

Standard VGB

Hydroélectricité

— Définitions et indicateurs —

VGB-S-002-02-2014-06-FR

Publié par :

VGB PowerTech e.V.

Disponible auprès de :

VGB PowerTech Service GmbH

Verlag technischwissenschaftlicher Schriften

Deilbachtal 173, 45257 Essen, Allemagne

Tél. : +49 201 8128-200

Fax : +49 201 8128-329

E-mail : mark@vgb.org

ISBN 978-3-86875-941-9 (eBook)



Toute reproduction du présent ouvrage est interdite sans l'autorisation préalable de VGB.

www.vgb.org

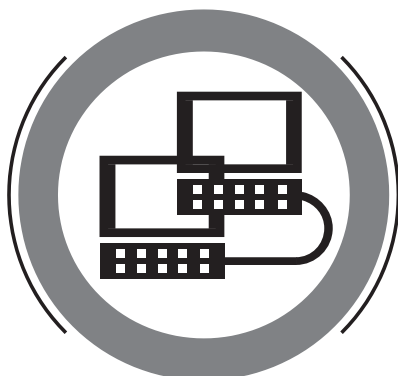
License publique générale

Public License Document

License publique générale
Public License Document



Utilisation en réseau est autorisés
Network access allowed



La copie e la transmission sont autorisés
Copying and distribution allowed



Tous les autres droits sont réservés.
All other rights reserved.

Droit d'auteur

Les standards VGB, dénommés ci-après « œuvre », ainsi que toutes les contributions et illustrations contenues dans cette œuvre sont protégés par le droit d'auteur. La perception des droits d'utilisation de cette œuvre relève de la seule responsabilité du VGB Powertech.

Le terme « œuvre » comprend la présente publication, à la fois en version papier et sous forme numérique. Le droit d'auteur s'applique sur toute ou partie de l'œuvre.

Toute utilisation de cette œuvre en dehors des droits d'auteur est interdite sans autorisation écrite préalable du VGB Powertech. Cela vaut pour toute forme de reproduction, de traduction, de numérisation ainsi que toute modification.

Avertissement

Les standards VGB sont des recommandations dont l'utilisation est facultative. Ils prennent en compte à un instant donné le meilleur état connu de la technique. Cependant ils ne prétendent nullement à l'exhaustivité ni à l'exactitude.

L'application de ces standards est de la propre responsabilité de ceux qui les appliquent et VGB Powertech décline toute responsabilité quant à leur utilisation.

Remarque sur le traitement des propositions de modification.

*Toute proposition de modification peut être envoyée à l'adresse mail suivante : **vgb.standard@vgb.org***

Afin d'assurer le classement du contenu, l'objet du mail doit être clair et contenir une description de la partie de document concerné par la modification.

Liste des modifications

Standard VGB	Date de modification	Chapitre	Description
1 ^{re} édition 2014, version du mois de juin 2014	Juin 2014		Original

Avant-propos

Dès l'ère pré-industrielle, la force hydraulique sert à propulser moulins, scieries et aciéries et s'impose comme une source d'énergie éprouvée, très performante et flexible. Aujourd'hui, en Europe, elle sert exclusivement à produire de l'électricité. Offrant des rendements supérieurs à 90 %, l'hydroélectricité apporte une contribution durable à la réduction des émissions de CO₂.

Pour expliquer l'importance de l'énergie hydraulique pour l'approvisionnement en électricité, tous les ouvrages existants sur le sujet s'attachent à décrire l'interaction complexe entre des facteurs techniques, naturels et juridico-administratifs. L'exploitation de la force hydraulique revêt à la fois des aspects techniques et économiques qui s'articulent autour de la conversion de l'énergie potentielle et cinétique de l'eau en électricité.

Depuis la 6e édition de l'ouvrage sur l'hydroélectricité, parue en 1992 (en allemand uniquement), la responsabilité rédactionnelle a été transférée du VDEW à VGB PowerTech e.V. Cette nouvelle édition tient compte de la transformation durable du contexte économique de l'hydroélectricité.

A cet égard, les principales évolutions peuvent se résumer en quelques mots-clés : « libéralisation du marché », « internationalisation du marché de l'énergie » et « tournant énergétique ». Le nombre croissant d'activités qui en découlent, que ce soit dans un cadre associatif ou officiel, implique une parfaite maîtrise du sens des termes utilisés au niveau international.

La présente version révisée du standard VGB sur l'hydroélectricité (ancienne série de publications du VDEW sur les termes fondamentaux du secteur de l'énergie) tient compte de cette exigence. Elle reflète également le nouveau format électronique standard des documents de VGB. La publication se fait en principal par voie électronique à l'aide du site internet de VGB Powertech www.vgb.org

Ce qu'attendent les lecteurs de la 1re édition du nouveau standard VGB VGB-S-002-02-2014-06-FR :

- Définition des termes fondamentaux du secteur de l'hydroélectricité (hydrologie comprise)
- Définition des paramètres de temps, de puissance et d'énergie propres au secteur de l'hydroélectricité
- Indicateurs statistiques et autres grandeurs caractéristiques des installations
- Vue d'ensemble des normes actuellement en vigueur en Europe
- Définitions complémentaires et/ou actualisation des normes DIN 4048 [2] et 19700 [6]
- Principes fondamentaux de statistique générale

Notre équipe internationale de rédacteurs est consciente du fait que de nombreux termes ou catégories de termes dépassent le cadre de l'exploitation normale de la plupart des centrales hydroélectriques. Ces termes visent à servir de proposition ou de guide aux utilisateurs potentiels.

Les définitions complètes fournies et la révision des définitions redondantes sont destinées à servir de référence pour la préparation des données rendues publiques, ainsi que pour les études, analyses et autres méthodes d'acquisition d'informations. N'hésitez pas à nous faire part de propositions d'amélioration en vue des éditions futures. Elles seront traitées par le secrétariat général de VGB PowerTech e. V.

Essen, juin 2014

VGB PowerTech e.V.

Liste des auteurs

Le présent standard VGB a été élaboré par le groupe de projets chargé des statistiques relatives à la disponibilité des installations hydroélectriques. Membres du groupe de projet :

Michael Brucker	E.ON Kraftwerke GmbH, Landshut
Thomas Dymek	RWE Power AG, Essen
Jörg Franke	EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Stuttgart
Eugen Kaar	VERBUND Hydro Power GmbH, Vienne/Autriche
Jean-Francois Lehougre	EDF, Paris/France
Jürgen Lenz	VGB PowerTech e.V., Essen
Peter Pabst	Vattenfall Europe Generation AG, Cottbus
Stefan Prost	VGB PowerTech e.V., Essen
Jörn Rassow	EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Stuttgart
Ralf Uttich	RWE Power AG, Essen
Fernand Zanter	SEO Societé de l'Our Centrale de Vianden, Vianden/Luxembourg

1^{re} édition 1953 VDEW e.V., BGW e.V.

2^e édition 1956 VDEW e.V., BGW e.V.

3^e édition 1961 VDEW e.V., BGW e.V.

4^e édition 1973 VDEW e.V., BGW e.V.

5^e édition 1982 VDEW e.V., BGW e.V.

6^e édition 1992 VDEW e.V., BGW e.V.

7^e édition 2011 VGB PowerTech e.V.

Sommaire

Liste des modifications.....	4
Sommaire	8
Liste des symboles classée par ordre alphabétique.....	16
1 Principes de base.....	21
1.1 Généralités	23
1.1.1 Tronçon aménagé	23
1.1.2 Point de dérivation, point de prélèvement	23
1.1.3 Tronçon court-circuité.....	23
1.1.4 Conduite sous pression	24
1.1.5 Zone d'enfoncement.....	24
1.1.6 Bassin versant.....	24
1.1.7 Tronçon de prélèvement.....	24
1.1.8 Conduite à écoulement gravitaire	25
1.1.9 Point de restitution, point de réintroduction	25
1.1.10 Ouvrage d'accumulation.....	25
1.1.11 Zone de retenue	25
1.1.12 Barrage.....	25
1.1.13 Racine de la retenue	25
1.1.14 Prise d'eau	25
1.1.15 Voie d'eau motrice.....	26
1.1.16 Cheminée d'équilibre.....	26
1.1.17 Barrage mobile	26
1.1.18 Bassin versant actif	26
1.2 Centrales hydroélectriques.....	27
1.2.1 Centrale avec dérivation, centrale canalisée	27
1.2.2 Centrale côtière	27
1.2.3 Centrale fluviale.....	27
1.2.4 Centrale marémotrice	27
1.2.5 Centrale haute pression (centrale haute chute).....	27
1.2.6 Petite centrale hydro-électrique (PCH).....	27
1.2.7 Centrale au fil de l'eau.....	27
1.2.7.1 Déversement.....	28

1.2.7.2	Chaîne de déversement	28
1.2.7.3	Exploitation en éclusée.....	28
1.2.8	Installation multifonctions	28
1.2.9	Centrale basse pression (centrale basse chute)	29
1.2.10	Station de Transfert d'Energie par Pompage (STEP).....	29
1.2.11	Réservoir	29
	Réservoir journalier	30
	Réservoir hebdomadaire	30
	Réservoir saisonnier.....	30
	Réservoir annuel	30
1.2.12	Centrale de lac	30
1.2.13	Centrale hydromotrice	30
1.2.14	Centrale (installation) hydro-électrique	30
1.2.15	Centrale houlomotrice	30
1.3	Zones d'accumulation et de retenue.....	31
1.3.1	Capacités d'accumulation (valeurs constantes)	31
1.3.1.1	Capacité de bassin	31
1.3.1.2	Capacité d'accumulation totale, capacité de retenue totale.....	31
1.3.1.3	Capacité utile.....	31
1.3.1.4	Capacité de fonction-nement.....	31
1.3.1.5	Capacité de déversement.....	31
1.3.1.6	Marge	31
1.3.1.7	Capacité de réserve supérieure	32
1.3.1.8	Capacité de réserve inférieure	32
1.3.1.9	Capacité non exploitable	32
1.3.2	Volumes d'accumulation (valeurs instantanées)	32
1.3.2.1	Volume d'accumulation total, volume de retenue total	32
1.3.2.2	Volume utile.....	32
1.3.2.3	Volume de fonction-nement.....	32
1.3.2.4	Volume de la capacité de déversement.....	32
1.3.2.5	Volume de réserve supérieur	33
1.3.2.6	Volume de réserve inférieur	33
1.3.2.7	Volume non exploitable	33
1.3.3	Hauteurs d'accumulation (cotes)	33

1.3.3.1	Niveau normal de retenue	33
1.3.3.2	Tolérance pour niveau normal de retenue	33
1.3.3.3	Niveau de retenue maximal	33
1.3.3.4	Niveau normal d'abaissement	33
1.3.3.5	Niveau d'abaissement maximal	34
1.3.3.6	Cote de couronnement	34
1.3.3.7	Cote d'évacuation des crues	34
1.3.3.8	Revanche	34
1.4	Modes de fonctionnement et activités d'exploitation.....	36
1.4.1.1	Phase de vidage	36
1.4.1.2	Phase de rétention	36
1.4.1.3	Variation du volume d'accumulation	36
1.4.1	Exploitation des capacités d'accumulation et de retenue	36
1.4.2	Centrales au fil de l'eau	36
1.4.2.1	Exploitation au fil de l'eau	36
1.4.2.2	Fonctionnement avec capacité de déversement	36
1.4.2.3	Mode de fonctionnement continu	37
1.4.2.4	Mode de fonctionnement alterné	37
1.4.2.5	Arrêt.....	37
1.4.2.6	Mode pompage	37
1.4.2.7	Mode compensateur synchrone	38
1.4.2.8	Court-circuit hydraulique.....	38
1.4.2.9	Rythme de l'exploitation	38
1.4.2.10	Exploitation journalière, hebdomadaire et saisonnière	39
1.4.2.11	Mode pompage-turbinage	39
1.4.2.12	Eau de transfert.....	39
1.4.2.13	Mise à disposition de la puissance crête	39
1.4.2.14	Mode de réglage	39
1.4.2.15	Maintien de la réserve de puissance	39
1.5	Hydrologie	40
1.5.1	Année hydrologique.....	41
1.5.2	Crue.....	41
1.5.3	Débit de crue	41
1.5.4	Débit de crue théorique maximal	41

1.5.5	Débit de crue maximal.....	41
1.5.6	Débit/niveau d'eau maximal navigable	41
1.5.7	Débit moyen	42
1.5.8	Débit de crue moyen	42
1.5.9	Débit d'étiage moyen.....	42
1.5.10	Année humide, année sèche.....	42
1.5.11	Année à niveau d'humidité ou de sécheresse extrême	42
1.5.12	Débit seuil d'alerte	43
1.5.13	Débit d'étiage	43
1.5.14	Débit de crue récurrence X année.....	43
1.5.15	Année de réglage	43
1.6	Débits et volumes d'eau	45
1.6.1	Débit	46
	Apport en eau	46
	Débit d'écoulement.....	46
1.6.2	Apport en eau / débit d'écoulement corrigé	46
1.6.3	Apport en eau total	46
1.6.4	Masse d'eau courante	46
1.6.5	Apport en eau de centrales ou de STEP	47
	Apport en eau par pompage.....	47
	Apport en eau par turbinage.....	47
1.6.6	Apport naturel en eau	47
1.6.7	Apport en eau en amont	48
1.6.8	Apport par adduction d'eau	48
1.6.9	Apport par réintroduction	48
1.6.10	Prélèvement dans la retenue, eau d'appoint	48
1.6.11	Rétention	48
1.6.12	Débit d'écoulement total	48
1.6.13	Apport en eau disponible, débit disponible de l'ouvrage d'accumulation	49
1.6.14	Débit dérivé	49
1.6.15	Débit de perte.....	49
1.6.16	Débit de transition.....	49
1.6.17	Débit réservé, débit affecté.....	49

1.6.18	Débit minimum vital (courant minimum vital)	50
1.6.19	Débit d'eau résiduelle	50
1.6.20	Débit d'écoulement de centrales ou de STEP	50
	Débit d'alimentation de pompes	50
	Débit d'alimentation de turbines	51
1.6.21	Débit de la centrale.....	51
1.6.22	Débit de turbinage	51
1.6.23	Débit de perte de la centrale	51
1.6.24	Apport en eau utile de la centrale.....	51
1.6.25	Débit de perte spécifique à une installation	51
1.6.26	Débit de perte lié à des problèmes de fonctionnement.....	52
1.6.27	Débit aménagé	52
1.6.28	Débit de turbinage nominal.....	52
1.6.29	Débit de pompage	52
1.6.30	Débit de pompage nominal.....	52
1.7	Hauteurs de chute, hauteurs de refoulement, hauteurs d'amenée	54
1.7.1	Hauteurs de chute pour machines hydrauliques	55
1.7.1.1	Hauteur de chute nette	55
1.7.1.2	Hauteur de chute nominale	55
1.7.1.3	Perte de charge	55
1.7.2	Centrales au fil de l'eau	55
1.7.2.1	Hauteur de chute totale	55
1.7.2.2	Hauteur de chute de la centrale	55
1.7.2.3	Hauteur de chute aménagée de la centrale.....	55
1.7.2.4	Hauteur de chute déviée	56
1.7.3	Centrales de lac et STEP	56
1.7.3.1	Hauteur de chute brute.....	56
1.7.3.2	Hauteur de chute moyenne	56
1.7.3.3	Hauteur de chute maximale théorique.....	56
1.7.3.4	Hauteur de chute maximale.....	57
1.7.3.5	Hauteur de chute minimale théorique.....	57
1.7.3.6	Hauteur de chute minimale.....	57
1.7.3.7	Hauteur d'amenée géodésique	57
1.7.3.8	Hauteur de refoulement géodésique	57

1.7.3.9	Hauteur de refoulement moyenne	57
1.7.3.10	Hauteur de refoulement manométrique	58
2	Paramètres de temps	62
2.1	Temps	63
2.2	Temps nominal	63
2.3	Temps de disponibilité	63
2.4	Temps de fonctionnement	63
2.5	Temps de réserve	64
2.6	Temps disponible non exploité	64
2.7	Temps d'indisponibilité	64
	Temps d'indisponibilité programmée	65
	Temps d'indisponibilité fortuite	65
	Temps d'indisponibilité fortuite, part disponible	65
	Temps d'indisponibilité fortuite, part non disponible	65
2.8	Temps disponible non exploitable	65
2.9	Non-dispatchabilité en temps disponible	65
2.10	Temps d'utilisation	67
	Taux d'utilisation	67
2.11	Durée d'utilisation	67
2.12	Temps de débit aménagé	68
2.13	Durée de remplissage d'un réservoir	68
3	Paramètres de puissance	69
3.1	Puissance installée	70
3.2	Puissance de réserve (marge de sécurité)	70
3.3	Puissance de fonctionnement	70
3.3.1	Puissance maximale	70
3.4	Puissance selon bilan	71
3.5	Puissance maximale admissible	71
3.6	Puissance garantie	72
3.7	Puissance hydraulique non disponible	74
3.8	Puissance hydraulique disponible	74
3.9	Puissance en mode pompage, puissance de refoulement	75
3.10	Puissance moyenne	75
3.11	Puissance moyenne en mode pompage	75

3.12	Puissance nominale	75
3.13	Puissance techniquement non disponible	76
3.14	Puissance avec rétroaction techniquement non disponible	76
3.15	Puissance technique-ment disponible	76
3.16	Puissance disponible	77
3.17	Puissance non injectée.....	77
3.18	Puissance non injectable.....	78
3.19	Puissance non disponible programmée.....	78
3.20	Puissance non disponible fortuite	78
3.21	Puissance dispatchable.....	78
3.22	Puissance non dispatchable.....	79
3.23	Puissance minimale.....	79
3.24	Puissance réactive	79
3.25	Puissance apparente.....	79
4	Paramètres liés à l'énergie	83
4.1	Capacité de production.....	84
4.2	Capacité de réglage	85
4.3	Energie produite (énergie de service).....	85
4.4	Capacité énergétique maximale d'un réservoir	85
4.5	Capacité énergétique d'un réservoir.....	86
4.6	Energie non exploitée.....	86
4.7	Energie disponible	86
4.8	Energie techniquement disponible	86
4.9	Energie techniquement non disponible.....	87
4.10	Energie avec rétroaction techniquement non disponible	87
4.11	Energie de pompage (consom-mation des pompes).....	87
4.12	Energie prélevée en mode déphasage.....	87
4.13	Energie au fil de l'eau	87
4.14	Energie de pompage-turbinage	87
4.15	Pertes de retenue	88
4.16	Plan de performance	88
4.17	Paramètre de potentiel	90
4.17.1	Potentiel de précipitations, potentiel des surfaces collectrices	90
4.17.2	Potentiel d'écoulement, potentiel des écoulements.....	90

4.17.3	Potentiel des lignes d'écoulement, potentiel brut	90
4.17.4	Potentiel hydraulique technique	91
4.17.5	Potentiel hydraulique à développer	91
5	Disponibilité et utilisation	92
5.1	Disponibilité en temps	94
5.2	Indisponibilité en temps	94
5.3	Disponibilité en termes de puissance	95
5.4	Disponibilité technique en termes de puissance.....	95
5.5	Disponibilité en termes d'énergie	95
5.6	Disponibilité technique en termes d'énergie	96
5.7	Indisponibilité en termes d'énergie	96
5.8	Utilisation en temps	97
5.9	Utilisation en termes de puissance	97
5.9.1	Utilisation de la puissance maximale.....	97
5.9.2	Utilisation de la puissance moyenne	97
5.10	Utilisation	98
5.10.1	Utilisation en termes d'énergie	98
5.10.2	Utilisation de réglage	98
5.10.3	Utilisation de l'énergie	98
5.11	Disponibilité en temps d'une machine (%).....	99
5.12	Disponibilité en temps d'une centrale (%)	99
5.13	Disponibilité en termes de puissance	100
Annexe 1	Facteurs externes	101
	Liste des abréviations	104
	Liste des illustrations.....	105
	Bibliographie.....	106
	Index alphabétique des désignations	108
Index	115

Liste des symboles classée par ordre alphabétique

Symbole	Désignation	Chapitre
A_{HR}	Mode de réglage	1.4.2.14
f	Revanche	1.3.3.8
h_{brutto}	Hauteur de chute brute	1.7.3.1
h_g	Hauteur de chute totale	1.7.2.1
H_{HQ}	Débit de crue maximal	1.5.5
h_K	Hauteur de chute de la centrale	1.7.2.2
h_{KA}	Hauteur de chute aménagée de la centrale	1.7.2.3
h_m	Hauteur de chute moyenne	1.7.3.2
h_{max}	Hauteur de chute maximale	1.7.3.4
$h_{max\ theo}$	Hauteur de chute maximale théorique	1.7.3.3
h_{min}	Hauteur de chute minimale	1.7.3.6
$h_{min\ theo}$	Hauteur de chute minimale théorique	1.7.3.5
h_N	Hauteur de chute nominale	1.7.1.2
h_{netto}	Hauteur de chute nette	1.7.1.1
$h_{p\ geo}$	Hauteur de refoulement géodésique	1.7.3.8
$h_{p\ man}$	Hauteur de refoulement manométrique	1.7.3.10
h_{pm}	Hauteur de refoulement moyenne	1.7.3.9
H_Q	Débit de crue	1.5.3
H_{Qn}	Débit de crue récurrence X année	1.5.14
h_U	Hauteur de chute déviée	1.7.2.4
h_V	Perte de charge	1.7.1.3
$h_{z\ geo}$	Hauteur d'amenée géodésique	1.7.3.7
k_{PH}	Disponibilité en termes de puissance	5.3
k_{PT}	Disponibilité technique en termes de puissance	5.4
k_t	Disponibilité en en temps d'une centrale (%)	5.12
k_t	Disponibilité en temps	5.1
k_t	Disponibilité en temps d'une machine (%)	5.11
k_{tn}	Indisponibilité en temps	5.2
k_W	Disponibilité en termes d'énergie	5.5
k_{Wn}	Indisponibilité en termes d'énergie	5.7
k_{WT}	Disponibilité technique en termes d'énergie	5.6

