

Standard VGB

Annexe conformément
à la série de
publications VGB-S-002

VGB-S-002-33-2016-08-FR



Standard VGB

Annexe conformément à la série de publications VGB-S-002

VGB-S-002-33-2016-08-FR

Éditeur :

VGB PowerTech e.V.

Maison d'édition :

VGB PowerTech Service GmbH

Maison d'édition pour les publications techniques et scientifiques

Deilbachtal 173, 45257 Essen, Allemagne

Tél. : +49 201 8128-200

Fax : +49 201 8128-329

E-Mail : mark@vgb.org

ISBN 978-3-96284-117-1 (eBook)



Toute reproduction du présent ouvrage est soumise
à l'autorisation préalable de VGB.

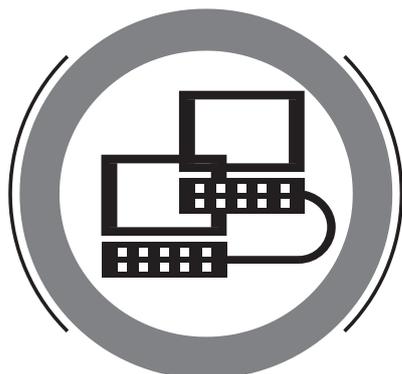
www.vgb.org

License publique générale Public License Document

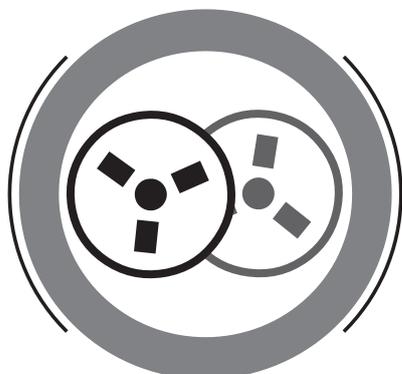
License publique générale
Public License Document



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.

Clause de non-responsabilité

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 e.V. décline toute responsabilité quant à leur utilisation.

La version de référence pour la traduction de ce standard VGB est la version en langue allemande.

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 du document concerné par la modification.*

Registre des modifications

Norme VGB	Date de modification	Chapitre	Description
Annexe-VGB-S-002	Octobre 2015		Original

Préface

L'insertion de nouvelles définitions et le développement des paramètres actuellement utilisés par les organes spécialisés de VGB se basent sur des discussions approfondies entre les représentants techniques des entreprises membres et l'illustration des situations discutées sous la forme de diagrammes et d'exemples. Ces derniers ont plus ou moins « disparu au fond d'un tiroir » lors de la publication des définitions et des paramètres finaux et n'ont pas été redus public. Après la publication, nous avons cependant reçu de nombreuses questions sur leurs utilisations pratiques.

Cette annexe a pour but de fournir des exemples ainsi que d'autres explications relatives à l'utilisation pratique pour les lecteurs du Standard VGB « Paramètres techniques et commerciaux pour les centrales électriques » VGB-S-002-03-DE. Il s'agit ici d'une compilation d'exemples et d'explications issus de la phase de définition et de développement citée précédemment, de la pratique quotidienne lors de l'utilisation de données opérationnelles provenant des installations de conversion d'énergie ainsi que du traitement et de l'évaluation des données dans le système d'informations des centrales électriques KISSY du VGB.

Cette annexe est un document public. Elle peut être adaptée aux développements actuels et aux besoins futurs ou complétée par d'autres exemples et explications. La publication est toujours réalisée sous la forme d'un document électronique en PDF, librement disponible et téléchargeable sur le site de VGB PowerTech e.V. : <https://www.vgb.org/betriebskennwerte.html>.

C'est avec plaisir que le secrétaire du Groupe VGB « Performance Indicators » (kissy@vgb.org) recevra vos critiques, remarques et propositions relatives au développement.

Sommaire

Formulaire de saisie et d'édition	7
Feuille de données des disponibilités mensuelles	7
Feuille de données des disponibilités annuelles pour les centrales thermiques	8
Feuille de données des disponibilités annuelles pour les centrales hydroélectriques	11
Exemples de collecte « Événement ponctuel des centrales thermiques »	14
Exemples de collecte « Événement ponctuel des centrales nucléaires ».....	15
Exemples de collecte « Événement ponctuel et événements à chevauchement temporel ».....	16
Codage EMS important pour le rapport à VGB	17
Paramètres et définitions	18
Fiabilité d'approvisionnement par évaluation du marché	18
Disponibilité de temps aux périodes de pointe	19
Périodes de pointe T_{NPe}	20
Disponibilité d'énergie aux périodes de pointe	21
Taux de défaillance du dispatcher	22
Fiabilité du dispatcher.....	23
Fiabilité en énergie	24
Fiabilité en temps	25
Fidélité au plan de charge ou planning de production	26
Planning de production (plan de charge) en puissance	27
Écart au plan de charge (au planning de production)	28
Indicateur propre aux installations de cogénération	29
Paramètre CO_2	30
Disponibilité évaluée par rapport au marché	31
Disponibilité évaluée par rapport au marché - comparaison.....	32
Disponibilité de centrales à cycle combiné (CC).....	33
Disponibilité de centrales combinées (technologie spéciale utilisée surtout en Allemagne)	34
Disponibilité des centrales avec TGA (Turbine à Gaz en Amont, spécificité allemande).....	36
Méthodes de calcul	37
Calcul du paramètre « Disponibilité en énergie »	37
Calcul du paramètre « Disponibilité en temps »	48
Analyses des exemples	60

Formulaires de saisie et d'édition

Feuille de données des disponibilités mensuelles

Modèle électronique : https://www.vgb.org/kissy_templates.html

Feuille de données KISSY Etat 10/2012"		Données mensuelles de fonctionnement et de disponibilité pour centrales nucléaires		Année: 2015
				Mois: 02
Centrale nucléaire: KKW Essen			**) Données de base:	
Puissance nominale brute [MW]: (*) 1.430			b = données brutes	
nette [MW]: (*) 1.360			n = valeurs nettes x	
Temps théo. de fonctionmt [h] (*) 696				
Energie nominale théo. MWh (*) 946.560				
Données de fonctionnement		Dimension	Mois	Année
Energie générée	brut (*)	MWh	968.969,40	2.001.211,80
	net (*)	MWh	916.696,40	1.895.621,70
dont énergie pour le rail / production de vapeur		MWh	0,00	0,00
Energie produite		%	96,85	96,79
énergie indisponible (***)		MWh	172,00	451,00
plannifié (cible)		MWh		
plannifié (actuel) (*)		MWh	172,00	451,00
Prolongations d'indispo. planifiées (1)		MWh		
fortuite (total)		MWh	0,00	0,00
reportable (*)		MWh	0,00	0,00
non reportable (*)		MWh	0,00	0,00
Energie disponible mais non produite (causes externes) (2)		MWh	0,00	0,00
Dispo en énergie		%	99,98	99,98
Taux de défaillance vue du disj	fortuite	%	0,00	0,00
	non différable	%	0,00	0,00
taux de défaillance en énergie	fortuite	%	0,00	0,00
	non différable	%	0,00	0,00
Fiabilité au dispatcher	fortuite	%	100,00	100,00
	non différable	%	100,00	100,00
Fiabilité en énergie	fortuite	%	100,00	100,00
	non différable	%	100,00	100,00
Temps de fonctionnement (*)		h	696,00	1.440,00
Temps de production		%	100,00	100,00
Temps d'indispo(***)		h	0,00	0,00
plannifié (*)		h	0,00	0,00
fortuite (*)		h	0,00	0,00
Dispo en temps		%	100,00	100,00
Production thermique		MWh _{th}	2.635.919,00	5.442.852,00
Charge électrique en pic		MW	1.370,00	1.378,00

(***) Classification de l'indispo. (UA)

indispo. planifié Le début et la durée de l'indisponibilité datent de plus de quatre semaines et doivent avoir été déterminés.

indispo fortuite Le début de l'indisponibilité n'est pas reportable ou peut être reporté jusqu'à quatre semaines.

reportable Le début de l'indisponibilité date de plus de 12 heures et peut être reporté jusqu'à 4 semaines maximum.

non reportable Le début de l'indisponibilité n'est pas reportable ou peut être reporté jusqu'à 12 heures.

(1) Tout dépassement de la date cible d'une indisponibilité planifiée, ainsi que les extensions non planifiées

(2) Énergie disponible mais non produisible en raison d'influences externes à l'installation

Code remarque:	
rechargement:	strech out:
révision:	strech in:
réparation:	production de vapeur:
puissance réservés aux réseaux ferrés:	nouvelle puissance nette:

Notes importantes

(entre autres : strech out, strech in, rechargement, demandes de l'A.S, suivi de charge, modifications significatives/changements de fonctionnement, événements d'exploitation à mettre en valeur)

Créé: 20.04.2016 11:13

Vérfié:

(*) champs obligatoires

champs calculés

Feuille de données des disponibilités annuelles pour les centrales hydroélectriques

Modèle électronique : https://www.vgb.org/kissy_templates.html

feuille de données KISSY				Disponibilité											VGB Stand 07/2012
Compagnie: VGB PowerTech e.V.				Centrale: Essen						Période : 2015					
pour centrales hydrauliques															
1	2		3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Temps de fonctionnement, Nombre de changement de mode d'exploitation															
Groupe machine N°.	Puissance nominale		Temps théorique de fonction- nement	Temps de fonctionnement					Nombre de changement de mode d'exploitation					Nombre de séparation automatique au réseau ratée	
	Turbine	Pompe		Turbine	Pompe	Compensa- teur synchrone	Court circuit hydraulique	Total	Turbine	Pompe	Compensa- teur synchrone	Court circuit hydraulique	Total		
	(*) MW	MW	(*) h	(*) h	h	h	h	h	h						
(**)	P _{N Tu}	P _{N Pu}	t _N	t _{B Tu}	t _{B Pu}	t _{B Ph}	t _{B hy}	t _B	a _{Tu}	a _{Pu}	a _{Ph}	a _{hy}	a	P ₀	
n	A	265	290	8.760	2.494,0	2.610,0	38,0	0,0	5142,0	711	396	156	0	1.263	0
n	B	265	290	8.760	1.966,0	1.697,0	92,0	0,0	3755,0	895	368	484	0	1.747	0
n	C	265	290	8.760	1.836,0	1.481,0	82,0	0,0	3399,0	816	319	402	0	1.537	0
n	D	265	290	8.760	2.194,0	3.991,0	30,0	0,0	6215,0	463	353	172	0	988	0

