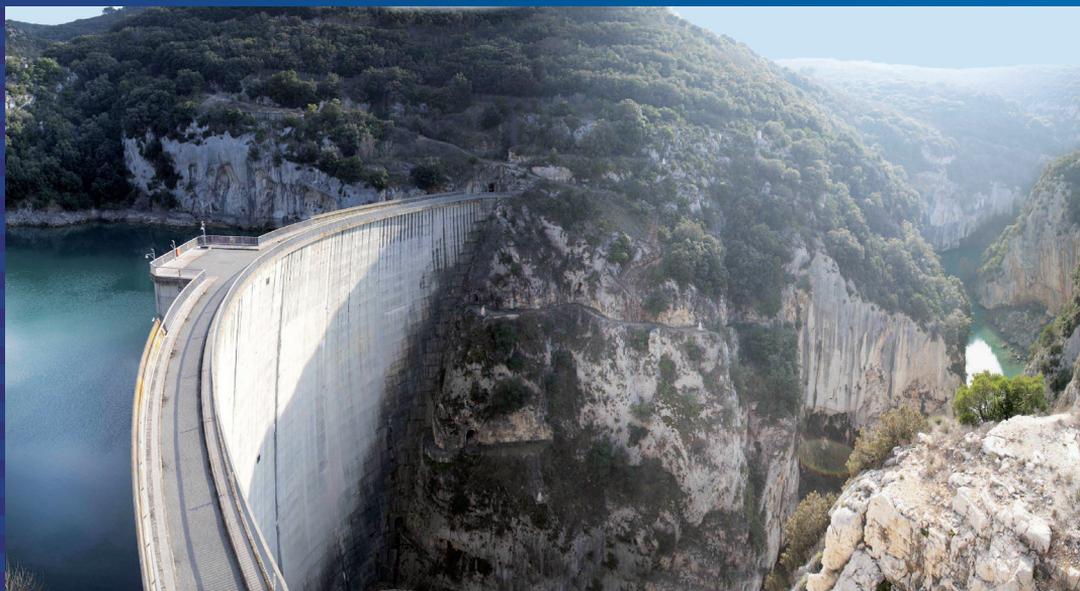


L'énergie hydraulique

2^e édition

Roger Ginocchio, Pierre-Louis Violet



L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique

2^e édition

Roger Ginocchio

Édition mise à jour sous la direction de

Pierre-Louis Viollet



11, rue Lavoisier
75008 Paris

**La présente édition a été mise à jour sous la direction de
Pierre-Louis Viollet**

avec la participation de :

François Travade

Énergie hydraulique et environnement (chapitre 6)
et Passes à poisson (chapitre 9 paragraphe III)

Jean-François Machizaud et Jérôme Sausse

Auscultation des barrages (chapitre 8 paragraphe III)

Vincent Guyonvarh

Calcul des barrages par éléments finis (chapitre 8 paragraphe II.D.4)

Anne-Marie Santaella

Contrôle-commande des centrales hydroélectriques (chapitre 16 paragraphe II)

François Beaudouin

Gestion du patrimoine (chapitre 17)

Élisabeth Ben-Slama

Instrumentation (chapitre 18)

**Jean-François Combes, Damien Violeau, Éric Demay
et Nicole Goutal**

Simulation numérique (chapitre 19)

Avant-propos

Depuis l'Antiquité, et au travers du Moyen-Âge, l'énergie hydraulique a accompagné les activités artisanales des Hommes, pour moudre les grains, scier le bois et la pierre, broyer des minerais, animer les soufflets et les marteaux des forges... C'est l'énergie hydraulique qui a permis que la révolution industrielle du XIX^e siècle ait lieu : mines, forges, filatures, papeteries, ont pris leur essor avec les roues puis avec les turbines hydrauliques, bien avant d'utiliser le charbon. Au tournant du XIX^e et du XX^e siècle, l'hydroélectricité a permis de libérer les industries de la contrainte de la proximité des chutes d'eau. C'est une énergie renouvelable, stockable, qui représente pour la Planète une ressource pérenne et durable.