Symbole	Désignation	Chapitre
I_B	Volume de fonctionnement	1.3.2.3
I_N	Volume utile	1.3.2.2
I_{RO}	Volume de réserve supérieur	1.3.2.5
I_{RU}	Volume de réserve inférieur	1.3.2.6
I_S	Volume de la capacité de déversement	1.3.2.4
M_{HQ}	Débit de crue moyen	1.5.8
M_{NQ}	Débit d'étiage moyen	1.5.9
M_Q	Débit moyen	1.5.7
N_{NQ}	Débit seuil	1.5.12
n_P	Utilisation de la puissance	5.9
n_{PE}	Utilisation de la puissance maximale	5.9.1
n_{PH}	Utilisation de la puissance moyenne	5.9.2
N_Q	Débit d'étiage	1.5.13
n_t	Utilisation en temps	5.8
n_W	Utilisation	5.10
n_{We}	Utilisation en termes d'énergie	5.10.1
n_{Wr}	Utilisation sur une année de réglage	5.10.2
P_A	Puissance installée	3.1
P_B	Puissance de fonctionnement	3.3
P_b	Puissance dispatchable	3.21
P_{Bil}	Puissance selon bilan	3.4
P_E	Puissance maximale admissible	3.5
P_m	Puissance moyenne	3.10
P_{mP}	Puissance moyenne en mode pompage	3.11
P_N	Puissance nominale	3.12
P_{nb}	Puissance non dispatchable	3.22
P_{ng}	Puissance non exploitée	3.17
P_{ns}	Puissance non exploitable	3.18
$P_{nv\ p}$	Puissance non disponible programmée	3.19
$P_{nv\ u}$	Puissance non disponible fortuite	3.20
P_{nvH}	Puissance hydraulique non disponible	3.7
P_{nvT}	Puissance techniquement non disponible	3.13

Symbole	Désignation	Chapitre
P_{nvTr}	Puissance avec rétroaction techniquement non disponible	3.14
P_R	Puissance de réserve	3.2
P_S	Puissance garantie	3.6
P_v	Puissance disponible	3.16
P_{vH}	Puissance hydraulique disponible	3.8
P_{vT}	Puissance technique-ment disponible	3.15
Q	Débit	1.6.1
Q_A	Débit aménagé	1.6.27
Q_{Ab}	Ecoulement total	1.6.12
Q_{AbI}	Débit dérivé	1.6.14
Q_{ATP}	Débit d'écoulement de centrales ou de STEP	1.6.20
Q_{AV}	Débit de perte spécifique	1.6.25
Q_{Bei}	Apport par adduction	1.6.8
Q_{BV}	Débit de perte lié à des problèmes de fonctionnement	1.6.26
Q_{Dot}	Débit réservé, débit affecté	1.6.17
Q_{Ein}	Apport par réintroduction	1.6.9
Q_{FW}	Masse d'eau courante	1.6.4
Q_K	Débit de la centrale	1.6.21
Q_{korr}	Apport en eau / débit d'écoulement corrigé	1.6.2
Q_{KV}	Débit de perte de la centrale	1.6.23
Q_N	Apport en eau utile de la centrale	1.6.24
Q_{nat}	Apport naturel en eau	1.6.6
Q_{OL}	Apport en eau en amont	1.6.7
Q_P	Débit de refoulement	1.6.29
Q_{Pfl}	Débit minimum vital (courant minimum vital)	1.6.18
Q_{PN}	Débit de refoulement nominal	1.6.30
Q_{Rest}	Débit d'eau résiduelle	1.6.19
Q_{SE}	Prélèvement dans la retenue,	1.6.10
Q_{SR}	Rétention	1.6.11
Q_T	Débit de turbinage	1.6.22
Q_{TN}	Débit de turbinage nominal	1.6.28
$Q_{Über}$	Débit de transition	1.6.16

Symbole	Désignation	Chapitre
Q_V	Apport en eau disponible, débit disponible de l'ouvrage d'accumulation	1.6.13
Q_{Ver}	Débit de perte	1.6.15
Q_{ZTP}	Apport en eau de centrales ou de STEP	1.6.5
Q_{Zu}	Apport en eau total	1.6.3
Q_{ZuP}	Apport en eau par pompage	1.6.5
Q_{ZuT}	Apport en eau par turbinage	1.6.5
S_{SE}	Phase de vidage	1.4.1.1
S_{SR}	Phase de rétention	1.4.1.2
t	Temps	2.1
t_a	Durée d'utilisation	2.11
t_A	Temps de débit aménagé	2.12
t_B	Temps de fonctionnement	2.4
t_{ben}	Temps d'utilisation	2.10
t_f	Durée de remplissage d'un réservoir	2.13
t_N	Temps nominal	2.2
t_{nb}	Non-dispatchabilité en temps disponible	2.9
t_{ng}	Temps disponible non exploité	2.6
t_{ns}	Temps disponible non exploitable	2.8
t_{nv}	Temps d'indisponibilité	2.7
$t_{nv\ p}$	Temps d'indisponibilité programmée	2.7
$t_{nv\ u}$	Temps d'indisponibilité fortuite	2.7
$t_{nv\ ud}$	Temps d'indisponibilité fortuite, part disponible	2.7
$t_{nv\ un}$	Temps d'indisponibilité fortuite, part non disponible	2.7
t_R	Temps de réserve	2.5
t_v	Temps de disponibilité	2.3
V_B	Capacité de fonction-nement	1.3.1.4
V_F	Marge	1.3.1.6
V_G	Capacité d'accumulation totale, capacité de retenue totale	1.3.1.2
V_N	Capacité utile	1.3.1.3
V_{RO}	Capacité de réserve supérieure	1.3.1.7
V_{RU}	Capacité de réserve inférieure	1.3.1.8

Symbole	Désignation	Chapitre
V_S	Capacité de déversement	1.3.1.5
V_T	Capacité non exploitable	1.3.1.9
W_B	Energie produite (énergie de service)	4.3
W_{BH}	Energie au fil de l'eau	4.13
W_{BW}	Energie de pompage-turbinage	4.14
W_H	Capacité de production	4.1
W_{HN}	Energie non exploitée	4.6
W_{HR}	Capacité de réglage	4.2
W_{nvT}	Energie techniquement non disponible	4.9
W_{nvTr}	Energie avec rétroaction techniquement non disponible	4.10
W_P	Energie de pompage (consommation des pompes)	4.11
W_{Ph}	Energie prélevée en mode déphasage	4.12
W_S	Capacité énergétique maximale d'un réservoir	4.4
W_{SV}	Capacité énergétique d'un réservoir	4.5
W_v	Energie disponible	4.7
W_{Verl}	Pertes d'accumulation	4.15
W_{vT}	Energie techniquement disponible	4.8
Z_A	Niveau normal d'abaissement	1.3.3.4
Z_H	Niveau de retenue maximal	1.3.3.3
Z_S	Niveau normal de retenue	1.3.3.1
Z_T	Niveau d'abaissement maximal	1.3.3.5
ΔI	Variation du volume d'accumulation	1.4.1.3

1 Principes de base

Il existe plusieurs définitions et classifications de la force hydraulique selon l'approche retenue. De façon schématique, l'objectif d'une centrale hydroélectrique consiste à exploiter l'énergie potentielle de l'eau grâce à la différence de hauteur entre l'aval et l'amont (eau s'écoulant du haut vers le bas). Le potentiel d'énergie exploitable est proportionnel au produit du débit et de la différence de hauteur.

En fonction de la hauteur de chute, on distingue ainsi des installations haute, moyenne et basse pression (ou haute, moyenne et basse chute). Une autre approche s'oriente à la législation nationale en vigueur en matière d'injection d'énergies renouvelables dans le réseau électrique et de puissance installée. Ces approches sont cependant très spécifiques et basées sur des considérations nationales. En Europe, la puissance des petites centrales hydroélectriques varie ainsi de 1,5 MW en Suède à 15 MW en France.

Il est également possible de classer les centrales en fonction du type d'installation exploité. On distingue ainsi des centrales au fil de l'eau, des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) ou encore des centrales alimentées par un canal ou une conduite.

L'UNIPEDE (union des producteurs et distributeurs d'électricité) et EURELECTRIC (union européenne pour l'électricité) ont elles aussi établi une classification standard pour l'Europe, qui a été validée par l'ESHA et la Commission européenne. Selon celle-ci, de façon générale, les petites centrales hydroélectriques sont caractérisées par une puissance installée maximale de 10 MW et différenciées comme suit :

- Centrales au fil de l'eau : centrales sans capacité d'accumulation ou dont la capacité d'accumulation est relativement réduite. Ces installations fonctionnent généralement en mode permanent sous forme d'installations de charge de base. La durée de remplissage de l'éventuel bassin d'accumulation est inférieure à 2 heures ($D \leq 2$ h). Elle est calculée à partir du débit annuel moyen du cours d'eau.

- Centrales à réservoir : centrales hydroélectriques bénéficiant d'un apport naturel en eau et dotées d'une capacité d'accumulation dans des réservoirs situés en hauteur pour une production d'électricité adaptée aux besoins à remplir. Selon la durée de remplissage du réservoir, on distingue les types de centrales suivants :
 - Centrale d'écluse : $2 \text{ h} < D < 400 \text{ h}$
 - Centrale de lac : $D \geq 400 \text{ h}$.
- Stations de Transfert d'Energie par Pompage (STEP) : dans ces centrales, l'eau est pompée de bassins d'accumulation en aval vers des bassins situés en amont.
 - STEP sans apports en eau naturels : centrales à turbines réversibles produisant de l'électricité exclusivement à partir de l'eau préalablement pompée dans des bassins d'accumulation situés plus haut en amont. L'apport en eau est négligeable ($< 5 \%$ du débit annuel moyen obtenu par turbinage). Il ne s'agit donc pas d'une conversion d'énergie renouvelable.
 - STEP avec apports naturels en eau : centrales dont les bassins d'accumulation en amont sont remplis à plus de 5% du débit annuel moyen en mode turbinage par des apports naturels en eau. Les apports naturels en eau entraînent une conversion d'énergie en partie renouvelable.

Sur cette base, les termes définis dans les pages suivantes sont destinés à expliciter les notions suivantes :

- Hydroélectricité
- Zones d'accumulation et de retenue
- Modes de fonctionnement et activités d'exploitation
- Hydrologie

Désignation	Symbole	Définition
1.1		Généralités
1.1.1 Tronçon aménagé		<p>Désigne la section du cours d'eau qui est affectée à une centrale hydroélectrique. Il peut s'agir, par exemple, de la section située entre deux points en amont et en aval de l'installation correspondant aux points de rencontre entre les niveaux d'eau artificiel et naturel avec un niveau d'étiage moyen (M_{NQ}) ; cf. Figure 4 (page 59) et Figure 8 (page 80).</p> <p>Dans le cas de centrales en chaîne, les différents tronçons aménagés sont définis par contrat ou par les autorités compétentes.</p>
1.1.2 Point de dérivation, point de prélèvement		Correspond à l'endroit auquel l'eau utilisée à des fins de production d'énergie est prélevée du cours d'eau initial (1.1.7).
1.1.3 Tronçon court-circuité		<p>Le tronçon court-circuité (tronçon de dérivation, tronçon canalisé) correspond à la voie d'eau motrice entre le point de dérivation et le point de restitution.</p> <p>Note :</p> <p>En Autriche, le tronçon court-circuité désigne le lit initial situé en aval du point de prélèvement, dans lequel le volume naturel d'écoulement est réduit.</p> <p>La définition du tronçon court-circuité fournie en 1.1.15 correspond à la voie d'eau motrice en Autriche.</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.1.4 Conduite sous pression		<p>Il s'agit d'une conduite entièrement remplie d'eau et sous pression dans les conditions normales de fonctionnement. Les distinctions suivantes sont courantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Galerie d'amenée (angle d'inclinaison inférieur à 30° env.) – Puits incliné (angle d'inclinaison de 45° à 90°) – Puits blindé (angle d'inclinaison de 90°) – Conduite forcée (angle d'inclinaison libre)
1.1.5 Zone d'enfoncement		<p>Correspond à une zone modifiée artificiellement (par des dragages) en aval d'une centrale hydroélectrique.</p> <p>Note :</p> <p>L'érosion du fond du lit désigne un enfoncement (naturel) du lit sur une large surface dû à un courant trop fort et/ou à une teneur anormale de sédiments (extraction ou déficit).</p>
1.1.6 Bassin versant		<p>Désigne la surface drainée vers un endroit donné (barrage, bassin d'accumulation). Les bassins versants sont délimités par les lignes de partage des eaux.</p>
1.1.7 Tronçon de prélèvement		<p>Le tronçon de prélèvement (tronçon d'eau résiduelle, tronçon d'étiage, lit principal) désigne le tronçon initial entre le point de dérivation et le point de restitution (cf. note section 1.1.3).</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.1.8 Conduite à écoulement gravitaire		Désigne une conduite dont la section n'est pas remplie d'eau jusqu'en haut dans les conditions normales de fonctionnement. Il peut s'agir de galeries ou de tuyaux.
1.1.9 Point de restitution, point de réintroduction		Désigne l'endroit auquel l'eau utilisée à des fins de production d'énergie est réintroduite dans le cours d'eau initial.
1.1.10 Ouvrage d'accumulation		Désigne un ouvrage de barrage avec les bassins d'accumulation ou les réservoirs correspondants.
1.1.11 Zone de retenue		Correspond à la zone d'un cours d'eau influencée par un barrage construit en amont.
1.1.12 Barrage		Ouvrage construit en travers d'un cours d'eau qui n'est pas destiné à bloquer une vallée. Il se constitue généralement d'une centrale, d'un barrage mobile et éventuellement d'une écluse.
1.1.13 Racine de la retenue		Correspond à l'endroit du cours d'eau auquel la différence de hauteur entre le niveau d'eau avec et sans retenue n'est pas mesurable. La racine de la retenue dépend du volume d'écoulement.
1.1.14 Prise d'eau		Correspond à l'ouvrage destiné au prélèvement de l'eau motrice.

Désignation	Symbole	Définition
1.1.15 Voie d'eau motrice		<p>Désigne le trajet complet de l'eau de la prise d'eau au point de réintroduction dans le cours initial (point de restitution).</p> <p>Dans le contexte des équipements (turbines), on emploie le terme de capacité motrice.</p>
1.1.16 Cheminée d'équilibre		<p>Dans le contexte du secteur de l'énergie, une cheminée d'équilibre est un ouvrage placé le long d'une voie d'eau motrice, destiné à limiter les variations de pression induites par une modification rapide des apports en eau.</p>
1.1.17 Barrage mobile		<p>Ouvrage (peut faire partie d'un barrage fixe) servant à accumuler et souvent aussi à réguler le niveau ou l'écoulement d'un cours d'eau.</p>
1.1.18 Bassin versant actif		<p>Désigne la partie de la surface du bassin versant modifiée par les apports et/ou les évacuations d'eau d'autres bassins versants.</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.2		Centrales hydroélectriques
1.2.1 Centrale avec dérivation, centrale canalisée		Désigne une centrale hydroélectrique construite sur un tronçon court-circuité (tronçon de dérivation). Si ce tronçon est un canal ouvert, on parle aussi de centrale canalisée.
1.2.2 Centrale côtière		Une centrale côtière exploite l'énergie du ressac le long d'une côte.
1.2.3 Centrale fluviale		Centrale hydroélectrique dont les principales installations se situent le long d'un fleuve. Exemples : centrale-pile, centrale en puits (cf Figure 5, page 60).
1.2.4 Centrale marémotrice		Une centrale marémotrice est une installation hydroélectrique qui exploite l'énergie des marées.
1.2.5 Centrale haute pression (centrale haute chute)		Centrale (installation) hydroélectrique caractérisée par une hauteur de chute importante et généralement équipée de turbines Francis ou Pelton.
1.2.6 Petite centrale hydro-électrique (PCH)		Centrale hydroélectrique caractérisée par une faible puissance installée. De façon générale, en Europe, la valeur limite est fixée à 10 MW.
1.2.7 Centrale au fil de l'eau		Centrale hydroélectrique qui exploite directement les apports en eau naturels.

Désignation	Symbole	Définition
1.2.7.1 Déversement		Le déversement permet d'agir sur le débit de la centrale en gérant sa capacité de retenue. La durée de remplissage de l'éventuel bassin d'accumulation est inférieure à 2 heures ($D \leq 2 \text{ h}$). Elle est déterminée à partir du débit annuel moyen du cours d'eau. Les centrales au fil de l'eau avec capacité de déversement ne sont pas des centrales à réservoir au sens de la définition 1.2.12.
1.2.7.2 Chaîne de déversement		Décrit une configuration dans laquelle plusieurs centrales s'enchaînent directement le long d'un même cours d'eau, celles situées le plus en amont (réservoir supérieur) et le plus en aval (réservoir inférieur) devant conditionnellement être dotées d'un ouvrage d'accumulation. Les centrales au fil de l'eau implantées entre ces deux points participent au déversement des eaux de barrage, même si elles ne sont pas elles-mêmes dotées d'un déversoir.
1.2.7.3 Exploitation en éclusée		Mode de fonctionnement inhabituel utilisé en cas de coupure soudaine de l'alimentation des turbines de la centrale. Il s'agit d'évacuer le maximum d'eau, par décharge, via les turbines fonctionnant à vide jusqu'à ce que les barrages mobiles puissent absorber suffisamment l'écoulement.
1.2.8 Installation multifonctions		Désigne un ouvrage hydraulique destiné principalement à d'autres usages que l'exploitation de la force hydraulique. Exemples : <ul style="list-style-type: none"> – Mesures d'aménagement des cours d'eau (stabilisation du fond du lit)

Désignation	Symbole	Définition
		<ul style="list-style-type: none"> – Elévation du niveau d'eau (régulation de la nappe phréatique, forêts alluviales, protection d'autres ouvrages le long des cours d'eau, navigation, eau potable, irrigation) – Protection contre les crues
1.2.9 Centrale basse pression (centrale basse chute)		Désigne une centrale hydroélectrique caractérisée par une hauteur de chute faible, généralement dotée de turbines de type Kaplan ou à impulsion radiale.
1.2.10 Station de Transfert d'Energie par Pompage (STEP)		<p>Correspond à une centrale dont le réservoir est rempli par pompage en totalité ou en partie (eau de pompage). Un bassin inférieur est généralement nécessaire pour mettre à disposition l'eau de pompage. Le bassin inférieur peut également être le bassin de retenue d'eau, le réservoir d'une autre centrale hydroélectrique ou un plan d'eau naturel.</p> <p>On distingue les STEP avec et sans apports en eau naturels dans le bassin supérieur.</p>
1.2.11 Réservoir		<p>Le réservoir situé en amont d'une centrale de lac ou d'écluse (bassin supérieur) permet de recueillir les apports en eau naturels ou obtenus par pompage à des fins de stockage total ou partiel. Le réservoir situé en aval de la centrale (bassin inférieur) sert à la compensation totale ou partielle du débit de la centrale (réservoir de compensation) ou à accueillir l'eau funiculaire (STEP).</p> <p>On distingue différents types de réservoirs en fonction</p> <ul style="list-style-type: none"> – du mode de remplissage (apport naturel, par pompage) ; – de la durée de vidage. <p>La durée de vidage est le paramètre de référence pour les considérations énergétiques.</p>

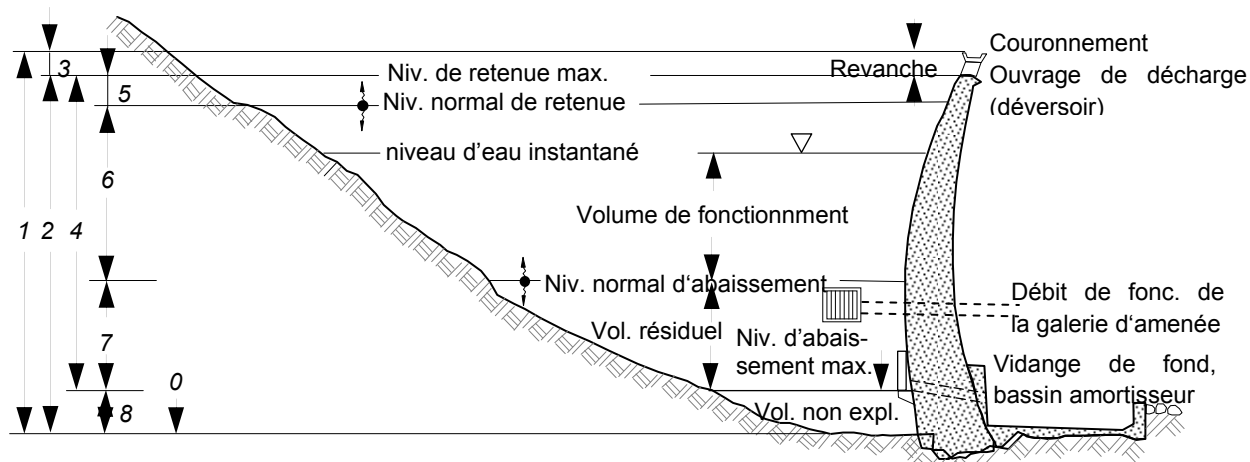
Désignation	Symbole	Définition
		Durée de vidage :
Réservoir journalier		jusqu'à 6 heures environ
Réservoir hebdomadaire		de 6 à 25 heures environ
Réservoir saisonnier		jusqu'à 500 heures environ
Réservoir annuel		plus de 500 heures environ
1.2.12 Centrale de lac		Installation hydroélectrique alimentée par un ou plusieurs bassins d'accumulation. Son fonctionnement est en grande partie indépendant de la durée de remplissage de son ou de ses bassins d'accumulation.
1.2.13 Centrale hydromotrice		Centrale hydroélectrique, qui exploite l'énergie cinétique d'un écoulement d'eau (anciennement : moulin).
1.2.14 Centrale (installation) hydro-électrique		Ensemble des ouvrages, machines et équipements utilisés pour convertir l'énergie potentielle et cinétique de l'eau en électricité avant de l'injecter dans le réseau. On distingue les centrales hydroélectriques par lieu d'implantation, par type et par mode de fonctionnement.
1.2.15 Centrale houlomotrice		Installation hydroélectrique qui exploite l'énergie tirée de la force des vagues.