()** Données de base: b = données brutes
n = valeurs nettes

(*) champs obligatoires
champs calculés

feuille de données KISSY				Disponibilité													VGB Stand 07/2012	
Compagnie: VGB PowerTech e.V.				Centrale: Essen									Période : 2015					
pour centrales hydrauliques																		
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Groupe machine N°.	Temps de production, temps de dispo.																	
	Temps de production			Indisponibilité en temps (**)										Energie disponible mais non produite (causes externes)	Dispo en temps			
	Turbine	Pompe	Total	Turbine/Alternateur					Pompe						Turbine	Pompe	Total	
				planned	fortuite	fortuite reportable	fortuite non reportable	Total	planned	fortuite	fortuite reportable	fortuite non reportable	Total					
	%	%	%	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	%	%	%	
	$n_{tTu} = \frac{t_{BTu}}{t_N}$	$n_{tPu} = \frac{t_{BPu}}{t_N}$	$n_t = \frac{t_B}{t_N}$	$t_{nv p Tu}$	$t_{nv u Tu}$	$t_{nv ud Tu}$	$t_{nv un Tu}$	$Tu = t_{nv p Tu} + t_{nv u}$	$t_{nv p Pu}$	$t_{nv u Pu}$	$t_{nv ud Pu}$	$t_{nv un Pu}$	$Pu = t_{nv p Pu} + t_{nv u}$	$W_{ris h}$	$k_{tTu} = \frac{t_N - t_{nv u Tu}}{t_N}$	$k_{tPu} = \frac{t_N - t_{nv u Pu}}{t_N}$	$k_t = \frac{t_N - t_{nv u}}{t_N}$	
A	28,5	29,8	58,7	744,0	13,0	7,0	6,0	757,0	745,0	34,0	12,0	22,0	779,0	1,0	91,4	91,1	91,2	
B	22,4	19,4	42,9	743,0	26,0	8,0	18,0	769,0	743,0	26,0	8,0	18,0	769,0	0,0	91,2	91,2	91,2	
C	21,0	16,9	38,8	1.194,0	1,0	0,0	1,0	1.195,0	1.192,0	5,0	4,0	1,0	1.197,0	3,0	86,4	86,3	86,3	
D	25,0	45,6	70,9	1.142,0	28,0	4,0	24,0	1.170,0	1.142,0	28,0	4,0	24,0	1.170,0	1,0	86,6	86,6	86,6	

(**) Classification de l'indispo. (UA)

- Indispo. planned
- Indispo fortuite reportable
- non reportable

Le début et la durée de l'indisponibilité datent de plus de quatre semaines et doivent avoir été déterminés.
 Le début de l'indisponibilité n'est pas reportable ou peut être reporté jusqu'à quatre semaines.
 Le début de l'indisponibilité date de plus de 12 heures et peut être reporté jusqu' 4 semaines maximum.
 Le début de l'indisponibilité n'est pas reportable ou peut être reporté jusqu'à 12 heures.

(*) champs obligatoires
champs calculés

Exemples de collecte « Événement ponctuel des centrales thermiques »

Modèle électronique : https://www.vgb.org/kissy_templates.html

(*) champs obligatoires

champs calculés

feuille de données KISSY		Indisponibilité								VGB Stand 10/2010				
Compagnie: VGB PowerTech e.V.		Centrale: Essen			Tranche No.: 2		Puissance nominale: 200			Période : 2015				
Evénements provoquant indispo (Défaillance totale ou partielle de tranche/TAC)														
Inci/Net (*)	1	2		3	4	5			6			7	8	9
	Evénement No.	Durée indispo.		Indispo en énergie MWh (*)	Système élémentaire concerné (KKS)			Caractéristiques événement			Description rapide			
		Début (TT/MM/JJJJ; hh:mm) (*)	Fin (TT/MM/JJJJ; hh:mm) (*)		F 1 (*)	F 2	F 3	Intervalle de temps EMS 4/1 (*)	Type d'indisponibilité EMS 1 (*)	Principal Effet EMS 4/2 (*)				
n	2015001	12.01.2015 13:24	12.01.2015 20:00	1.320	H	A	C	A	A1	4	Défaillance : Du feu s'est produit dans le récepteur de charge en raison d'une « différence de quantité d'eau d'alimentation via Eco » (rapport négatif par action du gel)			
n	2015002	12.01.2015 20:00	14.01.2015 08:08	7.227	E	T	A	D	A2	4	Durant l'arrêt, panne du convoyeur ETA 20 en raison de dommages au bobinage du moteur d'entraînement dus à une surcharge. Le moteur a été remplacé.			
n	2015003	01.02.2015 23:40	02.02.2015 15:35	795	H	F	C	C	A2	2	Max. 275 MW en raison d'un fonctionnement avec quatre broyeurs, broyeur 3 en réparation, broyeur 6 en panne en raison d'un court-circuit (le moteur a par la suite été remplacé)			
n	2015004	25.02.2015 18:31	26.02.2015 12:25	3.580	H	A	D	C	A2	4	Fissure dans le tuyau de l'évaporateur, + 27,0 m angle du broyeur 2, en raison de la rupture d'une came de la conduite de la paroi de membrane suite à une entrave à la dilatation. Réparée par des soudures.			
n	2015005	26.02.2015 12:25	26.02.2015 20:23	1.593	M	A	J	D	A2	4	Défaillance au démarrage : Des défauts sur les électrovannes du jet d'air de la pompe Elmo ont entraîné une infiltration d'air et par conséquent un vide insuffisant.			
n	2015006	02.08.2015 00:00	12.08.2015 00:00	12.000				C	D2	2	Influences externes : Température de l'eau de refroidissement trop élevée			
n	2015007	20.12.2015 16:20	22.12.2015 15:00	8.074	X	A	A	C	A2	2	Dommages au niveau de la turbine d'entraînement TKSP, poutres de réglage dissimulées			
n	2015008	23.12.2015 21:45	24.12.2015 05:30	388	P	A	C	C	A2	2	Réparation de la pompe à eau de refroidissement principale			

Exemples de collecte « Événement ponctuel des centrales nucléaires »

Modèle électronique : https://www.vgb.org/kissy_templates.html

(*) champs obligatoires

champs calculés

feuille de données KISSY		Indisponibilité									VGB Stand 10/2010	
Compagnie: VGB PowerTech e.V.		Centrale: Essen			Tranche No.: 3		Puissance nominale: 1000			Période : 2015		
Événements provoquant indispo (Défaillance totale ou partielle de tranche/TAC)												
brut/net (*)	1	2		3	4	5			6	7	8	9
	Événement No.	Durée indispo.		Indispo en énergie MWh	Système élémentaire concerné (KKS)			Caractéristiques événement			Description rapide	
		Début (TT/MM/JJJJ; hh:mm)	Fin (TT/MM/JJJJ; hh:mm)		F 1	F 2	F 3	Intervalle de temps EMS 4/1 (*)	Type d'incident EMS 1 (*)	Principal Effet EMS 4/2 (*)		
n	2015009	12.01.2015 13:24	12.01.2015 20:00	2.112	J	D	A	J	Z0	2	Changement de démarrage de barre de contrôle ou changement de schéma de barre de contrôle	
n	2015010	12.01.2015 20:00	14.01.2015 08:08	11.403	M	A	Y	J	B1	2	Test individuel, mesure des temps de fermeture des clapets d'isolement de vapeur vive, contrôles des turbines, essai de la pompe d'alimentation C et réparation d'une fuite d'étanchéité au niveau de la soupape de régulation de la vapeur de blocage 35V6301B.	
n	2015011	07.05.2015 12:00	01.06.2015 23:00	611.000	J			K	B7	4	Changement d'éléments combustibles et révision	
n	2015012	10.03.2015 10:14	13.03.2015 15:45	1.030	L	C	Y	C	A2	2	Défaillance de la soupape de régulation d'évacuation du condensat principal	
n	2015013	09.04.2015 03:00	09.04.2015 05:45	107	M	A	W	H	A2	2	Élimination d'une fuite de vapeur au niveau d'une armature du système de vapeur de blocage	
n	2015014	02.10.2015 03:50	02.10.2015 05:00	500	J	R		A	A1	2	Réponse à la limitation de puissance du réacteur suite à la redistribution de la densité de puissance dans le cœur du réacteur	
n	2015015	27.05.2015 00:00	28.05.2015 05:00	29.000	P			C	B7	4	Réparation de la fuite du condensateur	
n	2015016	22.12.2015 22:30	22.12.2015 23:45	250	L	B		H	A2	2	Travaux de réparation sur l'armature RF24S103	

Exemples de collecte « Événement ponctuel et événements à chevauchement temporel »

Modèle électronique : https://www.vgb.org/kissy_templates.html

(*) champs obligatoires

champs calculés

feuille de données KISSY		Indisponibilité										VGB Stand 10/2010		
Compagnie: VGB PowerTech e.V.		Centrale: Essen			Tranche No.: 3			Puissance nominale: 1000			Période : 2015			
Événements provoquant indispo (Défaillance totale ou partielle de tranche/TAC)														
brut/net (*)	1	2		3	4	5			6			7	8	9
	Événement No.	Durée indispo.		Indispo en énergie MWh (*)	Système élémentaire concerné (KKS)			Caractéristiques événement			Description rapide			
		Début (TT/MM/JJJJ; hh:mm) (*)	Fin (TT/MM/JJJJ; hh:mm) (*)		F 1 (*)	F 2	F 3	Intervalle de temps EMS 4/1 (*)	Type d'incident EMS 1 (*)	Principal Effet EMS 4/2 (*)				
Image 26	n	2015001	25.02.2015 18:31	26.02.2015 12:25	4.358	H	A	D	C	A2	4	Fissure dans le tuyau de l'évaporateur, +27 m angle du broyeur 2, en raison de la rupture d'une came de la conduite de la paroi de membrane suite à une entrave à la dilatation. Réparée par des soudures.		
Image 27	n	2015002	06.05.2015 13:12	06.05.2015 23:48	1.250	H	L	D	C	A2	2	Réinitialisation en raison d'un degré de concentration du réchauffeur d'air		
	n	2015003	06.05.2015 23:48	07.05.2015 07:51	1.750	H	L	D	C	A2	4	Départ bloc, plaque du réchauffeur d'air détachée du support, entretien du support et remplacement de la plaque endommagée ; bloc sur charge pleine		
Image 28	n	2015004	16.05.2015 19:30	17.05.2015 13:12	2.138	H	L	B	C	A2	2	Panne du ventilateur d'air frais		
	n	2015005	17.05.2015 13:12	18.05.2015 17:51	6.900	M	K	Y	A	A1	4	Défaillance au niveau de l'excitation du générateur ; panne de courant de l'alimentation de l'excitateur ; recherche de l'erreur - cause impossible à déceler		

Codage EMS important pour le rapport à VGB

Rapport à VGB	Système central événement-attribut VGB pour la collecte d'événement NV (uniquement les codes EMS importants)	Version VGB 10/2015
<p>Calendrier EMS 4/1 *</p> <p>A Délestage/arrêt rapide automatique B Délestage/arrêt rapide manuel C Départ ordonné ou réduction de puissance au cours des 12 heures D Redémarrage ou remise en service impossible (hors points E, K, L). En raison de défauts techniques, le processus de démarrage ne peut pas être activé. E Dépassement de l'événement/temps prévu selon les points J ou K en raison de mesures non planifiées (dommages, défaillances, ...) F Allongement du temps de démarrage. Un processus de démarrage amorcé ne peut pas être entièrement connecté au réseau dans le temps imparti. G Prolongation du démarrage. Une fois la connexion au réseau établie, une augmentation de la puissance conforme à la courbe de démarrage/au manuel d'utilisation n'est pas possible. H Reportable à plus de 12 heures J Planifié plus de 4 semaines à l'avance K Programme annuel d'arrêts L Dépassement de l'événement/temps prévu selon les points J ou K en raison de la prolongation de la durée prévue M Sans impact (uniquement possible en combinaison avec les composants de l'installation)</p> <p>A-G : indisponibilité fortuite H : disponibilité non planifiée J, K, L : planifié</p> <p>* valable pour les limitations de puissance ainsi que la mise en arrêt de l'installation</p>	<p>Type d'événement EMS 1 *</p> <p>A1 Défaillance sans dommage A2 Dommage B1 Contrôle/condition de contrôle B2 Lubrification B3 Maintenance B4 Inspection B5 Maintenance préventive B6 Maintien propreté B7 Révision B8 Rechargement C0 Modification/Réhabilitation D2 Cause externe sans dommage D21 Combustible D22 Conservation de l'installation D23 Problème climatique D24 Restriction réseau D241 Redispatch D25 Manque de personnel D26 Autres E0 Essais/Tests de fonctionnement/Vérification fonctionnelle F0 Tests d'habilitation/mesure G0 Manque de réactivité K0 Ravitaillement commercial inadapté Z0 Autres types d'événements</p> <p>Conséquence principale EMS 4/2</p> <p>2 Limite de puissance 4 Arrêt</p>	

Paramètres et définitions

Fiabilité d'approvisionnement par évaluation du marché

$$r_m = 1 - \frac{\sum(|W_{Bi} - W_{Fpi}| \cdot DB_i)}{\sum(W_{Fpi} \cdot DB_{ii})}$$

r_m :	Fiabilité d'approvisionnement par évaluation du marché
W_{Bi} :	Énergie de fonctionnement
W_{Fpi} :	Énergie horaire
$DB_i = EEX - DB_{ii}$:	Marge brute d'une centrale
DB_{ii} :	Marge brute spéciale d'une centrale

Définition

La fiabilité d'approvisionnement par évaluation de marché est le quotient du montant de la différence entre l'énergie de fonctionnement et l'énergie horaire, pondéré par la marge brute, sur l'énergie horaire, chacun étant rapporté à la période considérée. La détermination des grandeurs d'entrée s'effectue de façon analogue à l'évolution des prix par heure.