L'énergie des eaux de ruissellement qui s'écoulent dans les cours d'eau du Monde est évaluée à environ 40 000 TWh par an. Un gros tiers de cette énergie, soit environ 14 000 TWh est exploitable avec les techniques qui sont actuellement disponibles, mais ce pourcentage n'est plus que d'à peu près 20 % (8 500 TWh) si on considère seulement les investissements qui sont rentables dans les conditions économiques du début du XXI^e siècle, au regard des autres énergies. En ce début de siècle, 2 900 TWh d'énergie hydroélectrique sont produits par an, ce qui représente quelques 16 % de la production totale d'électricité dans le Monde. Il demeure donc pour l'avenir de notre planète un gisement annuel de l'ordre de 5 600 TWh qui peut être aménagé dans de bonnes conditions économiques, beaucoup plus en fait si l'on se projette dans un futur où les tensions sur les ressources d'énergie primaire seront plus grandes, où les prix des combustibles fossiles seront plus élevés, où il faudra limiter encore plus les rejets de CO₂. L'essentiel de ce potentiel encore exploitable se situe en Afrique, en Asie, et dans une moindre mesure en Amérique Latine. En France, le troisième quart du XX^e siècle a vu l'aménagement de la quasi-totalité des ressources hydroélectriques économiquement exploitables ; depuis, l'énergie produite par les centrales hydroélectriques françaises plafonne aux alentours de 60 TWh.

Elles constituent une source d'énergie renouvelable qu'il est sans doute possible de développer encore un peu ; mais l'hydroélectricité représente aussi, grâce à ses capacités de stockage de l'eau dans les réservoirs, une très importante contribution à la sécurité d'approvisionnement, et à la sûreté du système électrique vis-à-vis des aléas d'indisponibilités d'ouvrages, de pics de consommation imprévus, ou de défaillance des énergies renouvelables non pérennes.

En 1959, Roger Ginocchio publiait un premier ouvrage intitulé *les Aménagements Hydroélectriques*. Cet ouvrage a été refondu en 1978 sous le titre *L'Énergie Hydraulique*. Vingt-cinq ans plus tard, ce livre représente toujours une énorme somme de connaissances sur les différentes facettes des aménagements hydroélectriques, qui reste inégalée, et encore d'actualité. Les tirages précédents étant épuisés, il est apparu nécessaire de le rééditer pour la formation des futurs hydrauliciens, en y apportant les mises à jour nécessaires. Il ne pouvait être question de réécrire l'ouvrage ; il a donc été décidé de travailler à partir d'une lecture d'ensemble, apportant au fil de l'ouvrage les ajustements nécessaires, tout en réalisant des refontes complètes ou en écrivant des nouveaux chapitres sur les sujets qui ont le plus évolué au cours de ces vingt dernières années. Les thèmes qui ont donné lieu à ces révisions profondes sont les suivants : les aspects environnementaux des ouvrages, les ouvrages permettant le passage des poissons, l'auscultation des barrages, le contrôle-commande des ouvrages, la gestion du patrimoine hydroélectrique, les méthodes de simulation des structures et surtout de simulation des écoulements.

Je suis reconnaissant aux services d'EDF qui ont bien voulu contribuer à cette mise à jour : le Centre d'Ingénierie Hydraulique, la Division Technique Générale, et les départements de recherche et développement : Analyse Mécanique et Acoustique, Management des Risques Industriels, et le Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement, qui a été largement sollicité. Les personnes de ces entités qui ont contribué à cette mise à jour ont toutes bien voulu consacrer un peu de leur temps, et faire profiter cette nouvelle édition de leur grande connaissance des sujets.

Pierre-Louis Viollet

Directeur International et partenariats d'EDF R&D
Président du Comité scientifique et technique
de la Société Hydrotechnique de France
Professeur honoraire
à l'École nationale des ponts et chaussées

Table des matières

| | |
|--------------------|---|
| Avant-propos | V |
|--------------------|---|

Première partie

Ressources naturelles et principes d'aménagement

Chapitre 1

Généralités

| | |
|--|---|
| I. – Historique | 3 |
| II. – Production hydroélectrique dans le monde | 5 |
| Références | 8 |
| Bibliographie | 8 |