Désignation	Symbole	Définition
1.3		<p>Zones d'accumulation et de retenue</p> <p>Il convient de faire la distinction entre la capacité et le contenu:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La capacité correspond au volume d'une partie d'un bassin d'accumulation. – Le contenu désigne la partie de ce volume qui est remplie à un point d'observation donné, que ce soit intégralement ou en partie (cf. Figure 1, page 35).
1.3.1		Capacités d'accumulation (valeurs constantes)
1.3.1.1 Capacité de bassin		Capacité délimitée par le couronnement et le fond plat, composée de la capacité d'accumulation totale et de la marge.
1.3.1.2 Capacité d'accumulation totale, capacité de retenue totale	V_G	<p>Capacité délimitée par le niveau de retenue maximal et le fond du lit.</p> <p>Pour les centrales au fil de l'eau, on parle généralement de capacité de retenue totale.</p>
1.3.1.3 Capacité utile	V_N	Capacité délimitée par le niveau de retenue maximal et le niveau d'abaissement maximal.
1.3.1.4 Capacité de fonctionnement	V_B	Capacité délimitée par le niveau normal de retenue et le niveau normal d'abaissement.
1.3.1.5 Capacité de déversement	V_S	Désigne la capacité de fonctionnement d'une centrale au fil de l'eau avec déversoir.
1.3.1.6 Marge	V_F	Correspond à la capacité de la revanche.

Désignation	Symbole	Définition
1.3.1.7 Capacité de réserve supérieure	V_{RO}	Capacité délimitée par le niveau normal de retenue et le niveau de retenue maximal. Elle permet d'agir sur le débit de crue. Cette capacité peut varier annuellement.
1.3.1.8 Capacité de réserve inférieure	V_{RU}	Capacité délimitée par le niveau normal d'abaissement et le niveau d'abaissement maximal. Elle permet d'agir sur le niveau d'écoulement minimum vital. Cette capacité (synonyme de contenu ici) peut varier par saison.
1.3.1.9 Capacité non exploitable	V_T	Capacité délimitée par le niveau maximal d'abaissement (vidange de fond) et le fond du lit, qui n'est pas exploitable.
1.3.2		Volumes d'accumulation (valeurs instantanées)
1.3.2.1 Volume d'accumulation total, volume de retenue total		Désigne le volume d'eau instantané au-dessus du fond du lit.
1.3.2.2 Volume utile	I_N	Correspond au volume d'eau instantané au-dessus du niveau d'abaissement maximal.
1.3.2.3 Volume de fonctionnement	I_B	Correspond au volume d'eau instantané au-dessus du niveau normal d'abaissement et en-dessous du niveau normal de retenue.
1.3.2.4 Volume de la capacité de déversement	I_S	Désigne le volume de fonctionnement d'une centrale au fil de l'eau avec déversoir.

Désignation	Symbole	Définition
1.3.2.5 Volume de réserve supérieur	I_{RO}	Correspond au volume d'eau instantané au-dessus du niveau normal de retenue et en-dessous du niveau de retenue maximal.
1.3.2.6 Volume de réserve inférieur	I_{RU}	Correspond au volume d'eau instantané au-dessus du niveau d'abaissement maximal et en-dessous du niveau normal d'abaissement.
1.3.2.7 Volume non exploitable		Correspond au volume d'eau au-dessus du fond du lit et en-dessous du niveau d'abaissement maximal.
1.3.3		Hauteurs d'accumulation (cotes)
1.3.3.1 Niveau normal de retenue	Z_S	<p>Correspond au niveau d'eau supérieur pour lequel un ouvrage d'accumulation ou une capacité de retenue est homologué.</p> <p>Ce niveau (niveau normal de retenue en amont ou en aval) dépend de divers facteurs tels que la saison, le but de l'installation ou les apports en eau.</p>
1.3.3.2 Tolérance pour niveau normal de retenue		Désigne l'écart positif ou négatif admissible par rapport au niveau normal de retenue.
1.3.3.3 Niveau de retenue maximal	Z_H	Le niveau (normal) de retenue maximal correspond au niveau d'eau supérieur maximal possible d'un ouvrage d'accumulation ou d'une capacité de retenue selon les conditions du site.
1.3.3.4 Niveau normal d'abaissement	Z_A	<p>Correspond au niveau d'eau inférieur pour lequel un ouvrage d'accumulation ou une capacité de retenue est homologué.</p> <p>Ce niveau dépend de divers facteurs tels que la saison, le but de l'installation ou les apports en eau.</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.3.3.5 Niveau d'abaissement maximal	Z_T	<p>Le niveau d'abaissement maximal (niveau normal d'abaissement le plus bas) correspond au plus bas niveau d'eau possible d'un ouvrage d'accumulation ou d'une capacité de retenue selon les conditions du site.</p> <p>La cote de hauteur est identique au bord inférieur de la vidange de fond.</p>
1.3.3.6 Cote de couronnement		Désigne la cote de hauteur supérieure maximale du barrage d'un ouvrage d'accumulation.
1.3.3.7 Cote d'évacuation des crues		Désigne la cote de hauteur supérieure maximale du couronnement d'un déversoir ou d'un dispositif de fermeture (bord supérieur) correspondant à la hauteur de remplissage maximale de l'ouvrage d'accumulation.
1.3.3.8 Revanche	f	Désigne la distance verticale entre le couronnement et le niveau de retenue maximal.



0		Fond du lit
1		Capacité du bassin
2	V_G	Capacité d'accumulation totale, capacité de retenue totale
3	V_F	Marge
4	V_N	Capacité utile
5	V_{RO}	Capacité de réserve supérieure, capacité de rétention des crues
6	V_B	Capacité de fonctionnement
7	V_{RU}	Capacité de réserve inférieure, capacité résiduelle
8	V_T	Capacité non exploitable
l_i		Volumes des différentes capacités d'accumulation

Figure 1 : Capacité d'accumulation et niveaux normaux de retenue (cf. DIN 4048 et 19700) [1], [6] et ÖNORM M7103 [10])

Désignation	Symbole	Définition
1.4		Modes de fonctionnement et activités d'exploitation
1.4.1		Exploitation des capacités d'accumulation et de retenue
1.4.1.1 Phase de vidage	S_{SE}	Désigne la diminution du volume de retenue ($\Delta I < 0$) ; elle se produit lorsque l'écoulement total est supérieur à l'apport total en eau ($Q_{Ab} > Q_{Zu}$).
1.4.1.2 Phase de rétention	S_{SR}	Désigne l'augmentation du volume de retenue ($\Delta I > 0$) ; elle se produit lorsque l'écoulement total est inférieur à l'apport total en eau ($Q_{Ab} < Q_{Zu}$).
1.4.1.3 Variation du volume d'accumulation	ΔI	<p>La variation du volume d'accumulation (ΔI) correspond à la différence entre le volume des apports en eau et le volume d'écoulement sur un intervalle de temps donné.</p> $\Delta I = (Q_{Zu} - Q_{Ab}) * \Delta t : \text{variation du volume d'accumulation}$ <p>$\Delta I > 0$: phase de rétention</p> <p>$\Delta I < 0$: phase de vidage</p>
1.4.2		Centrales au fil de l'eau
1.4.2.1 Exploitation au fil de l'eau		L'exploitation au fil de l'eau consiste à exploiter directement les apports en eau de la centrale, i.e. sans accumulation, en vue de mettre à disposition la puissance de base (couverture de la charge de base, cf. VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14]).
1.4.2.2 Fonctionnement avec capacité de déversement		La production d'une centrale au fil de l'eau disposant d'une capacité de déversement est adaptée aux besoins de puissance (réseau) à remplir en exploitant la capacité de retenue. Durant les heures creuses (heures de bas tarif, besoins en électricité réduits), l'apport total en eau Q_{Zu} est stocké dans la capacité de retenue pendant une durée donnée (phase de rétention).

Désignation	Symbole	Définition
		<p>Le volume de retenue ainsi obtenu est utilisé aux heures pleines (heures de pointe, besoins en électricité élevés) (phase de vidage).</p> <p>En ce qui concerne le passage d'un faible débit à un débit plus élevé, et inversement, on distingue le « mode continu » du « mode alterné ».</p>
1.4.2.3 Mode de fonctionnement continu		Tous les ouvrages d'une chaîne de déversement fonctionnant en continu augmentent successivement leur débit, de façon à respecter le niveau normal de retenue dans les réservoirs. Cela vaut également pour la réduction du débit.
1.4.2.4 Mode de fonctionnement alterné		Tous les ouvrages d'une chaîne de déversement fonctionnant en mode alterné augmentent ou réduisent simultanément leur débit au détriment du respect du niveau normal de retenue.
1.4.2.5 Arrêt		Désigne l'arrêt de la machine électrique, de la turbine et, le cas échéant, de la pompe. La machine électrique est coupée du réseau, mais reste opérationnelle.
1.4.2.6 Mode pompage		Sous ce mode, la machine électrique fonctionne comme un moteur et prélève de l'électricité sur le réseau pour le démarrage de la pompe du bassin d'accumulation. Cette pompe achemine l'eau vers le bassin supérieur.

Désignation	Symbole	Définition
1.4.2.7 Mode compensateur synchrone		Sous ce mode, la machine électrique (synchrone) injecte de l'énergie réactive dans le réseau (mode inductif) ou prélève de l'énergie réactive sur le réseau (mode capacitif). La machine prélève de l'énergie active sur le réseau pour couvrir les pertes.
1.4.2.8 Court-circuit hydraulique		<p>Ce mode permet de faire fonctionner simultanément une ou plusieurs turbines ainsi qu'une ou plusieurs pompes au sein d'une même centrale. Les équipements hydrauliques raccordés (turbine et pompe) peuvent faire partie d'un segment de la machine.</p> <p>L'eau qui entraîne la ou les turbines est entièrement ou partiellement obtenue par pompage.</p> <p>Note :</p> <p>Contrairement au mode pompage (soutirage de puissance constant sur le réseau), le court-circuit hydraulique de machines synchrones désigne un mode de fonctionnement caractérisé par un soutirage de puissance réduit et réglable. La turbine réglable permet de maintenir la puissance électrique délivrée par le réseau/convenue pour le mode pompage. Le court-circuit hydraulique est utilisé pour la mise à disposition de la puissance de réglage.</p>
1.4.2.9 Rythme de l'exploitation		Désigne l'alternance entre les différents modes de fonctionnement (modes turbinage et pompage, p. ex.). Les centrales sont mises en œuvre en fonction de critères économiques et des exigences concernant la garantie d'un fonctionnement stable du réseau.

Désignation	Symbole	Définition
1.4.2.10 Exploitation journalière, hebdomadaire et saisonnière		En fonction de la capacité d'accumulation des bassins supérieurs ainsi que de la durée de vidage et de remplissage, on distingue les exploitations journalière, hebdomadaire et saisonnière.
1.4.2.11 Mode pompage-turbinage		Ce mode de fonctionnement est utilisé dans les STEP. Sur un intervalle de temps donné (1.4.2.12), la quantité d'eau de transfert est à peu près la même en mode turbinage et en mode pompage.
1.4.2.12 Eau de transfert		La quantité d'eau utilisée en mode pompage-turbinage est appelée eau de transfert. L'énergie électrique ainsi produite est l'énergie de pompage-turbinage, cf. section 4.14.
1.4.2.13 Mise à disposition de la puissance crête		Les centrales de lac et les STEP se prêtent tout particulièrement à la couverture de la charge crête (démarrages et arrêts fréquents, variations de puissance rapides, couverture de la charge maximale, cf. VGB-S-002-T-01;2012-04.DE [14]).
1.4.2.14 Mode de réglage	A_{HR}	Sous ce mode, les centrales à réservoir et les STEP fonctionnent au «taux de charge» du régulateur de puissance-fréquence. La puissance des machines est alors adaptée au signal de réglage (cf. VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14]).
1.4.2.15 Maintien de la réserve de puissance		Les centrales de lac et les STEP servent à maintenir une réserve de puissance rapidement disponible (maintien de la réserve de puissance), l'objectif étant qu'elle puisse être rapidement activée en cas de variations de charge et/ou de perturbations d'une autre centrale.

1.5 Hydrologie

Les termes présentés ici sont basés sur la norme DIN 4049 [2] lorsqu'ils sont définis dans celle-ci. Dans la mesure du possible, la norme ÖNORM B 2400 [11] (ainsi que ÖNORM EN ISO 772 [11] pour les années 2012 et 2013, version de décembre 2011) a également servi de référence. Les grandeurs et les statistiques fondamentales fournies constituent des valeurs limites, des moyennes arithmétiques ainsi que des valeurs de dépassement par le haut ou par le bas qui concernent l'intervalle de temps spécifié. Ces grandeurs fondamentales sont ici systématiquement associées à l'écoulement Q . Elles s'appliquent toujours à un lieu donné.

Les valeurs moyennes sont désignées par la lettre M ou l'abréviation « moy », p. ex. M_Q , M_{HQ} . Il s'agit de la moyenne arithmétique des principales valeurs observées pendant l'intervalle de temps examiné. Elle n'est pertinente qu'en combinaison avec une indication de temps.

Sur une période allant jusqu'à un an, cette moyenne arithmétique découle du total des observations effectuées (valeurs caractéristiques), divisé par leur nombre. Pour un intervalle de temps s'étalant sur plusieurs années, elle est établie à partir des moyennes mensuelles, semestrielles ou annuelles.

La valeur journalière correspond à la valeur représentative d'une journée donnée, généralement la moyenne.

Toutes les valeurs ne sont pas toujours pondérées de la même façon. Dans ce cas, les formules spéciales définies par la norme DIN 55302 [5] sont indiquées.

Un extrait du *Deutsches Gewässerkundliche Jahrbuch* [15] (annuaire hydrologique de l'Allemagne) est reproduit et commenté ici pour expliciter les valeurs relatives à l'écoulement, cf. Figure 2 (courbe caractéristique des apports en eau), page 44.

Désignation	Symbole	Définition
1.5.1 Année hydrologique		Désigne une période de 365 jours fixée sur la base de critères hydrologiques. En Allemagne et en Autriche, elle débute généralement le 1er novembre de l'année calendaire précédente jusqu'au 31 octobre de l'année de référence. Le semestre hydrologique d'hiver s'étend ainsi de novembre à avril tandis, le semestre estival de mai à octobre inclus.
1.5.2 Crue		On parle de crue lorsque le débit d'un cours d'eau dépasse la limite définie.
1.5.3 Débit de crue	H_Q	Le débit de crue est le plus fort débit défini (débit instantané).
1.5.4 Débit de crue théorique maximal		Correspond au débit de crue maximal selon les calculs.
1.5.5 Débit de crue maximal	H_{HQ}	Le débit de crue maximal (ou valeur crête) correspond à la valeur limite supérieure des écoulements (valeur instantanée).
1.5.6 Débit/niveau d'eau maximal navigable		Correspond au plus haut débit / niveau d'eau compatible avec la navigation. Il s'agit du niveau d'eau maximal autorisant la navigation sur une voie fluviale (cf. DIN 4054 [3]).

Désignation	Symbole	Définition
1.5.7 Débit moyen	M_Q	Correspond à la moyenne arithmétique des débits observés pendant un intervalle de temps donné. Note : Il convient de préciser la nature des valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne (p. ex. valeurs horaires).
1.5.8 Débit de crue moyen	M_{HQ}	Correspond à la moyenne arithmétique (valeur limite moyenne supérieure) des plus gros débits observés au cours de plusieurs intervalles de temps identiques (jours précis, mois, semestres ou années). Ainsi, $M_{HQ1960/80}$ est le débit de crue moyen H_Q pour les années 1960 à 1980. Cette valeur est basée sur des valeurs moyennes journalières.
1.5.9 Débit d'étiage moyen	M_{NQ}	Correspond à la moyenne arithmétique (valeur limite moyenne inférieure) des plus faibles débits observés au cours de plusieurs intervalles de temps identiques (jours précis, mois, semestres ou années). Ainsi, $M_{NQ1960/80}$ est le débit d'étiage moyen N_Q pour les années 1960 à 1980. Cette valeur est basée sur des valeurs moyennes journalières.
1.5.10 Année humide, année sèche		En fonction du volume d'écoulement, on distingue les années humides (n trimestres avec le volume d'écoulement le plus élevé), et sèches (n trimestres avec le volume d'écoulement le plus faible). Le nombre d'années n doit être le plus élevé possible (p. ex. $n > 25$ ans).
1.5.11 Année à niveau d'humidité ou de sécheresse extrême		Désigne l'année qui affiche le plus gros ou le plus faible volume d'écoulement sur la série d'années observée, qui doit être suffisamment longue.

Désignation	Symbole	Définition
1.5.12 Débit seuil d'alerte	N_{NQ}	Désigne le seuil inférieur des débits d'écoulement (valeur instantanée).
1.5.13 Débit d'étiage	N_Q	Correspond au seuil inférieur (valeur instantanée) d'une période donnée, qui doit être précisée.
1.5.14 Débit de crue récurrence X année	H_{Qn}	Correspond au débit de crue atteint ou dépassé en moyenne toutes les n années sur une série d'années, p. ex. H_{Q100} (débit observée 1 fois par siècle).
1.5.15 Année de réglage		<p>L'année de réglage (année moyenne) est une année fictive dont les grandeurs hydrauliques constituent des moyennes arithmétiques établies pour une série de n années (au minimum 10). Le cas échéant, la série temporelle doit être précisée. Il convient d'adapter les valeurs en cas d'évolution des conditions.</p> <p>En l'absence de précision sur une valeur, cette dernière se rapporte à l'année de réglage.</p>

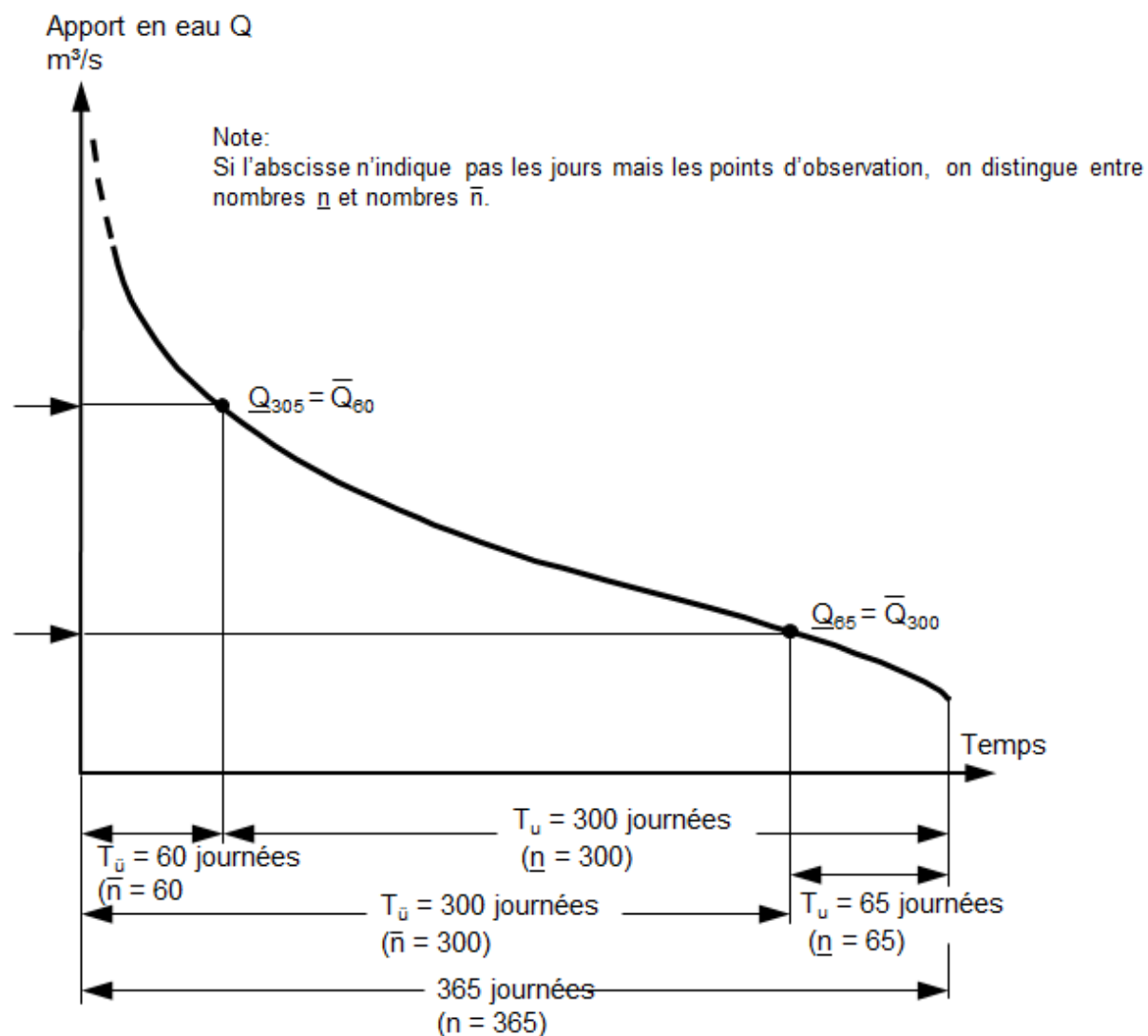


Figure 2 : Courbe caractéristique des apports en eau

1.6 Débits et volumes d'eau

(cf. Figure 3, page 53)

Le débit Q (m^3/s) correspond au volume d'eau s'écoulant à travers la section d'un cours d'eau pendant une unité de temps donnée (secondes, p. ex.).

Le volume d'eau S (m^3) est le débit intégré sur un intervalle de temps donné. Q_{Zu} comprend ainsi S_{Zu} .

Les termes présentés ici (débits) concernent des valeurs qui ne peuvent pas toutes être relevées ou mesurées ; pour certaines, il s'agit de grandeurs calculées.

Les valeurs se rapportant à l'année de réglage doivent être signalées par un "R" (p. ex. S_{Abr} : volume d'écoulement total sur l'année de réglage).

