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 ubains (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 architects 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 blanche[1] 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 vallonée. 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 extrêment 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). Ecoulement 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

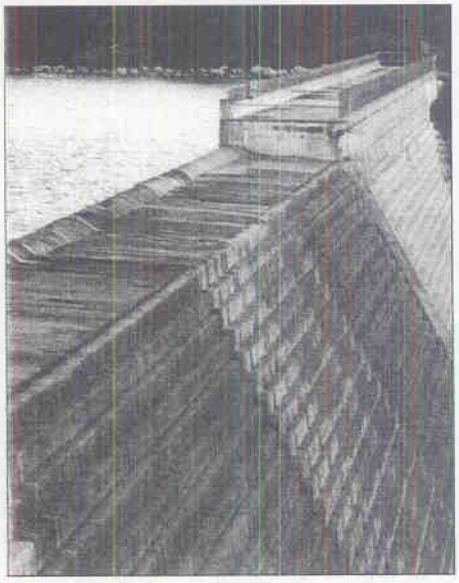
Fontaines et cascades ont été utilisées à travers les siècles comme centres de récréation et ornements artistiques de par le monde (tableau 1). Les architectes grecs et romains ont construit des fontaines, cascades et aqueducs il y a plus de trois mille ans. La Rome ancienne comptait plus de 1200 fontaines, 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 XVIIe 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. Plumptre [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 XVIIe et XVIIIe siècles en Europe (tableau 1).

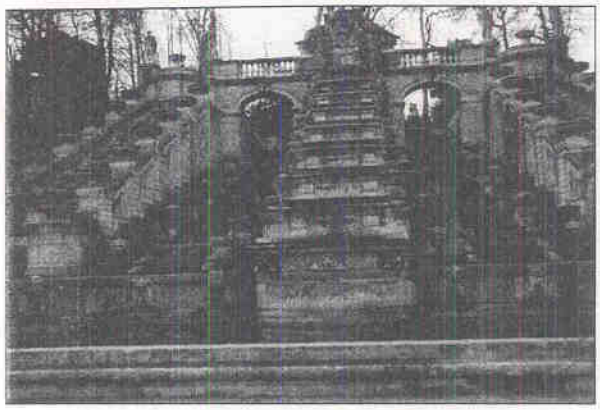
A partir du milieu du XVIIIe siècle, l'intérêt pour les grandes cascades a diminué[2]. Toutefois, les fontaines en gradins ont continué d'être utilisées dans les centre urbains (tableau 1).

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.

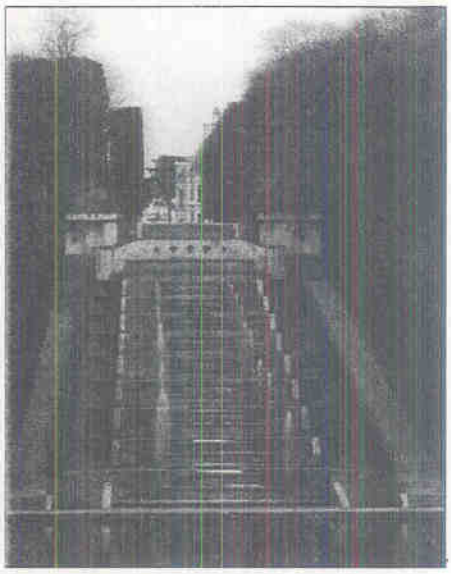


3. Le barrage du Riou, France (complété en 1990). Détail de la crête du deversoir et de l'évacuateur de crues en marches d'escalier (pente : 59 degrés, hauteur de marche : 0,43 m). (Photograph by the author).

[2]La Grande Cascade de Rueil et 'La Rivière' de Marly ont été remplacées par des pelouses en 1720 et 1728, repectivement. 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

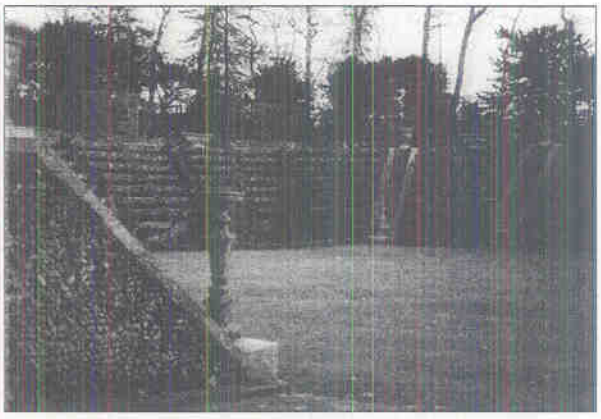
La forme en gradins des escaliers d'eau se retrouve aussi sur les évacuateurs de crues (ou déversoirs) en marches d'escalier. Les figures 3 et 7 montrent deux exemples. On a montré récemment que les déversoirs en gradins ont été utilisés depuis plus de 2500 ans, et que les critères de dimensionnement (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 Mulsulmans 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 Comparison des développement 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