Chapitre 2

Étude des ressources naturelles

| | |
|--|----|
| I. – Topographie | 9 |
| A. Bassin versant | 9 |
| B. Profil en long d'un cours d'eau | 11 |
| II. – Hydrologie | 12 |
| A. Définition des éléments du cycle de l'eau | 12 |
| B. Mécanismes de l'écoulement | 14 |
| III. – Débit solide des cours d'eau | 24 |
| A. Généralités | 24 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| B. Transport par charriage. | 25 |
| C. Transport par suspension | 32 |
| Références | 39 |
| Bibliographie. | 39 |

Chapitre 3

Structure d'un aménagement hydroélectrique

| | |
|--|----|
| I. – Description sommaire. | 41 |
| II. – Caractéristiques fondamentales | 43 |
| A. Hauteurs de chute – Puissances correspondantes | 43 |
| B. Puissance installée – Énergie productible – Puissance garantie | 48 |
| III. – Accumulation de l'énergie. | 50 |
| A. Principe. | 50 |
| B. Quantité d'énergie accumulée dans un réservoir | 51 |
| C. Classification des réservoirs et des usines en fonction des possibilités d'accumulation. | 52 |
| D. Accumulation par pompage | 56 |
| Références | 62 |
| Bibliographie. | 63 |

Chapitre 4

Les différents types d'aménagements Les principaux risques associés

| | |
|--|-----|
| I. – Aménagement de haute chute ($H_n > 200$ m) | 66 |
| A. Ressources naturelles. | 66 |
| B. Caractéristiques essentielles des ouvrages. | 66 |
| C. Aménagement d'ensemble d'un bassin versant | 70 |
| II. – Aménagement de moyenne chute ($40 \text{ m} < H_n < 200$ m) | 78 |
| A. Ressources naturelles. | 78 |
| B. Caractéristiques essentielles des ouvrages. | 78 |
| C. Groupements d'aménagements | 80 |
| III. – Aménagements de basse chute ($H_n < 40$ m). | 83 |
| A. Aménagements de rivières | 83 |
| B. Usines marémotrices et hydroliennes. | 90 |
| IV. – Les principaux risques associés aux différents types d'aménagements. . . | 100 |
| A. Ondes de submersion et ruptures de barrages | 100 |
| B. Risques liés à un mauvais écoulement des crues | 103 |
| C. Risques liés aux conduites forcées. | 103 |
| D. Risques liés aux éclusées et lâchures. | 104 |
| Références | 104 |
| Bibliographie. | 105 |

Chapitre 5

Aménagements hydrauliques à buts multiples

| | |
|--|-----|
| I. – Buts et effets des aménagements hydrauliques | 107 |
| A. Généralités | 107 |
| B. Classification des besoins satisfaits par les aménagements hydrauliques | 108 |
| C. Effets des aménagements hydrauliques | 110 |
| II. – Évolution des aménagements à buts multiples | 113 |
| A. Aménagements monovalents | 113 |
| B. Historiques des aménagements à buts multiples | 113 |
| C. Développement des aménagements à buts multiples | 115 |
| D. Tendances actuelles | 115 |
| III. – Compatibilité des buts | 116 |
| A. Absence d'interférence | 116 |
| B. Interférences de dimensionnement et de conception | 116 |
| C. Interférences d'exploitation | 117 |
| D. Interférences d'entretien | 117 |
| IV. – Partage des responsabilités et des charges | 117 |
| A. Maîtrise d'ouvrage | 117 |
| B. Maîtrise d'œuvre | 118 |
| C. Répartition des charges | 118 |
| V. – Exemples | 121 |
| A. Le Rhin | 121 |
| B. Le Rhône | 124 |
| C. La Durance | 128 |
| D. Le Verdon | 129 |
| Références | 132 |
| Bibliographie | 132 |