Désignation	Symbole	Définition
1.6.1 Débit	Q	Désigne le volume d'eau qui traverse la section (de passage) pendant une unité de temps donnée.
Apport en eau	Q_{Zu}	L'apport en eau correspond au volume d'eau d'un bassin versant ou d'accumulation qui est acheminé vers une capacité pendant une unité de temps donnée.
Débit d'écoulement	Q_{Ab}	Le débit d'écoulement correspond au volume d'eau d'un bassin versant ou d'accumulation qui s'écoule d'une capacité pendant une unité de temps donnée.
1.6.2 Apport en eau / débit d'écoulement corrigé	Q_{korr}	L'apport en eau ou le débit d'écoulement corrigé d'un cours d'eau correspond au volume d'eau qui passerait par une section donnée à un instant donné t si les capacités de retenue du bassin versant actif n'avaient pas été exploitées.
1.6.3 Apport en eau total	Q_{Zu}	Correspond à la somme de tous les apports en eau vers un ouvrage d'accumulation ou une capacité de retenue, cf. Figure 3, page 53. $Q_{Zu} = Q_{FW} + Q_{ZTP}$ $Q_{Zu} = Q_{OL} + Q_{Bei} + Q_{Ein} + Q_{nat} + Q_{ZuP} + Q_{ZuT}$
1.6.4 Masse d'eau courante	Q_{FW}	Désigne le débit d'une capacité d'accumulation ou de retenue qui n'a pas été exploitée et vers/de laquelle aucune quantité d'eau n'a été amenée ni prélevée, notamment par les STEP correspondantes. $Q_{FW} = Q_{OL} + Q_{Bei} + Q_{Ein} + Q_{nat}$

Désignation	Symbole	Définition
1.6.5 Apport en eau de centrales ou de STEP	Q_{ZTP}	Correspond à une partie de l'apport en eau total ; il est fourni par d'autres centrales de lac ou STEP. Cet apport peut entraîner une augmentation du volume de la capacité d'accumulation ou de retenue observée, ainsi que de la masse d'eau courante. La capacité d'accumulation ou de retenue observée peut être un bassin inférieur ou supérieur. $Q_{ZTP} = Q_{ZuP} + Q_{ZuT}$
Apport en eau par pompage	Q_{ZuP}	Part de l'apport total en eau qui est transférée vers la capacité d'accumulation ou de retenue par des installations de pompage. La capacité d'accumulation ou de retenue peut être le bassin supérieur d'une STEP.
Apport en eau par turbinage	Q_{ZuT}	Part de l'apport total en eau qui est transférée vers la capacité d'accumulation ou de retenue par une autre centrale. La capacité d'accumulation ou de retenue peut être le bassin inférieur de cette centrale.
1.6.6 Apport naturel en eau	Q_{nat}	Part de l'apport total en eau qui provient du bassin versant de la capacité d'accumulation ou de retenue observée, dont le débit est toujours inférieur au niveau seuil en amont (affluents). Elle comprend les précipitations qui alimentent directement la capacité d'accumulation ou de retenue observée.

Désignation	Symbole	Définition
1.6.7 Apport en eau en amont	Q_{OL}	Correspond à la somme de tous les débits d'écoulement directs vers un ouvrage d'accumulation ou une capacité de retenue.
1.6.8 Apport par adduction d'eau	Q_{Bei}	Part de l'apport total en eau, qui est transférée depuis d'autres bassins versants vers la capacité d'accumulation ou de retenue observée sous le niveau seuil en amont.
1.6.9 Apport par réintroduction	Q_{Ein}	Alimentation de la capacité d'accumulation ou de retenue observée par réintroduction totale ou partielle du débit dérivé à un autre endroit de ladite capacité Q_{Abl} (p. ex. eaux d'épuration, eau de refroidissement).
1.6.10 Prélèvement dans la retenue, eau d'appoint	Q_{SE}	Part du débit d'écoulement total liée à la phase de vidage Q_{SE} .
1.6.11 Rétention	Q_{SR}	Part du débit d'écoulement total liée à la phase de rétention S_{SR} .
1.6.12 Débit d'écoulement total	Q_{Ab}	<p>Somme de tous les débits d'une capacité d'accumulation ou de retenue.</p> $Q_{Ab} = Q_V + Q_{Abl} + Q_{Ver} + Q_{Über} + Q_{Dot} + Q_{ATP}$ <p>Note :</p> <p>Le débit Q_{Ab} peut varier du débit Q_{Zu} suite à l'exploitation de la capacité d'accumulation ou de retenue.</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.6.13 Apport en eau disponible, débit disponible de l'ouvrage d'accumulation	Q_V	<p>L'apport en eau disponible correspond à la part du débit d'écoulement total d'une capacité d'accumulation ou de retenue qui est utilisable par la centrale hydroélectrique.</p> <p>Selon le point de vue, l'apport en eau disponible peut aussi être appelé débit d'écoulement disponible.</p>
1.6.14 Débit dérivé	Q_{Abl}	Part du débit total prélevé dans la capacité d'accumulation ou de retenue d'eau destinée à alimenter l'eau de refroidissement, l'eau potable, des circuits d'irrigation, etc. Réintroduction totale ou partielle à un autre endroit de la capacité d'accumulation ou de retenue.
1.6.15 Débit de perte	Q_{Ver}	Le débit de perte de la capacité d'accumulation ou de retenue correspond à l'eau évaporée et à l'eau d'infiltration.
1.6.16 Débit de transition	$Q_{Über}$	Part du débit total prélevé dans la capacité d'accumulation ou de retenue qui est acheminée vers d'autres bassins versants par un tronçon de transition.
1.6.17 Débit réservé, débit affecté	Q_{Dot}	<p>Le débit réservé (débit affecté) correspond au débit destiné à alimenter le tronçon de prélèvement au début du tronçon de dérivation (cf. Figure 5, page 60). Les infiltrations ou apports en eau intervenant ultérieurement sur le tronçon de prélèvement ne sont pas pris en compte dans cette valeur.</p> <p>Note :</p> <p>En Autriche, on parle également de débit prescrit (<i>Dotierwasserabgabe</i> ou <i>Dotierwasservorschreibung</i> en allemand, cf. ÖNORM M7103 [10]).</p>

Désignation	Symbole	Définition
1.6.18 Débit minimum vital (courant minimum vital)	Q_{Pfl}	Correspond au débit minimum en surface prescrit par les autorités au sein d'une section d'écoulement donnée d'un tronçon de prélèvement (tronçon fluvial), sous un point de dérivation (1.1.2) et à un instant t. Note : En Autriche, on parle de quantité d'eau résiduelle prescrite (cf. ÖNORM M7103 [10]).
1.6.19 Débit d'eau résiduelle	Q_{Rest}	Débit d'un tronçon de prélèvement, s'écoulant à un niveau inférieur au point de prélèvement en surface à un endroit donné.
1.6.20 Débit d'écoulement de centrales ou de STEP	Q_{ATP}	Part du débit total lié à l'activité d'autres centrales de lac ou STEP, qui peut entraîner une diminution du volume de la capacité d'accumulation ou de retenue observée ou de la masse d'eau courante. La capacité d'accumulation ou de retenue observée peut être le bassin inférieur ou supérieur d'autres installations. $Q_{ATP} = Q_{AbP} + Q_{AbT}$
Débit d'alimentation de pompes	Q_{AbP}	Part du débit d'écoulement total qui est prélevée de la capacité d'accumulation ou de retenue par des installations de pompage. La capacité d'accumulation ou de retenue peut être le bassin inférieur d'une STEP.

Désignation	Symbole	Définition
Débit d'alimentation de turbines	Q_{AbT}	Part du débit d'écoulement total qui est prélevée de la capacité d'accumulation ou de retenue par des turbines généralement installées dans une STEP. La capacité d'accumulation ou de retenue peut être le bassin supérieur de cette STEP.
1.6.21 Débit de la centrale	Q_K	Que ce soit pour des centrales au fil de l'eau ou des centrales à réservoir, ce débit correspond à la somme du débit de turbinage et du débit de perte de la centrale, cf. $Q_K = Q_T + Q_{KV}$
1.6.22 Débit de turbinage	Q_T	Part du débit de la centrale qui est exploitée par les turbines de celle-ci.
1.6.23 Débit de perte de la centrale	Q_{KV}	Part du débit de la centrale qui n'est pas disponible pour le turbinage, mais destiné à alimenter des eaux usées, de l'eau de refroidissement, une passe à poissons ou autre.
1.6.24 Apport en eau utile de la centrale	Q_N	Part de l'apport en eau exploitable par la centrale sur le plan énergétique. Il s'agit d'une valeur théorique calculée à l'aide de la formule suivante : $Q_N = Q_V - Q_{AV}$
1.6.25 Débit de perte spécifique à une installation	Q_{AV}	Part de l'apport en eau disponible de la centrale non exploitable sur le plan énergétique en raison du nettoyage du barrage, de l'écluse, du rinçage des chambres d'écluse, de l'évacuation du gel, du déversement des eaux de barrage ou d'un dépassement du débit aménagé.

Désignation	Symbole	Définition
1.6.26 Débit de perte lié à des problèmes de fonctionne- ment	Q_{BV} Q_{BVI} Q_{BVE}	Part de l'apport en eau exploitable de la centrale qui n'est pas utilisée en raison d'une indisponibilité de segments de l'installation ou de pannes du réseau sur le plan énergétique. Le débit de perte lié à des problèmes de fonctionnement comprend une part interne Q_{BVI} (centrale) et une part externe Q_{BVE} (p. ex. réseau).
1.6.27 Débit aménagé	Q_A	Désigne le débit assigné d'une centrale.
1.6.28 Débit de turbinage nominal	Q_{TN}	Désigne le débit assigné de la turbine. En règle générale, il est indiqué sous forme de plage de valeurs nominales. Note : Le débit de turbinage nominal peut être corrigé suite aux essais de réception.
1.6.29 Débit de pompage	Q_P	Correspond au débit de pompage des installations de pompage ou des STEP.
1.6.30 Débit de pompage nominal	Q_{PN}	Correspond au débit assigné d'une pompe. En règle générale, il est indiqué sous forme de plage de valeurs nominales. Note : Le débit de pompage nominal peut être corrigé suite aux essais de réception.

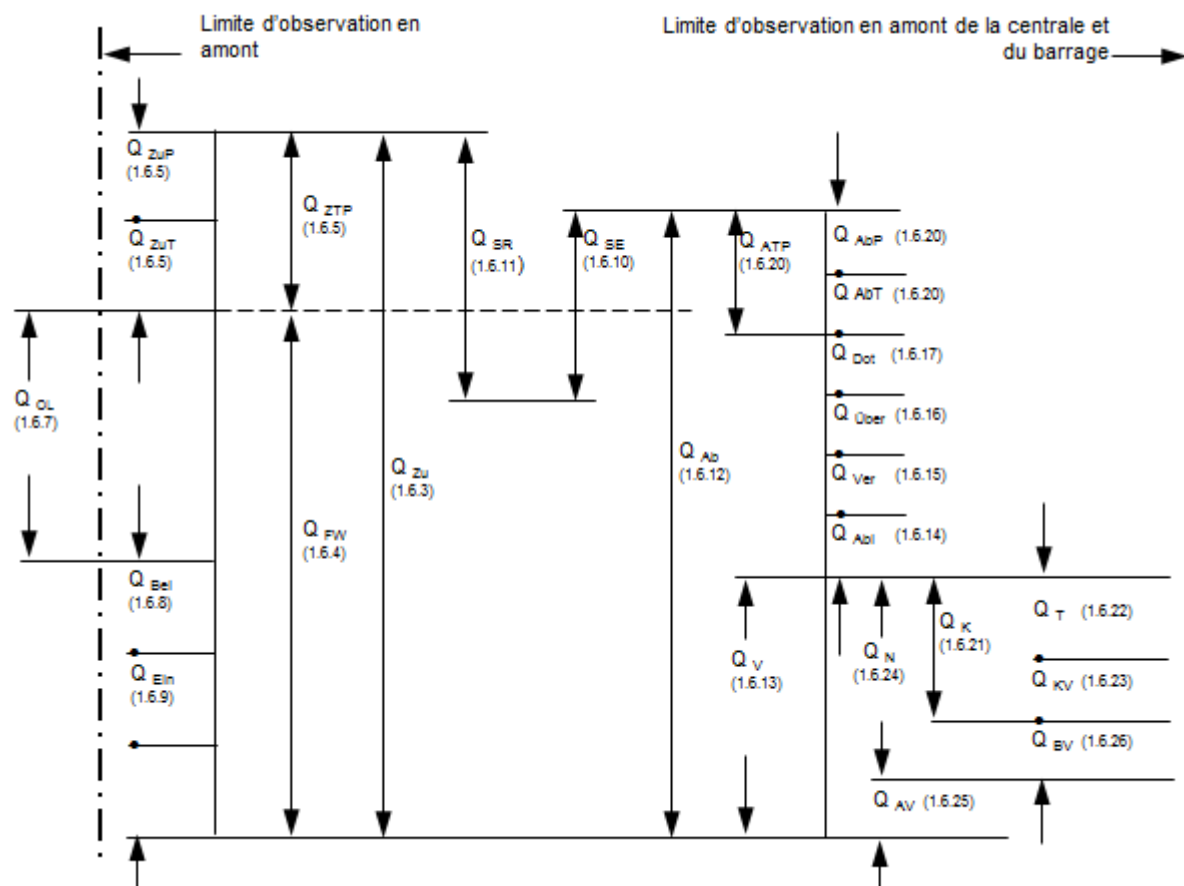


Figure 3 : Schéma des débits d'une centrale au fil de l'eau

(hypothèse : la zone de retenue est à la fois le bassin inférieur d'une STEP et le bassin supérieur d'une autres STEP.)

1.7 Hauteurs de chute, hauteurs de refoulement, hauteurs d'amenée

La hauteur de chute ou la hauteur de refoulement correspondent à la différence de hauteur entre deux niveaux d'énergie. Dans la pratique, en règle générale, la hauteur de chute est alignée avec suffisamment de précision sur la différence de hauteur entre les niveaux d'eau (hauteur de chute géodésique) (cf. notamment Figure 4, page 59).

Les essais de réception effectués sur les turbines et les pompes doivent cependant prendre en compte les différences de pression atmosphérique et de vitesse. Le lieu des mesures doit en outre être défini.

Les normes CEI 60041 [7], 60193 [8], 62097 [9] fournissent des informations détaillées sur l'énergie hydraulique massique (d'une machine), qui tiennent compte des paramètres de densité et de vitesse ainsi que de l'altitude d'implantation.

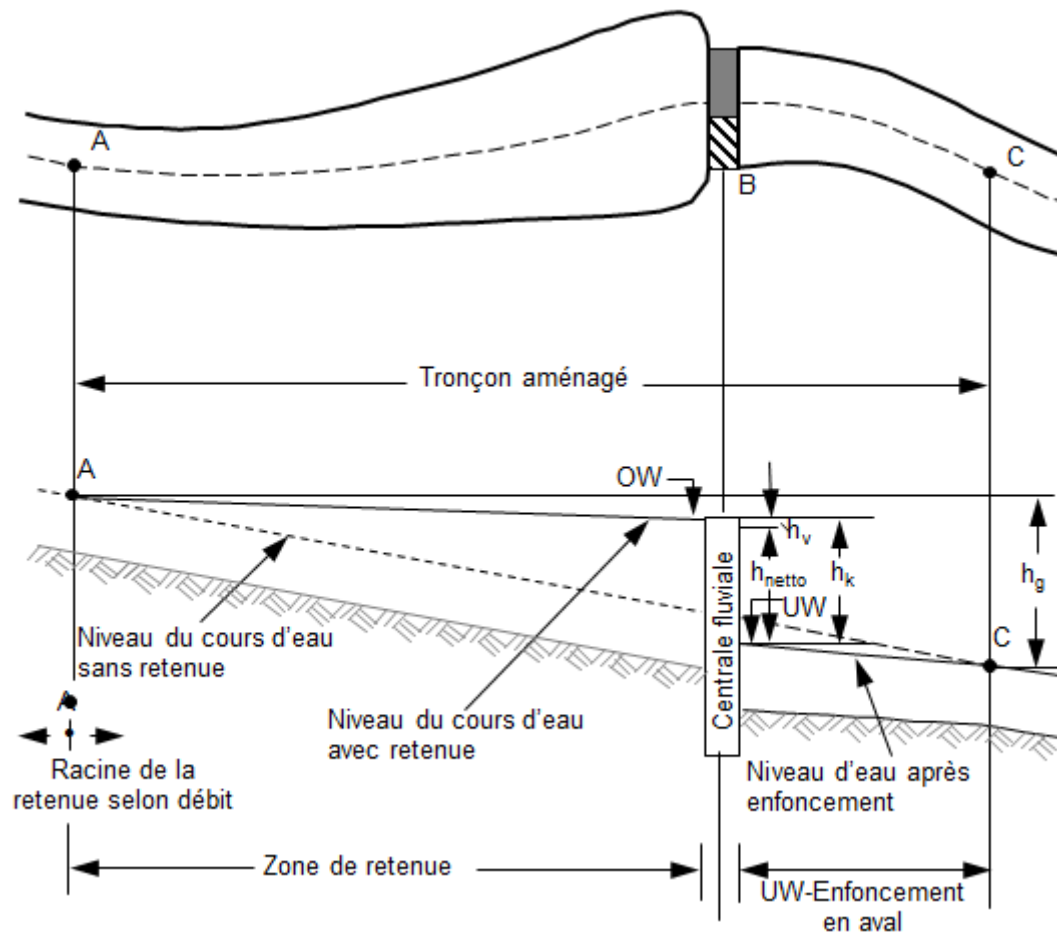
Dans le cas d'une centrale au fil de l'eau, la hauteur de chute est fonction du débit d'écoulement. Plus ce dernier est élevé, plus le niveau monte en aval et la hauteur de chute décroît. La hauteur de chute est exprimée sous forme de moyenne temporelle ou de valeurs limites supérieure et inférieure afin de délimiter la plage de fluctuation.

Désignation	Symbole	Définition
1.7.1		Hauteurs de chute pour machines hydrauliques
1.7.1.1 Hauteur de chute nette	h_{netto}	Correspond à la différence de hauteur (hauteur d'énergie) entre les sections d'entrée et de sortie de la turbine. Elle varie en fonction des types de turbine (cf. DIN 4320 [4]).
1.7.1.2 Hauteur de chute nominale	h_N	Désigne la hauteur de chute assignée de la turbine. En règle générale, des garanties de puissance et de rendement sont négociées entre les constructeurs et les exploitants de centrales.
1.7.1.3 Perte de charge	h_v	Cote correspondant à la diminution des hauteurs énergétiques liée notamment au frottement dans les canalisations, à des dispositifs d'obturation, à des déviations ou dérivations, à une grille d'entrée ou encore à des pertes d'entrée ou de sortie.
1.7.2		Centrales au fil de l'eau
1.7.2.1 Hauteur de chute totale	h_g	La hauteur de chute totale d'un tronçon aménagé correspond à la différence de hauteur entre le niveau d'eau au début et à la fin dudit tronçon.
1.7.2.2 Hauteur de chute de la centrale	h_K	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau d'eau en amont avant le dégrilleur et le niveau d'eau en aval après la conduite d'aspiration d'une centrale, mesurée comme une différence de niveau.
1.7.2.3 Hauteur de chute aménagée de la centrale	h_{KA}	Correspond à la hauteur de chute de la centrale en cas de débit aménagé.

Désignation	Symbole	Définition
1.7.2.4 Hauteur de chute déviée	h_U	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau d'eau avant l'ouvrage de prise d'eau et le niveau au point de réintroduction.
1.7.3		Centrales de lac et STEP (cf. Figure 6, page 61)
1.7.3.1 Hauteur de chute brute	h_{brutto}	<p>Avec des turbines à surpression (Francis, Kaplan), la hauteur de chute brute correspond à la différence de hauteur entre le niveau d'eau du bassin supérieur et celui du bassin inférieur.</p> <p>Avec des turbines à jet libre, la hauteur de chute brute correspond à la hauteur du point de contact du faisceau du jet et du diamètre du jet.</p> <p>Avec des turbines à jets libres multiples, correspond à la valeur moyenne des points de contact entre les faisceaux des jets et le diamètre des jets.</p>
1.7.3.2 Hauteur de chute moyenne	h_m	Désigne la différence de hauteur entre les niveaux principaux des bassins supérieur et inférieur (capacités de fonctionnement). Elle peut être fonction des priorités énergétiques (influence des exigences de rendement). Tenir compte des conditions spécifiques aux turbines à jets libres.
1.7.3.3 Hauteur de chute maximale théorique	$h_{max\ theo}$	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau de retenue maximal du bassin supérieur et le plus bas niveau du bassin inférieur.

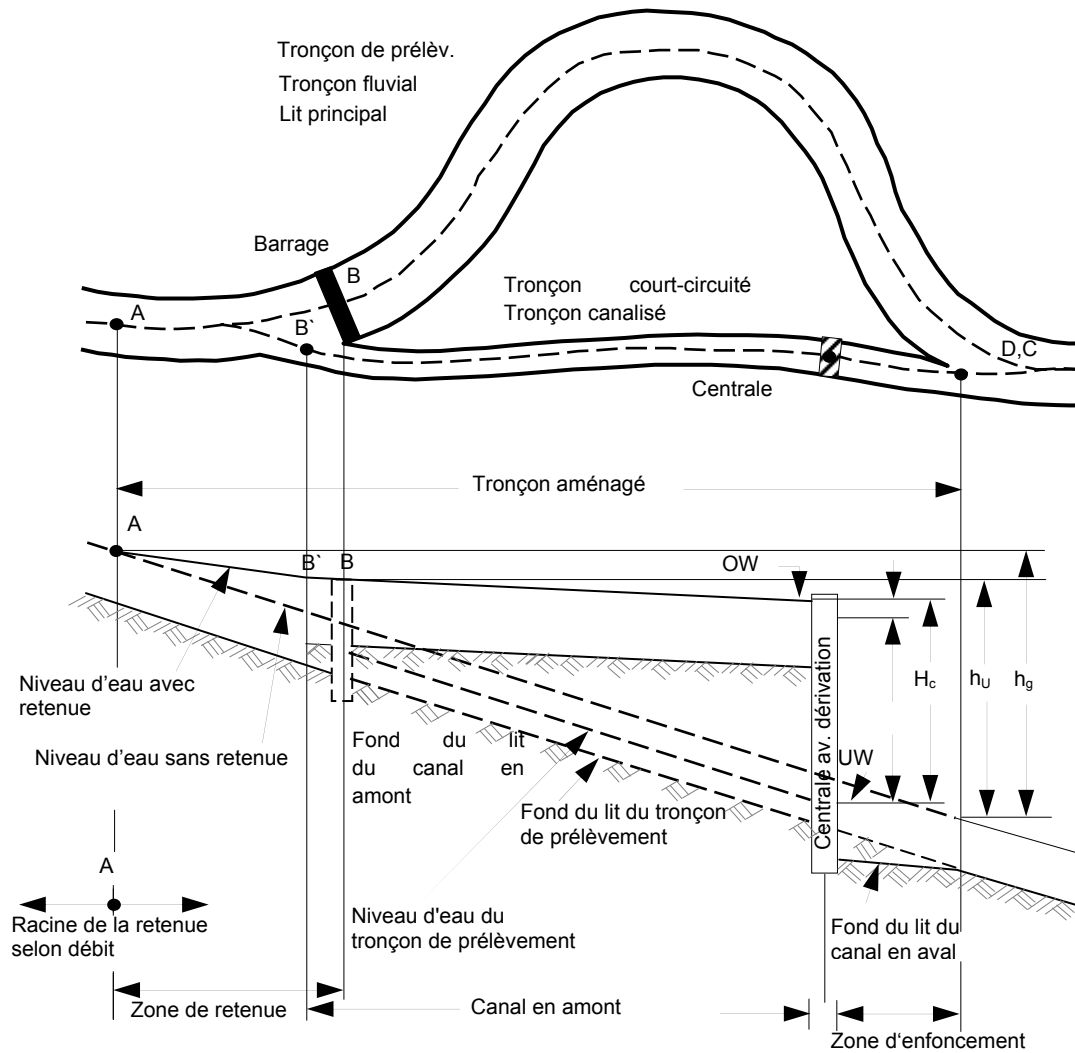
Désignation	Symbole	Définition
1.7.3.4 Hauteur de chute maximale	h_{\max}	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau maximal de retenue du bassin supérieur et le niveau d'abaissement du bassin inférieur.
1.7.3.5 Hauteur de chute minimale théorique	$h_{\min \text{ theo}}$	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau le plus bas du bassin supérieur et le plus haut niveau normal de retenue du bassin inférieur.
1.7.3.6 Hauteur de chute minimale	h_{\min}	Correspond à la différence de hauteur entre le niveau le plus bas du bassin supérieur et le niveau normal de retenue du bassin inférieur.
1.7.3.7 Hauteur d'amenée géodésique	$h_{z \text{ geo}}$	La hauteur d'amenée géodésique (ou pression d'amenée par pompage) correspond à la différence de hauteur entre le milieu de la section d'entrée de la pompe (dépend du modèle de pompe) et du niveau d'eau dans le bassin inférieur.
1.7.3.8 Hauteur de refoulement géodésique	$h_{p \text{ geo}}$	La hauteur de refoulement géodésique d'une pompe correspond à la différence de hauteur entre les niveaux d'eau des bassins supérieur et inférieur.
1.7.3.9 Hauteur de refoulement moyenne	h_{pm}	La hauteur de refoulement moyenne d'une pompe correspond à la différence de hauteur entre les niveaux principaux des bassins supérieur et inférieur, rapportée à la capacité utile.