Utilisation

La fiabilité d'approvisionnement sert à mesurer la capacité opérationnelle économique d'une installation sur le marché de gros. Elle évalue, en plus de la capacité d'action technique, les avantages économiques de l'action.

$$r_m = 1 - \frac{\sum(|W_{Bi} - W_{Fpi}| \cdot (EEX - DB_{ii}))}{\sum(W_{Fpi} \cdot DB_{ii})}$$

$$r_m = 1 - \frac{((240,46 \text{ MWh} - 600 \text{ MWh}) \cdot (19,79 \text{ €/MWh} - 18,43 \text{ €/MWh}) + (0,045 + 0,128 + 0 + \dots + 0,572 + 0,582 + \dots) + (240,46 \text{ MWh} - 600 \text{ MWh}) \cdot (20,11 \text{ €/MWh} - 18,43 \text{ €/MWh}))}{\dots} = 0,918 \approx 92\%$$

*Les coûts combustible représentent a minima la marge brute

Exemple

Centrale		Charbon				
Dispo.éval. marché [T€]		-7				
P _N Puissance nominale [MW _n]		600				
Puissance horaire [MW _n]		600				
Date	Heure	EEX	Marge brute spéciale	Énergie de fonctionnement	Disponibilité par évaluation du marché	
		[€/MWh]	[€/MWh]	[MWh _n]	[T€/h]	[T€ _{kum}]
01/01/2015	00:00	19,79	18,43	240,46	-0,49	-0,49
01/01/2015	01:00	18,46	18,43	240,46	-0,01	-0,50
01/01/2015	02:00	17,04	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	03:00	14,47	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	04:00	9,90	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	05:00	7,71	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	06:00	0,81	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	07:00	0,57	18,43	240,46	0,00	-0,50
01/01/2015	08:00	0,18	18,43	599,14	0,00	-0,50
01/01/2015	09:00	5,34	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	10:00	8,87	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	11:00	12,67	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	12:00	14,52	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	13:00	14,50	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	14:00	11,34	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	15:00	13,59	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	16:00	18,58	18,43	607,02	0,00	-0,50
01/01/2015	17:00	25,60	18,43	607,02	0,05	-0,45
01/01/2015	18:00	25,99	18,43	607,02	0,05	-0,40
01/01/2015	19:00	25,84	18,43	607,02	0,05	-0,34
01/01/2015	20:00	24,05	18,43	240,46	-2,02	-2,36
01/01/2015	21:00	22,09	18,43	240,46	-1,32	-3,68
01/01/2015	22:00	26,34	18,43	240,46	-2,84	-6,52
01/01/2015	23:00	20,11	18,43	240,46	-0,60	-7,13

Disponibilité de temps aux périodes de pointe

$$k_{t_{Pe}} = t_{v_{Pe}} / t_{N_{Pe}} = (t_{N_{Pe}} - t_{nv_{Pe}}) / t_{N_{Pe}}$$

$k_{t_{Pe}}$:	Disponibilité de temps aux périodes de pointe
$t_{v_{Pe}}$:	Disponibilité durant les périodes de pointe
$t_{N_{Pe}}$:	Nombre d'heures de pointe dans la période de référence
$t_{nv_{Pe}}$:	Périodes d'indisponibilité durant les périodes de pointe

Définition

La disponibilité de temps aux périodes de pointe est le quotient de la période de disponibilité durant les périodes de pointe sur le nombre d'heures de pointe dans la période de référence.

La période de disponibilité durant les périodes de pointe correspond à la différence entre le nombre d'heures de pointe dans la période de référence et la période d'indisponibilité durant les périodes de pointe.

Utilisation

La disponibilité de temps aux périodes de pointe sert à mesurer la capacité opérationnelle temporelle d'une installation aux périodes de pointe. Cette mesure est particulièrement adaptée aux installations qui seront opérationnelles principalement sur les plages de puissances moyennes et hautes.

La disponibilité de temps durant les périodes de pointe ne dépend pas du niveau de puissance disponible. Si nécessaire, une distinction supplémentaire peut être effectuée en utilisant des périodes d'indisponibilité planifiées et non planifiées.

Exemple

Tranche à charbon avec $P_N = 150$ MW

Mois de novembre avec 22 jours de pointe = 264 heures de pointe

Réduction de la puissance :

$P = 120$ MW le ven. 05/11/ de 12:00 à 18:00

Endommagement de la chaudière :

ven. 05/11/ de 18:00 à lun. 08/11/ 16:00

Réduction de la puissance :

110 MW le mar. 16/11/ de 06:00 à 14:00

$$k_{t_{Pe}} = t_{v_{Pe}} / t_{N_{Pe}} = (t_{N_{Pe}} - t_{nv_{Pe}}) / t_{N_{Pe}}$$

$$k_{t_{Pe}} = (264 \text{ h} - 10 \text{ h}) / 264 \text{ h} = 0,9621$$

Périodes de pointe T_{NPe}

Les heures de pointe au cours de la période de référence incluent toutes les périodes de pointe caractéristiques des bourses (ex. en Allemagne : du lundi au vendredi, toutes les heures entre 08:00 et 20:00 ; y compris les jours fériés qui comptent en tant que jours ouvrables normaux).

Dans la mesure où les paramètres qui se rapportent aux périodes de pointe doivent être déterminés, les valeurs de temps, de puissance et d'énergie des événements relatifs aux installations de conversion d'énergie comprises dans toutes les définitions suivantes ne doivent pas être considérées sur l'ensemble de la période de référence, mais uniquement durant les heures de pointe au sein de la période de référence.

Le nombre d'heures de pointe peut également être calculé en ligne, par exemple sur : <http://www.prognoseforum.de/elektrizitaet/monatsstunden.htm>

Exemple : Heures de pointe annuelles en 2015

$$T_{NPe} = | 08 - 20 | \text{ h/d} * 261 \text{ d} = 3.132 \text{ h}$$

Disponibilité d'énergie aux périodes de pointe

$$k_{W_{Pe}} = W_{v_{Pe}} / W_{N_{Pe}} = (W_{N_{Pe}} - W_{nv_{Pe}}) / P_N * t_{N_{Pe}}$$

- $k_{W_{Pe}}$: Disponibilité d'énergie aux périodes de pointe
 $W_{v_{Pe}}$: Énergie disponible durant les périodes de pointe
 $W_{n_{Pe}}$: Énergie indisponible durant les périodes de pointe
 $t_{N_{Pe}}$: Heures de pointe au sein de la période de référence

(L'évaluation peut être brute ou nette.)

Définition

La disponibilité d'énergie en périodes de pointe est le quotient de l'énergie disponible durant les périodes de pointe sur l'énergie nominale durant les périodes de pointe. L'énergie disponible durant les périodes de pointe est la différence entre l'énergie nominale et l'énergie indisponible durant les périodes de pointe. L'énergie nominale durant les périodes de pointe est le produit de la puissance nominale et les heures de pointe dans la période de référence.

Utilisation

La disponibilité d'énergie en périodes de pointe sert à mesurer l'énergie qu'une installation de conversion d'énergie est capable de produire dans les périodes de pointe, sur la base de son état technique et opérationnel. Cette mesure est particulièrement adaptée aux installations qui seront opérationnelles principalement sur les plages de puissances moyennes et hautes. La disponibilité d'énergie durant les périodes de pointe prend également en compte les indisponibilités partielles, contrairement à la disponibilité de temps durant les périodes de pointe, et peut en outre faire la différence entre les périodes d'indisponibilité planifiées et non planifiées en cas de distinction supplémentaire nécessaire.

Exemple

Tranche à charbon avec $P_N = 150$ MW

Mois de novembre avec 22 jours de pointe = 264 heures de pointe

Réduction de la puissance :

$P = 120$ MW le ven. 05/11/ de 12:00 à 18:00

Endommagement de la chaudière : ven. 05/11/ de 18:00 à lun. 08/11/ 16:00

Réduction de la puissance :

110 MW le mar. 16/11/ de 06:00 à 14:00

$$k_{W_{Pe}} = W_{v_{Pe}} / W_{N_{Pe}} = (W_{N_{Pe}} - W_{nv_{Pe}}) / P_N * t_{N_{Pe}}$$

$$k_{W_{Pe}} = 150\text{MW} * 264\text{h} - (30\text{MW} * 6\text{h} + 150\text{MW} * 10\text{h} + 40\text{MW} * 8\text{h}) / 150\text{MW} * 264\text{h}$$

$$k_{W_{Pe}} = 0,9495$$

Taux de défaillance du dispatcher

$$p_l = W_{nv\ u(n)} / (W_B + W_{nv\ u(n)} + W_{ns}) * 100 \%$$

p_l :	Taux de défaillance du dispatcher
W_B :	Énergie de fonctionnement
$W_{nv\ u(n)}$:	Énergie indisponible non planifiée (non utilisable)
W_{ns} :	Énergie sous influences externes

Définition

Le taux de défaillance du dispatcher – non planifié (total) est le quotient de l'énergie indisponible non planifiée et non utilisable sur la somme de l'énergie de fonctionnement, de l'énergie indisponible fortuite non reportable et de l'énergie sous influences externes.

Utilisation

Le taux de défaillance du dispatcher – non planifié (total) sert à mesurer l'énergie non productible en dehors des indisponibilités planifiées et en dehors de l'énergie disponible. Il représente ainsi un indicateur précoce d'un système de gestion des risques.

Exemple

Centrale à charbon au mois de février 2015

$$0,07 \% = 230 \text{ MWh} / (320.209 \text{ MWh} + 230 \text{ MWh} + 0 \text{ MWh}) * 100 \%$$

Calculs par tranche, par groupe de puissance, par centrale

Tranche de ladite centrale à charbon au mois de décembre 2015

$$12,2 \% = 44.137 \text{ MWh} / (318.208 \text{ MWh} + 44.137 \text{ MWh} + 274 \text{ MWh}) * 100 \%$$

Calculs par tranche, par groupe de puissance, par centrale

Fiabilité du dispatcher

$$p_v = W_B / (W_B + W_{nv\ u(n)} + W_{ns}) * 100\%$$

p_v : Fiabilité du dispatcher
 W_B : Énergie de fonctionnement
 $W_{nv\ u(n)}$: Énergie indisponible non planifiée (non utilisable)
 W_{ns} : Énergie sous influences externes

Définition

La fiabilité du dispatcher est le quotient de l'énergie de fonctionnement sur la somme de l'énergie de fonctionnement, de l'énergie indisponible fortuite (non reportable) et de l'énergie perdue pour causes externes.