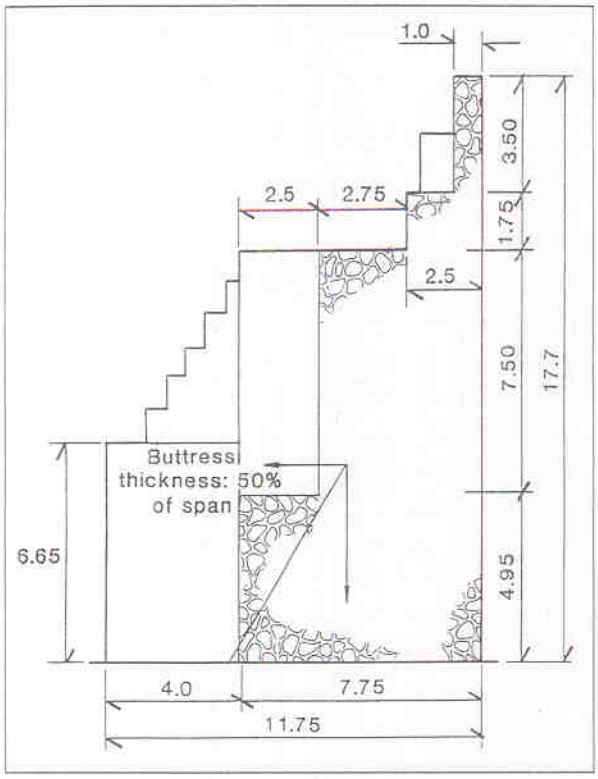


6. Le Bosquet des Rocailles, Versailles, France (complété en 1683). Les musiciens étaient installés au-dessus de la cascade pendant que les acteurs jouaient sur le parterre devant le roi Louis XIV. Le Bosquet des Rocailles est appelé aussi le Bosquet de la Salle du Bal. (Photograph by the author).

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 Mulsulmans (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 gradin 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 métreurs 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.



7. Coupe de l'évacuateur de crues en marches d'escalier du barrage de Los Arcos, construit par les Espagnols au Mexique autour de 1780 (d'après [10]). Le barrage et le déversoir étaient encore utilisés dans les annés 1930.

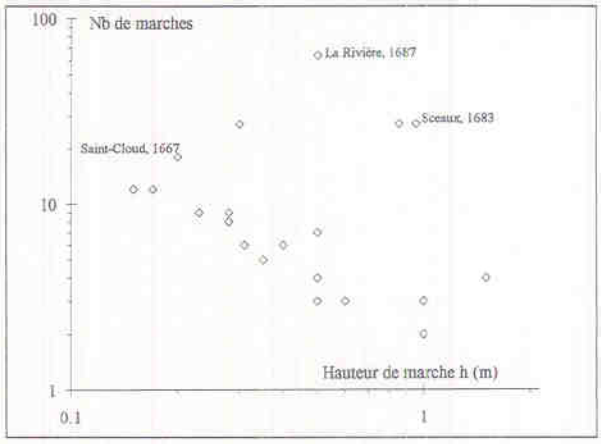
Dans l'autre sens, le roi d'Espagne Philippe V commanditait un architecte français, Frémin, pour construire la grande cascade à La Granja, malgré l'expertise locale en construction de déversoirs en gradins. En Russie, le tsar Pierre Ier, le Grand, a choisi un autre architecte français pour la cascade de Perhof, alors qu'il sélectionnait un ingénieur hollandais, G.W. Hennin, pour la conception et la construction de barrages avec déversoirs en marches d'escalier (ex. le barrage de Kamenskii).