Chapitre 6

Énergie hydraulique et environnement

| | |
|---|-----|
| I. – Généralités | 135 |
| II. – Effet du barrage sur le transport solide | 136 |
| A. Conséquences de la sédimentation dans le réservoir | 136 |
| B. Altération du transport solide à l'aval du barrage | 138 |
| C. Déficit de capacité de transport | 138 |
| D. Stockage des substances dangereuses dans les sédiments | 141 |
| III. – Effet de submersion sur la faune | 142 |
| IV. – Influence sur le climat | 143 |

| | |
|---|-----|
| A. Influence locale | 143 |
| B. Influence macroscopique : les rejets de gaz à effet de serre | 144 |
| V. – Effets sur les eaux dans la retenue | 146 |
| A. Écosystème de retenue | 146 |
| B. Structure thermique d'un réservoir | 147 |
| C. Chaîne trophique dans les lacs | 148 |
| D. Réponse dynamique d'un écosystème à l'évolution des facteurs environnementaux | 149 |
| E. Généralités sur l'eutrophisation | 150 |
| F. Apports de nutriments | 151 |
| G. Effets biologiques | 153 |
| H. Le cas particulier des cyanobactéries | 157 |
| VI. – Effets sur les eaux hors des retenues. | 158 |
| A. Restriction du débit dans les bras court-circuités | 158 |
| B. Modification du niveau des nappes phréatiques | 159 |
| C. Impact des retenues sur la qualité de l'eau et sur les poissons de la rivière en aval | 159 |
| D. Effets sur les poissons | 163 |
| E. Effets sur la végétation | 168 |
| Références | 169 |
| Bibliographie | 169 |

Deuxième partie

Ouvrages de retenue

Chapitre 7

Généralités sur les barrages

| | |
|---|-----|
| I. – Rôle et classification | 175 |
| A. Rôle | 175 |
| B. Classification | 178 |
| II. – Choix de l'emplacement et des caractéristiques | 179 |
| A. Conditions relatives à la topographie | 179 |
| B. Conditions géologiques | 181 |
| C. Conditions hydrologiques | 187 |
| D. Conditions relatives à la géographie humaine | 187 |
| III. – Sujétions communes aux différents types d'ouvrages | 190 |
| A. Approvisionnement des matériaux | 190 |
| B. Installation du matériel de chantier | 191 |
| C. Logement du personnel | 191 |

| | |
|--|-----|
| IV. – Dispositions constructives | 192 |
| A. Procédés de construction en lit de rivière | 192 |
| B. Étanchement et consolidation des fondations et appuis | 199 |
| Références | 201 |
| Bibliographie | 202 |

Chapitre 8

Barrages

| | |
|--|-----|
| I. – Généralités | 203 |
| A. Description sommaire | 203 |
| B. Classification | 203 |
| C. Forces appliquées | 204 |
| II. – Étude des différents types de barrages | 209 |
| IIa – Barrages-poids | 209 |
| A. Barrages en béton | 209 |
| B. Barrages en remblai | 222 |
| C. Barrages à contreforts | 237 |
| D. Barrages mobiles | 245 |
| IIb – Barrages-voûtes | 265 |
| A. Caractéristiques principales | 267 |
| B. Conditions d'emploi | 269 |
| C. Nature et propriétés des matériaux | 270 |
| D. Conditions de stabilité | 270 |
| E. Dispositions constructives | 275 |
| III. – Surveillance et auscultation des barrages | 277 |
| A. Définition et objectifs | 277 |
| B. Moyens d'auscultation | 278 |
| Références | 289 |
| Bibliographie | 290 |

Chapitre 9

Organes annexes des ouvrages de retenue

| | |
|--|-----|
| I. – Évacuateur de crues | 293 |
| A. Généralités | 293 |
| B. Évacuateurs à écoulement libre | 296 |
| C. Évacuateurs en charge | 300 |
| D. Dispositions constructives | 305 |
| II. – Ouvrages de vidanges | 319 |
| III. – Dispositifs de franchissement des barrages par les poissons | 321 |

| | |
|--|-----|
| A. Dispositifs pour le franchissement des obstacles à la montaison | 321 |
| B. Dispositifs de dévalaison | 333 |
| C. Dispositifs de franchissement dans le monde | 336 |
| Références | 337 |
| Bibliographie | 338 |