Utilisation

La fiabilité du dispatcher sert à mesurer la fiabilité d'une installation de conversion d'énergie en dehors des indisponibilités planifiées.

Les paramètres peuvent également être utilisés pour les installations de puissance à la pointe.

Exemple

Tranche de la centrale de charbon au mois de décembre 2015

$$87,75\% = 318.208 \text{ MWh} / (318.208 \text{ MWh} + 44.137 \text{ MWh} + 274 \text{ MWh}) * 100\%$$

Calculs par tranche, par groupe de puissance, par centrale

Fiabilité en énergie

$$W_V = W_B / (W_B + W_{nv\ u(n)}) * 100\%$$

W_V : Fiabilité en énergie
 W_B : Énergie de fonctionnement
 $W_{nv\ u(n)}$: Énergie indisponible fortuite (non reportable)

Définition

La fiabilité en énergie est le quotient de l'énergie de fonctionnement sur la somme de l'énergie de fonctionnement et de l'énergie indisponible fortuite (non reportable).

Utilisation

Cela renseigne sur la fiabilité d'une installation déterminée sur la base des événements fortuits.

Exemple

Tranche d'une centrale à charbon au mois de février 2015
 $95,53\% = 320.209\text{ MWh} / (320.209\text{ MWh} + 14.998\text{ MWh}) * 100\%$
Calculs par tranche, par groupe de puissance, par centrale

Fiabilité en temps

$$W_t = t_B / (t_B + t_{nv\ u(n)}) * 100\%$$

W_t : Fiabilité en temps
 t_B : Temps de fonctionnement
 $t_{nv\ u(n)}$: Temps indisponible fortuit (non reportable)

Définition

La fiabilité en temps est le quotient du temps de fonctionnement sur la somme du temps de fonctionnement et du temps indisponible fortuit (non reportable).

Utilisation

La fiabilité renseigne sur la fiabilité d'une installation déterminée sur la base des événements fortuits (non) reportable.

Exemple

Tranche d'une centrale à charbon au mois de décembre 2015
 $99,17\% = 737,8\text{ h} / (737,8\text{ h} + 6,2\text{ h}) * 100\%$

Fidélité au plan de charge ou planning de production

$$f_{FP} = W_B / W_{FP} * 100\%$$

f_{FP} : Fidélité au plan de charge pour une unité de temps donnée
 W_B : Énergie de fonctionnement
 W_{FP} : Énergie attendue par le plan de charge

Définition

Le respect du plan de charge ou planning de production est le quotient de l'énergie de fonctionnement sur la demande en énergie attendue de l'installation électrique dans un intervalle de temps (plan mensuel, plan journalier).

Utilisation

La fidélité au plan de charge sert à établir et à évaluer comment est respecté le planning de production demandé à une installation de production électrique. Cet indicateur peut être utilisé pour l'évaluation des écarts constatés.

Exemple

Tranche d'une centrale à charbon au mois de février 2015
 $92,5\% = 1.780 \text{ GWh} / 1.924 \text{ GWh} * 100\%$

Planning de production (plan de charge) en puissance

Plan de charge en puissance P_{FP}

Le plan de charge d'une installation de production correspond à la puissance définie et attendue par une tranche d'une centrale donnée. Elle est souvent indiquée en tant que puissance moyenne par heure.

Par extension **l'énergie attendue par le planning de charge W_{FP}** s'obtient en multipliant la puissance moyenne horaire par unité de temps.

Exemple

Tranche d'une centrale à charbon avec $P_N = 670$ MW

P_N en MW	h	P_{FP} en MW
670	1	320
670	2	320
670	3	320
670	4	320
670	5	640
670	6	640
670	7	640
670	8	640
670	9 ... 23	640
670	24	640

Écart au plan de charge (au planning de production)

Écart absolu au plan de charge

$$\Delta P_a = \sum_i^{n-1} |P_{FPt} - P_{Bt}| / n \text{ [MW / x min]}$$

- ΔP_a : Écart absolu au plan de charge
 P_{FPt} : Plan de charge en puissance (exprimé en puissance moyenne)
 P_{Bt} : Puissance produite (alimentation au réseau)

L'écart absolu au plan de charge représente la mesure de la capacité d'une installation à suivre les gradients horaires.

Écart spécifique au plan de charge

$$F_{Vn} = \left(\sum \frac{|W_{FP} - W_B|}{W_{FP}} \right) * 100 \%$$

Exemple : Installation à charbon de 350 MW

Horaires MW	Mesure MW	Écart des horaires MW
185	179	6
185	177	8
185	174	11
	...	
190	186	4
202	195	7
	288	5257
		5257 / 288 = 18,25 MW/5min

24 h représentent 288 valeurs de 5 minutes

L'installation de production suit les exigences du plan de charge au cours des 24 h avec un delta moyen de 18,25 MW.

Ceci indique que tous les résultats qui diffèrent du plan de charge correspondent à un non respect de celui-ci. Chaque entreprise devrait déterminer une tolérance propre concernant l'écart acceptable (ex. erreur/précision de mesure).

L'écart au plan de charge vient compléter le respect au plan de charge ; cet indicateur permet d'en déterminer l'écart absolu ou spécifique par unité de temps.

Il est conseillé de fixer l'unité de temps à 15 minutes.

Indicateur propre aux installations de cogénération

$$n_{\text{KWK}} = W_{\text{ne KWK}} / W_{\text{N ne}} * 100 \%$$

n_{KWK} : Paramètre cogénération
 $W_{\text{ne KWK}}$: Énergie nette générée par l'installation
 $W_{\text{N ne}}$: Énergie nominale nette

Définition

Le paramètre cogénération est le quotient de l'énergie nette cogénérée sur l'énergie nominale nette.

Utilisation

Évaluation d'une installation sur la base de sa part cogénéré par rapport à son énergie nominale nette.

Exemple

Tranche d'une centrale de cogénération à charbon au mois de février 2015
 $1,40 \% = (24,646 \text{ GWh} / 1.715 \text{ GWh}) * 100 \%$

Paramètre CO₂

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{M_B \cdot H_u \cdot e_f \cdot e_{\text{ox}}}{W_{B \text{ ne}}}$$

e_{CO_2} : Paramètre d'émission de CO₂ [t CO₂ / MWh]

M_B : Consommation de combustible [t / a]

H_u : Pouvoir calorifique inférieur [MJ / kg]

e_f : Facteur d'émission [tCO₂ / TJ]

e_{ox} : Facteur d'oxydation [-]

$W_{B \text{ ne}}$ = Énergie de fonctionnement nette

Définition

Le paramètre d'émission d'une installation est le quotient de la quantité de CO₂ produite sur l'énergie de fonctionnement nette.

Utilisation

Le paramètre d'émission indique les émissions de CO₂ en t/MWh pour la production d'énergie électrique et de chaleur.

Exemple d'une centrale au lignite

M_B :	6 566 000,0	t p.a.
H_u :	8,786	MJ/kg
e_f :	113	t CO ₂ /TJ
e_{ox} :	0,99	

$W_{B \text{ aq}}:$	0	MWh
$W_B:$	6 671 675	MWh
$e_{\text{CO}_2}:$	0,97	t/MWh

Disponibilité évaluée par rapport au marché

$$k_{Wm} = \frac{\sum_{i=1..N} (W_{N,i} - W_{nv,i}) \cdot DB +_i}{\sum_{i=1..N} W_{N,i} \cdot DB +_i}$$

k_{Wm} : Disponibilité évaluée par rapport au marché

$W_{N,i}$: Énergie nominale spécifique

$W_{nv,i}$: Énergie non disponible spécifique

DB: Marge brute*

EEX : Prix EEX (ex. Pointe, Base ; par h)

*) DB = Coûts du combustible (BAFA) + coûts des émissions de CO₂ (EEX-EUA)

Exemple : (Évaluation simplifiée sans rampe)

- Tranche de 500 MW : lun.-ven. 8-20 heures à charge max. ; jeu. de 14 à 18 heures en attente à chaud (pas de prod) ; ven. à p. de 16 heures couplée au réseau
- Évaluation à la Pointe (13 semaines pour 2015) **Évaluation requise toutes les heures!**
- Somme des coûts marginaux : 40 €/MWh
- EEX (en €/MWh) : lun. 50,1 ; mar. 55,4 ; mer. 48,6 ; jeu. 55,6 ; ven. 51,6

$$k_{Wm} = \frac{500 \text{ MW} \cdot 10 \text{ h}}{500 \text{ MW} \cdot 0 \text{ h}} \cdot \frac{\overline{\text{EEX}}}{40 \text{ € / MWh}} \text{ Lun. -Mer.}$$

$$k_{Wm} = \frac{(500 \text{ MW} \cdot 6 \text{ h}) + (500 \text{ MW} \cdot 4 \text{ h})}{500 \text{ MW} \cdot 10 \text{ h}} \cdot \frac{\overline{\text{EEX}}}{40 \text{ € / MWh}} \text{ Jeu.}$$

$$k_{Wm} = \frac{(500 \text{ MW} \cdot 10 \text{ h}) - (500 \text{ MW} \cdot 4 \text{ h})}{500 \text{ MW} \cdot 10 \text{ h}} \cdot \frac{\overline{\text{EEX}}}{40 \text{ € / MWh}} \text{ Ven.}$$

Lun. : $k_{Wm} = 1,25$

Mar. : $k_{Wm} = 1,39$

Mer. : $k_{Wm} = 1,22$

Jeu. : $k_{Wm} = 1,39$

Ven. : $k_{Wm} = 0,77$

Disponibilité évaluée par rapport au marché - comparaison

$$k_k = \frac{W_k}{W_N} \cdot \frac{EEX - \sum GK}{EEX} = \frac{W_{Bne} + W_R - W_{ng}}{W_N} \cdot \frac{EEX - \sum GK}{EEX} \quad \text{pour } (EEX - \sum GK) \geq 0$$

$$k_k = 0 \quad \text{pour } (EEX - \sum GK) < 0$$

k_k : Disponibilité évaluée par rapport au marché

W_k : Énergie par évaluation au marché

W_{Bne} : Énergie de fonctionnement nette

W_R : Énergie utilisable

W_{ng} : Énergie non utilisable (cause externe)

GK : Coûts marginaux*

EEX : Prix EEX (ex. Pointe, Base ; par h)

*) GK = Coûts du combustible (BAFA) + coût des émissions CO_2 (EEX-EUA)

$$k_K = \frac{\sum_{i=1..N} (W_{N,i} - W_{nv,i}) \cdot DB_i}{\sum_{i=1..N} W_{N,i} \cdot DB_i}$$

k_K	[%]	Disponibilité évaluée par rapport au marché
$W_{N,i}$	[MWh]	Énergie nominale dans l'intervalle de temps i
$W_{nv,i}$	[MWh]	« Énergie indisponible » dans l'intervalle de temps i
I	[1]	Mesure de l'intervalle de temps 1 jusqu'à N de la période évaluée. La tranche de temps est déterminée par la tranche de temps du cours boursier, c.-à-d. actuellement 1 heure.
N	[1]	Nombre d'intervalles de temps sur la période évaluée
DB_i	[€/MWh]	Marge brute dans l'intervalle de temps i avec $DB_i = 0$ pour $EEX_i < GK_i$ (coûts marginaux) $= EEX_i - GK_i$ pour $EEX_i \geq GK_i$
EEX_i	[€/MWh]	Cours boursier du marché au comptant, ex. bourse EEX, dans l'intervalle de temps i
GK_i	[€/MWh]	Coûts de revient dans l'intervalle de temps i