Désignation	Symbole	Définition
1.7.3.10 Hauteur de refoulement manométrique	$h_{p\ man}$	<p>La hauteur de refoulement manométrique d'une pompe correspond à la différence maximale de hauteur entre les sections d'entrée et de sortie de la pompe.</p> <p>Note :</p> <p>Concernant les hauteurs de refoulement, d'autres associations de termes sont possibles (cf. termes relatifs à la hauteur de chute).</p>



- A Début de l'action sur le cours d'eau (racine de la retenue)
- B Point de retenue, barrage mobile
- C Fin de l'action sur le cours d'eau
- OW Niveau d'eau en amont de la centrale
- UW Niveau d'eau en aval de la centrale

Figure 4 : Schéma des hauteurs de chute d'une centrale au fil de l'eau



- A Début de l'action sur le cours d'eau (racine de la retenue)
- B Point de retenue, barrage mobile
- B' Prise d'eau, ouvrage d'arrivée
- C Fin de l'action sur le cours d'eau
- D Embouchure du canal en aval
- OW Niveau d'eau en amont de la centrale
- UW Niveau d'eau en amont de la centrale

Figure 5 : Schéma des hauteurs de chute de centrales avec dérivation (cf. Figure 4)

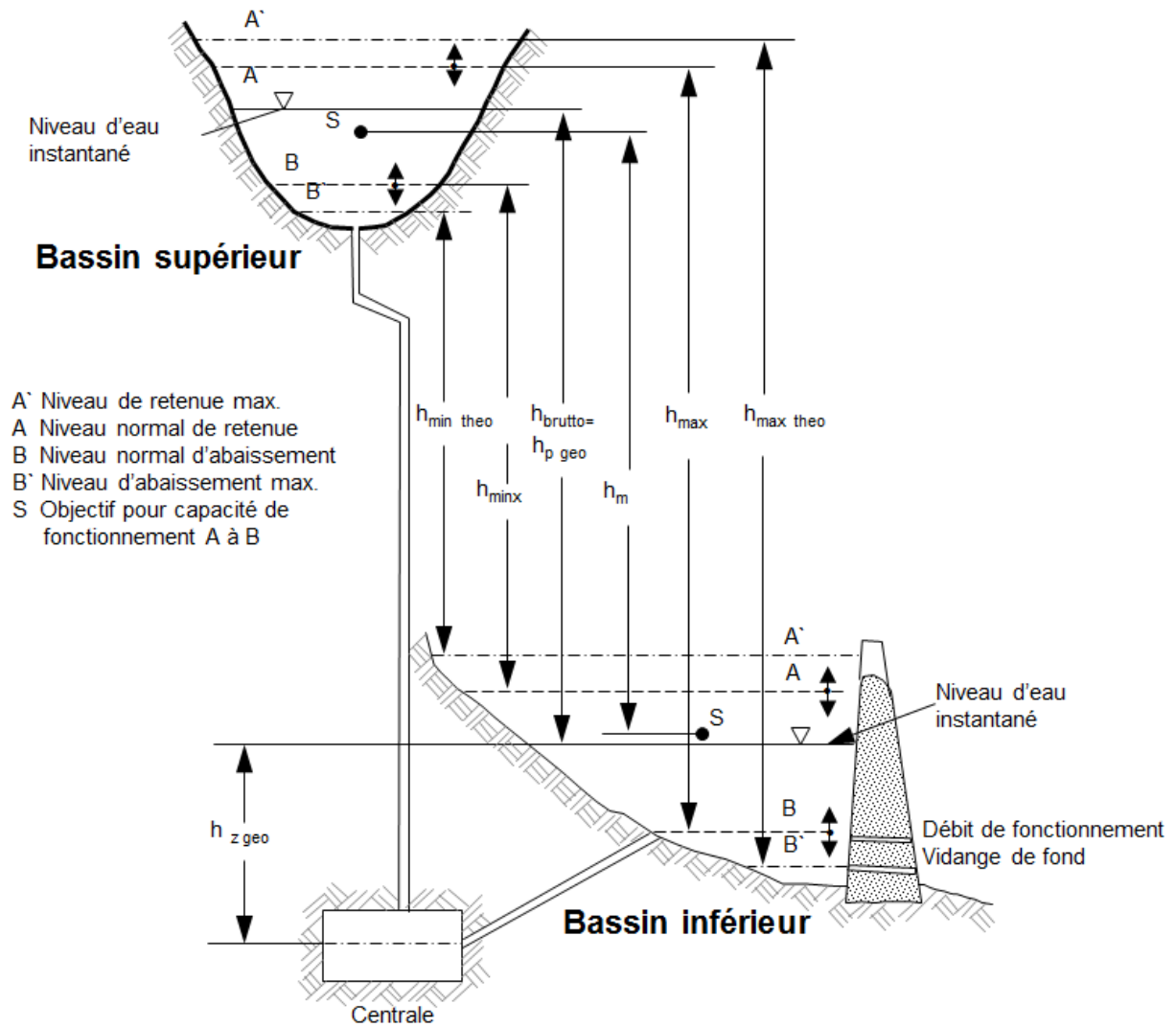


Figure 6 : Schéma des hauteurs de chute de centrales de lac et de STEP
 (cf. DIN 4048 [1] et ÖNORM M7103 [9])

2 Paramètres de temps

Ces paramètres désignent généralement un intervalle de temps T . Cet intervalle (période sous revue, période de référence ou période d'observation) est toujours lié à des paramètres techniques et peut être composé de plusieurs sous-intervalles. Ces derniers ne se succèdent pas forcément directement.

Désignation	Symbole	Définition
2.1 Temps	t	Il s'agit de l'intervalle de temps qui détermine la durée d'une opération.
2.2 Temps nominal	t _N	Correspond à l'ensemble de la période sous revue sans interruption (temps calendaire, p. ex. jour, mois, trimestre, année).
2.3 Temps de disponibilité	t _v	Correspond à l'intervalle de temps durant lequel une installation ou un segment convertit ou transporte de l'énergie (ou est capable d'en convertir ou d'en transporter), indépendamment du niveau de puissance atteignable. Il s'agit de la différence entre le temps nominal et le temps d'indisponibilité. t _v = t _N - t _{nv}
2.4 Temps de fonctionnement	t _B	Correspond à l'intervalle de temps durant lequel une installation ou un segment convertit ou transporte de l'énergie. Le temps de fonctionnement commence et se termine, respectivement, avec la connexion et la coupure de l'installation ou du segment au / du réseau. Les temps de mise en marche et de mise à l'arrêt de l'installation sans débit d'énergie utile ne font pas partie du temps de fonctionnement. Les temps de fonctionnement peuvent être déterminés pour chaque mode de fonctionnement des centrales et des segments de machine : Mode turbinage (mode générateur) t _{TU} Mode pompage (mode moteur) t _{PU} Mode déphasage t _{PH} Court-circuit hydraulique t _{HY} t _B = t _{TU} + t _{PU} + t _{PH} + t _{HY}

Désignation	Symbole	Définition
2.5 Temps de réserve	t_R	<p>Le temps de réserve (marge de sécurité) désigne l'intervalle de temps durant lequel une (partie de) l'installation est opérationnelle, mais pas en service.</p> <p>Note :</p> <p>Dans cette phase de standby, l'installation doit pouvoir être mise en marche conformément aux directives du constructeur ou de l'exploitant. Les temps de mise en marche et de mise à l'arrêt font ici partie intégrante des temps de réserve.</p>
2.6 Temps disponible non exploité	t_{ng}	<p>Correspond à l'intervalle de temps durant lequel (une partie de) l'installation est disponible, mais non exploitée et/ou non exploitable en raison de facteurs externes (voir annexe 1).</p> $t_{ng} = t_v - t_B$ $t_{ng} = t_R + t_{ns}$
2.7 Temps d'indisponibilité	t_{nv}	<p>Correspond à l'intervalle pendant lequel une installation ou une partie de celle-ci ne peut fonctionner suite à un problème technique interne ou indépendant de la volonté de l'exploitant.</p> $t_{nv} = t_N - t_v$ <p>Le temps d'indisponibilité comprend une composante programmée et une composante fortuite. Cette dernière, à son tour, se compose d'une part disponible et d'une part non disponible.</p> $t_{nv} = t_{nv\ p} + t_{nv\ u}$

Désignation	Symbole	Définition
Temps d'indisponibilité programmée	$t_{nv\ p}$	Correspond à l'intervalle de temps durant lequel une installation ne peut être exploitée en raison d'un arrêt prévu à long terme. Le début et la durée de l'arrêt doivent être programmés plus de quatre semaines à l'avance.
Temps d'indisponibilité fortuite	$t_{nv\ u}$	<p>Correspond à l'intervalle de temps durant lequel une installation ne peut être exploitée suite à un arrêt non programmé qui ne peut être différé au-delà de 4 semaines.</p> <p>Ce temps se décompose en une part disponible et une part non disponible.</p> $t_{nv\ u} = t_{nv\ ud} + t_{nv\ un}$
Temps d'indisponibilité fortuite, part disponible	$t_{nv\ ud}$	Correspond à la part du temps d'indisponibilité fortuite, qui peut être différée de plus de 12 heures et jusqu'à quatre semaines.
Temps d'indisponibilité fortuite, part non disponible	$t_{nv\ un}$	Correspond à la part du temps d'indisponibilité fortuite qui ne peut être différée ou peut être différée au plus de 12 heures.
2.8 Temps disponible non exploitable	t_{ns}	Correspond à l'intervalle durant lequel une installation ou une partie de celle-ci ne peut être exploitée en raison de facteurs externes, bien qu'elle soit opérationnelle.
2.9 Non-dispatchabilité en temps disponible	t_{nb}	<p>La non-dispatchabilité en temps résulte de la somme du temps d'indisponibilité (2.7) et du temps disponible non exploitable (2.8).</p> $t_{nb} = t_{nv} + t_{ns}$

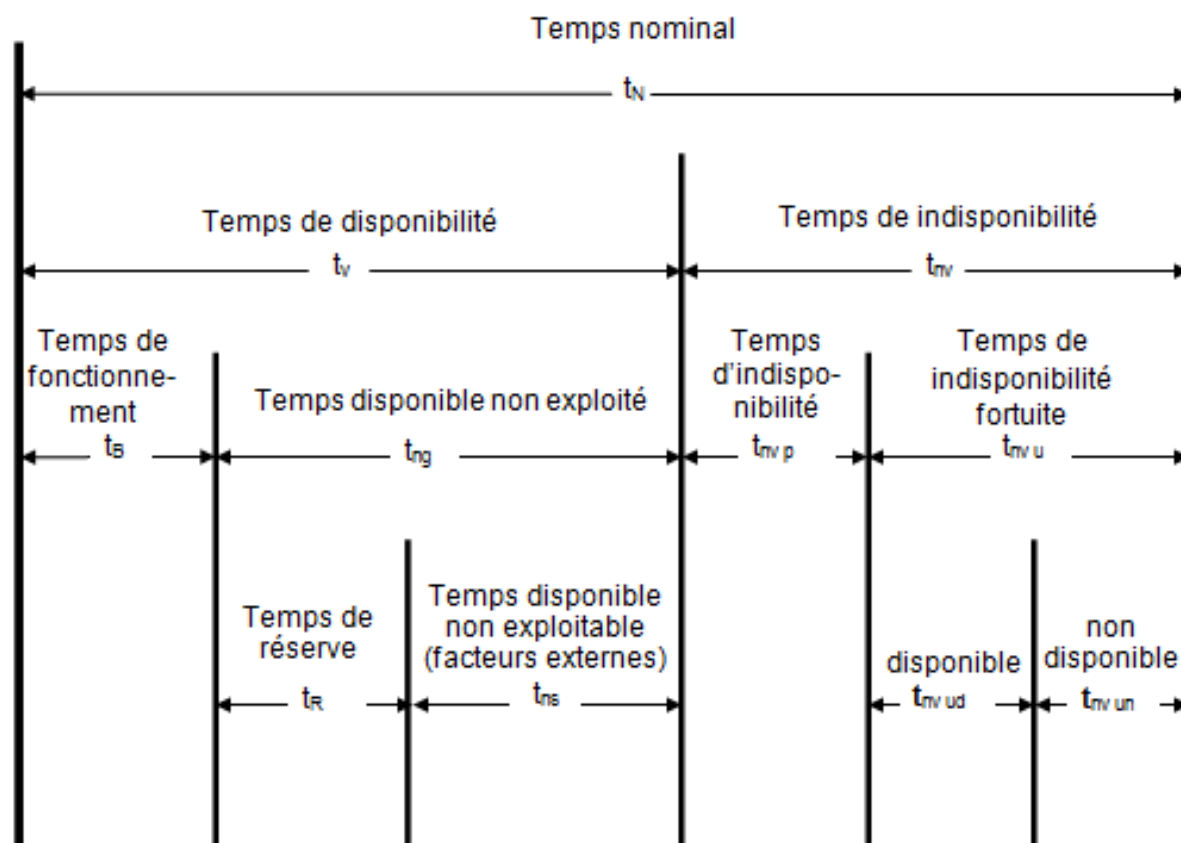


Figure 7 : Schéma descriptif des paramètres de temps

Désignation	Symbole	Définition
2.10 Temps d'utilisation	t_{ben}	<p>De façon générale, le temps d'utilisation correspond au quotient de l'énergie produite pendant un intervalle défini par une puissance donnée pendant ce même intervalle. La puissance maximale et la puissance contractuelle entrent souvent dans le calcul de cette valeur.</p> $t_{ben} = \frac{W}{P}$
Taux d'utilisation		<p>Note :</p> <p>Le taux de production (valeur exprimée en pourcentage) est proche du temps d'utilisation de par son contenu.</p> <p>En cas d'utilisation de ces termes, il convient de préciser le type de puissance (puissance maximale, puissance contractuelle, puissance assignée, puissance facturée, etc.) ainsi que l'intervalle de temps correspondant (p. ex. année, mois).</p>
2.11 Durée d'utilisation	t_a	<p>La durée d'utilisation d'une unité de production ou d'une installation est une variante spéciale du temps d'utilisation. Il s'agit du quotient de l'énergie produite pendant un intervalle donné par une puissance caractéristique de l'installation.</p> <p>En termes de durée d'utilisation, il convient de faire la précision suivante :</p> <p>Durée d'utilisation de la puissance maximale admissible</p> $t_{aE} = \frac{W_B}{P_E}$ <p>Durée d'utilisation de la puissance moyenne disponible de centrales de lac et de STEP.</p> $t_{aE} = \frac{W_B}{P_v} = \frac{W_B}{W_v} \cdot t_N$ <p>P_v correspond à la valeur moyenne sur l'intervalle t_N.</p>

Désignation	Symbole	Définition
		<p>Note :</p> <p>Le taux de production (valeur exprimée en pourcentage) est proche de la durée d'utilisation de par son contenu.</p> <p>Le calcul de la durée d'utilisation tient compte de l'énergie excédentaire, contrairement à celui des disponibilités.</p>
2.12 Temps de débit aménagé	t_A	<p>Exprimée pour une centrale au fil de l'eau, cette valeur (temps ou nombre de jours) correspond au nombre de jours de l'année de réglage durant lesquels le débit aménagé est atteint ou dépassé.</p>
2.13 Durée de remplissage d'un réservoir	t_f	<p>La durée de remplissage d'un réservoir correspond au quotient de sa capacité utile maximale par le débit de refoulement avec une hauteur de refoulement moyenne.</p> $t_f = \frac{V_N}{Q_p}$ <p>Dans la pratique, elle est calculée de façon approximative :</p> $t_f = \frac{A_s}{\eta_{PT} \cdot P_{Pm}}$

3 Paramètres de puissance

La puissance est une dérivée de $\frac{dW}{dt}$. Si la puissance ne peut être directement mesurée au sein d'une installation, la valeur P est dérivée de l'énergie W et du temps t, $P = \frac{W}{t}$.

Sauf indication contraire, le terme de puissance désigne la puissance électrique active. Les indications de puissance se rapportent aux valeurs mesurées au niveau des bornes de la machine électrique.

En mode turbinage, la puissance brute est mesurée au niveau des bornes du générateur. La puissance nette est calculée en déduisant la puissance électrique des systèmes auxiliaires de la centrale et de la puissance dissipée du transformateur.

En mode pompage, la puissance nette est mesurée au niveau des bornes du moteur. La puissance brute est calculée en additionnant la puissance électrique des systèmes auxiliaires de la centrale et la puissance dissipée du transformateur.

Le standard VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14] définit un certain nombre de paramètres de puissance courants dans le secteur de l'électricité. Les termes suivants concernent plus particulièrement les centrales hydroélectriques.

Pour les termes spécifiques aux centrales au fil de l'eau, se reporter à la Figure 8, page 80,.

Pour les termes spécifiques aux STEP, consulter la Figure 9, page 81.