Troisième partie

Ouvrages de dérivation

Chapitre 10

Ouvrages de prise d'eau

| | |
|---|-----|
| I. – Généralités | 343 |
| II. – Prises d'eau en rivière | 344 |
| A. Ouvrages d'entrée | 344 |
| B. Organes de réglages du débit dérivé | 347 |
| C. Ouvrages d'épuration | 347 |
| D. Prises d'eau d'adductions secondaires | 353 |
| III. – Prises d'eau en réservoir | 354 |
| A. Mécanisme de la sédimentation des réservoirs | 354 |
| B. Conditions à remplir par les ouvrages de prise d'eau | 355 |
| C. Dispositions constructives | 356 |
| D. Organes de dévasement des réservoirs | 358 |
| Références | 361 |
| Bibliographie | 361 |

Chapitre 11

Ouvrages d'amenée et de restitution

| | |
|---|-----|
| I. – Rôle – Différents types | 363 |
| A. Ouvrages d'amenée | 363 |
| B. Ouvrages de restitution | 364 |
| II. – Rappel des lois de l'écoulement dans les canaux | 365 |
| A. Écoulement à surface libre | 365 |
| B. Écoulement en charge | 369 |
| III. – Notion de section économique | 372 |
| IV. – Dispositions constructives | 374 |
| A. Canaux à ciel ouvert | 374 |
| B. Ouvrages en galerie | 379 |
| Références | 385 |
| Bibliographie | 385 |

Chapitre 12

Conduites forcées

| | |
|---|-----|
| I. – Rôle – Différents types | 387 |
| II. – Lois de l'écoulement dans les conduites | 387 |
| IIa – Régime permanent | 387 |
| IIb – Régime non permanent – Coup de bélier | 388 |
| A. Cas d'une fermeture instantanée | 389 |
| B. Cas d'une fermeture non instantanée | 392 |
| III. – Déterminations des dimensions | 394 |
| A. Section économique | 394 |
| B. Détermination de l'épaisseur | 394 |
| IV. – Dispositions constructives | 397 |
| A. Différents types de conduites forcées | 397 |
| B. Mise en place des conduites sur le terrain | 402 |
| Références | 404 |
| Bibliographie | 405 |

Chapitre 13

Cheminées d'équilibre

| | |
|---|-----|
| I. – But de l'ouvrage | 407 |
| II. – Régime d'oscillation en masse | 408 |
| A. Étude qualitative | 408 |
| B. Étude quantitative sommaire | 409 |
| III. – Dispositions constructives | 412 |
| A. Cheminée à étranglement | 412 |
| B. Cheminée déversante | 413 |
| C. Cheminée à épanouissement | 413 |
| D. Cheminée différentielle | 414 |
| E. Exemples | 414 |
| Références | 417 |
| Bibliographie | 418 |

Quatrième partie
Équipement électromécanique

Chapitre 14
Turbines hydrauliques

| | |
|---|-----|
| I. – Généralités | 421 |
| Ia – Définitions | 421 |
| A. Structure | 421 |
| B. Puissance – Hauteur de chute | 422 |
| Ib – Classification | 422 |
| A. Turbines à veine libre ou à action | 423 |
| B. Turbines à veine forcée ou à réaction | 424 |
| Ic – Description sommaire des différents types | 424 |
| A. Turbines à veine libre ou à action | 425 |
| B. Turbines à veine forcée ou à réaction | 427 |
| II. – Étude théorique du fonctionnement | 441 |
| IIa – Généralités | 441 |
| A. Principe | 441 |
| B. Étude cinématique – Triangles des vitesses | 441 |
| C. Étude dynamique : couple moteur – Pertes – Rendement | 443 |
| IIb – Propriétés particulières à chaque type | 447 |
| A. Turbine à action | 447 |
| B. Turbines à réaction | 449 |
| III. – Notion de vitesse spécifique | 453 |
| A. Définition | 453 |
| B. Intérêt de la notions de vitesse spécifique | 454 |
| C. Classification des turbines en fonction de leur vitesse spécifique | 454 |
| D. Choix du type de turbine | 460 |
| IV. – Dispositions constructives | 461 |
| IVa – Dispositions communes aux différents types | 461 |
| A. Disposition des groupes | 461 |
| B. Raccordement avec les conduites forcées | 462 |
| C. Accouplement avec l'alternateur | 463 |
| D. Paliers et pivots | 463 |
| E. Régulateur de vitesse | 464 |
| IVb – Turbines Pelton | 467 |
| A. Déflecteur | 467 |
| B. Roue | 467 |
| C. Différents types et données numériques | 468 |
| IVc – Turbines Francis | 469 |