Disponibilité de centrales à cycle combiné (CC)

$$k_{GuD} = \frac{\left(\sum_{i=1..x} W_{NGuD,i} + W_{N\grave{a}qu} \right) - \sum_{i=1..x} W_{nVGuD,i}}{\sum_{i=1..x} W_{NGuD,i} - W_{N\grave{a}qu}}$$

$$= \frac{\left(\sum_{i=1..y} W_{N,GTi} + \left(W_{N,DT} + W_{N\grave{a}qu} \right) \right) - \left(\sum_{i=1..y} W_{nV,GTi} + \left(W_{nV,DT} + W_{nV\grave{a}qu} \right) \right)}{\left(\sum_{i=1..y} W_{N,GTi} + \left(W_{N,DT} + W_{N\grave{a}qu} \right) \right)}$$

- k_{GuD} : Disponibilité de la centrale CC
 $P_{N\grave{a}qu}$: Puissance nominale équivalente par extraction de chaleur
 W_{GuD} : Énergie de la centrale CC
 W_{nv} : Énergie non disponible
 $W_{GT,i}$: Part d'énergie de la (des) turbine(s) à gaz dans le processus CC
 W_{DT} : Part d'énergie de la turbine à vapeur dans le processus CC
 $W_{N,i}$: Part d'énergie nominale
 $W_{\grave{a}qu}$: Énergie électrique équivalente par extraction de chaleur

Exemple : Centrale CC avec chaudière de récupération non alimentée

$$k_{GuD} = \frac{\left(W_{N,GT1} + W_{N,GT2} + \left(W_{N,DT} + W_{N\grave{a}qu} \right) \right) - \left(W_{nV,GT1} + W_{nV,GT2} + \left(W_{nV,DT} + W_{nV\grave{a}qu} \right) \right)}{W_{N,GT1} + W_{N,GT2} + \left(W_{N,DT} + W_{N\grave{a}qu} \right)}$$

(fonctionnement TG solo autorisé, période d'évaluation de 8 heures à chaque fois)

Puissances nominales : $P_N(GuD) = 540$ MW, $P_N(GT1) = 190$ MW, $P_N(GT2) = 190$ MW,

$P_N(DT) = 190$ MW; $P_{N\grave{a}qu} = -30$ MW; $P_{nV\grave{a}qu} = -110$ MW *

- Cas 1 : TG1 charge max., TG2 charge max., TV charge max.

$$k_{GuD} = \frac{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h} - ((0\text{MW} + 0\text{MW} + (0\text{MW} + 0\text{MW})) * 8\text{h})}{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h}} = 100\%$$

- Cas 2 : TG1 en réparation, TG2 charge max., TV entièrement disponible

$$k_{GuD} = \frac{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h} - ((190\text{MW} + 0 + (0\text{MW} + 110\text{MW})) * 8\text{h})}{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h}} = 44,4\%$$

- Cas 3 : TG1 charge max., TG2 charge max., TV en réparation

$$k_{GuD} = \frac{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h} - ((0\text{MW} + 0\text{MW} + (190\text{MW} + 0\text{MW})) * 8\text{h})}{(190\text{MW} + 190\text{MW} + (190\text{MW} - 30\text{MW})) * 8\text{h}} = 64,8\%$$

- Cas 4 : TG1 en réparation, TG2 en réparation, DT disponible
 $k_{GuD} = 0$, car chaudière de récupération non alimentée

*) Défaillance TV = 0,5 ($P_N(DT) + P_{N\grave{a}qu}$)

Disponibilité de centrales combinées (technologie spéciale utilisée surtout en Allemagne)

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{\sum_{i=1..X} W_{N_{\text{Kombi},i}} - \sum_{i=1..X} W_{nV_{\text{Kombi},i}}}{\sum_{i=1..X} W_{N_{\text{Kombi},i}}} = \frac{(W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}) - ((W_{nV_{\text{Kohle}}} - W_{\text{Stütz}}) + W_{nV_{\text{GT}}} + W_{nV_{\text{Kombi,korr.}}})}{W_{N_{\text{Kohle}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr.}}}}$$

k_{Kombi} : Disponibilité de centrales combinées

$W_{\text{Kombi},i}$: Part d'énergie lors de processus combiné

$W_{N,i}$: Part d'énergie nominale

W_{nV} : Énergie non disponible

$W_{\text{Stütz}}$: Énergie compensée par combustible de secours (ex. pannes des broyeurs)

W_{korr} : Correction du processus global (ex. $P_{\text{Kombi}} = P_{\text{DT}} + P_{\text{GT}} \pm x^*$)

*) Puissance supplémentaire par l'utilisation de la chaleur dégagée par la Turbine à Gaz (TG) pour le préchauffage en cas d'absorption élevée disponible de la Turbine à Vapeur (TV) ; puissance réduite en cas de découplage vapeur pour d'autres processus

Exemple : Centrale au charbon

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(W_{N_{\text{charbon}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr}}}) - ((W_{nV_{\text{charbon}}} - W_{\text{Stütz}}) + W_{nV_{\text{GT}}} + W_{nV_{\text{Kombi,korr}}})}{W_{N_{\text{charbon}}} + W_{N_{\text{GT}}} + W_{N_{\text{Kombi,korr}}}}$$

(Fonctionnement TG solo autorisé, période d'évaluation de 8 heures à chaque fois)

Puissances nominales (équivalent à la puissance d'un broyeur : 75 MW) :

Charbon : $P_N = 600$ MW, $P_{N(\text{Kombi})} = 588$ MW; $P_{N(\text{GT})} = 112$ MW) :

→ $P_{N,\text{korr.}} = -12$ MW

– **Cas 1 :** Tranche charbon charge max., réserve TG

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (0 + 0 + 0 + 0)}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 100\%$$

– **Cas 2 :** Tranche charbon charge max., compensation d'un broyeur par gaz, charge max. TG

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (75\text{MW} - 75\text{MW} + 0 + 0) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 100\%$$

– **Cas 3 :** TG en réparation, tranche charbon charge max.

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (0 - 0 + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 85,7\%$$

- Cas 4 : Tranche charbon charge max., panne 2 broyeurs (1 compensé), charge max. TG

$$k_{\text{Kombi}} = \frac{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h} - (150\text{MW} - 75\text{MW} + 0 + 0) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 112\text{MW} - 12\text{MW}) * 8\text{h}} = 89,3\%$$

Disponibilité des centrales avec TGA (Turbine à Gaz en Amont, spécificité allemande)

$$k_{VGT} = \frac{\sum_{i=1..x} W_{NVGT,i} - \sum_{i=1..x} W_{nVGT,i}}{\sum_{i=1..x} W_{NVGT,i}}$$

$$= \frac{(W_{NVGT,Kohle} + W_{NVGT,GT} + W_{NVGT,korr.}) - (W_{nVGT,Kohle} + W_{nVGT,GT} + W_{nVGT,korr.})}{W_{NVGT,Kohle} + W_{NVGT,GT} + W_{NVGT,korr.}}$$

- k_{VGT} : Disponibilité de la centrale avec TGA (turbine à gaz en amont)
 W_{VGT} : Énergie de la centrale avec une turbine à gaz en amont
 W_{Bne} : Énergie de fonctionnement, nette
 W_R : Énergie de disponibilité
 W_{ng} : Énergie non utilisable (influence externe)
 $W_{VGT,}$: Part d'énergie lors de processus combiné
 $W_{N,i}$: Part d'énergie nominale
 $W_{korr.}$: Correction du processus global
 (ex. : $P = P_{Kombi} + PGT \pm x$)

Exemple : Centrale avec turbine à gaz en amont

$$k_{VGT} = \frac{(W_{NVGT,Kohle} + W_{NVGT,GT} + W_{NVGT,korr.}) - (W_{nVGT,Kohle} + W_{nVGT,GT} + W_{nVGT,korr.})}{W_{NVGT,Kohle} + W_{NVGT,GT} + W_{NVGT,korr.}}$$

(fonctionnement TG solo autorisé, période d'évaluation de 8 heures à chaque fois)
 Puissances nominales : $P_N(\text{charbon}) = 600 \text{ MW}$, $P_N(\text{VGT}) = 200 \text{ MW}$, $P_{N,korr.} = 80 \text{ MW}$

— **Cas 1 :** TGA charge max., tranche charbon charge max.
 $k_{VGT} = 100 \%$

— **Cas 2 :** TGA en réserve, tranche charbon charge max.
 $k_{VGT} = 100 \%$

— **Cas 3 :** TGA en réparation, tranche charbon charge max.
 $k_{VGT} = \frac{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h} - (0\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}} = 68,2\%$

— **Cas 4 :** TGA charge max., tranche charbon endommagement de la chaudière
 $k_{VGT} = \frac{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h} - (600\text{MW} + 0\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}}{(600\text{MW} + 200\text{MW} + 80\text{MW}) * 8\text{h}} = 22,7\%$

Méthodes de calcul

Calcul du paramètre « Disponibilité en énergie »

L'indicateur « Disponibilité en énergie » indique la quantité d'énergie électrique qu'une installation aurait pu produire en tenant compte des limitations de puissance techniques, sur la base d'un fonctionnement à pleine charge continu. Il s'agit d'une valeur théorique qui ne prend pas en compte l'injection réelle d'énergie. Ce paramètre est défini comme suit

$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{W_N}$$

Remarque 1 : Le paramètre « Disponibilité en temps » est un cas spécial de la « Disponibilité en énergie ». La Disponibilité en temps prend en compte uniquement les défaillances en puissance nominale, mais pas les défaillances en charge partielle. Ainsi le paramètre Disponibilité en énergie doit toujours être plus petit ou égal à la Disponibilité en temps.

Remarque 2 : L'indicateur « productibilité » est en principe identique à la « Disponibilité en énergie ». La productibilité prend également en compte les limitations de puissances dues aux causes externes. Le terme « Énergie ND c'est-à-dire indisponible » (W_{nv}) plus « Énergie perdues pour causes externes » (W_{ns}) est résumé sous le terme « Quantité d'énergie non sollicitable ». Ainsi l'indicateur Productibilité doit toujours être plus petit ou égal à la Disponibilité en énergie.

Cas spéciaux :

1) Augmentation de la puissance durant la période d'observation

Pour le calcul des quantités d'énergie (W_N ou W_{nv}), la période d'observation est divisée au sein de la période dans laquelle les différentes puissances nominales sont en vigueur. L'énergie nominale ou l'énergie indisponible correspond à la somme de chaque quantité d'énergie de chaque période. Pour l'énergie nominale (dénominateur), la formule est représentée par la somme des énergies nominales dans les périodes (la détermination de l'énergie indisponible s'effectue de façon analogue) :

$$W_N = \sum W_{N,i} = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i}$$

avec i = périodes de temps de différentes puissances nominales

2) Périodes avant ou après la phase de fonctionnement (service industriel) ou durant un arrêt garanti (réserve froide).

Par principe, il n'est pas judicieux de collecter des données sur des périodes au cours desquelles une installation n'a pas encore été mise en service industriel ou a été arrêtée. Il existe cependant des cas pour lesquels un tel calcul est pertinent. Par exemple, cela peut s'avérer être le cas lors de l'agrégation de paramètres sur plusieurs installations.