Cette distinction (séparation) entre l'hydraulique architecturale et industrielle semble avoir survécu depuis. Le manque d'échanges entre architectes-jardiniers et ingénieurs limite, sûrement, les connaissances respectives de chaque profession. Une telle distinction entre hydraulique artistique et appliquée n'existait pas si fortement par le passé. Au premier siècle de notre ère, le mathématicien grec Hero d'Alexandrie (aussi appelé Héron l'Ancien) écrivait son traité de mécanique des fluides "Pneumatica", incluant des exemples de cascades, fontaines et expériences hydrauliques. Au XVIIIe siècle, de Belidor (1737-1753) écrivait une encyclopédie de l'architecture de l'eau, avec de nombreux exemples de fontaines. Plus récemment, H.P.G. Darcy présentait la fameuse loi d'écoulement en milieu poreux (loi de Darcy) dans une étude pour les fontaines de la ville de Dijon [6].

4.3 Discussion

En général, les architectes-jardiniers ont préféré concevoir des cascades avec les marches creuses (ex. fig. 2). Ce choix permet de mieux contrôler un mouvement lent des eaux, et évite l'existence de ressauts hydrauliques (bien connus pour leur instabilité hydrodynamique). La figure 8 présente le nombre de marches en fonction de la hauteur de marche pour plusieurs escaliers d'eau et fontaines publics (tableau 1). Les fontaines ont, en général, un faible nombre de marches, mais celles-ci sont relativement larges (0,2 à 1 m), alors que les escaliers d'eau ont un grand nombre de marches de faible hauteur. Les grandes cascades sont des exceptions notables (ex. Sceaux et Marly sur la figure 8).

On notera, cependant, que certaines cascades ont des caractéristiques hydrauliques très "pointues". Par exemple, les chadars à Nishat Bagh avec leurs écoulements instationnaires extrêmement aérés, ou le concept de multiples escaliers d'eau parallèles comme au château du Touvet, ou encore les cascades des jardins de la Banque de Chine avec deux types d'écoulement (en jets libres et extrêmement turbulent) [2].



8. Caractéristiques de certains escaliers d'eau et fontaines en gradins : nombre de marches en fonction de la hauteur de marche.

V ■ CONCLUSION

Les fontaines en gradins et les escaliers d'eau fournissent un spectacle attrayant, avec de nombreuses éclaboussures et eaux blanches. Et les caractéristiques hydrauliques des cascades en gradins sont très similaires à celles des déversoirs en marches d'escalier.

Des cascades et fontaines en gradins ont été construites régulièrement à travers les âges depuis l'Antiquité, en particulier dans les grandes villes (Athènes, Rome, Paris). La conception des grandes cascades a atteint un apogée autour du XVIIe siècle, avec les cascades françaises (fig. 4, 5 et 6) et les jardins à la Française. On note, avec surprise, un développement parallèle, mais cloisonné, des cascades et des déversoirs en marches d'esclier durant la même période (XVIe et XVIIIe siècles), probablement lié à un manque d'interaction entre architectes et ingénieurs.

L'auteur espère que le présent article aidera à développer les contacts entre architectes de fontaines et ingénieurs hydrauliciens. Les cascades modernes (ex. tableau 1) ont des tailles comparables à la plupart des modèles d'évacuateurs de crues en marches d'escalier, et les deux communautés professionnelles devraient bénéficier des expériences respectives.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les nombreuses personnes, qui lui ont fourni de précieuses informations, parmi lesquelles : M. F. Botton, Lyon, France; Madame C.M. Chanson, Paris, France; Madame D. Helot-Lécroart, Société Historique de Rueil-Malmaison, France; M. O. DE Quinsonas, Château du Touvet, France; La Société des Amis du Parc de Saint-Cloud, France; ...

BIBLIOGRAPHIE

[1] PEYRAS, L., ROYET, P., and DEGOUTTE, G. (1991). "Ecoulement et Dissipation sur les Déversoirs en Gradins de Gabions." ('Flows and Dissipation of Energy on Gabion Weirs.') Jl La Houille Blanche, No. 1, pp. 37-47.

[2] CHANSON, H. (1995a). "Hydraulic Design of Stepped Cascades, Channels, Weirs and Spillways." Pergamon, Oxford, UK, Jan., 292 pages.

[3] PLUMPTRE, G. (1993). "The Water Garden." Thames and Hudson, London, UK.

[4] ROBINSON, R. (1994). "Chicago's Waterfalls." Civil Engineering, ASCE, Vol. 64, No. 7, pp. 36-39.

[5] CHANSON, H. (1995b). "History of Stepped Channels and Spillways : a Rediscovery of the 'Wheel'." Can Jl of Civ. Eng., Vol. 22, No. 2, April, pp. 247-259.