| | |
|---|-----|
| A. Bâche spirale | 469 |
| B. Roue | 469 |
| C. Aspirateur. | 471 |
| D. Différents types et données numériques | 471 |
| IVd – Turbines hélice et Kaplan. | 473 |
| A. Bâche spirale et distributeur. | 473 |
| B. Roue | 474 |
| C. Aspirateur. | 474 |
| D. Données numériques. | 474 |
| E. Groupes à écoulement axial (groupes bulbes). | 474 |
| Références | 480 |
| Bibliographie. | 480 |

Chapitre 15

Pompes d'accumulation

| | |
|---|-----|
| I. – Généralités | 483 |
| Ia – Description sommaire | 483 |
| Ib – Définitions. | 484 |
| A. Hauteur géométrique d'élévation (H_p) | 484 |
| B. Hauteur nette d'élévation (ou de refoulement) (H_n) | 484 |
| C. Hauteur interne de la pompe (H_i) | 485 |
| II. – Étude théorique du fonctionnement | 485 |
| A. Puissances – Pertes – Rendements | 485 |
| B. Courbes caractéristiques | 486 |
| III. – Vitesse spécifique et similitude | 487 |
| A. Vitesse spécifique. | 487 |
| B. Similitude | 488 |
| IV. – Cavitation des pompes – Capacité d'aspiration | 488 |
| A. Définitions | 488 |
| B. Influence d'une baisse de charge nette disponible à l'aspiration | 489 |
| V. – Différents types et données numériques | 490 |
| VI. – Turbines – Pompes | 492 |
| VIa – Différents types. | 492 |
| VIb – Construction des turbines-pompes | 495 |
| A. Choix d'une vitesse spécifique | 495 |
| B. Roues de grandes dimensions. | 495 |
| C. Perspectives d'évolution | 495 |
| VIc – Données numériques | 497 |
| Références | 498 |
| Bibliographie. | 498 |

*Chapitre 16***Centrales hydroélectriques et ouvrages annexes**

| | |
|--|-----|
| I. – Matériel. | 501 |
| A. Matériel hydraulique. | 501 |
| B. Matériel électrique | 503 |
| C. Matériel mécanique. | 506 |
| II. – Contrôle et commande des centrales hydroélectriques. | 507 |
| A. Généralités. | 507 |
| B. Classification des centrales | 507 |
| C. Équipements de contrôle commande des centrales hydrauliques | 509 |
| D. Maintenance du contrôle commande des centrales hydrauliques. | 511 |
| E. Surveillance du contrôle commande des centrales hydrauliques. | 512 |
| III. – Dispositions constructives | 513 |
| A. Salle des machines | 514 |
| B. Dispositions particulières. | 519 |
| C. Microcentrales hydroélectriques. | 522 |
| IV. – Ouvrages annexes. | 526 |
| A. Ouvrages de décharge. | 526 |
| B. Rétablissement des nappes phréatiques | 530 |
| Références | 533 |
| Bibliographie. | 533 |

Cinquième partie

Méthodologie d'études*Chapitre 17***Gestion du patrimoine pour les ouvrages hydroélectriques**

| | |
|---|-----|
| I. – Évolution du contexte | 537 |
| II. – Les trois enjeux de la gestion patrimoniale de la production hydraulique. | 538 |
| A. La sûreté hydraulique | 538 |
| B. La performance économique | 538 |
| C. La capacité à produire dans le respect de la réglementation. | 538 |
| III. – La gestion des risques : questions essentielles | 539 |
| A. Les questions techniques. | 539 |
| B. La coordination des acteurs | 539 |
| C. Des aides à la décision à la mesure des problématiques posées. | 540 |
| D. Principes régissant l'élaboration des approches décisionnelles | 540 |

| | |
|--|-----|
| IV. – Hiérarchiser les risques | 541 |
| A. Processus de priorisation des opérations à mener | 541 |
| B. La hiérarchisation des risques sur le patrimoine hydraulique par un système à base de règles | 541 |
| C. Utilisation de la hiérarchisation des risques sur les ouvrages et matériels par famille | 546 |
| V. – Une aide multicritère à la décision | 546 |
| A. Le raisonnement fondé sur des grandeurs cardinales | 547 |
| B. Principes et illustrations de la démarche multicritère | 548 |
| Références | 555 |