Désignation	Symbole	Définition
3.1 Puissance installée	P_A	<p>La puissance installée d'une centrale au fil de l'eau correspond à la puissance qui peut être développée compte tenu du débit aménagé et la hauteur de chute aménagée de la centrale, cf Figure 11, page 89.</p> <p>Note :</p> <p>La puissance installée n'est pas définie pour les centrales de lac ni pour les STEP.</p>
3.2 Puissance de réserve (marge de sécurité)	P_R	<p>Correspond à la puissance disponible à un moment donné au-delà de la puissance de fonctionnement non requise pour couvrir les besoins, qui n'est donc pas sollicitée. Elle correspond à la différence entre la puissance disponible et la puissance de fonctionnement.</p> <p>$P_R = P_V - P_B$</p> <p>Dans les centrales de lac et les STEP, la puissance de réserve peut résulter des paramètres suivants (cf. Figure 10, page 82) :</p> <p>Puissance de réserve fixe</p> <p>Puissance de réserve variable en mode déphasage</p> <p>Puissance de réserve variable en mode générateur</p>
3.3 Puissance de fonctionnement	P_B	<p>La puissance de fonctionnement d'une centrale correspond à la puissance effectivement développée à un moment donné, (cf. Figure 10, page 82).</p>
3.3.1 Puissance maximale		<p>Correspond à la puissance de fonctionnement maximale développée par une centrale (souvent décrite au niveau international comme la puissance maximale produite). Il s'agit d'une valeur instantanée ou d'une valeur moyenne sur un intervalle de temps court, p. ex. un quart d'heure.</p>

Désignation	Symbole	Définition
3.4 Puissance selon bilan	P_{Bil}	Correspond à la puissance de fonctionnement prévue sur une période donnée.
3.5 Puissance maximale admissible	P_E	<p>La puissance maximale admissible (généralement appelée puissance maximale P_m) d'une centrale hydroélectrique correspond à la puissance électrique maximale qu'une installation peut développer lorsque le débit maximal pour une hauteur de chute donnée a atteint une valeur optimale.</p> <p>Dans le cas des centrales au fil de l'eau, la puissance maximale admissible correspond souvent à la puissance installée.</p> <p>Dans le cas des centrales de lac et des STEP, il s'agit de la puissance de sortie maximale avec une hauteur de chute maximale.</p> <p>Note :</p> <p>La puissance maximale admissible ne doit être modifiée qu'en cas de désaffectation ou de suppression définitives de composants de l'installation entraînant consciemment des pertes de puissance ou si d'autres circonstances exigent une adaptation de cette valeur (p. ex. directives officielles, modification des apports, des cotes des limites de relèvement et d'abaissement du niveau d'eau, recalibrages, etc.).</p> <p>Elle n'est pas réduite par l'indisponibilité à court terme de certains composants de l'installation.</p>

Désignation	Symbole	Définition
3.6 Puissance garantie	P_s	<p>a) La puissance garantie d'une centrale au fil de l'eau correspond à la puissance dépassée 330 jours par an (année de réglage, cf. Figure 11, page 89).</p> <p>Note :</p> <p>En Autriche, la puissance garantie correspond à l'apport en eau exploitable Q_{95} au cours de l'année de réglage. L'apport en eau exploitable Q_{95} désigne le débit qui est atteint durant 95 % de l'année de réglage.</p> <p>b) La puissance garantie d'une centrale hydroélectrique dotée d'un réservoir de courte durée (réservoir journalier ou hebdomadaire, p. ex. une centrale au fil de l'eau avec capacité de déversement) est déterminée par sa capacité de transfert de puissance. Le temps de disponibilité de la puissance garantie (p. ex. 10 heures par jour) doit être précisé, p. ex. $P_{s\ 10}$.</p> <p>Note :</p> <p>En Autriche, la puissance garantie d'une centrale au fil de l'eau avec capacité de déversement correspond à deux fois l'apport en eau Q_{95} (cf. note au point a). Avec des réservoirs journaliers et hebdomadaires, la puissance garantie correspond à trois fois l'apport en eau Q_{95}. Il convient d'établir au cas par cas si cette méthode est appropriée au réservoir en question.</p>

Désignation	Symbole	Définition
		<p>c) La puissance garantie d'une centrale à réservoir saisonnier ou annuel correspond à la puissance maximale qui peut être développée par la centrale avec un volume de fonctionnement équivalent à 10 % de la capacité de fonctionnement.</p> <p>d) La puissance garantie d'une STEP correspond à la puissance moyenne, cf. chapitre section 3.10.</p>

Désignation	Symbole	Définition
3.7 Puissance hydraulique non disponible	P_{nvH}	<p>La puissance hydraulique non disponible (valeur instantanée plus temps correspondant) correspond à la différence entre la puissance de sortie maximale et la puissance hydraulique disponible.</p> $P_{nvH} = P_E - P_{vH}$ <p>Délimitation :</p> <p>La puissance non disponible d'une unité de production correspond à la puissance qui ne peut pas être produite à un moment précis compte tenu de l'état technique et opérationnel de l'installation.</p> $P_{nv} = P_N - P_v \text{ pour } P_N \geq P_v$ <p>La puissance non disponible comprend une composante programmée et une composante fortuite.</p> $P_{nv} = P_{nv p} + P_{nv u}$
3.8 Puissance hydraulique disponible	P_{vH}	<p>La puissance hydraulique disponible d'une centrale au fil de l'eau correspond à la puissance qui peut être développée à un moment donné suivant les apports en eau et la hauteur de chute sans tenir compte des indisponibilités liées à des facteurs techniques.</p> <p>La puissance hydraulique disponible d'une centrale de lac ou d'une STEP correspond à la puissance qui peut être développée à un moment donné compte tenu de la hauteur de chute indépendamment de l'indisponibilité technique.</p> <p>De façon générale, pour les périodes d'observation longues, il suffit d'aligner P_{vH} sur P_m.</p>

Désignation	Symbole	Définition
3.9 Puissance en mode pompage, puissance de refoulement		La puissance en mode pompage (puissance de refoulement) correspond à la puissance électrique absorbée par le moteur.
3.10 Puissance moyenne	P_m	<p>La puissance moyenne d'une centrale au fil de l'eau est le quotient de l'énergie produite W_B pendant la période d'observation par le temps nominal correspondant.</p> $P_m = \frac{W_B}{t_N}$ <p>La puissance moyenne d'une centrale au fil de l'eau peut être définie comme le quotient de la capacité de production W_H par la période d'observation.</p> $P_{mH} = \frac{W_H}{t_N}$ <p>La puissance moyenne d'une centrale de lac ou d'une STEP correspond à la puissance maximale qui peut être développée avec une hauteur de chute moyenne h_m.</p>
3.11 Puissance moyenne en mode pompage	P_{mP}	La puissance moyenne d'une STEP en mode pompage correspond à la puissance électrique absorbée avec une hauteur de refoulement moyenne h_{pm} .
3.12 Puissance nominale	P_N	La puissance nominale correspond à la puissance permanente maximale atteinte dans les conditions nominales de fonctionnement au moment de la réception de l'installation. Elle ne peut être modifiée qu'en cas d'évolution majeure des conditions nominales de fonctionnement et de mesures constructives affectant l'installation. Contrairement à la puissance maximale admissible, la puissance nominale ne doit en aucun cas être adaptée à une variation de puissance provisoire (cf. VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14]).

Désignation	Symbole	Définition
3.13 Puissance techniquement non disponible	P_{nvT}	<p>La puissance techniquement non disponible (valeur instantanée plus temps correspondant) correspond à la différence entre la puissance de sortie maximale et la puissance technique disponible.</p> $P_{nvT} = P_E - P_{vT}$
3.14 Puissance avec rétroaction techniquement non disponible	P_{nvTr}	<p>La puissance avec rétroaction techniquement non disponible (valeur instantanée, indication de temps impérative) correspond à la différence entre la puissance techniquement non disponible et la puissance hydraulique non disponible.</p> $P_{nvTr} = P_{nvT} - P_{nvH} = P_{vH} - P_{vT}$ <p>Valable uniquement si $P_{nvTr} > 0$</p> <p>Note :</p> <p>La puissance techniquement non disponible comprend une part avec rétroaction, avec une réserve naturelle non exploitable, et une part sans rétroaction, qui ne comprend pas de réserve naturelle.</p>
3.15 Puissance technique-ment disponible	P_{vT}	<p>La puissance techniquement disponible d'une centrale hydroélectrique correspond à la puissance qui peut être développée à un instant t et dans une configuration technique donnée indépendamment des conditions hydrauliques. Correspond à la puissance maximale admissible, éventuellement minorée de la valeur correspondant aux segments de l'installation en panne au moment concerné.</p>

Désignation	Symbole	Définition
3.16 Puissance disponible	P_v	<p>Puissance pouvant être développée compte tenu des conditions opérationnelles et techniques de l'installation. La puissance disponible correspond à la somme de la puissance de fonctionnement et de la puissance non injectée ou à la différence entre la puissance nominale et la puissance non disponible.</p> $P_v = P_B + P_{ng}$ $= P_N - P_{nv}$ <p>La puissance disponible (valeur instantanée, indication de temps impérative) d'une centrale au fil de l'eau correspond à la puissance qui peut être développée compte tenu de la configuration technique de l'installation (P_{vT}) et des facteurs d'influence hydrauliques (apport en eau exploitable et hauteur de chute – P_{vH}). C'est toujours la plus petite valeur qui est retenue.</p> $P_v = \min(P_{vH}, P_{vT})$ <p>La puissance disponible (valeur instantanée, indication de temps impérative) d'une centrale de lac ou d'une STEP correspond à la puissance qui peut être développée à un moment donné compte tenu de la configuration de l'installation (P_{vT}) et de la hauteur de chute (P_{vH}). Pour une période relativement longue, il convient de baser la puissance disponible (moyenne sur la période) sur la hauteur de chute moyenne. Retenir systématiquement la valeur la plus basse.</p> $P_v = \min(P_{vH}, P_{vT})$
3.17 Puissance non injectée	P_{ng}	<p>La puissance non injectée d'une unité de production correspond à la partie de la puissance disponible qui n'est pas exploitée.</p> $P_{ng} = P_v - P_B$

Désignation	Symbole	Définition
3.18 Puissance non injectable	P_{ns}	Correspond à la différence entre la puissance non injectée et la puissance de réserve. $P_{ns} = P_{ng} - P_R$
3.19 Puissance non disponible programmée	$P_{nv p}$	La puissance non disponible programmée ¹ correspond à un moment donné à la puissance non disponible, qui s'explique par des mesures prévues à l'avance.
3.20 Puissance non disponible fortuite	$P_{nv u}$	Correspond à la puissance non disponible à un moment précis, qui s'explique par des perturbations, des dommages ou d'autres événements. La puissance non disponible fortuite comprend à son tour une composante disponible et une composante non disponible ² .
3.21 Puissance dispatchable	P_b	La puissance dispatchable d'une unité de production est la somme de la puissance de fonctionnement et de la puissance de réserve. $P_b = P_B + P_R$

¹ La puissance non disponible programmée désigne la puissance programmée plus de quatre semaines à l'avance.

² La puissance disponible fortuite désigne la part qui peut être différée de plus de 12 heures et jusqu'à quatre semaines. La part non disponible ne peut être différée au-delà de 12 heures.

Désignation	Symbole	Définition
3.22 Puissance non dispatchable	P_{nb}	<p>La puissance non dispatchable d'une unité de production est la somme de la puissance non disponible et non injectable.</p> $P_{nb} = P_{nv} + P_{ns}$
3.23 Puissance minimale		<p>La puissance minimale d'une unité de production correspond au seuil en-dessous duquel la puissance ne doit pas tomber en mode de fonctionnement continu pour des raisons spécifiques à l'installation ou aux équipements mis en œuvre. Si la puissance minimale ne se rapporte pas au mode de fonctionnement continu, mais à un intervalle réduit, il convient de le préciser.</p> <p>Outre la puissance active d'une centrale, on distingue également la puissance réactive et la puissance apparente :</p>
3.24 Puissance réactive		<p>Correspond à la puissance électrique nécessaire pour produire des champs magnétiques (p. ex. dans des moteurs ou des transformateurs) ou des champs électriques (p. ex. dans des condensateurs, des câbles, des lignes) qui ne fait pas partie de l'énergie utile.</p>
3.25 Puissance apparente		<p>La puissance apparente correspond à la somme géométrique des puissances active et réactive. Elle est utilisée notamment lors de la détermination d'installations électriques.</p>

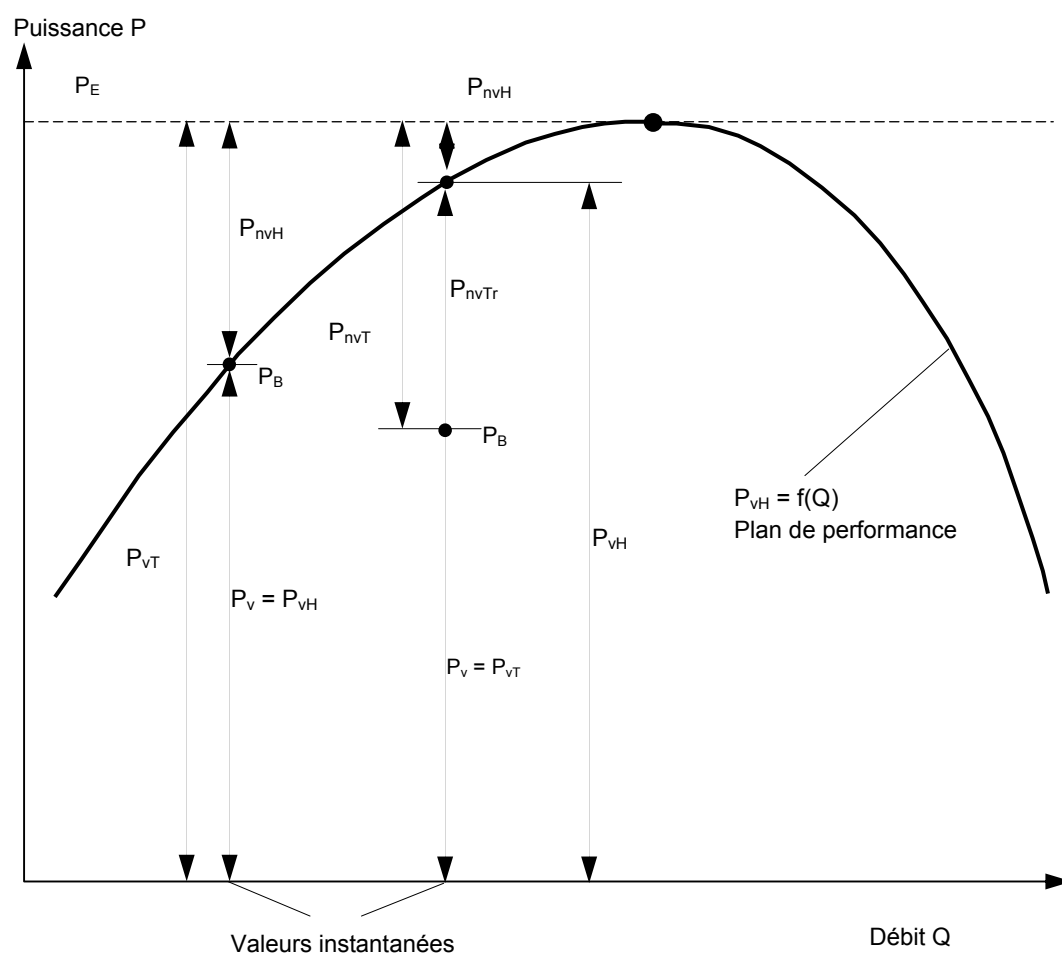


Figure 8 : Paramètres de puissance des centrales au fil de l'eau

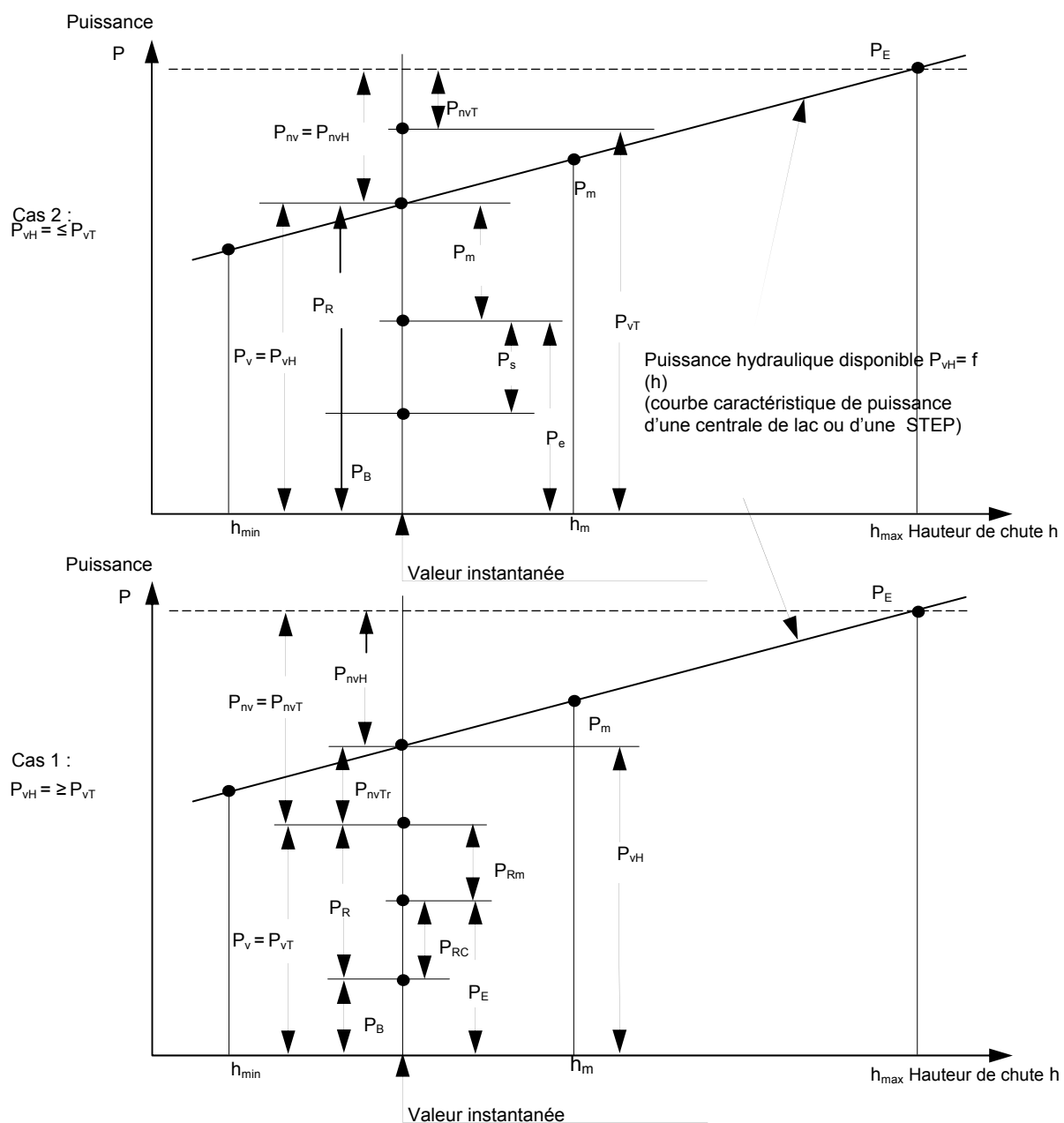
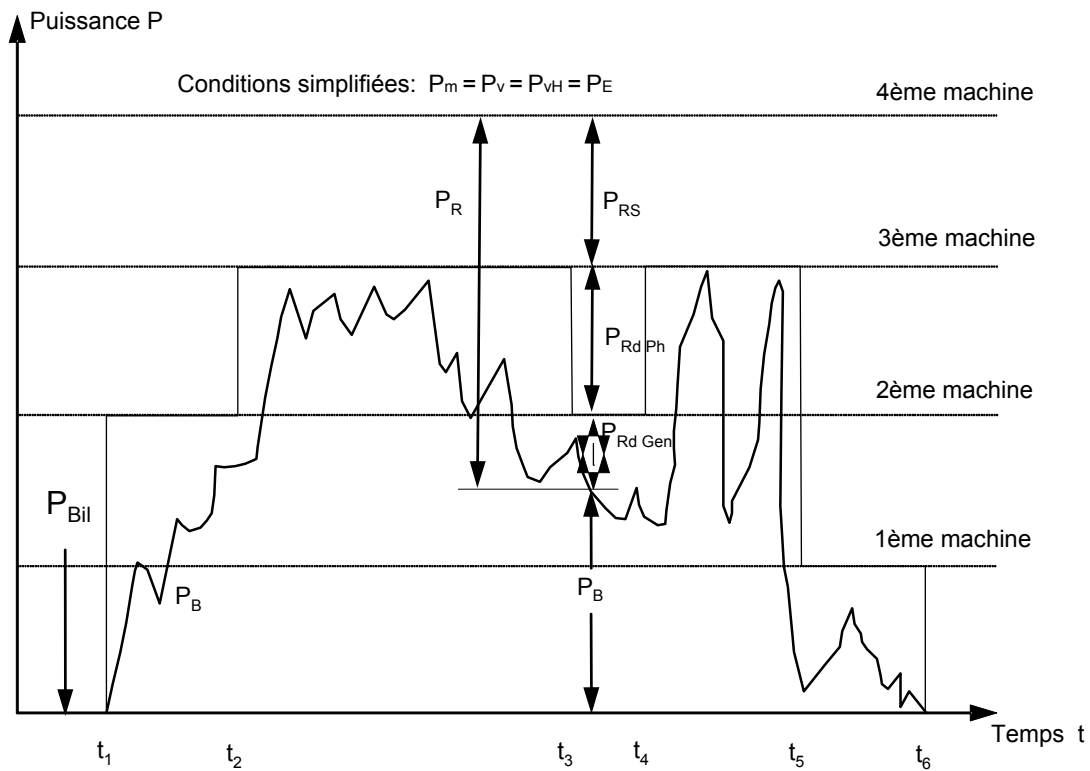


Figure 9 : Paramètres de puissance de centrales de lac et de STEP
 Cas 1 : $P_{vH} \geq P_{vT}$, cas 2 : $P_{vH} \leq P_{vT}$



- t_1 Démarrage de la 1re et de la 2e machine (en mode générateur)
- t_2 Démarrage de la 3e machine
- t_3 Passage de la machine en mode déphasage
- t_4 Passage de la machine du mode déphasage au mode générateur
- t_5 Arrêt de deux machines
- t_6 Arrêt de la 3ème machine

Figure 10 : Schéma de principe de la mise en oeuvre d'une centrale de lac ou d'une STEP

4 Paramètres liés à l'énergie

En mode turbinage/générateur, l'énergie électrique brute est mesurée au niveau des bornes du générateur. L'énergie nette est calculée en déduisant l'énergie électrique des systèmes auxiliaires de la centrale et les pertes du transformateur.

En mode pompage, l'énergie électrique nette est mesurée au niveau des bornes du moteur. L'énergie brute est calculée en additionnant l'énergie électrique des systèmes auxiliaires de la centrale et les pertes du transformateur.

Dans ce cas, la mention « brute » ou « nette » doit être précisée.

Le standard VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14] définit un certain nombre de paramètres liés à l'énergie, courants dans le secteur de l'électricité. Les termes suivants concernent plus particulièrement les centrales hydroélectriques sachant qu'il n'existe pas de pendant énergétique couramment utilisé pour certains paramètres de puissance, ce qui explique l'absence de quelques définitions. La définition de l'énergie nominale WN fournie par le standard VGB-S-002-T-01;2012-04.FR [14] ne s'applique pas aux centrales hydroélectriques.

Désignation	Symbole	Définition
4.1 Capacité de production	W_H	<p>a) La capacité de production d'une centrale au fil de l'eau correspond à l'énergie électrique qui peut être produite sur une période donnée compte tenu de la puissance hydraulique disponible P_{vH} (3.8).</p> $W_H = \int P_{vH} \cdot dt$ <p>Note :</p> <p>La capacité de production est généralement déterminée pour une période d'observation donnée (p. ex. mois, semestre, année). Pour les types de centrale indiqués, elle intègre également les apports en eau provenant d'autres bassins versants. Il faut donc déduire l'énergie de pompage des pompes d'amenée (pompes forcées).</p> <p>La capacité de production de centrales de lac et de STEP bénéficiant d'apports en eau naturels correspond exclusivement à l'énergie électrique qui peut être produite à l'aide de la valeur correspondante (Q_{nat}, apport en eau total après déduction de l'apport par pompage).</p> <p>Pour la détermination de la capacité de production des STEP, il convient de distinguer l'énergie produite par turbinage et l'énergie produite par pompage, rapportées au volume d'accumulation du bassin supérieur.</p>

Désignation	Symbole	Définition
4.2 Capacité de réglage	W_{HR}	Correspond à la capacité de production sur une année de réglage. Note : Cette valeur peut être calculée comme la moyenne de la production d'énergie sur une série d'années de service (au minimum 10). Il peut s'agir d'une moyenne mobile. Il convient de tenir compte du fait que les défaillances techniques peuvent entraîner des valeurs non exploitables. Le cas échéant, la note de la section 1.5.1 s'applique.
4.3 Energie produite (énergie de service)	W_B	L'énergie produite (ou énergie de service) d'une centrale hydroélectrique correspond à l'électricité effectivement produite sur une période donnée (relevés de compteur). $W_B = \int P_B \cdot dt$ Dans les STEP bénéficiant d'apports en eau naturels, on distingue l'énergie de pompage-turbinage (W_{BW}) (4.14) et l'énergie au fil de l'eau (W_{BH}) (4.13).
4.4 Capacité énergétique maximale d'un réservoir (capacité de production max. d'un réservoir)	W_S	La capacité énergétique maximale d'un réservoir correspond à l'électricité qui peut être produite avec la capacité de fonctionnement maximale ; pour les STEP, on indique également l'énergie de pompage requise pour remplir le réservoir.