En principe, cela ne change rien au calcul des paramètres. Mais il est plus correct de masquer ces périodes. Les tranches peuvent être provisoirement masquées de façon différente pour la modélisation de routines de calcul. Il est concevable de masquer les périodes ou d'adapter la puissance pour ces modélisations. L'indicateur n'est pas modifié par la prise en compte de ces périodes particulières, car la quantité d'énergie correspondante dans les deux cas est 0MWh dans le calcul. Lors d'une éventuelle communication d'informations, il est important de considérer strictement la puissance nominale constante. Cela est par exemple requis pour les calculs de sécurité du réseau ou pour toute participation au marché énergétique.

Une valeur en pourcentage comprend toujours une indication en combinaison avec la valeur de référence. Tant que la valeur de référence reste constante et que la valeur informative reste ainsi limitée, il n'est pas nécessaire d'indiquer la valeur de référence.

Par principe, multiplier la disponibilité en énergie avec l'énergie nominale indique l'énergie disponible sur la période de référence. Cette valeur peut être interprétée en tant que puissance moyenne disponible sur l'ensemble de la période d'observation ou en tant que puissance nominale sur une période de disponibilité moyenne.

Si la période considérée comprend également des périodes en dehors de la phase de fonctionnement, l'énergie comme l'indicateur de disponibilité en énergie restent constants, même lorsque la période de temps est importante. Il va de soi que la puissance moyenne doit être calculée en divisant l'énergie sur la période d'observation. La puissance moyenne disponible est réduite lorsque des périodes en dehors de la phase de fonctionnement sont pris en compte.

3) Agrégation du paramètre sur plusieurs installations

Si la formule pour le calcul de la disponibilité en énergie ne se limite pas à une seule installation, elle peut également être utilisée pour l'agrégation de plusieurs installations. Les quantités d'énergie correspondantes à toutes les installations sont alors prises en compte que ce soit pour l'énergie nominale ou pour la somme de toutes les énergies non disponibles.

Le calcul de la disponibilité en énergie pour plusieurs installations doit être pondéré lors de l'utilisation des disponibilités en énergie calculées individuellement pour chaque installation. Cette pondération s'effectue avec la puissance nominale moyenne des installations. Par principe, il s'agit d'une pondération avec chaque énergie nominale. La période d'observation reste identique de façon à ce que le temps d'observation soit réduit et qu'il ne reste plus que la puissance nominale moyenne.

À partir de la formule générale, le renvoi à la pondération des paramètres pour l'installation unique (index i) est par la suite dérivée avec la puissance nominale moyenne. Par souci de simplicité, l'énergie non disponible de chaque installation, déjà agrégée sous la formule $W_{nv,i}$, est utilisée au lieu de la somme des événements individuels.

$$\begin{aligned}\bar{k}_w &= \frac{W_N - W_{nv}}{W_N} = \frac{\sum W_{N,i} - \sum W_{nv,i}}{\sum W_{N,i}} = \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \left(\frac{\sum W_{N,i} - \sum W_{nv,i}}{1} \right) = \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \sum \left(\frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{1} \right) \\ &= \frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot \sum \left(\left(\frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{W_{N,i}} \right) \cdot W_{N,i} \right) = \sum \left(\frac{1}{\sum W_{N,i}} \cdot (k_{w,i} \cdot W_{N,i}) \right) = \sum \left(\frac{W_{N,i}}{\sum W_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right) \\ &= \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i} \cdot t_N}{\sum \bar{P}_{N,i} \cdot t_N} \cdot k_{w,i} \right) = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right) \quad \text{avec} \quad k_{w,i} = \frac{W_{N,i} - W_{nv,i}}{W_{N,i}} \quad \text{et} \quad \bar{P}_{N,i} = \frac{W_{N,i}}{t_N}\end{aligned}$$

En cas de modifications des puissances nominales durant la période d'observation, la puissance nominale moyenne d'une installation doit être utilisée. Le temps d'observation t_N est le même pour toutes les installations dont les indicateurs doivent être agrégés.

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

Exemples de calcul de l'indicateur « Disponibilité en temps »

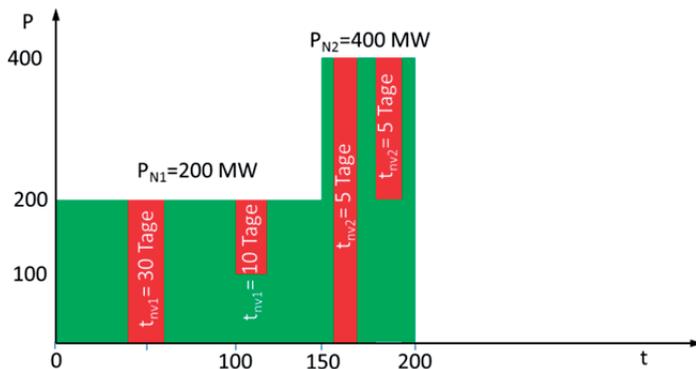
Des valeurs numériques simples, qui ne sont pas forcément réalistes, sont utilisées dans les exemples suivants pour une meilleure compréhension. Les procédés et les calculs sont ici ce qui importe le plus, et avec ces exemples, des calculs de tête peuvent être réalisés.

Dans le premier exemple, l'installation observée subit une augmentation de la puissance pendant la durée d'observation. Dans l'exemple où deux installations sont agrégées, l'évolution de la puissance nominale du premier exemple a été décomposée en deux évolutions de la puissance respectives des deux installations : Une installation se trouve en fonctionnement continu y compris avec une légère augmentation de la puissance. La deuxième installation est mise en fonctionnement au cours de la durée d'observation. L'agrégation des deux installations correspond au résultat du premier exemple. Pour un essai pratique, la courbe de puissance du premier exemple peut également être décomposée différemment afin de simuler plusieurs installations.

Exemple 1a : Augmentation de la puissance sur la période

Période d'observation : 200 jours
 Puissance nominale $P_{N,1} = 200 \text{ MW}$ pour $0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
 $P_{N,2} = 400 \text{ MW}$ pour $150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Indisponibilité $t_{nv,1} = 30 \text{ jours}$ $P_{nv} = 200 \text{ MW}$ dans la période $0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
 $t_{nv,1} = 10 \text{ jours}$ $P_{nv} = 100 \text{ MW}$ dans la période $0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
 $t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$ $P_{nv} = 400 \text{ MW}$ dans la période $150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$
 $t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$ $P_{nv} = 200 \text{ MW}$ dans la période $150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$



$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 240 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 200 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h}$$

$$W_{nv} = 2.400.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 240.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 80,00 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 250 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

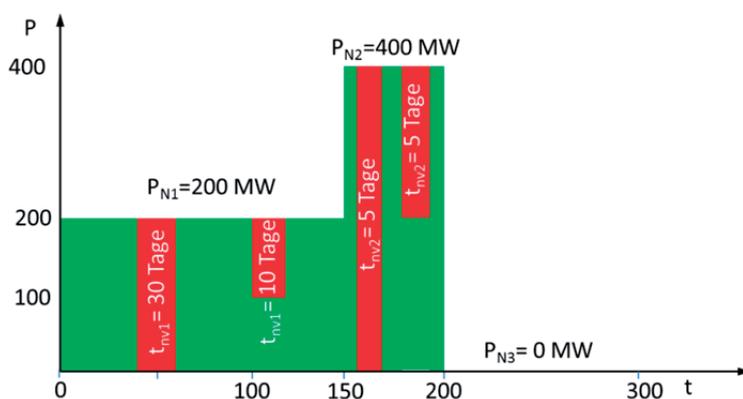
Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_w = 200 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 80,00 \%$

Exemple 1b : Augmentation de la puissance et période d'observation même après l'arrêt

Période d'observation : 300 jours

Puissance nominale	$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	pour	0 jour < t ≤ 150 jours
	$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$	pour	150 jours < t ≤ 200 jours
	$P_{N,3} = 0 \text{ MW}$	pour	200 jours < t

Indisponibilité	$t_{nv,1} = 30 \text{ jours}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ dans la période	0 jour < t ≤ 150 jours
	$t_{nv,1} = 10 \text{ jours}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ dans la période	0 jour < t ≤ 150 jours
	$t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 400 \text{ MW}$ dans la période	150 jours < t ≤ 200 jours
	$t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ dans la période	150 jours < t ≤ 200 jours
	$t_{nv,3} = 0 \text{ jour}$	$P_{nv} = 0 \text{ MW}$ dans la période	200 jours < t



$$k_w = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 2.400 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 240 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 200 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} =$$

$$W_{nv} = 240.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 240.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 80,00 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 166,67 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 2.400 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h} + 2.400 \text{ h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_w = 133,33 \text{ MW} = 166,67 \text{ MW} \cdot 80,00 \%$

Agrégation de 2 installations

Période d'observation : 200 jours

Installation 1 (avec augmentation de puissance)

Puissance nominale

$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	pour	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$P_{N,1} = 300 \text{ MW}$	pour	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

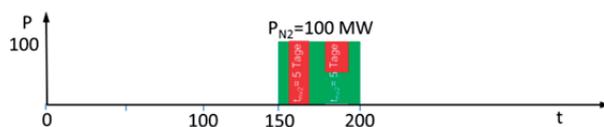
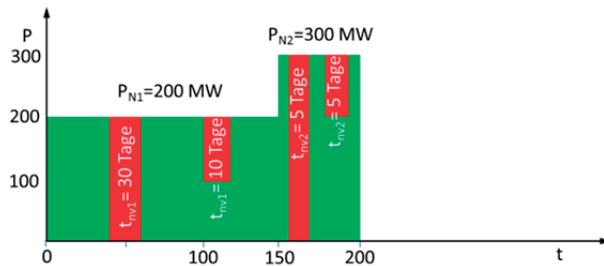
Indisponibilité	$t_{nv,1a} = 30 \text{ jours}$	$P_{nv} = 200 \text{ MW}$ dans la période	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
	$t_{nv,1b} = 10 \text{ jours}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ dans la période	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
	$t_{nv,2a} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 300 \text{ MW}$ dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$
	$t_{nv,2b} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 150 \text{ MW}$ dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Installation 2 (Mise en service)

Puissance nominale

$P_{N,2} = 0 \text{ MW}$	pour	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$P_{N,2} = 100 \text{ MW}$	pour	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Indisponibilité	$t_{nv,2a} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 100 \text{ MW}$ dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$
	$t_{nv,2b} = 5 \text{ jours}$	$P_{nv} = 50 \text{ MW}$ dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

Installation 1

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.080.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 240 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 150 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} =$$

$$W_{nv} = 222.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{1.080.000 \text{ MWh} - 222.000 \text{ MWh}}{1.080.000 \text{ MWh}} = 79,44 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 225,00 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_w = 178,75 \text{ MW} = 225,00 \text{ MW} \cdot 79,44 \%$

Installation 2

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 120.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 100 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 50 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 18.000 \text{ MWh}$$

$$k_w = \frac{120.000 \text{ MWh} - 18.000 \text{ MWh}}{120.000 \text{ MWh}} = 85,00 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 25,00 \text{ MW} = \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_w = 21,25 \text{ MW} = 25,00 \text{ MW} \cdot 85,00 \%$

Indicateur agrégé disponibilité en temps pour les deux installations

Pondération de la puissance pour chaque paramètre des installations avec des puissances nominales moyennes :

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

$$\bar{k}_t = \frac{225 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,7944 + \frac{225 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,8500 = 80,00 \%$$

Puissance moyenne des deux installations : = 250 MW

$$\bar{P}_N = 250 \text{ MW} = 225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}$$

$$\bar{P}_N = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} + \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_w = 200 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 80,00 \%$

Conclusion

La disponibilité en énergie d'une installation est calculée selon la définition de l'énergie nominale et l'énergie non disponible pour des raisons techniques.