[6] DARCY, H.P.G. (1856). "Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon." ('The Public Fountains of the City of Dijon') Victor Dalmont, Paris, France, 647 pages.

[7] JELLICOE, S., and JELLICOE, G. (1971). "Water. The Use of Water in Landscape Architecture." Adam&Charles Black, London, UK.

[8] HELOT-LÉCROART, D. (1985). "Le Domaine de Richelieu à Rueil de 1600 à 1800." ('The Domain of Richelieu at Rueil from 1600 to 1800') Maury Imprimeur, Millau, France, 125 pages.

[9] BINNIE, G.M. (1987). "Early dam builders in Britain." Thomas Telford, London, UK, 181 pages.

[10] HINDS, J. (1932). "200-Year-Old Masonry Dams in Use in Mexico." Engineering News-Record, Vol. 109, Sept. 1, pp. 251-253.

[11] BELIDOR, B.F. DE (1737-1753). "Architecture Hydraulique." ('Hydraulic Architecture.') Charles-Antoine Jombert, Paris, France 4 volumes.

[12] HERGÉ (1947). "Le Trésor de Rackham Le Rouge." Casterman, Tournai, Belgium.

Tableau 1. Caractéristiques de fontaines en gradins, cascades et escaliers d'eau.

Nom (1)	Pente (deg.) (2)	Hauteur Cascade (m) (3)	Débit Max. (m^3/s) (4)	Hauteur marche (m) (5)	Nb de marche (6)	Type de marche (7)	Remarques (8)
Cascades de jardins Villa d'Este, Tivoli, Italie 1550-1568 Escaliers d'eau Fontaine Ovato Avenue des Cent Jets Fontaine de Neptune			1.2			Escaliers d'eau, fontaines en gradins. Marches plates.	Conçues par P. LIGORIO [JE]. Développement courbe. Construit en 1927.
Teatro d'Acqua, Villa Aldobrandini, Frascati, Italie autour de 1560-1600					9	Escalier d'eau (marches creuses) surplombant un théâtre.	Appelé aussi le Grand Théâtre d'Eau. Construit pour le Pape Clément VIII.
Achabal, Inde autour de 1600-1620						Grand escalier d'eau.	Construit pour l'Empereur Moghol JAHANGIR. W ~ 21 m.
Grande Cascade de Rueil, France 1638 (démolition en 1720)						Près de 30 marches.	Conçu par T. FRANCINI pour le Cardinal de RICHELIEU. Remplacé en 1720 par un parterre. [HE]
Nishat Bagh, Inde autour de 1620-1640						Grand escalier d'eau [PL].	Créé par Yamin Al-Aula Asaf KHAN, frère de Nur JAHAN durant la période Moghole.
Villa Garzoni, Collodi, Italie autour de 1633-1692						Escalier d'eau surplombant une arène semi-circulaire.	Conçu par R. GARZONI.
La Grande Cascade de Saint-Cloud, France Cascade supérieure, 1667	~ 12.5			0.2	18	6 séries de 3 marches plates (l=0.4-m) et une longue marche (l=1.9-m).	Conçue par A. LEPAUTRE. 2 cascades parallèles (W = 2 m) séparées par des nappes et chutes libres.
Cascade inférieure, 1697					6	Marches creuses.	Conçue par J. MANSART.
Les Grandes Cascades de Sceaux, France 1677	~ 6.3			0.3, 0.85 &0.95	27	Marches creuses avec crête arrondie.	Conçues par A. LE NÔTRE pour le Ministre J.B. COLBERT.
Bosquet des Rocailles, Versailles, France 1683					4, 7 et 8	5 cascades de 8 marches, 8 cascades de 7 marches, et 4 cascades de 4 marches en parallèle. Marches creuses.	Appelé aussi le Bosquet de la Salle de Bal, et utilisé comme un théâtre. Conçu par J.H. MANSART.