Désignation	Symbole	Définition
4.5 Capacité énergétique d'un réservoir	W_{SV}	La capacité énergétique d'un réservoir (réserve d'énergie) correspond à l'électricité qui peut être produite compte tenu de la capacité de fonctionnement instantanée et de la hauteur de chute correspondante ainsi que du rendement visé.
(Capacité de production d'un réservoir)		Note sur les sections 1.5.10 et 1.5.12 La capacité énergétique des réservoirs d'un groupe de centrales peut correspondre à celle de la centrale suivante ou la plus en aval dans la chaîne ; cette information doit être précisée (cf. note de la section 1.5.10.)
4.6 Energie non exploitée	W_{HN}	L'énergie non exploitée d'une centrale au fil de l'eau correspond à la différence entre la capacité de production et l'énergie produite (énergie de service). $W_{HN} = W_H - W_B$ Pour une centrale de lac ou une STEP, il s'agit de la part de l'énergie disponible dans les apports en eau de la centrale non exploitée à des fins de production d'électricité.
4.7 Energie disponible	W_v	Correspond à l'énergie qui peut être produite compte tenu de la puissance disponible P_v (3.16). ³ $W_v = \int P_v \cdot dt$
4.8 Energie techniquement disponible	W_{vT}	Correspond à l'énergie qui peut être produite compte tenu de la puissance techniquement disponible P_{vT} (3.15). ³ $W_{vT} = \int P_{vT} \cdot dt$

³ Pour les STEP, l'énergie disponible dépend du niveau de remplissage du bassin supérieur.

Désignation	Symbole	Définition
4.9 Energie techniquement non disponible	W_{nvT}	Correspond à l'énergie qui ne peut pas être produite compte tenu de la puissance techniquement non disponible P_{nvT} (3.13). ³ $W_{nvT} = \int P_{nvT} \cdot dt$
4.10 Energie avec rétroaction techniquement non disponible	W_{nvTr}	Correspond (cf. note en 3.14) à l'énergie qui ne peut pas être produite compte tenu de la puissance avec rétroaction techniquement non disponible P_{nvTr} (3.14). ³ $W_{nvTr} = \int P_{nvTr} \cdot dt$
4.11 Energie de pompage (consom- mation des pompes)	W_P	L'énergie de pompage (consommation des pompes) désigne l'électricité utilisée pour le transfert de l'eau accumulée. Note : Pour des informations sur la distinction entre les valeurs brutes et nettes, lire l'introduction du chapitre 4.
4.12 Energie prélevée en mode déphasage	W_{Ph}	Il s'agit de l'énergie destinée à faire fonctionner le générateur en vue de développer une puissance réactive (capacitive ou inductive). (Concerne essentiellement les STEP)
4.13 Energie au fil de l'eau	W_{BH}	Energie issue des apports naturels en eau
4.14 Energie de pompage- turbine	W_{BW}	Correspond à l'énergie électrique qui peut être produite à partir de l'eau de pompage compte tenu des objectifs de rendement. Cette valeur n'est déterminée que pour les - STEP. $W_{BW} = W_P \cdot \eta_{PT}$

Désignation	Symbole	Définition
4.15 Pertes de retenue	W_{Verl}	<p>Les pertes de retenue correspondent à la baisse de production à la baisse de production d'une centrale au fil de l'eau liée à l'activité d'une autre centrale en aval (nouvelle construction ou modification du niveau normal de retenue). Ces pertes réduisent la capacité de réglage de la centrale au fil de l'eau.</p> <p>Note :</p> <p>La compensation des pertes peut être financière ou prendre la forme d'un échange d'énergie.</p>
4.16 Plan de performance		<p>Le plan de performance est la représentation graphique de l'interaction entre le débit, la hauteur de chute et la puissance. Le débit est représenté sous forme de courbe monotone, la hauteur de chute et la puissance étant fonction du débit. Les courbes de puissance et de hauteur de chute ne sont cependant pas directement des courbes monotones. Elles servent à déterminer la capacité de réglage. La Figure 11 représente le plan de performance d'une centrale au fil de l'eau.</p>

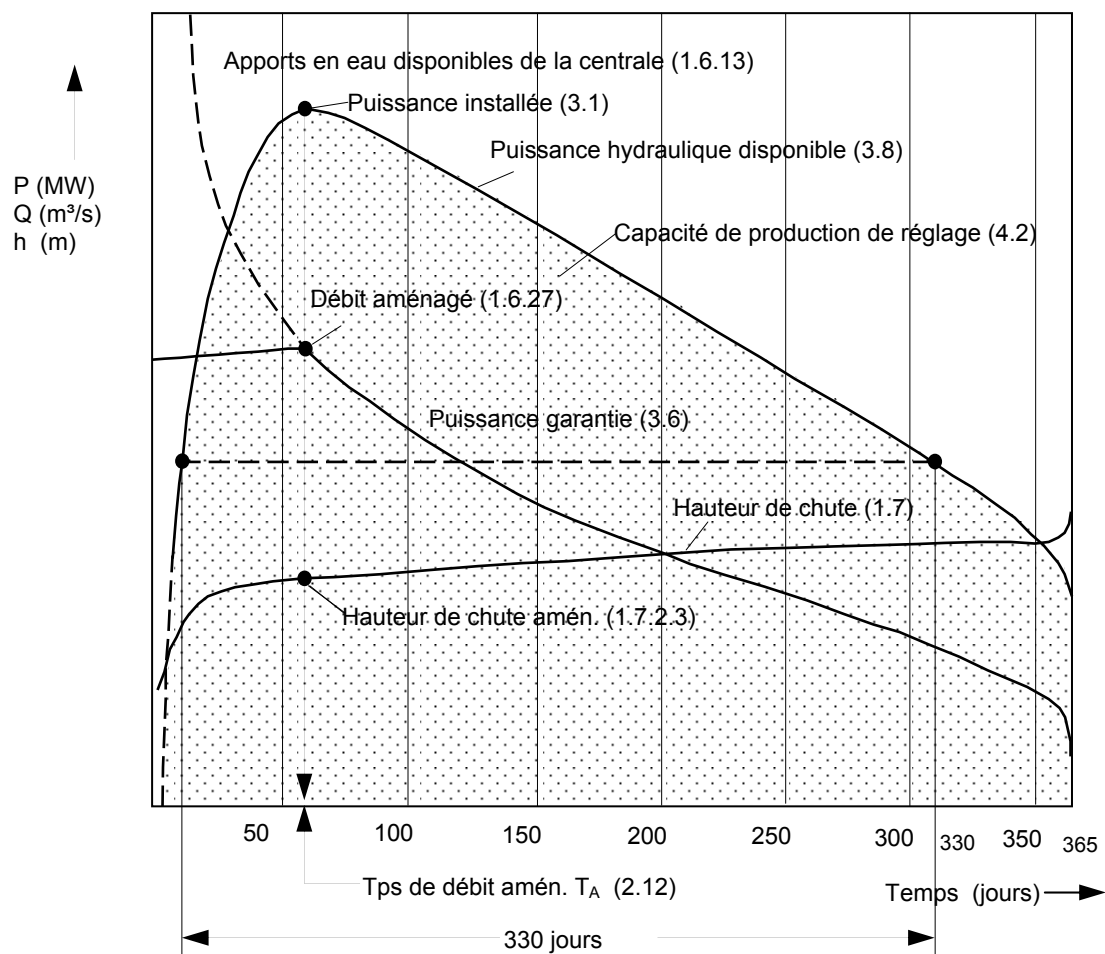


Figure 11 : Plan de performance d'une centrale au fil de l'eau

(Remarque : le débit aménagé est représenté sous forme de courbe monotone, la hauteur de chute et la puissance étant fonction de l'apport en eau disponible de la centrale.)

Désignation	Symbole	Définition
4.17 Paramètre de potentiel		Les valeurs générales relatives à l'exploitation de la force hydraulique (énergie renouvelable) sont en principe exprimées sous formes de paramètres énergétiques. Différents paramètres de potentiel sont utilisés selon les cas. Ils peuvent être relatifs à des cours d'eau, à des zones fluviales, des zones administratives, etc.
4.17.1 Potentiel de précipitations, potentiel des surfaces collectrices		Le potentiel de précipitations (potentiel des surfaces collectrices) d'un bassin versant ou d'une région est une valeur théorique. Elle est déterminée à partir du volume de précipitations sur une année ou de la moyenne d'une série d'années (au minimum 10) ainsi que de la topographie de la région concernée.
4.17.2 Potentiel d'écoulement, potentiel des écoulements		Le potentiel d'écoulement (potentiel des écoulements) est une valeur théorique. Elle est déterminée à partir du potentiel de précipitations compte tenu de l'évaporation.
4.17.3 Potentiel des lignes d'écoulement, potentiel brut		Le potentiel des lignes d'écoulement (potentiel brut) est une valeur théorique. Elle est déterminée uniquement pour les cours d'eau compte tenu du volume d'eau annuel moyen ou de la moyenne sur une série d'années (au minimum 10) ainsi que du dénivelé. Les pertes liées au débit et les rendements de conversion d'énergie sont ignorés. Enfin, les infiltrations et les débits de source sont pris en compte indirectement.

Désignation	Symbole	Définition
4.17.4 Potentiel hydraulique technique		<p>Le potentiel hydraulique technique est établi à partir du potentiel des écoulements de sites précis à la réception et compte tenu des pertes liées au débit et des rendements de conversion d'énergie.</p> <p>Note :</p> <p>Le potentiel hydraulique technique résulte généralement de l'addition de l'énergie produite / la capacité de production (sur une année de réglage) de toutes les installations existantes, des sites en construction, des capacités de production supplémentaires liées à des extensions, des installations désaffectées (dans la mesure où une réactivation est envisageable sur le plan hydraulique) ainsi que de tous les autres paramètres pertinents d'un point de vue hydraulique et technique relatifs à des sites sélectionnés (projets, études faisabilités).</p>
4.17.5 Potentiel hydraulique à développer		<p>Le potentiel hydraulique à développer résulte de l'addition de la capacité de réglage de toutes les centrales en construction ainsi que de tous les projets considérés comme intéressants, écologiques et nécessaires au moment de l'observation.</p> <p>Note :</p> <p>En Autriche, le potentiel hydraulique à développer tient également compte des installations existantes. En Allemagne en revanche, il s'agit uniquement d'une projection dans l'avenir.</p>

5 Disponibilité et utilisation

La disponibilité mesure la capacité d'une centrale (ou d'un segment d'installation) à produire de l'énergie ou à remplir une autre fonction d'exploitation, indépendamment de sa mise en œuvre réelle. Elle sert principalement à évaluer la qualité technique d'une centrale. La zone d'observation s'étend donc uniquement à l'environnement direct de la centrale – généralement du côté de la tension supérieure du transformateur.

Une observation étendue tenant compte des facteurs externes (p. ex. défaillances du réseau, manque d'eau, grève) est par ailleurs possible, cf. Annexe 1.

L'utilisation mesure la disponibilité effective d'une centrale (ou d'un segment d'installation).

Les paramètres de disponibilité et d'utilisation sont quantifiés à l'aide de ratios temporels, de puissance et d'énergie. Afin d'éviter tout malentendu, ils doivent être systématiquement associés aux paramètres complémentaires de temps, de puissance ou d'énergie.

Le standard VGB-RV 808 [13] présente de façon détaillée le mode de calcul des indicateurs de disponibilité et d'utilisation de centrales thermiques. Il est très difficile de reprendre cette méthodologie à l'identique pour les centrales hydroélectriques. Compte tenu de la variabilité de la réserve d'eau des centrales au fil de l'eau ainsi que du lien entre la puissance des centrales de lac / STEP et la hauteur de chute, par exemple, il n'est pas opportun de rapporter systématiquement l'utilisation et la disponibilité de l'énergie à la puissance nominale d'une installation.

Pour les centrales hydroélectriques, il convient de distinguer, d'une part, les paramètres de disponibilité et d'utilisation comme un tout et, d'autre part, les données individuelles relatives aux différents segments de machine ou le total correspondant. Cela permet à la fois de prendre en compte les conditions d'exploitation hydraulique de la centrale proprement dite, de même que d'autres aspects relatifs aux segments de machine.

A noter que, de façon générale, les valeurs caractéristiques de disponibilité et d'utilisation exprimées en temps et en énergie sont des moyennes établies pour des périodes données. En revanche, les caractéristiques de puissance se présentent souvent sous forme de valeurs instantanées. Dans ce cas, cette particularité doit être précisée.

Il n'est pas courant de fournir des valeurs caractéristiques relatives à l'utilisation de l'énergie pour les STEP. Le plus souvent, on se contente d'une analyse de valeurs temporelles individuelles, établies pour chaque segment de machine.

Les valeurs caractéristiques présentées ici tiennent compte des conditions spécifiques aux centrales hydroélectriques.

Désignation	Symbole	Définition
5.1 Disponibilité en temps	k_t	<p>La disponibilité en temps permet d'effectuer une analyse comparative de groupes de machines et de segments d'installation, pour lesquels les paramètres énergétiques ne sont pas disponibles. Elle ne reflète pas de grandeur de puissance, mais rend compte uniquement des arrêts.</p> <p>La disponibilité en temps d'une centrale ou d'une partie de l'installation est le quotient du temps disponible par le temps nominal.</p> $k_t = \frac{t_v}{t_N} = \frac{t_B + t_R}{t_N}$ <p>Note :</p> <p>Il est préconisé de fonder la détermination de la disponibilité en temps de STEP sur des mesures de temps distinctes effectuées pour les modes de fonctionnement caractéristiques (mode turbinage [mode générateur], mode pompage, mode déphasage, court-circuit hydraulique), sans oublier la marge (cf. section 2.4).</p>
5.2 Indisponibilité en temps	k_{tn}	<p>L'indisponibilité en temps est une valeur complémentaire de la disponibilité en temps.</p> $k_{tn} = 1 - k_t = 1 - \frac{t_v}{t_N}$

Désignation	Symbole	Définition
5.3 Disponibilité en termes de puissance	k_{PH}	<p>La disponibilité en termes de puissance est une valeur instantanée exprimant une disponibilité momentanée, notamment à des fins de répartition de la charge.</p> <p>La disponibilité d'une centrale en termes de puissance est exprimée sous forme de valeur instantanée. Elle correspond au quotient de la puissance disponible par la puissance hydraulique disponible.</p> $k_{PH} = \frac{P_v}{P_{vH}}$
5.4 Disponibilité technique en termes de puissance	k_{PT}	<p>La disponibilité technique d'une installation en termes de puissance est exprimée sous forme de valeur instantanée. Elle correspond au quotient de la puissance techniquement disponible par la puissance de sortie maximale.</p> $k_{PT} = \frac{P_{vT}}{P_E}$
5.5 Disponibilité en termes d'énergie	k_W	<p>Globalement, la disponibilité en termes d'énergie désigne une valeur caractéristique globale utilisée pour évaluer la disponibilité générale d'une centrale. Elle permet d'effectuer une analyse comparative à long terme. Cette valeur intègre toutes les baisses de puissance et les arrêts.</p> <p>Elle correspond au quotient de l'énergie disponible sur une période donnée par la capacité de production sur la même période.</p> $k_W = \frac{W_v}{W_H}$

Désignation	Symbole	Définition
5.6 Disponibilité technique en termes d'énergie	k_{WT}	<p>Toutes défaillances techniques comprises, cette valeur est le quotient de l'énergie techniquement disponible par la production d'énergie maximale.</p> $k_{WT} = \frac{W_{vT}}{P_E \cdot t_N}$ <p>Note :</p> <p>Il n'est pas pertinent d'établir des valeurs de disponibilité en énergie pour les STEP notamment en raison de la définition de la valeur W_H.</p>
5.7 Indisponibilité en termes d'énergie	k_{Wn}	<p>L'indisponibilité en énergie est une valeur complémentaire de la disponibilité en termes d'énergie.</p> $k_{Wn} = 1 - k_W$ <p>Note :</p> <p>Indirectement, cette valeur reflète les pertes liées à une défaillance technique des installations avec une réserve d'eau exploitable. Se reporter au début du chapitre pour des informations sur les éléments qui composent cette valeur.</p>

Désignation	Symbole	Définition
5.8 Utilisation en temps	n_t	L'utilisation en temps correspond au quotient du temps de fonctionnement par le temps nominal. $n_t = \frac{t_B}{t_N}$
5.9 Utilisation en termes de puissance	n_P	Valeur instantanée correspondant au quotient de la puissance de fonctionnement par
5.9.1 Utilisation de la puissance maximale	n_{PE}	la puissance maximale admissible $n_{PE} = \frac{P_B}{P_E}$
5.9.2 Utilisation de la puissance moyenne	n_{PH}	la puissance moyenne P_{mH} (cf. chapitre 3.10) $n_{PH} = \frac{P_B}{P_{mH}}$

Désignation	Symbole	Définition
5.10 Utilisation	n_W	<p>Mesure l'énergie effectivement produite par une installation.</p> <p>Note :</p> <p>Pour les STEP, ces indicateurs peuvent être déterminés séparément pour le mode turbinage et le mode pompage. Il n'est cependant pas courant de déterminer le paramètre d'utilisation de ces centrales.</p>
5.10.1 Utilisation en termes d'énergie	n_{We}	<p>Correspond au quotient de la production d'énergie par la capacité de production $n_{We} = \frac{W_B}{W_H}$. Pour simplifier, elle peut être établie pour une hauteur de chute moyenne constante.</p> $n_{we} = \sum_{i=1}^5 \frac{(Q_{Ni} - Q_{BVi})}{Q_{Ni}}$
5.10.2 Utilisation de réglage	n_{Wr}	<p>L'utilisation de réglage correspond au quotient de la production d'énergie par la capacité de réglage.</p> $n_{Wr} = \frac{W_B}{W_{HR}}$
5.10.3 Utilisation de l'énergie	n_W	<p>Correspond au quotient de l'énergie produite et de l'énergie théorique maximale possible par la puissance maximale ou la puissance installée, cf. VGB-RV 808 [13].</p> $n_W = \frac{W_B}{P_E \cdot t_N}$

Désignation	Symbole	Définition
5.11 Disponibilité en temps d'une machine (%)	k_t	<p>Désigne le quotient du temps disponible par le temps nominal.</p> $k_t = \frac{t_v}{t_N}$ <p>Quotient de la somme du temps de fonctionnement t_B (*) et de la marge de sécurité t_R (autrement dit le temps de disponibilité t_v) par le temps nominal t_N d'une machine au cours de l'année sous revue (temps calendaire).</p> $k_t = \frac{t_B + t_R}{t_N}$ <p>(*) : $t_B = t_{TU} + t_{PU} + t_{PH} + t_{HY}$</p> <p>$t_{TU}$ = Temps de fonctionnement en mode turbinage</p> <p>t_{PU} = Temps de fonctionnement en mode pompage</p> <p>t_{PH} = Temps de fonctionnement en mode déphasage</p> <p>t_{HY} = Temps de fonctionnement en mode court-circuit hydraulique</p>
5.12 Disponibilité en temps d'une centrale (%)	k_t	<p>Correspond au quotient de la disponibilité en temps des différents segments de machine multiplié par la puissance nominale* de la ou des machine(s) et par la puissance nominale de la centrale P_N</p> <p>ou au quotient de la somme du temps de fonctionnement t_B et de la marge de sécurité t_R par le temps nominal t_N de tous les groupes de machines sur un exercice.</p> $k_t = \frac{\sum t_B + t_R}{\sum t_N}$

Désignation	Symbole	Définition
5.13 Disponibilité en termes de puissance	k_{PH}	Correspond au quotient de la puissance disponible par la puissance nominale. $k_{PH} = \frac{P_v}{P_N}$

Annexe 1 Facteurs externes

Facteur externe⁴ Les facteurs externes désignent tous les événements extérieurs qui ont une incidence sur le fonctionnement d'un module ou d'une installation d'une centrale, donc sur la puissance développée et sur sa disponibilité. Les exploitants n'ont pas d'influence sur ces événements (p.ex. climats, supports,...)

Restrictions de puissance dues à des facteurs externes

Les limitations de puissance liées à des facteurs externes désignent des restrictions de la capacité de fonctionnement d'une installation qui échappent au contrôle de l'exploitant ou sur lesquelles ce dernier ne peut avoir qu'une faible influence. Elles ne minorent en rien la disponibilité de l'installation. Ces limitations se définissent comme de la puissance disponible non injectable sur le réseau, dans la mesure où ces pertes de puissance se justifient par l'un des événements ci-après ou par un incident comparable et ne causent aucun dommage ni panne de l'installation (qu'elle soit disponible ou indisponible).

En cas de problème technique ou de panne de l'installation causée par un facteur externe, il y a indisponibilité.

- Climat
- Qualité de l'eau (p. ex. formation d'algues, pollution)
 - Manque d'eau lié, entre autres, au gel, à des calottes glaciaires, à des refus de dégrillage, à des déchets flottants, à des crues/basses eaux, à la sécheresse, à une baisse du niveau normal de retenue/d'énergie liée à un vent fort...
 - Restrictions de puissance/d'énergie liées à des phénomènes météorologiques et des événements exceptionnels : tempête, avalanche, chute de pierres, travaux de consolidation

⁴ Correspond à la définition fournie dans le standard. L'extrait reproduit ici est spécifique à la force hydraulique.

Restrictions du réseau

Côté réseau, l'installation est délimitée par les bornes de tension supérieures du transformateur.

Tous les événements qui nuisent à la diffusion d'énergie dans les conduites, points de couplage, etc., constituent des facteurs externes :

- Mesures excluant le transfert d'énergie en dehors de la zone placée sous la responsabilité de l'exploitant de l'installation (p. ex. travaux de maintenance / pannes dans les postes de transformation ou au niveau des lignes de transport et capacités de transport insuffisantes)
- Mesures d'optimisation de la sécurité ou de la fiabilité du système d'approvisionnement électrique à la demande du gestionnaire de réseau
- Redispatching du GRT (réaffectation intraday par le gestionnaire de réseau)
- Suppression de protections dans le réseau de transport causée par la foudre, p. ex.

