIIe siècles. Mais alors que les Espagnols ont construit de nombreux déversoirs en gradins durant cette période (ex. Alicante), aucun déversoir de ce type n'a été construit en Italie, France ou Inde.

Il est reconnu que les architectes français étaient des métrologues et arithméticiens de première classe, et qu'ils avaient de solides connaissances hydrauliques (e.g. la construction de l'aqueduc de Marly, amenant l'eau à Versailles). Mais ils n'ont jamais appliqué leur expertise aux problèmes de constructions de barrages ou de déversoirs.