Nom (1)	Pente (deg.) (2)	Hauteur Cascade (m) (3)	Débit Max. (m^3/s) (4)	Hauteur marche (m) (5)	Nb de marche (6)	Type de marche (7)	Remarques (8)
Les Cascades de Marly, France							Conçues par J.H. MANSART pour le roi Louis XIV.
La Rivière, 1687 (démolition en 1728)	~ 6			~ 0.5	63	Marches creuses en marbre rouge et vert.	Plus de 300-m de long. Remplacée par Le Tapis Vert en 1728.
La Cascade de la Rivière, 1687				0.5 to 1.5	4	Marches creuses.	
Les Nappes					6	Marches creuses.	Arrangement avec des rochers.
La Cascade Champêtre	~ 20 to 25				42	4 séries de 9 maches creuses avec un bassin intermédiaire.	Faite en marbre blanc. Appelée aussi La Cascade Rustique ou Les Cascades Champestres.
L'Abreuvoir, 1698					1	Marche creuse.	
La Grande Cascade de Chatsworth, Derbyshire, GB 1696						Marches horizontales avec bassins intermédiaires.	Conçu par GRILLET, sur le modèle de La Rivière de Marly [JE].
Wilhelmshöhe, Hesse-Kassel, Allemagne 1701-1713 (appelée originellement Kassel-Weissenstein)							Conçu par G. GUERNIERO [PL]. Près de 240-m de long (W = 10.7 m).
La Grande Cascade de Peterhof, St Petersbourg, Russie 1704-1715					7	Marches creuses en marbre, suivies de nappes libres.	Conçue par J.B.A. LE BLOND pour le Tsar Pierre Ier le Grand. Inspirée des cascades de Marly [JE].
La Granja, Segovia, Espagne 1720							Construit pour le roi Philippe V d'Espagne.
La Cascada					11	Marches creuses en pierre de taille.	Construit par R. FRÉMIN. Sur le modèle de La Rivière de Marly. W ~ 10 m.
Carrera de Caballos					5	Cascade de bassins intermédiaires.	Inclus 114 jets d'eau.
Studley Royal, Fountains Abbey, GB 1725		3			5?		Petit barrage de 100-m de long [BI].
Palazzo Reale, Caseta, Italie 1752-1770?						Grande Cascade (12 marches) et escaliers d'eau.	Conçu par L. VANVITELLI pour le roi Charles III de Naples. Inspiré de La Granja. [PL]
L'Escalier d'Eau, Château du Touvet, France 1763						5 cascades successives avec marches arrondies	Conçu par P. de MARCIEU.
Escalier d'eau No. 1	26	2		0.17	12	Marches plates.	W = 3.6 m. Entouré de 4 escaliers d'eau.
Escalier d'eau No. 2	23	2.1		0.23	9	Marches plates.	W = 3.6 m. Entouré de 2 escaliers d'eau.
Escalier d'eau No. 3	7.25	1.9		0.31	6	Marches creuses.	W = 3.4 m.
Escalier d'eau No. 4	32	2.4		0.27	9	Marches plates.	W = 3.4 m.
Escalier d'eau No. 5	34	1.7		0.28	8	Marches plates.	W = 3.4 m.

Nom (1)	Pente (deg.) (2)	Hauteur Cascade (m) (3)	Débit Max. (m^3/s) (4)	Hauteur marche (m) (5)	Nb de marche (6)	Type de marche (7)	Remarques (8)
Fontaines publics anciennes							
Fontaine des Innocents, Paris, France 1549				0.5 to 1	7	4 cascades semi-circulaires (7 marches creuses chacune).	Conçue et sculptée par J. GOUJON.
Fontaine des Orateurs, Paris, France 1844 (appelée aussi Fontaine des Quatre-Evêques)				1 to 1.5	2	4 cascades de 2 marches creuses chacune.	Conçue par VISCONTI avec 4 statues de BOSSUET, FENELON, MASSILON et FLECHIA.
Fontaine de la Trinité, Paris, France 1867				0.6	3	3 fontaines semi-circulaires (marches creuses).	Conçue par BALLU..
Fontaines publics modernes							
Banque de Chine, Hong Kong	17		0.002 to 0.022	0.04		Marches plates inclinées vers l'aval.	Réseau d'escalier d'eau. W = 0.25 m. l = 0.13 m.
Central Plaza, Hong Kong						Marches plates, nappe libres et marches creuses.	Fontaine circulaire.
Chater Garden, Hong Kong				0.5 to 1	3	Marches creuses.	Fontaine carrée.
Fontaine de la City Riverside, Brisbane, Australie	23.2	3.45	0.011	0.15	6	Marches horizontales suivies d'un bassin intermédiaire.	Largeur variable W = 2 à 3 m.
				0.15	17	Marches horzontales.	W = 5.5 à 7.5 m.
The Forum, Central, Hong Kong					9	Marches creuses.	
Hong Kong Park, Admiralty, Hong Kong	26.6	1.75		0.35	5	Marches plates.	
Hotel Keio Plaza, Tokyo, Japon		2.4		0.4 (?)	6	Marches creuses.	Succession de nappes libres.
Fontaine du Peak Tramway, Hong Kong	20	1.8		0.15	12	Maches horizontales.	
Fontaine du Taipei World Trade Centre, Taiwan	~ 50				23	Maches horizontales.	4 cascades triangulaires montées en pyramide. W = 0.8 à 5 m.
Cascades multi-usages							
Traitement d'eau du canal de Calumet, Chicago, USA	[RO]	3.6 to 4.6	1.6 to 16.4	0.91 or 1.52	3 to 4	Marches creuses.	5 cascades pour ré-oxygéner l'eau.
Parc de la préfecture de Nikita, Japon						Marches plates construites en pierre.	Canalisation en gradins d'un ruisseau avec des nappes libres, au sein d'un parc de loisirs.