Manque de personnel

Installation non opérationnelle en raison d'une grève, d'une pandémie, d'un état de siège ou d'une occupation

Divers

- Attaque terroriste, enquête policière, catastrophe aérienne ou naufrage, tremblement de terre, cas de force majeure
- Journée portes ouvertes/relations publiques
- Nouvelles exigences réglementaires impactant la licence d'exploitation existante Ex. : niveau acoustique accru (non autorisé)
- Restrictions imposées par le droit/la gestion des eaux
- Opérations de sauvetage
- Nappe d'huile provoquée par des facteurs externes (en amont ou en aval)

Exemples de facteurs externes ayant une incidence sur les centrales hydroélectriques

Conservation de l'installation ; arrêts dans le cadre de mesures de conservation, à condition que le reste de l'installation soit techniquement disponible dans son intégralité.

Les statistiques de disponibilité risquent d'être faussées par l'intégration des installations conservées (100 % disponibles) si ces dernières ne fonctionnent pas pendant une période prolongée en raison des mesures de conservation. Pour intégrer des installations conservées à des fins d'analyse statistique, il convient donc d'appliquer un temps nominal réduit. Le temps nominal commence avec le premier signal de disponibilité de l'installation après une mesure de conservation et se termine à la reprise de cette dernière.

Liste des abréviations

BDEW	<i>Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft</i> (fédération allemande du secteur de l'énergie et de l'hydroélectricité)
BGW	<i>Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V.</i> (fédération allemande du secteur du gaz et de l'hydroélectricité)
CO ₂	Dioxyde de carbone
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (institut allemand de normalisation)
ESHA	<i>The European Small Hydropower Association</i> (association européenne des petites centrales hydroélectriques)
CEI	Commission électrotechnique internationale
ISO	Organisation internationale de normalisation
MW	Mégawatt
ÖNORM	Norme autrichienne
VDEW	<i>Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.</i> (fédération du secteur de l'électricité)
VGB	VGB PowerTech e. V.

Liste des illustrations

Figure 1 : Capacité d'accumulation et niveaux normaux de retenue (cf. DIN 4048 et 19700) [1], [6] et ÖNORM M7103 [10]).....	35
Figure 2 : Courbe caractéristique des apports en eau	44
Figure 3 : Schéma des débits d'une centrale au fil de l'eau.....	53
Figure 4 : Schéma des hauteurs de chute d'une centrale au fil de l'eau.....	59
Figure 5 : Schéma des hauteurs de chute de centrales avec dérivation (cf. Figure 4)	60
Figure 6 : Schéma des hauteurs de chute de centrales de lac et de STEP.....	61
Figure 7 : Schéma descriptif des paramètres de temps.....	66
Figure 8 : Paramètres de puissance des centrales au fil de l'eau.....	80
Figure 9 : Paramètres de puissance de centrales de lac et de STEP Cas 1 : $P_{vH} \geq P_{vT}$, cas 2 : $P_{vH} \leq P_{vT}$	81
Figure 10 : Schéma de principe de la mise en oeuvre d'une centrale de lac ou d'une STEP	82
Figure 11 : Plan de performance d'une centrale au fil de l'eau.....	89

Bibliographie

- [1] DIN 4048, partie 1
Construction hydraulique - Notions - Barrages, version 01/1987
- [2] DIN 4049, partie 1
Hydrologie : notions de base, version 12/1992
- [3] DIN 4054
Ouvrages hydrauliques pour voies navigables - Terminologie, version 09/1977
- [4] DIN 4320
Turbines hydrauliques; dénominations selon le mode de fonctionnement et selon le type de construction, version 10/1971
- [5] DIN 55302
Méthodes d'exploitation des valeurs statistiques, version 1970
- [6] DIN 19700, partie 10
Ouvrages de prise d'eau, version 07/2004
- [7] CEI 60041
Essais de réception sur place des turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines, en vue de la détermination de leurs performances hydrauliques, version 11/1991
- [8] CEI 60193
Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines – Essais de réception sur modèle, version 11/1999
- [9] CEI 62097
Machines hydrauliques, radiales et axiales – Méthode de conversion des performances du modèle au prototype, version 02/2009
- [10] ÖNORM M7103
Grundbegriffe der Energiewirtschaft – Wasserkraftwirtschaft, version 05/1991
- [11] ÖNORM B 2400
Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen - Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772, version 12/2011
- [12] VDI 4620, feuillet 1
Wasserkraftanlagen; Begriffe
- [13] VGB-RV 808
Terminologie technique utilisée dans l'industrie - Partie B : électricité et production de chaleur - Cahier 3 : termes fondamentaux et nomenclature concernant la disponibilité des tranches thermiques, version 03/2008

- [14] VGB-S-002-T-01;2012-04.DE
Termes fondamentaux du secteur de l'électricité, version 01/2012
- [15] *Deutsches gewässerkundliches Jahrbuch*
(ici : région de la Donau, année hydraulique 1988, *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft*, Munich)
- [16] *Gesetz über Einheiten im Messwesen* (loi du 2 juillet 1969 sur les unités de mesure) ; dernière ordonnance de modification en date du 12 décembre 1977 : *Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 12. Dezember 1977*, Bundesgesetzblatt, année 1977, partie I, p. 2537

Index alphabétique des désignations

Désignation	Symbole	Section
Année à niveau d'humidité ou de sécheresse extrême		1.5.11
Année de réglage		1.5.15
Année humide,		1.5.10
Année hydrologique		1.5.1
Apport en eau / débit d'écoulement corrigé	Q_{korr}	1.6.2
Apport en eau de centrales ou de STEP	Q_{ZTP}	1.6.5
Apport en eau disponible, débit disponible de l'ouvrage d'accumulation	Q_V	1.6.13
Apport en eau en amont	Q_{OL}	1.6.7
Apport en eau total	Q_{Zu}	1.6.3
Apport en eau utile de la centrale	Q_N	1.6.24
Apport naturel en eau	Q_{nat}	1.6.6
Apport par adduction	Q_{Bei}	1.6.8
Apport par réintroduction	Q_{Ein}	1.6.9
Arrêt		1.4.2.5
Barrage		1.1.12
Barrage mobile		1.1.17
Bassin versant		1.1.6
Bassin versant actif		1.1.18
Capacité d'accumulation totale, capacité de retenue totale	V_G	1.3.1.2
Capacité de déversement	V_S	1.3.1.5
Capacité de fonction-nement	V_B	1.3.1.4
production	W_H	4.1
Capacité de réglage	W_{HR}	4.2
Capacité de réserve inférieure	V_{RU}	1.3.1.8
Capacité de réserve supérieure	V_{RO}	1.3.1.7
Capacité du bassin		1.3.1.1
Capacité énergétique d'un réservoir	W_{SV}	4.5
Capacité énergétique maximale d'un réservoir	W_S	4.4

Désignation	Symbole	Section
Capacité non exploitable	V_T	1.3.1.9
Capacité utile	V_N	1.3.1.3
Centrale (installation) hydro-électrique		1.2.14
Centrale avec dérivation, centrale canalisée		1.2.1
Centrale basse pression (centrale basse chute)		1.2.9
Centrale de lac		1.2.12
Centrale fluviale		1.2.3
Centrale haute pression (centrale haute chute)		1.2.5
Centrale houlomotrice		1.2.15
Centrale hydromotrice		1.2.13
Chaîne de déversement		1.2.7.2
Cheminée d'équilibre		1.1.16
Conduite à écoulement gravitaire		1.1.8
Cote d'évacuation des crues		1.3.3.7
Cote de couronnement		1.3.3.6
Court-circuit hydraulique		1.4.2.8
Crue		1.5.2
Débit	Q	1.6.1
Débit aménagé	Q_A	1.6.27
Débit d'écoulement de centrales ou de STEP	Q_{ATP}	1.6.20
Débit d'étiage	N_Q	1.5.13
Débit d'étiage moyen	M_{NQ}	1.5.9
Débit de crue	H_Q	1.5.3
Débit de crue maximal	H_{HQ}	1.5.5
Débit de crue moyen	M_{HQ}	1.5.8
Débit de crue récurrence X année	H_{Qn}	1.5.14
Débit de crue théorique maximal		1.5.4
Débit de la centrale	Q_K	1.6.21
Débit de perte	Q_{Ver}	1.6.15

Désignation	Symbole	Section
Débit de perte de la centrale	Q_{KV}	1.6.23
Débit de perte lié à des problèmes de fonctionnement	Q_{BV}	1.6.26
Débit de perte spécifique	Q_{AV}	1.6.25
Débit de pompage	Q_P	1.6.29
Débit de pompage nominal	Q_{PN}	1.6.30
Débit de transition	$Q_{\text{Über}}$	1.6.16
Débit de turbinage	Q_T	1.6.22
Débit de turbinage nominal	Q_{TN}	1.6.28
Débit d'eau résiduelle	Q_{Rest}	1.6.19
Débit dérivé	Q_{Abl}	1.6.14
Débit minimum vital (courant minimum vital)	Q_{Pfl}	1.6.18
Débit moyen	M_Q	1.5.7
Débit réservé, débit affecté	Q_{Dot}	1.6.17
Débit seuil d'alerte	N_{NQ}	1.5.12
Débit/niveau d'eau maximal		1.5.6
Déversement		1.2.7.1
Disponibilité en énergie	k_W	5.5
Disponibilité en temps	k_t	5.1
en temps d'une centrale (%)	k_t	5.12
Disponibilité en temps d'une machine (%)	k_t	5.11
Disponibilité en termes de puissance	k_{PH}	5.13
Disponibilité technique en termes d'énergie	k_{WT}	5.6
Disponibilité technique en termes de puissance	k_{PT}	5.4
Durée d'utilisation	t_a	2.11
Durée de remplissage d'un réservoir	t_f	2.13
Eau de transfert		1.4.2.12
Energie au fil de l'eau	W_{BH}	4.13
Energie avec rétroaction techniquement non disponible	W_{nvTr}	4.10
Energie de pompage (consommation des pompes)	W_P	4.11
Energie de pompage-turbinage	W_{BW}	4.14

Désignation	Symbole	Section
Energie disponible	W_v	4.7
Energie non exploitée	W_{HN}	4.6
Energie prélevée en mode déphasage	W_{Ph}	4.12
Energie produite (énergie de service)	W_B	4.3
Energie techniquement disponible	W_{vT}	4.8
Energie techniquement non disponible	W_{nvT}	4.9
Exploitation au fil de l'eau		1.4.2.1
Exploitation en écluse		1.2.7.3
Exploitation journalière, hebdomadaire et saisonnière		1.4.2.10
Hauteur d'amenée géodésique	$h_{z \text{ geo}}$	1.7.3.7
Hauteur de chute aménagée de la centrale	h_{KA}	1.7.2.3
Hauteur de chute brute	h_{brutto}	1.7.3.1
Hauteur de chute déviée	h_U	1.7.2.4
Hauteur de chute maximale	h_{max}	1.7.3.4
Hauteur de chute maximale théorique	$h_{max \text{ theo}}$	1.7.3.3
Hauteur de chute minimale	h_{min}	1.7.3.6
Hauteur de chute minimale théorique	$h_{min \text{ theo}}$	1.7.3.5
Hauteur de chute minimale	h_{min}	1.7.3.6
Hauteur de chute nette	h_{netto}	1.7.1.1
Hauteur de chute nominale	h_N	1.7.1.2
Hauteur de chute totale	h_g	1.7.2.1
Hauteur de refoulement géodésique	$h_{p \text{ geo}}$	1.7.3.8
Hauteur de refoulement manométrique	$h_{p \text{ man}}$	1.7.3.10
Hauteur de refoulement moyenne	h_{pm}	1.7.3.9
Indisponibilité en énergie	k_{Wn}	5.7
Indisponibilité en temps	k_{tn}	5.2
Installation multifonction		1.2.8
Maintien de la réserve de puissance		1.4.2.15
Marge	V_F	1.3.1.6
Masse d'eau courante	Q_{FW}	1.6.4

Désignation	Symbole	Section
Mise à disposition de la puissance crête		1.4.2.13
Mode de fonctionnement		1.4.2.3
Mode de réglage	A_{HR}	1.4.2.14
Mode compensateur synchrone synchrone		1.4.2.7
Mode pompage		1.4.2.6
Mode pompage-turbinage		1.4.2.11
Niveau d'abaissement maximal	Z_T	1.3.3.5
Niveau de retenue maximal	Z_H	1.3.3.3
Niveau normal d'abaissement	Z_A	1.3.3.4
Niveau normal de retenue	Z_S	1.3.3.1
Non-dispatchabilité en temps disponible	t_{nb}	2.9
Ouvrage d'accumulation		1.1.10
Paramètre de potentiel		4.17
Perte de charge	h_v	1.7.1.3
Pertes Pertes	W_{Verl}	4.15
Phase de rétention	S_{SR}	1.4.1.2
Phase de vidage	S_{SE}	1.4.1.1
Plan de performance		4.16
Point de dérivation, point de prélèvement		1.1.2
Point de restitution, point de réintroduction		1.1.9
Potentiel d'écoulement,		4.17.2
Potentiel de précipitations, / des surfaces collectrices		4.17.1
Potentiel des lignes d'écoulement,		4.17.3
Potentiel hydraulique		4.17.5
Potentiel hydraulique technique		4.17.4
Prélèvement dans la retenue, eau d'appoint	Q_{SE}	1.6.10
Prise d'eau		1.1.14
Puissance apparente		3.25
Puissance avec rétroaction techniquement non disponible	P_{nvTr}	3.14
Puissance de fonctionnement	P_B	3.3

Désignation	Symbole	Section
Puissance de réserve	P_R	3.2
Puissance dispatchable	P_b	3.21
Puissance disponible	P_v	3.16
Puissance en mode pompage, puissance de refoulement		3.9
Puissance garantie	P_s	3.6
Puissance hydraulique disponible	P_{vH}	3.8
Puissance hydraulique non disp	P_{nvH}	3.7
Puissance installée	P_A	3.1
Puissance maximale		3.3.1
Puissance maximale admissible	P_E	3.5
Puissance moyenne	P_m	3.10
Puissance moyenne en mode pompage	P_{mP}	3.11
Puissance nominale	P_N	3.12
Puissance non dispatchable	P_{nb}	3.22
Puissance non disponible fortuite	$P_{nv u}$	3.20
Puissance non disponible programmée	$P_{nv p}$	3.19
Puissance non exploitable	P_{ns}	3.18
Puissance non exploitée	P_{ng}	3.17
Puissance technique-ment disponible	P_{vT}	3.15
Puissance techniquement non disponible	P_{nvT}	3.13
Racine de la retenue		1.1.13
Réservoir		1.2.11
Rétention	Q_{SR}	1.6.11
Revanche	f	1.3.3.8
Rythme de l'exploitation		1.4.2.9
Puissance minimale		3.23
Temps	t	2.1
Temps d'indisponibilité	t_{nv}	2.7
Temps d'utilisation	t_{ben}	2.10
Temps de débit aménagé	t_A	2.12

Désignation	Symbole	Section
Temps de disponibilité	t_v	2.3
Temps de réserve	t_R	2.5
Temps disponible non exploitable	t_{ns}	2.8
Temps disponible non exploité	t_{ng}	2.6
Temps nominal	t_N	2.2
Tolérance pour niveau normal de retenue		1.3.3.2
Tronçon		1.1.3
Tronçon aménagé		1.1.1
Tronçon de prélèvement		1.1.7
Utilisation	n_W	5.10.3
Utilisation	n_W	5.10
Utilisation de réglage	n_{Wr}	5.10.2
Utilisation en temps	n_t	5.8
Utilisation	n_P	5.9
Utilisation	n_{WE}	5.10.1
Variation du volume d'accumulation	ΔI	1.4.1.3
Voie d'eau motrice		1.1.15
Volume d'accumulation total, volume de retenue		1.3.2.1
Volume de fonctionnement	I_B	1.3.2.3
Volume de la capacité de déversement	I_S	1.3.2.4
Volume de réserve inférieur	I_{RU}	1.3.2.6
Volume de réserve supérieur	I_{RO}	1.3.2.5
Volume non exploitable		1.3.2.7
Volume utile	I_N	1.3.2.2
Zone d'enfoncement		1.1.5

Index

A

Année de réglage	43
Année humide	42
Année hydrologique.....	41
Année sèche.....	42
Apport en eau	46, 72, 77
disponible.....	49
en amont.....	48
naturel en eau	47
par adduction d'eau	48
par pompage.....	47
par réintroduction	48
par turbinage.....	47
Arrêt.....	37

B

Barrage.....	24, 26
Bassin versant.....	24
Bassin versant actif	26

C

Capacité	
d' accumulation totale	31
de bassin	31
de déversement	31
de fonctionnement	31
de production	84, 86
de réglage.....	85
de réserve.....	32

de retenue totale	31
énergétique maximale.....	85
non exploitable	32
utile	31

Centrale

accumulation par pompage.....	22
au fil de l'eau.....	31, 36, 53, 55
avec dérivation	27, 60
canal	21
côtière	27
d' énergie par pompage	47
de la rivière	27
haute pression	27
hydromotrice	30
ligne d'alimentation	21
petites centrales hydroélectriques.	21
pile	27
réservoir	22

Station de transfert	61
Station de Transfert.....	56

Centrale

puits	27
Chaîne de déversement	28
Conduite à écoulement gravitaire	25
Conduite sous pression	24
Cote	34
Cote de couronnement	34

Cote de hauteur supérieure maximale	34
courbe caractéristique des apports en eau	40
Courbe caractéristique des apports en eau	44
Court-circuit hydraulique	38
Crue	41

D

Débit	45, 46
affecté	49
aménagé	52
d' eau résiduelle	50
d' écoulement total	48
d' étiage moyen	42
de crue	41, 43
de crue moyen	42
de la centrale	51
de perte	49
de perte de la centrale	51
de perte lié à des problèmes de fonctionnement	52
de perte spécifique à une installation	51
de pompage	52
de pompage nominal	52
de transition	49
de turbinage	51, 52
minimum vital	50
moyen	42
réservé	49
seuil d'alerte	43

Déversement	28, 36
Disponibilité	92, 95
Disponibilité en temps	94
d' une centrale	99
d' une machine	99
Disponibilité en termes	
de puissance	95, 100
Durée d'utilisation	67
Durée de remplissage	68

E

Eau basse	23
Eau de transfert	39
Energie	
au fil de l'eau	87
avec rétroaction	87
de pompage	87
de pompage-turbinage	87
de service	85
disponible	86
non exploitée	86
prélevée en mode déphasage	87
produite	85
techniquement disponible	86
Exploitation	
au fil de l'eau	36
de hebdomadaire	39
de journalière	39
et saisonnière	39

F

Facteurs externes	101
-------------------------	-----

Climat.....	101	Installation multifonctions.....	28
Divers.....	102	M	
Exemples	103	Marge	31
Manque de personnel	102	Masse d'eau courante	46
Restrictions du réseau	102	Mode	
H		compensateur synchrone.....	38
Hauteur		de fonctionnement alterné.....	37
d' accumulation.....	33	de fonctionnement continu	37
d' amenée géodésique.....	57	de réglage	39
de refoulement géodésique	57	pompage	37
de refoulement manométrique	58	pompage-turbinage	39
de refoulement moyenne	57	N	
Hauteur de chute	54, 74, 77	Niveau d'eau.....	41
aménagée de la centrale	55	Niveau normal	
brute.....	56	d' abaissement.....	33, 34
de la centrale	55	de retenue.....	33
déviée	56	tolérance	33
maximale	57	O	
maximale théorique.....	56	Ouvrage d'accumulation	25
minimale	57	P	
moyenne	56	Paramètre de potentiel	90
nette.....	55	Paramètres de puissance	69
nominale	55	Perte de charge	55
totale	55	Pertes de retenue	88
Hauteurs d'amenée	54	Phase de rétention.....	36
Hauteurs de refoulement	54	Phase de vidage	36, 37
Hydrologie	40	Plan de performance	88
I		Point	
Indisponibilité en temps	94	de dérivation	23
Indisponibilité en termes d'énergie ..	96	de prélèvement	23

de réintroduction	25	réactive	79
de restitution	26	selon bilan	71
Potentiel		techniquement non disponible	76
d'écoulement	90	R	
des lignes.....	90	Racine de la retenue.....	25
hydraulique à développer.....	91	Réservoir	25
hydraulique technique.....	91	annuel	30
Prélèvement dans la retenue	48	hebdomadaire	30, 72
Prise d'eau.....	25	journalier	30, 72
Puissance		saisonnier.....	30
apparente.....	79	Rétention	48
avec rétroaction	76	Rythme de l'exploitation.....	38
de fonctionnement	70	S	
de refoulement.....	75	Schéma de puissance	80, 81
de réserve.....	70	Schéma de temps.....	66
dispatchable.....	78	Schéma des débits	53
disponible.....	77	Schéma des hauteurs.....	59
garantie.....	72, 73	Schéma plan de performance.....	89
hydraulique disponible	74	T	
hydraulique non disponible	74	Taux d'utilisation	67
installée.....	70	Temps	
maximale	70	d'indisponibilité.....	64
maximale admissible.....	71	débit aménagé	68
minimale	79	disponibilité	63
mode pompage	75	disponible non exploitable.....	65
moyenne	75	disponible non exploité.....	64
nominale	75	fonctionnement	63
non dispatchable.....	79	intervalle.....	62
non disponible fortuite.....	78	nominal	63
non injectable.....	78	non dispatchabilité	65
non injectée	77		

réserve.....	64	maximale.....	97
utilisation.....	67	Taux.....	67
Temps d'indisponibilité			
fortuite.....	65		
non disponible.....	65		
programmée	65		
Tronçon aménagé	55		
Tronçon court-circuité.....	23, 49		
Tronçon de prélèvement.....	24, 49		
U			
Utilisation.....	92, 98		
d' énergie	98		
de puissance.....	97		
de réglage.....	98		
Durée	67		
en temps	97		
		V	
		Variation du volume d'accumulation	36
		Voie d'eau motrice	26
		Volume	
		de fonctionnement.....	32
		de la capacité de déversement	32
		de réserve	33
		de retenue	32
		non exploitable	33
		utile	32
		Volume de eau.....	45
		Z	
		Zone d'enfoncement	24
		Zone de retenue	25