Chapitre 18

Essais sur modèles réduits

| | |
|--|-----|
| I. – Principe, intérêt et limites de la méthode | 557 |
| II. – Notions de similitude | 560 |
| A. Définitions | 560 |
| B. Différentes lois de similitude | 562 |
| III. – Essais sur modèles réduits | 575 |
| A. Modèles de sites naturels et d'ouvrages | 575 |
| B. Modèles de machines hydrauliques (turbines et pompes) | 591 |
| Références | 592 |
| Bibliographie | 593 |

Chapitre 19

La simulation des écoulements dans et autour des ouvrages hydroélectriques

| | |
|---|------------|
| I. – Contexte et problématique | 595 |
| II. – Simulation des processus physiques | 596 |
| A. Écoulements à surface libre filaires | 596 |
| B. Écoulements à surface libre bidimensionnels | 603 |
| C. Écoulements à surface libre tridimensionnels | 608 |
| D. Transport solide | 612 |
| E. Écoulements internes | 616 |
| F. Calage | 619 |
| III. – L'avenir de la simulation numérique | 620 |
| A. Limitations des méthodes existantes | 620 |
| B. Une méthode émergente : SPH | 621 |
| C. Divers | 623 |
| Références | 624 |
| Index | 627 |

Roger Ginocchio[†], ancien élève de l'École polytechnique (promotion 1938), ingénieur des Ponts et Chaussées, a été l'un des grands ingénieurs qui ont conçu après-guerre le paysage énergétique français d'aujourd'hui. Directeur à la direction générale d'EDF, il a publié plusieurs ouvrages sur l'énergie et l'énergie hydraulique, dont la première édition du présent ouvrage, parue en 1978.

Pierre-Louis Viollet est professeur honoraire à l'École des Ponts Paristech, directeur à la direction Recherche et Développements d'EDF, et président du comité scientifique et technique de la Société Hydrotechnique de France. Il a publié plusieurs ouvrages de mécanique des fluides et d'histoire de l'hydraulique, et a coordonné l'important travail de mise à jour dont est issu le présent ouvrage.

L'énergie hydraulique fournit au début du XXI^e siècle 16 % de la production totale d'électricité dans le monde. Pour l'avenir, il reste un potentiel annuel de plusieurs milliers de terawatts-heure qui peut encore être aménagé de façon rentable. L'hydroélectricité représente aussi, grâce à ses capacités de stockage de l'eau dans les réservoirs, une très importante contribution à la sécurité d'approvisionnement et à la sûreté des systèmes électriques vis-à-vis des aléas d'indisponibilités d'ouvrages, de pics de consommation imprévus, ou de défaillance des énergies renouvelables intermittentes.

Cette nouvelle édition de *L'énergie hydraulique*, ouvrage monumental publié par Roger Ginocchio en 1978, est une mise à jour réalisée avec la contribution des services techniques de la direction de la Production Hydraulique et de la direction de la R&D d'EDF. Ce livre présente en 650 pages une énorme somme de connaissances sur les aménagements hydroélectriques et les ouvrages qui composent ces aménagements : barrages, canaux, prises d'eau, conduites forcées, turbines, pompes, passes à poissons, évacuateurs de crues, contrôle-commande, etc. Il fourmille de plans, de croquis et d'exemples.

Sont également exposés les méthodes d'étude de ces aménagements, les outils et méthodes modernes de simulation des structures et des écoulements, d'auscultation des ouvrages et d'optimisation de la maintenance des aménagements. Il offre ainsi un état de l'art des questions environnementales liées à l'énergie hydraulique.

Ce livre est un outil précieux pour les ingénieurs et chercheurs dans le domaine de l'énergie, pour les enseignants et les étudiants, ainsi que pour tous ceux qui souhaitent disposer d'un ouvrage de référence sur l'énergie hydraulique.