Notes : [BI] BINNIE (1987); [HE] HELOT-LÉCROART (1985); [JE] JELLICOE and JELLICOE (1971); [PL] PLUMPTRE (1993); [RO] : ROBINSON (1994).

h = hauteur de marche; l = longueur de marche; W = largeur de canal.

Tableau 2. Quelques déversoirs anciens en marches d'escaliers.

Nom (1)	Année (2)	Hauteur barrage (m) (3)	Pente (deg.) (4)	Construction du barrage (5)	Commentaires (6)
Barrages de la rivière Khosr, Irak	694 av. J.C.	2.9		Pierres de taille cimentées au mortier.	Appelés aussi les barrages d'Ajilah. Barrage inférieure
		> 1.4	30		Barrage supérieure (5 marches).
Barrage de Kasserine, Tunisie	100? apr. J.C.	10	57	Pierres de taille cimentées au mortier, enserrant un coeur de terre et moëllons.	Barrage Romain, situé 220 km SO de Tunis (6 marches). W = 150 m.
Barrage de Qasr Khubbaz, Syrie	100/200 apr. J.C.	6.1		Pierres de taille.	Barrage Romain sur l'Euphrates.
Barrage de Mestella, Espagne	960 apr. J.C.	2.1	27	Pierres de taille cimentées au mortier.	Construit par les Mulsulmans. Débit maximum : près de 4,000 m^3/s. W = 73 m. 5 marches.
Barrage de Khan, Uzbekistan	1000?	15.2	81	Barrage-poids, en maçonnerie de granit.	Ouvrage Musulman, situé 100 km Nord de Samarkand. 7 marches.
Barrage d'Adheim, Irak	1300?	15.2	51	Barrage poids en maçonnerie.	Construit par les Mulsulmans.
Barrage d'Almansa, Espagne	1384?	15	40	Barrage poids. Maçonnerie de moëllons protégés par des pierres de taille.	Construction espagnole. 14 marches.
Barrage de Golestan, Iran	1450?	16		Barrage-poids en maçonnerie.	Construit par les Mongols près de Mashhad. 3 marches.
Barrage de Torogh, Iran	1450?	20		Barrage-poids en maçonnerie.	Construit par les Mongols près de Mashhad. Marches taillées dans la roche.
Barrage d'Alicante, Espagne	1594	41	79	Barrage poids. Maçonnerie de moëllons protégés par des pierres de taille.	7 marches: h = 2.7 à 5 m, l = 0.6 à 0.9 m.
Barrage de St Ferréol, France	1671	32		Cascades et nappes libres.	Déversoir en marches d'escalier. Alimente en eau le Canal du Midi.
Barrarueco de Abajo, Espagne	1700?	6.3	~ 25	Barrage à contreforts en pierres de taille.	5 marches inclinées vers l'aval.
Barrage de Kamenskii, Russie	1730?			Ossature en bois, rempli d'enrochements et de terre.	Conçu par G.W. HENNIN. 5 marches. Débit : ~ 5.2 m^2/s.
Barrage de Laisota, Espagne	1730?	4.3		Barrage à contreforts en pierres de taille.	Conçu par Don Pedro Bernardo VILLAREAL DE BERRIZ.
Barrage de Pabellon, Mexique	1730?	24		Barrage à contrefort en maçonnerie cimentée au mortier.	Ouvrage Espagnol. 3 marches.
Presa de los Arcos, Mexique (fig. 7)	1780?	18		Barrage à contrefort en maçonnerie cimentée au mortier.	Ouvrage Espagnol sur le Rio Morcinique. 4 marches.