Si la puissance nominale d'une installation est modifiée durant la période d'observation, il faut alors se référer à la formule de calcul avec les quantités d'énergie. Avec les quantités d'énergie, la période d'observation est décomposée en périodes avec des puissances nominales différentes et chaque quantité d'énergie est calculée. Il faut faire abstraction des périodes avant la mise en service ou après l'arrêt. Le même principe équivaut pour les routines de calcul, et la puissance nominale doit être mise à zéro durant ces périodes.

Conformément aux règles VGB actuellement en vigueur concernant le relevé des données, les installations en arrêt garanti (réserve froide) ne sont plus prises en compte dans les statistiques. Ces périodes ne sont pas prises en compte dans le calcul puisque la puissance nominale est mise à zéro, conformément aux explications ci-avant.

L'agrégation de la disponibilité en énergie pour plusieurs installations est possible :

Si on utilise des indicateurs déjà calculés, l'agrégation doit être effectuée par le biais d'une pondération de la puissance. La pondération s'effectue en fonction de la puissance nominale de chaque installation, qui doit normalement être constante. Si la puissance nominale d'une installation est modifiée au cours de la période d'observation, sa puissance nominale moyenne doit être utilisée.

Il est également possible d'utiliser la formule brute avec les quantités d'énergie. Pour ce faire, les quantités d'énergie de toutes les installations à agréger doivent être additionnées et saisies.

Remarque

L'agrégation de la disponibilité d'énergie pour plusieurs installations s'effectue en utilisant des données brutes existantes relatives aux quantités d'énergie :

$$\bar{k}_w = \frac{\sum W_N - \sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} W_{nv,i,k}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} P_{nv,i,k} \cdot t_{nv, i, k}}{\sum_{\text{Anlage } i} W_{N,i}}$$

avec i = Installation [Anlage] i

i, k = Installation i , événement [Ereig.] k

L'agrégation de la disponibilité en énergie pour plusieurs installations s'effectue en fonction de la puissance en utilisant des indicateurs déjà calculés pour les installations :

$$\bar{k}_w = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{w,i} \right)$$

Pour chaque installation, la puissance nominale moyenne de la période d'observation doit être utilisée en tant que puissance nominale. Normalement, celle-ci est constante. Les modifications peuvent être des augmentations de la puissance ou des périodes avant la mise en service, des périodes après l'arrêt ou bien durant l'arrêt garanti (réserve froide).

Calcul du paramètre « Disponibilité en temps »

Le paramètre « Disponibilité en temps » est un cas spécial du paramètre « Disponibilité en énergie ». Sont uniquement observés des événements pour lesquels la puissance complète, c'est-à-dire la puissance nominale, n'est pas disponible. Le paramètre « Disponibilité en énergie » prend également en compte des cas pour lesquels les puissances partielles ne sont pas disponibles.

La disponibilité de temps peut être vue comme un cas spécial de la disponibilité en énergie :

À partir de la définition de la disponibilité en énergie, on peut déduire la formule pour la disponibilité en temps en convertissant l'énergie en puissance nominale et en période de temps :

$$k_t = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = \frac{P_N \cdot t_N - \sum P_N \cdot t_{nv}}{P_N \cdot t_N} = \frac{P_N \cdot t_N - P_N \cdot \sum t_{nv}}{P_N \cdot t_N} = \frac{P_N \cdot (t_N - \sum t_{nv})}{P_N \cdot t_N} = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N}$$

avec puissance perdue toujours $P_{nv} = P_N$ et $W_N = P_N \cdot t_N$

Remarque : Pour les deux paramètres « Disponibilité en énergie et en temps », cette conversion utilise le même dénominateur. Les différences se font au niveau du numérateur. Pour la disponibilité en énergie, l'énergie non disponible (énergie ND) observée en raison des défaillances partielles supplémentaires est toujours supérieure ou égale à l'énergie ND prise en compte lors du calcul de la disponibilité en temps. Ainsi le paramètre « Disponibilité en énergie » doit toujours être inférieur ou égal au paramètre « Disponibilité en temps ».

Cas spéciaux :

1) Augmentation de la puissance durant la période d'observation

Pour le calcul des quantités d'énergie (W_N ou W_{nv}), la période d'observation est divisée en périodes durant lesquelles les différentes puissances nominales sont en vigueur. L'énergie nominale ou l'énergie non disponible ND correspond à la somme de chaque quantité d'énergie pour chaque période. Pour l'énergie nominale (dénominateur), la formule est représentée par la somme des énergies nominales dans les périodes (la détermination de l'énergie ND s'effectue de façon analogue) :

$$W_N = \sum W_{N,i} = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i}$$

avec i = périodes de temps de différentes puissances nominales

Périodes avant ou après la phase de fonctionnement (service industriel) ou durant un arrêt garanti (réserve froide)

Par principe, il n'est pas judicieux de collecter des paramètres sur des périodes au cours desquelles une installation n'a pas encore été mise en service industriel ou a été arrêtée. Il existe cependant des cas pour lesquels un tel calcul est pertinent. Par exemple, cela peut s'avérer être le cas lors de l'agrégation de paramètres pour plusieurs installations.

En principe, cela ne change rien au calcul des paramètres. Mais il est plus correct de masquer ces périodes. Les tranches peuvent être provisoirement masquées de façon différente pour la modélisation des routines de calcul. Il est concevable de masquer les périodes ou d'adapter la puissance pour ces modélisations. Le paramètre n'est pas modifié par la prise en compte de ces périodes particulières, car la quantité d'énergie correspondante est, dans les deux cas, égale à 0 MWh. Lors d'une éventuelle communication d'informations, il est important de considérer strictement la puissance nominale constante. Cela est par exemple requis pour les calculs liés à la sécurité du réseau ou pour toute participation au marché énergétique.

Une valeur en pourcentage comprend toujours une indication en combinaison avec la valeur de référence. Tant que la valeur de référence reste constante et que la valeur informative reste ainsi limitée lors de la comparaison, il n'est pas nécessaire d'indiquer la valeur de référence.

Par principe, multiplier la disponibilité en temps avec l'énergie nominale indique l'énergie disponible sur la période de référence. Cette valeur peut être interprétée en tant que puissance moyenne disponible sur l'ensemble de la période d'observation ou en tant que puissance nominale sur une période de disponibilité moyenne.

Si la période considérée comprend également des périodes en dehors de la phase de fonctionnement, l'énergie tout comme l'indicateur de disponibilité en temps restent constants, même lorsque la période de temps est importante. Il va de soi que la puissance moyenne doit être calculée en divisant l'énergie sur la période d'observation. La puissance moyenne disponible est réduite si des périodes en dehors de la phase de fonctionnement sont pris en compte.

2) Agrégation des données sur plusieurs installations

La formule pour le calcul de la disponibilité en temps avec des valeurs d'énergie qui ne se limitent pas à une seule installation, mais aussi pour l'agrégation de plusieurs installations. Les quantités d'énergie correspondantes de toutes les installations sont alors prises en compte dans l'énergie nominale ainsi que dans la somme de toutes les énergies non disponibles.

Pour le calcul agrégé de la disponibilité en temps de plusieurs installations, une **pondération de la puissance** de toutes les installations doit être effectuée lors de l'utilisation de la formule qui elle ne contient que des données de temps. Ci-dessous, la formule pour deux installations (index i), à partir de la formule de calcul avec les quantités d'énergie. Par souci de simplicité, la somme des temps indisponibles n'est pas indiquée avec des signes d'addition, mais seul le temps total d'indisponibilité d'une installation i est représenté par « $t_{nv,i}$ ». Pour terminer, les disponibilités en temps des l'installation seules $k_{t,i}$ sont représentées avec un facteur qui contient déjà la pondération de la puissance.

$$\begin{aligned}
 k_t &= \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N} = \frac{W_{N,1} + W_{N,2} - W_{nv,1} - W_{nv,2}}{W_{N,1} + W_{N,2}} = \frac{W_{N,1} - W_{nv,1} + W_{N,2} - W_{nv,2}}{W_{N,1} + W_{N,2}} = \\
 &= \frac{(P_{N,1} \cdot t_N - P_N \cdot t_{nv,1}) + (P_{N,2} \cdot t_N - P_N \cdot t_{nv,2})}{(P_{N,1} \cdot t_N + P_{N,2} \cdot t_N)} = \frac{P_{N,1}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot \frac{t_N - t_{nv,1}}{t_N} + \frac{P_{N,2}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot \frac{t_N - t_{nv,2}}{t_N} = \\
 &= \frac{P_{N,1}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot k_{t,1} + \frac{P_{N,2}}{P_{N,1} + P_{N,2}} \cdot k_{t,2}
 \end{aligned}$$

Dans cet exemple, les puissances nominales au cours de la période d'observation sont constantes.

En cas de modifications des puissances nominales durant la période d'observation, la puissance nominale moyenne de l'installation doit être utilisée.

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

Exemples lors du calcul du paramètre « Disponibilité en temps »

Des valeurs numériques simples, non forcément réalistes, sont utilisées dans les exemples suivants pour une meilleure compréhension. Les procédés et les calculs sont ici ce qui importent le plus, avec des calculs simples réalisables de tête.

Dans le premier exemple, l'installation observée subit une augmentation de la puissance pendant la durée d'observation. Dans l'exemple où deux installations sont agrégées, l'évolution de la puissance nominale du premier exemple a été décomposée en deux évolutions de la puissance respective aux deux installations : Une installation se trouve en fonctionnement continu y compris avec une légère augmentation de la puissance. La deuxième installation est mise en fonctionnement au cours de la durée d'observation. L'agrégation des deux installations doit correspondre au résultat du premier exemple. Pour un essai pratique, la courbe de puissance du premier exemple peut également être décomposée différemment afin de simuler plusieurs installations.

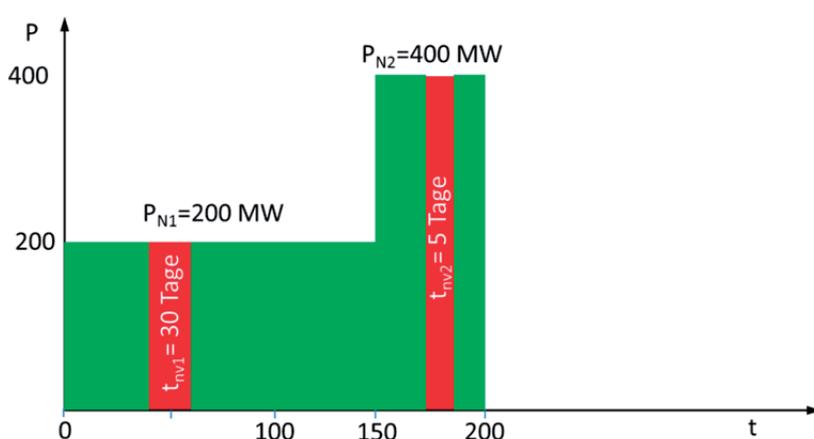
Exemple 1a : Augmentation de la puissance sur la période :

Période d'observation : 200 jours

Puissance nominale

$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	pour	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$	pour	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Indisponibilité	$t_{nv,1} = 30 \text{ jours}$	dans la période	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
	$t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$	dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 192.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 192.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 84,000 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 250 \text{ MW} = \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_t = 210 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 84,00 \%$

Exemple 1b : Augmentation de la puissance et période d'observation même après l'arrêt

Période d'observation : 300 jours

Puissance nominale

$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$ pour $0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$

$P_{N,2} = 400 \text{ MW}$ pour $150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

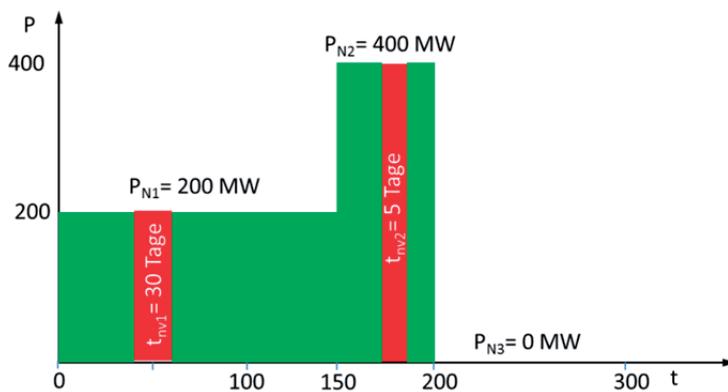
$P_{N,3} = 0 \text{ MW}$ pour $200 \text{ jours} < t$

Indisponibilité

$t_{nv,1} = 30 \text{ jours}$ dans la période $0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$

$t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$ dans la période $150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

$t_{nv,3} = 0 \text{ jour}$ dans la période $200 \text{ jours} < t$



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 2.400 \text{ h} = 1.200.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 400 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} + 0 \text{ MW} \cdot 1 \text{ h} = 192.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.200.000 \text{ MWh} - 192.000 \text{ MWh}}{1.200.000 \text{ MWh}} = 84,00 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 166,67 \text{ MW} = \frac{200\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 400\text{MW} \cdot 1.200\text{h} + 0\text{MW} \cdot 2.400\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h} + 2.400\text{h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_t = 140 \text{ MW} = 166,67 \text{ MW} \cdot 84,00 \%$

Agrégation de 2 installations

Période d'observation : 200 jours

Installation 1 (avec augmentation de la puissance)

Puissance nominale

$P_{N,1} = 200 \text{ MW}$	pour	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$P_{N,1} = 300 \text{ MW}$	pour	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Indisponibilité

$t_{nv,1a} = 30 \text{ jours}$	dans la période	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$t_{nv,1b} = 5 \text{ jours}$	dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

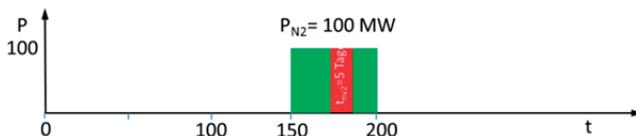
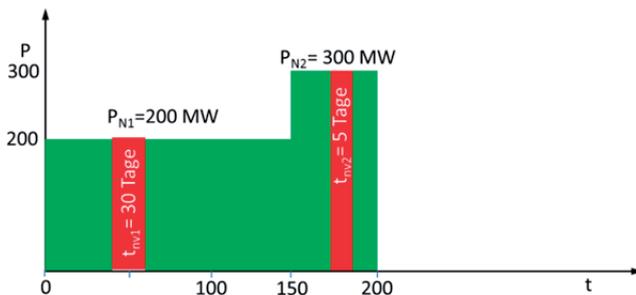
Installation 2 (Mise en service)

Puissance nominale

$P_{N,2} = 0 \text{ MW}$	pour	$0 \text{ jour} < t \leq 150 \text{ jours}$
$P_{N,2} = 100 \text{ MW}$	pour	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$

Indisponibilité

$t_{nv,2} = 5 \text{ jours}$	dans la période	$150 \text{ jours} < t \leq 200 \text{ jours}$
------------------------------	-----------------	--



$$k_t = \frac{t_N - \sum t_{nv}}{t_N} = \frac{W_N - \sum W_{nv}}{W_N}$$

Installation 1

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 1.080.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 200 \text{ MW} \cdot 720 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 180.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{1.080.000 \text{ MWh} - 180.000 \text{ MWh}}{1.080.000 \text{ MWh}} = 83,333 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 225,00 \text{ MW} = \frac{200\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 300\text{MW} \cdot 1.200\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_t = 187,50 \text{ MW} = 225 \text{ MW} \cdot 83,33 \%$

Installation 2

$$W_N = \sum P_{N,i} \cdot t_{N,i} = 0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h} = 120.000 \text{ MWh}$$

$$W_{nv} = \sum P_{N,i} \cdot t_{nv,i} = 100 \text{ MW} \cdot 120 \text{ h} = 12.000 \text{ MWh}$$

$$k_t = \frac{120.000 \text{ MWh} - 12.000 \text{ MWh}}{120.000 \text{ MWh}} = 90,000 \%$$

Puissance nominale moyenne :

$$\bar{P}_N = 25,00 \text{ MW} = \frac{0\text{MW} \cdot 3.600\text{h} + 100\text{MW} \cdot 1.200\text{h}}{3.600\text{h} + 1.200\text{h}}$$

Puissance moyenne disponible : $P = \bar{P}_N \cdot k_t = 22,50 \text{ MW} = 25 \text{ MW} \cdot 90,00 \%$

Indicateur disponibilité en temps agrégé pour les deux installations

Pondération de la puissance pour chaque indicateur des installations avec des puissances nominales moyennes :

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

$$\bar{k}_t = \frac{225 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,8333 + \frac{25 \text{ MW}}{225 \text{ MW} + 25 \text{ MW}} \cdot 0,9 = 84,000 \%$$

Puissance moyenne des deux installations : = 250 MW

$$\begin{aligned} \bar{P}_N &= 250 \text{ MW} = 225 \text{ MW} + 25 \text{ MW} \\ &= \frac{200 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 300 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} + \frac{0 \text{ MW} \cdot 3.600 \text{ h} + 100 \text{ MW} \cdot 1.200 \text{ h}}{3.600 \text{ h} + 1.200 \text{ h}} \end{aligned}$$

Puissance moyenne disponible :

$$P = \bar{P}_N \cdot \bar{k}_t = 210 \text{ MW} = 250 \text{ MW} \cdot 84,000 \%$$

Conclusion

Le paramètre « Disponibilité en temps » est un cas particulier du paramètre « Disponibilité en énergie », pour lequel seules des défaillances complètes (100%) sont prises en compte. Dans la formule précise de calcul à l'aide des quantités d'énergie, la puissance nominale est réduite lorsqu'elle est constante. Il ne reste alors qu'une formule avec des données de temps.

Si la puissance nominale est modifiée durant la période d'observation d'une installation, il faut alors se référer à la formule de calcul avec les quantités d'énergie. Dans ce cas, la période d'observation est décomposée en périodes avec des puissances nominales différentes et chaque quantité d'énergie est calculée. Il faut faire abstraction des périodes avant la mise en service ou après l'arrêt. Le même principe équivaut pour les routines de calcul, et la puissance nominale doit être mise à zéro durant ces périodes.

Conformément aux règles VGB actuellement en vigueur concernant le relevé des données, les installations en arrêt garanti (réserve froide) ne sont plus prises en compte dans les statistiques. Soit ces périodes ne sont pas prises en compte dans le calcul, soit la puissance nominale est mise à zéro conformément aux explications ci-dessus.

L'agrégation de la disponibilité de temps pour plusieurs installations est possible :

Si on utilise des paramètres déjà calculés, l'agrégation doit être effectuée par le biais d'une pondération de la puissance. La pondération s'effectue en fonction de la puissance nominale de chaque installation, qui doit normalement être constante. Si la puissance nominale d'une installation est modifiée au cours de la période d'observation, sa puissance nominale moyenne doit être utilisée.

Il est également possible d'utiliser la formule brute avec les quantités d'énergie. Pour ce faire, les quantités d'énergie de toutes les installations devant être agrégées doivent être additionnées et saisies.

Remarque

L'agrégation de la disponibilité de temps pour plusieurs installations s'effectue en utilisant des données brutes existantes relatives aux quantités d'énergie :

$$\bar{k}_t = \frac{\sum W_N - \sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} W_{nv,i,k}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum W_{nv}}{\sum W_N} = 1 - \frac{\sum_{\text{Anlage } i} \sum_{\text{Ereig. } k} P_{N,i} \cdot t_{nv,i,k}}{\sum_{\text{Anlage } i} W_{N,i}}$$

avec i = Installation [Anlage] i

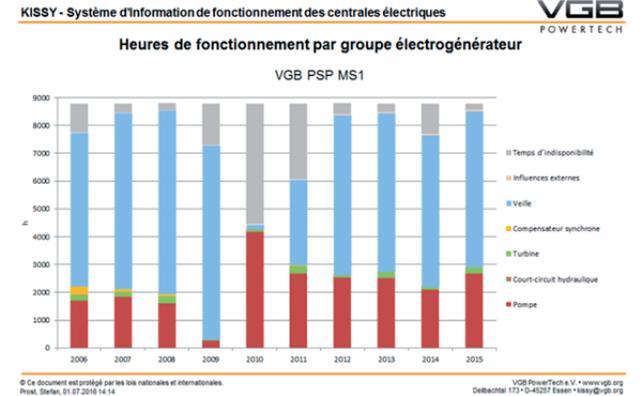
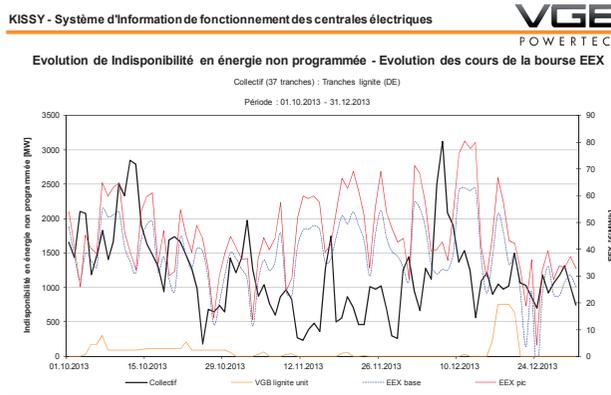
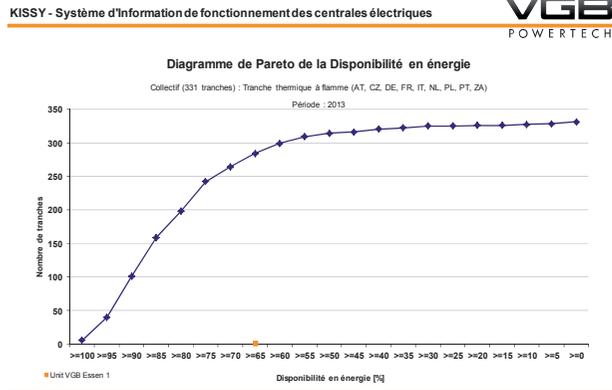
i, k = Installation i , événement [Ereig.] k

L'agrégation de la disponibilité de temps pour plusieurs installations s'effectue en fonction de la puissance en utilisant des indicateurs déjà calculés pour les installations :

$$\bar{k}_t = \sum \left(\frac{\bar{P}_{N,i}}{\sum \bar{P}_{N,i}} \cdot k_{t,i} \right)$$

Pour chaque installation, la puissance nominale moyenne de la période d'observation doit être utilisée en tant que puissance nominale. Normalement, celle-ci est constante. Les modifications peuvent être des augmentations de la puissance ou des périodes avant la mise en service, après l'arrêt ou durant l'arrêt garanti.

Analyses des exemples



Possibilités de générer des évaluations à partir de KISSY

